

MEMORIAL
DE INGENIEROS
DEL EJÉRCITO.

COLECCION DE MEMORIAS.

TERCERA ÉPOCA.—TOMO IV.

(XLII DE LA PUBLICACION.)

Año 1887.



MADRID
IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS.
1887

INDICE

DE LAS OBRAS SUELTAS QUE COMPRENDEN LAS ENTREGAS

DEL

MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

publicadas en el año de 1887.

ALAS.—*Proyecto de un túnel para conducción de aguas*, por el teniente coronel D. Genaro Alas y Ureña, comandante de ingenieros retirado.—Consta de 52 páginas y una lámina.

CANO Y BROCKMANN.—*Noticias sobre las obras del canal de Panamá*: extracto de la obra *El canal Interoceánico*, escrita por el teniente coronel graduado, comandante, D. Manuel Cano y de León, capitán de ingenieros, y D. Guillermo Brockmann y Abarzuza, ingeniero de caminos, canales y puertos.—Consta de vii-171 páginas y un plano general del trazado de dicho canal.

SUAREZ DE LA VEGA.—*La aerostacion militar*, por el coronel, comandante de ingenieros, D. José Suárez de la Vega.—Obra premiada con mención honorífica en el concurso de 1886.—Consta de x-150 páginas y 2 láminas lo comprendido en este tomo, y la continuación se insertará en el del año próximo.

Índice de las disposiciones insertas en la COLECCION LEGISLATIVA DEL EJÉRCITO, que pueden interesar á los lectores del MEMORIAL DE INGENIEROS.—1886-1887.—Consta de 9 páginas.

PROYECTO DE UN TUNEL PARA CONDUCCION DE AGUAS.

PROYECTO DE UN TÚNEL PARA CONDUCCION DE AGUAS,

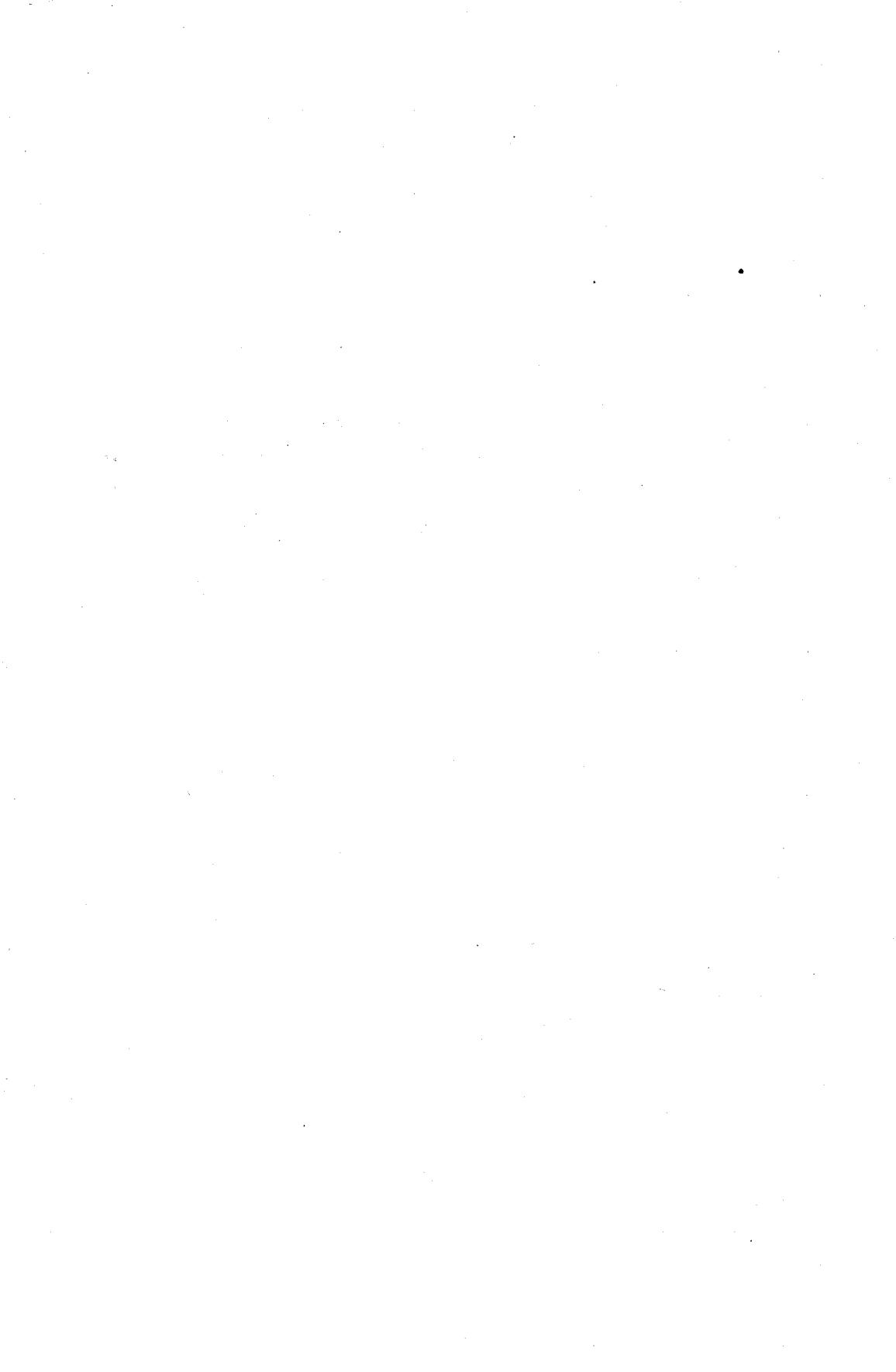
POR EL TENIENTE CORONEL

D. GENARO ALAS Y UREÑA,

Comandante de Ingenieros retirado



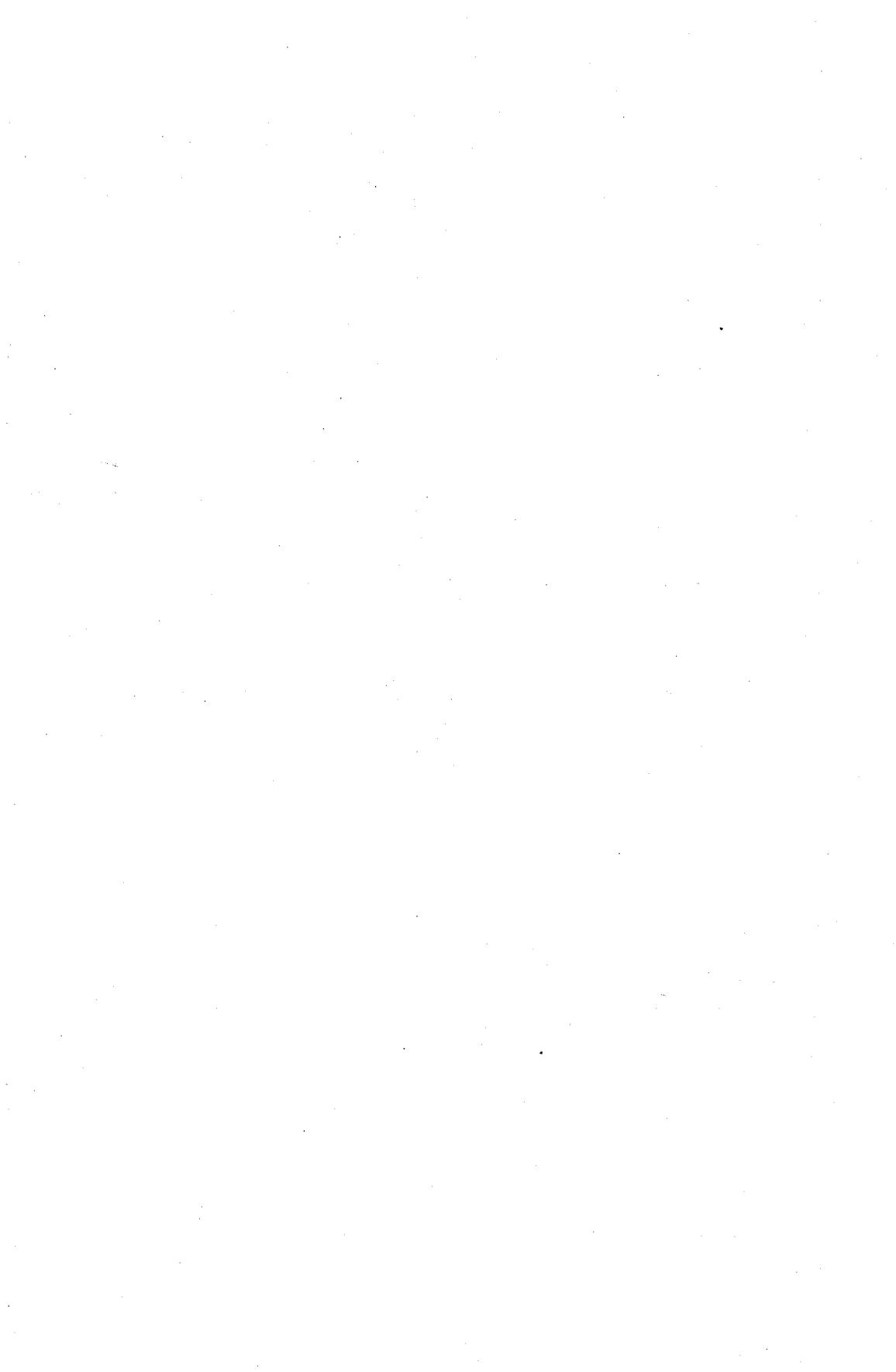
MADRID
IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS
1887





N 11 de junio de 1885, el Excmo. Ayuntamiento de Oviedo encendó el estudio de ampliacion de abastecimiento de aguas de la ciudad, al arquitecto D. Javier Aguirre y al que esto escribe. Los manantiales que habían de aprovecharse, brotan en la montaña del Naranco, en la vertiente opuesta á la que ocupa la poblacion; y de las varias cuestiones en estudio, era la principal la eleccion entre un canal á media ladera y una mina ó túnel á través del Naranco. El proyecto de esta mina, de 2815 metros de longitud, del cual me encargué, me ha parecido que podría ofrecer algun interés para los lectores del MEMORIAL.





PROYECTO
DE
UN TÚNEL PARA CONDUCCION DE AGUAS.

I.



A ciudad de Oviedo se extiende sobre una colina de terreno cretáceo, dominada al N. por la montaña de Naranco, gran macizo aislado de formacion devoniana y carbonífera, ceñido por el valle del río Nora y dos de sus afluyentes. Esta situación de la ciudad, alta respecto á los arroyos que la circundan, baja con relación al Naranco, es, según un filólogo asturiano, explicación de la etimología de su nombre, que derivado de la lengua euskara, significaría *alti-bajo*.

La cuesta de Naranco, como se llama en el país, se extiende de E. á O.; su estructura, poco complicada, ha sido estudiada perfectamente por los eminentes geólogos Schulz, Barrande, Barrois y otros. Consiste en un gran macizo de areniscas ferruginosas, alternadas con pizarras; su espesor es de 800 á 1000 metros; sus capas son casi verticales, y con algunas inflexiones afectan la dirección E.-O.

Sobre este macizo arenoso, de formacion devoniana, asienta estratigráficamente considerada, otra sedimentación próximamente concordante, de 300 á 350 metros de espesor, toda de caliza devoniana, que constituye la vertiente S. de la montaña, y es hoy inagotable cantera para las construcciones de la ciudad. A una cota inferior en 250 metros á la de la cúspide de la montaña, viene á cubrir esta formacion devoniana el terreno cretáceo, en capas que buzan ligeramente al S., y forman un valle que separa el Naranco de Oviedo. Por la parte del N., el macizo arenoso reposa sobre la formacion carbonífera, representada en primer término por una capa de mármol amigdalóide, de 30 metros de espesor, que ha dado lugar á un notable estudio de

Mr. Barrois: sigue despues una gran capa de caliza carbonífera que avanza hasta el río Nora, formando estribos tan caprichosamente recortados en plano y elevacion, como siempre acontece con rocas de tal especie; la esfratificación del terreno carbonífero concuerda aproximadamente con la del devónico, y son por lo tanto las capas casi verticales.

Este monte de Naranco es el depósito natural de las aguas que surten y han de surtir á Oviedo: en ambas vertientes brotan abundantes manantiales de aguas perfectamente potables, saliendo á distintos niveles, que son por lo general más elevados en la falda S. que en la N. En el año 1863, el reputado ingeniero de caminos D. Pedro Pérez de la Sala, hizo el proyecto de abastecimiento, aprovechando cuatro manantiales de la falda S., cuyo máximo caudal se puede apreciar en unos 22 litros por segundo, bajando en los estiages de los años de sequía á 8 litros escasos. Ejecutadas las obras del proyecto é inauguradas el año de 1873, Oviedo gozó de las ventajas de un buen abastecimiento durante nueve ó diez años; pero en el año 1882 empezó un período de sequía que duró tres años; y en el estiage de setiembre y de octubre de 1884 la penuria de aguas fué tal, que á impulsos de la opinión pública, el municipio decidió acometer la ampliación del abastecimiento, tomando las aguas de los manantiales de la falta N.

Son estos dos, llamados Ladines y Guañal, que en línea recta distan del atrio de la catedral respectivamente 5075 y 4460 metros y entre sí 1540; los aforos practicados en diferente épocas permiten asignar como caudales máximos los siguientes: para Ladines 26 litros por segundo; para la Guañal 22 litros por segundo; el estiage absoluto se puede calcular para Ladines en 9,50 litros por segundo, y para la Guañal en 7 litros.

Al encargarnos de los estudios de abastecimiento, nos propusimos elevar todo lo posible la toma de agua de estos manantiales, pues los puntos en que brotaban resultaban muy bajos para su aprovechamiento en la población.

El manancial de la Guañal aparecía en la superficie á unos 50 metros de una peña caliza; levantando las piedras y tierra, entre que corrían las aguas, á una profundidad de 1 á 3 metros, se llegó á la peña citada, en cuyo seno apareció una gran cavidad llena de agua; á esta cavidad deben concurrir probablemente las aguas por varios conductos, que ellas mismas habrán labra-

do en la roca impermeable, pero muy trastornada y soluble en el líquido cargado de ácido carbónico. Si hubiéramos llevado más lejos nuestro reconocimiento volando la poderosa roca que sirve de estanque, habría peligro de producir grietas que dieran paso al agua hacia las cavidades inferiores; en cambio las probabilidades de encontrar un solo venero, al cual seguir en su camino subterráneo y ascendente, eran escasas. Detúvose, pues, el trabajo de exploracion, quedando la toma de agua en el estiage á 49,102 metros sobre el atrio del ex-convento de la Vega (actual fábrica de armas) y á 8,898 por debajo de la superficie del agua en el depósito de la conducción actual: la altura ganada es de 6 metros, y permite hacer llegar el agua á cualquiera de los barrios importantes de la ciudad.

Trabajos análogos, practicados en Ladines, dieron por resultado dos tomas de agua á distintos niveles: la Polvorosa, con un aforo mínimo de 2,50 litros por segundo, y Sopeña, con 7 litros; las cotas de ambas, con relación al plano citado, son 42,302 y 30,112, alturas poco favorables para el aprovechamiento de sus aguas.

Hemos propuesto, y el ayuntamiento ha aprobado, tomar como base del abastecimiento permanente el manantial de la Guañal, dividiendo la ciudad en tres zonas; una en que todo el servicio quedará siempre á cargo del depósito actual; otra en que el servicio á domicilio se hará por éste, y el de fuentes públicas ó aguas en planta baja, puede hacerse por el depósito actual ó por el proyectado; y en la tercera zona todo el servicio dependerá del nuevo depósito. Merced al punto elegido para empalme del conducto forzado, que reune el depósito nuevo á la red de cañería actual, la distribucion se obtiene con las condiciones dichas, sin más que colocar una docena de llaves de paso y sustituir 600 metros de un tubo de 0,76 por otro de 0,152, en un barrio que está en construcción.

Reunidas las aguas de la Guañal á las actuales, ofrecen un mínimo de 17 litros por segundo, ó sean 86 litros para cada uno de los 17.000 habitantes que hoy cuenta Oviedo; cantidad que, dadas las costumbres y condiciones climatológicas que las determinan, es más que suficiente para atender á las necesidades, que en rigor quedarían cubiertas disponiendo de 60 litros por habitante.

Sin embargo, para no incurrir en el error de no prever las futuras necesidades que, en un plazo indudablemente muy largo, pueden exigir el aprovechamiento de todas las aguas del Naranco, se ha proyectado el canal de la Guañal para un desagüe de 17 litros por segundo: á este canal va á empalmar otro que nace en Ladines, con desagüe de 10 litros por segundo; y en dicho punto se proyecta la instalacion de una bomba de vapor que eleve las aguas de Polvorosa y Sopeña á la altura necesaria (20 metros). La elevacion del agua de Ladines sólo tendría lugar cuando se creyese necesaria para completar los 17 litros por segundo que ha de llevar á Oviedo el canal de la Guañal; asegurando este mínimo caudal al abastecimiento de la falda N., el mínimo total de la conduccion completa será de 25 litros por segundo, ó sea 86 litros por habitante cuando Oviedo tenga 25.000, ó 60 litros cuando la poblacion seade 35.000.

Resuelta esta cuestion, restaba escoger el modo de llevar á Oviedo, ó mejor dicho, á la falda S. de Naranco, las aguas de la Guañal; y se estudiaron varias soluciones, mostrándose como las dos mejores las siguientes:

1.^a Canal á media ladera, con un desarollo de 8239,75 metros, depósito de 1020 metros cúbicos de capacidad; su presupuesto completo, asciende á 180.000 pesetas.

2.^a Túnel de 2815 metros, sirviendo como depósito de 2815 metros cúbicos de capacidad; su presupuesto completo asciende á 250.000 pesetas.

El municipio ha decidido que se adopte la primera solucion, conforme con lo propuesto por nosotros; militan en favor de ella exclusivamente las razones de economía; pero éstas son muy atendibles y decisivas.

Expuestos sumariamente los antecedentes de la cuestion, entramos á extractar el estudio del túnel, que formaba parte del ante-proyecto.

II.

Al estudiar la conveniencia de hacer la conducción de aguas por una larga mina de 2815 metros, se presentaba lo que pudiéramos llamar una cuestión previa. Se había apuntado por algunas personas la probabilidad de que emprendiendo la perforación del túnel, se alumbrasen aguas subterráneas, suficientes para suplir las que iban á buscarse á la falda N. de la montaña; en cuyo caso, aunque la perforación del túnel completo resultara más costosa que el acueducto á media ladera, si se recogieran aguas suficientes en la mitad ó dos terceras partes de la mina, quedaba resuelta la cuestión de economía, se obtenían las ventajas de la conducción subterránea, y se conservaba á las aldeas de la falda N. el beneficio de sus abundantes manantiales.

En el momento que existiera tal probabilidad, el estudio del túnel adquiría una nueva complicación; pues ya no bastaba calcular y medir esta probabilidad, sino que era preciso averiguar en qué dirección de las infinitas elegibles, era aquella mayor; y era preciso aquilatarla lo bastante para decidir si convendría atenerse únicamente al alumbramiento de las aguas subterráneas, ó si sería más prudente caminar en dirección del manantial de la Guañal, para que en todo caso no resultaran inútiles los costosos trabajos de la perforación.

Poca confianza tenemos en nuestros conocimientos geológicos; y si la constitución del terreno hubiera ofrecido serias dificultades, hubiéramos reclamado el concurso de facultativos más peritos, ó hubiéramos disuadido al municipio de correr tal aventura sin más guía que nuestra inexperiencia. Felizmente no era este el caso. Ya hemos descrito la composición geológica del

Naranco, cuyo corte acompañamos; este estudio del terreno, hecho por Schulz, Barrande, Barrois y otros, puede comprobarse fácilmente por los afloramientos y canteras abiertas en los flancos de la montaña; además, en la falda E. se explotan las minas de hierro de Villa-peri, que cuentan tres pisos de galerías, abiertos en uno de los bancos de arenisca ferruginosa devoniana, penetrando una de ellas cerca de 300 metros en la capa mineral. Con tales datos, no creímos presuncion inadecuada la de resolver la cuestión previa en la forma que á continuacion exponemos.

Recordemos la estructura de la montaña: forma el núcleo de ésta un macizo de arenisca ferruginosa alternada con pizarras, y con un espesor variable de 800 á 1000 metros; las horizontales de las capas son curvas sinuosas, pero cuya cuerda extrema tiene el rumbo de E. á O.; las líneas de máxima pendiente son casi verticales; la profundidad de estas capas es desconocida, pero de seguro exceden bastante á la de los valles que rodean la montaña, inferiores ellos mismos á la cota más baja de la población; en la parte N. se vé llegar la caliza carbonífera, en que estratigráficamente descansa la arenisca devoniana en capas concordantes, al borde del Nora, formando orilla escarpada en muchos puntos: además, segun Barrois, en los terrenos asturianos, desde el carbonífero para arriba, no existen rocas eruptivas. Por el N. hemos dicho que la caliza carbonífera forma no sólo la vertiente del Naranco, sino los muchos y complicados estribos que bajan hasta el Nora, más allá del cual empieza el terreno cretáceo, que dá la vuelta al S. para formar las colinas en que se asienta Oviedo. Al S. del macizo arenoso está la caliza devoniana en estratificación concordante y cubierta en la falda de la montaña por el terreno cretáceo, estratificado casi horizontalmente.

Desde luego se comprende que las aguas del Naranco no son artesianas, sino que proceden exclusivamente de la filtración de la montaña; mas se puede asegurar, y es que estas filtraciones en su descenso deben apartarse muy poco de la vertical, y que los manantiales que hoy existen son no sólo independientes, sino que los de la falda S. dan salida cada uno á las aguas recogidas por la caliza en una porción de la vertiente S., determinada cada una por accidentes interiores, que corresponden á los grandes barrancos que se advierten al exterior. Lo mismo debe suceder en la vertiente N., y como, por

termino medio, el espesor de la capa caliza en esta vertiente es más que triple que en la vertiente S., de aquí que los manantiales sean en la última mucho menos abundantes. Las filtraciones del núcleo arenisico deben concurrir muy poco á la formacion de los manantiales que brotan en la caliza, y las aguas, salvo las que brotan en cuatro ó cinco manantiales poco abundantes y muy altos, deben perderse en las profundidades de la tierra, sin llegar á formar veneros importantes.

De estos antecedentes resultan las siguientes consecuencias, lógicas á nuestro juicio.

La mejor direccion de una mina, para servir de canal colector de las aguas subterráneas recogidas por la superficie filtrante en las capas areniscas, sería la normal al rumbo de las capas: en este sentido se cortarían todas las capas, y habría más probabilidad de obtener filetes de agua para cada uno de los planos de estratificacion; al paso que siguiendo una sola capa, el agua recogida provendría en su mayor parte de los planos de estratificacion comprendidos en la sección trasversal de la misma, filtrando muy poca de las capas adyacentes. Esta probabilidad nos parece confirmada por lo que hemos observado en las minas de Villa-peri: siguen éstas una de las capas areniscas ferruginosas, y cuyo techo y paredes forma la misma roca, más ó menos estéril, separada del filón rico por capas pizarrosas; pues bien, las únicas filtraciones algo importantes, que hemos advertido, aparecen precisamente en estos planos de estratificacion; en el resto de las galerías sólo se observa humedad sin llegar á constituir hilo de agua. Abriendo una galería que cortaría todas las capas, habría probabilidades de reunir estas filtraciones, pues la misma galería establecería un tiro ó línea de menor resistencia en cada plano de estratificacion.

En las capas calizas no es tan fácil la prevision, pues los conductos formados por erosion no tienen ley que pueda establecerse *a priori*; pero teniendo la devoniana solo 250 á 300 metros de espesor, y más de 1000 la arenisca, desde luego se comprende que esta última es la que debería condicionar la direccion de la galería colectora; tanto más cuanto que por corresponder á la cúspide de la montaña filtra más aguas que la caliza situada en la vertiente, y que dé á luz las suyas por numerosos manantiales.

Felizmente una galería que desde la Guañal viniera en dirección á la catedral de Oviedo, cortaría normalmente las estratificaciones; y además se extendería por debajo de una de las grandes barrancadas que surcan el macizo del Naranco, lo que hace presumir que las aguas interiores tendrían las mayores probabilidades de afluir al subterráneo.

Queda, pues, descartada la elección de dirección para una galería colectora: si ésta ha de producir aguas suficientes para ahorrar la perforación completa, debe abrirse en la misma dirección que exige el mínimo trazado para el túnel de conducción. De modo que, aún cuando las previsiones de una suficiente filtración en la mitad ó dos terceras partes de la galería no resultasen confirmadas, siempre se aprovecharían los trabajos para la conducción de la Guañal.

Restaba apreciar en lo posible la probabilidad de alumbrar aguas suficientes, y hé aquí las consideraciones que nos han guiado.

No hay probabilidad ninguna de que en las entrañas del Naranco exista un gran depósito, cuyo hallazgo compensará los trabajos ejecutados. Si en el interior de la montaña se acentúan las depresiones que al exterior están acusadas, y las capas estratifican más horizontalmente, el punto de concurrencia de estos thalwegs, muy problemáticos, debe hallarse, si existe, muy por debajo de la cota en que hay que abrir el túnel, y exige el abastecimiento de la población.

Cada una de estas cuencas interiores tiene ya desagües importantes, tomando en cuenta la superficie colectora, lo escarpado y desnudo de ésta, su exposición al sol y al viento; y comparando el cubo que se obtiene multiplicando la superficie de las capas calizas por la altura media anual de agua, se observa que el caudal anual de los muchos manantiales que brotan en dichas capas, tanto al S. como al N., se aproxima mucho á un tercio de aquel cubo, quedando, pues, muy poca agua probable para el interior de las capas.

Hasta es un indicio comprobante la prontitud con que el caudal de los manantiales responde á las alternativas meteorológicas, lo que no sucedería en un terreno saturado de agua. Creemos, pues, que la parte de mina que se abriera en las capas calizas devoniana y carbonífera, salvo el corte casual de

algun conducto importante, sólo ofrecería escasas filtraciones; y en todo caso á expensas de alguno de los manantiales más altos que hoy surten á la población, en la parte S.

Respecto al macizo de areniscas, es más seguro contar con un cierto caudal de agua por metro lineal de galería, algo mayor cuanto mayor sea la superficie filtrante por metro. Sin embargo, la inflexión de los estratos nos inclina á dividir este macizo en cuencas independientes para la distribución interior de las aguas; en cambio admitiremos que las aguas de cada cuenca no tienen salida al exterior á través de las calizas, y que la absorción es mayor que en éstas por aflorar la arenisca á la meseta y estar coronada de homedanadas.

La longitud de la cuenca, cuyo thalweg sigue aproximadamente nuestro túnel, es de 1000 metros y su ancho de 900, lo que dá una superficie absorbente de 900.000 metros cuadrados: la lluvia media anual es de 892 milímetros (esta media es á nuestro juicio exagerada); el agua anual sería por lo tanto 802.800 metros cúbicos, y suponiendo una pérdida de 0,50, inferior á la que generalmente se admite, resultaría para el agua absorbida un cubo de 401.400 metros cúbicos, ó sea 1100 metros cúbicos diarios. No debe esperarse que toda esta agua afluja al túnel abierto, porque la permeabilidad de la arenisca ferruginosa es muy pequeña, y las separaciones de los estratos, particularmente en los contactos con las pizarras, ofrecerán al agua líneas de menor resistencia, que seguirá recorriendo á pesar del tiro establecido por la galería. Además, la superficie absorbente que hemos asignado á la cuenca exterior, está sangrada por varias fuentes cuyo caudal medio pasa en total de dos litros por segundo, ó sean 200 metros cúbicos diarios. No creemos, pues, exagerar apreciando en 300 metros cúbicos diarios, ó sea 3,60 litros por segundo, el mayor caudal de agua que podrían suministrar los 1000 metros de galería en arenisca; de todos modos, aunque nos equivoquemos de medio á medio, aún estamos muy lejos de los 17 litros por segundo que en pocos y extremados estiages son el mínimo caudal de Ladines y la Guañal reunidos.

Así, pues, aunque en cuestiones de esta naturaleza toda previsión debe exponerse con las mayores salvedades, creemos que hasta donde es dado conjutar con algún fundamento, debe sostenerse que el túnel abierto á través

del Naranco nunca sería una galería colectora, sino un paso subterráneo para el acueducto de las aguas recogidas en la falda N., sin perjuicio de que sus filtraciones pudieran contribuir á aumentar el caudal disponible. Aun para esta contribucion habría que prever la naturaleza de las aguas filtradas por la arenisca; las de las fuentes que en ella brotan nos han parecido algo inferiores á las de las dos vertientes, aunque hay que advertir qué brotan muy cerca de la cúspide, y cerca tambien de escarpados muy trastornados.

Resuelta en este sentido la cuestion previa, pasemos al estudio del túnel, parte la más importante de nuestro trabajo.

III.

So cosa sabida que desde hace algunos años el arte de perforar las montañas ha experimentado notables adelantos; excitáronlos las grandes empresas llevadas á cabo en obsequio de la rapidez, baratura y seguridad de las comunicaciones, y aprovecharon todos los progresos de las ciencias naturales. Cuéntase hoy con poderosos explosivos; con medios de obtener numerosas, seguras y simultáneas explosiones; con herramientas más adecuadas, á las que se aplica con menor pérdida el esfuerzo muscular ó aprovechan el de motores de potencia casi indefinida; la ventilacion, iluminacion, agotamientos y extraccion de materiales, cuestiones que no son secundarias, han marchado á la par, cuando méritos, con los medios de fracturar y remover las rocas; y por último, el estudio de la geología, con la base positiva que hoy posee, facilita de antemano el conocimiento de las dificultades y la prevision de los medios de vencerlas, con lo que evitan esas sorpresas á mitad de camino, que agrandan los obstáculos y disminuyen la fuerza que ha de dominarlos.

Es un hecho indiscutible que hoy son hacederos trabajos de perforacion que parecerían engendros de la locura á principios del siglo; es tambien exacto que esos trabajos pueden hoy hacerse en un plazo, tres, cuatro y hasta diez veces más corto que el que se les asignaría hace veinte años. En todo esto, prácticos y teóricos están conformes.

¿Pero todos estos medios modernos ofrecen economía respecto al medio tradicional del barreno, mazo, cartucho de pólvora y mecha ordinaria? Aquí empieza la diversidad de pareceres, diversidad en parte aparente, en parte real.

Si se pregunta á los hombres que se dicen prácticos, y que acaso pudieran llamarse rutinarios, las contestaciones no pueden ser mas contradictorias; y es que casi siempre cada uno se ha acostumbrado á un medio de ejecucion, que domina, y fuera del cual sólo encuentra dificultades y decepciones. Además, los casos en la práctica nunca son iguales y pocas veces análogos, y si no hay conocimientos superiores que permitan el análisis de cada uno, se pronuncian juicios, que quieren pasar por la quinta esencia de la verdad y de la realidad, cuando no son otra cosa que groseros errores.

Si acudimos á los hombres de ciencia, conocedores de la teoría y expertos en sus aplicaciones, encontraremos casos particulares bastante bien estudiados; pero aun para inducir reglas generales de la agrupacion y comparacion de todas estas monografías, falta el método experimental riguroso; las circunstancias permiten casi siempre la observacion, pero prohíben el experimento, y sobre todo el experimento sistemático.

Así, pues, no hay contestacion segura á la pregunta que hemos hecho ¿es más barato hoy que hace veinte años abrir un túnel? Desde que nos hemos encargado de este estudio ha sido en nosotros verdadera manía hacer esta pregunta á cuantas personas entendidas hemos hablado, y no han sido pocas: entre nosotros residen los que durante cuatro años han acribillado las montañas de Pajares, ingenieros, contratistas, capataces; en el ramo de minas tenemos en Asturias lo más selecto del cuerpo nacional y muchos extranjeros distinguidos.

Cuando nos hemos dirigido á personas puramente prácticas, la contestacion ha sido negativa casi siempre, cuando más muy indecisa; si el interrogado era hombre de estudios, de antemano sabíamos la respuesta: «No puede decirse que los medios modernos de perforacion sean más económicos ni menos que los antiguos; los presupuestos de un túnel en cada caso particular, para cada distinto sistema, sólo pueden redactarse, con probabilidades de exactitud relativa, estudiando los casos más análogos que hayan ocurrido en la práctica.»

Ahora bien, abrir una mina de 3000 metros próximamente, con sección reducida y menor que la de una galería de avance en un túnel de vía férrea, escasamente igual á la de las trasversales de las explotaciones mineras, no es

caso tan comun que puedan encontrarse ejemplos suficientes, para que uno de ellos se acomode al estudio concienzudo de nuestro caso. Preciso nos es, por lo tanto, buscar cuantos datos fehacientes sea posible en escritos, conversaciones y trabajos actuales á nuestro alcance, pues sólo de este modo la solucion que propongamos al problema tendrá alguna probabilidad de acierto.

Despues de todo, aparte de las condiciones intelectuales, cualquier ingeniero experto tendría que practicar un camino paralelo al que emprendemos; si por dicha el trabajo proyectado se asemejara mucho á alguno de los por él dirigidos, en su práctica tendría recursos para evitar algunas consultas; pero de seguro consultaría libros y revistas técnicas, para ver si en alguna parte del mundo se habían mejorado los procedimientos conocidos, y si la obra ofreciese circunstancias especiales y nuevas, las consultas serían indispensables.

Así, pues, en los datos y antecedentes que vamos á exponer no debe verse un vano alarde de erudicion, bien fácil por cierto de adquirir, sinó una garantía que nuestra inexperiencia exige; una prueba de que el más experto, obrando con conciencia, no dejaría de sentir dudas y vacilaciones. Para creer que haya quien pueda pronunciar fallo con plena seguridad de acierto, sería preciso admitir que sólo escriben para el público técnico los más inhábiles y los más ignorantes.

No debe perderse de vista que en la discusion que emprendemos, la incógnita es el dato económico; tenemos la seguridad de que el túnel á través de Naranco se abriría sin ningun contratiempo importante; respecto al plazo sospechamos que las leyes meteorológicas nos prometen un período de cuatro á cinco años de lluvias suficientes, para que en él no alcance la sequía las proporciones quē alcanzó en el trierio de 1882 á 1884 (1), y si no hubiera

(1) La lealtad científica nos obliga á decir que este año (1886) ha vuelto á presentarse la sequía de estío, por mas que es posible que en la curva de lluvia anual corresponda una cota elevada. Pensamos formar una curva trimestral (julio, agosto y setiembre) que creemos tendrá más relacion con el caudal de las fuentes de Naranco, debido á la facilidad con que éstas evacuan las aguas absorbidas; la curva anual sería apreciable en terrenos genuinamente permeables y de gran potencia; observacion es esta que se nos había escapado, pero la experiencia ha venido muy pronto á rectificar nuestro error.

Tambien debemos confesar que las observaciones que tenemos á nuestra dis-

que tomar en cuenta el coste de la obra; ésta no exigiría más de dos años ó dos y medio.

Hé aquí el método que nos proponemos seguir para establecer el coste de la galería: suponiendo que se ejecute por los medios ordinarios, obtener ese coste con los datos tomados en los distritos mineros del país; ver si estos se confirman por la experiencia de otros países; estudiar si la introducción de nuevos procedimientos puede procurar economía.

Las galerías de avance de los túneles, y las trasversales de las explotaciones mineras, tienen una anchura variable entre 1,50 y 2,50, y una altura de 1,80 á 2,50 metros. El metro lineal de galería cuesta más cuanto mayor es la sección, pero el metro cúbico de desmonte cuesta ménos cuanto aquella es mayor. En nuestro caso, el límite inferior de la sección lo determina la facilidad de las operaciones de perforacion, extraccion, etc., etc.; para el objeto ulterior de la mina que nos ocupa, cualquier sección de las citadas es excesiva en rigor.

En una mina de cerca de 3000 metros de largo, cuyos frentes de ataque pueden llegar á distar 1500 metros de las bocas, sin auxilio de pozos ni ventanas, que no permite la topografía, es preciso facilitar las extracciones, prever la salida de las aguas, y tener en cuenta, no sólo que hay que establecer conducto de ventilacion, sino que ésta es más difícil y costosa cuanto menor es la sección de la galería, relativamente hablando; hay tambien que prever la necesidad de entibacion: en cambio, aun cuando resulte necesario

posicion sólo merecen confianza desde el año 1860 próximamente, y que la ley que creíamos entrever tiene poco fundamento; ésta era tres años de sequía y siete de abundantes lluvias. Alguna confianza en nuestras predicciones nos infundía el que en el Norte de Europa se observa algo análogo aunque en sentido inverso; pero repetimos que no hay datos suficientes para sostener la realidad de ese ciclo meteorológico ni de ningun otro. Debemos los datos meteorológicos al catedrático de física doctor D. Luis G. Frades, que rige con el mayor celo y acierto el observatorio de la universidad é instituto de Oviedo, y que en nuestro obsequio no ha vacilado en hacer trabajos muy molestos de colección, rectificación y clasificación de datos.

el revestimiento definitivo, el espacio que éste ocupe no debe añadirse á la sección, visto el objeto de la mina.

Respecto á entibaciones, tenemos los datos siguientes: el túnel atravesará 250 á 300 metros de terreno cretáceo, 400 á 500 de caliza devoniana, 900 á 1000 de areniscas ferruginosas alternadas con pizarrillas arcillosas, y el resto de caliza carbonífera. El primer tramo necesitará indudablemente entibaciones; los tramos en caliza es casi seguro que pasarán sin este costoso auxilio; y respecto á la arenisca debe ser permitida la duda. En las galerías de explotación abiertas en Villa-peri, en un filón de arenisca, que tienen longitudes de 300 á 400 metros y su máxima sección 2×2 , no sólo hay entibaciones, sino que en algunos puntos los techos ceden y rompen los sombreros de los marcos; verdad es que cada galería solo está separada de la superior por un espesor de 2,00 metros; además, estas galerías siguen el filón metalífero, que ofrece en sus planos de estratificación casi verticales un mínimo de adherencia: nuestro túnel ha de cortar estos planos casi normalmente, de todo lo cual creemos poder deducir que la entibacion continua no será necesaria, y que si en alguna parte se presentan capas que la exijan, no hay inconveniente en no tomarla en cuenta para fijar las dimensiones de la galería, como en su lugar detallaremos. Necesitamos, pues, para los tramos abiertos en roca, 2 metros de altura; el exceso de 0^m,20 sobre el mínimo admitido, lo destinamos á compensar la gran longitud que dificulta la ventilacion, y servirá tambien para rectificar los errores de rasantes que puedan ocurrir.

La vía de extraccion ocupará 0,80; 0,30 el tubo de ventilacion (ó trasmision de fuerza), y dejando 0,70 para la circulacion á pie, nos resulta una anchura de 1,80. Creemos que seria antieconómico descender de estas dimensiones, las cuales aún tendrán que aumentarse en el tramo abierto en las margas, arenas y arcillas cretáceas, para alojar las entibaciones: allí necesitarán 2,10 de alto por 2,20 de ancho.

Ahora bien, el metro lineal de galería en roca, sin gastos de ventilacion, ha sido tasado por las personas competentísimas á quienes hemos consultado, en 70 ú 80 pesetas, abierta la galería á brazo y pólvora ordinaria, con traccion por vía férrea y suponiendo el rendimiento de agua ya calculado; las personas consultadas son peritísimas en esta clase de trabajos, pues las

galerías trasversales de nuestras cuencas hulleras se abren casi siempre en calizas y areniscas como las de Naranco, si bien su longitud no es tan considerable.

Para comprobar este dato recurrimos á dos maestros en la materia: Mr. F. Callon, profesor de la escuela de minas de Paris, y Mr. A. Debauve, ingeniero de puentes y caminos; ambos textos son de 1874, y desde esa época ningun adelanto ha hecho el arte antiguo del minero.

Segun el primero, en rocas de tercer órden de dureza, en las que están comprendidas las de nuestro caso, con sección de 3,50 metros cuadrados, siendo de 4 pesetas el jornal reunido de un barrenero y su peón de mazo, y costando 2,50 pesetas el kilogramo de pólvora, el coste de desmonte del metro corriente de galería es:

10 jornales, á 4 pesetas.	40,00	pesetas.
3 kilogramos de pólvora, á 2,50 id.	7,50	"
<i>Total.</i>	<i>47,50</i>	"

Tomando el término medio de resultados en casos muy análogos al nuestro, resulta que á la cantidad fijada por Callon, debe agregarse, segun Debauve:

Extraccion, incluso el demérito de material. . .	9,50	pesetas.
Mechas, alumbrado, herramienta y vigilancia.	3,20	"
<i>Total.</i>	<i>12,70</i>	"

Resultaría el metro de galería á 60,20 pesetas; pero los jornales debemos aumentarlos por lo menos á 4,50 pesetas, y entonces el precio sube á 65,20; el metro corriente de entibacion puede calcularse en 10 pesetas, y si admitimos que haya que entibar dos quintos de la longitud total, tendremos para el metro de galería 69,20 pesetas, ó sea 70 pesetas contando con el pequeño trabajo que exija el agotamiento.

En la obra de Mr. Debauve, encontramos datos del coste de las galerías de avance de tres túneles abiertos para un ferrocarril del Rhin inferior, cuyas circunstancias son muy análogas á las de nuestro caso y á las del tipo escogido entre los de Mr. Callon, salvo la menor longitud (493 á 304 metros). El precio del metro cúbico de vaciado resultó el siguiente:

Mano de obra y entibacion..	10,65	pesetas.
Trasporte y descarga de materiales.	0,75	"
Pólvora, mecha, etc..	4,10	"
Alumbrado.	0,40	"
Herramientas, material y vigilancia.	2,00	"
<i>Total.</i>	<u>17,90</u>	"

Aplicando este precio, el metro lineal de galería de 3,60 metros cuadrados de sección costaría 64,44 pesetas; parece que debíamos reforzarle teniendo en cuenta los arrastres, mucho mayores de nuestro caso; pero en cambio no descontamos la entibacion continua en las galerías citadas.

Recurramos ahora á trabajos más frescos: estos han sido ejecutados en competencia con los medios modernos de perforacion, así que deben tocar á los límites de la economía: se practicaron en las minas de Raibl, en Carinthia, bajo la dirección del ingeniero austriaco Jarolimek, inventor de la perforadora de su nombre. El frente de avance era de $2,20 \times 1,60$, en dolomia compacta, pero la voladura se hacía con dinamita: el metro de avance costó (con jornales como los citados):

Mano de obra.	32,10	pesetas.
Dinamita, pólvora y mechas.	20,75	"
Arreglo de herramientas.	2,90	"
Extraccion, alumbrado y vigilancia.	<u>10,50</u>	(calculado).
<i>Total.</i>	<u>66,15</u>	pesetas.

Si añadimos la entibacion, tendríamos 70,15 pesetas.

Creemos que no es preciso multiplicar las citas para poder admitir el precio de 75 pesetas por metro de avance en roca, como precio de contrata, incluyendo en él 15 por 100 de aumento que previenen los reglamentos de obras públicas; la entibacion, que en el peor caso no excedería de los dos quintos de la longitud total, y los agotamientos, que son de poca importancia. Suponiendo que el túnel hubiera de abrirse á brazo y pólvora, la subasta á este tipo no dejaría de estar concurrida y aun se obtendría alguna rebaja, si bien pequeña, en nuestro concepto.

Ahora nos falta dilucidar si el empleo de los medios modernos ofrece economía segura, que nos lleve á redactar el presupuesto sobre la base de este empleo.

Para esta parte de nuestro estudio, tenemos á la vista las siguientes obras:
STAPFF: *Gesteins-bohr maschinen* (máquinas de perforar rocas).

GRIMBURG: *Zeitschrift des Esterreischichen Ingenieur und Architechten Vereins* (*Gaceta de la Asociacion de ingenieros y arquitectos austriacos*).

JAROLIMEK: *Esterreischiche Zeitschrift für Berg und Hütten wesen* (*Gaceta austriaca del cuerpo de minas*).

CUYPER ET HABETS: *Revue universelle des mines*.

Además, algunas otras monografías y libros de texto corrientes en la enseñanza.

Desde la Exposición universal de 1867, se reconoce que las materias explosivas más apropiadas á la explotación de minas y perforación de túneles, son las que produce el tratamiento de diversas sustancias orgánicas por el ácido nítrico; y entre estas son hoy las mejores las dinamitas, pólvoras de combustión rápida, que con un peso igual al de la pólvora ordinaria tienen una potencia tres y cuatro veces mayor, que permiten voladuras con líneas de menor resistencia un tercio mayores, exigen barrenos de menor diámetro, no necesitan atraque completo, son bastante resistentes á la humedad, obran sobre las rocas más allá del fondo del barreno, y por último, quebrantan de tal manera el medio resistente, que es fácil reducir la parte removida á fragmentos pequeños, cómodos para la extracción. En cambio el precio de la dinamita es bastante superior al de la pólvora; su empleo, si no peligroso, exige mayor cuidado, y sobre todo tiene el inconveniente de que su acción no está tan estudiada como la del antiguo y tradicional explosivo.

Para que todas las ventajas económicas que la teoría concede á la dinamita sobre la pólvora se realizasen en la práctica, sería preciso, entre otras cosas, disponer en toda perforación importante de tres ó cuatro clases de dinamitas y aplicar cada una con discernimiento, y previas experiencias ó reglas deducidas de ellas, según la disposición y dureza de las rocas.

La dinamita se ha generalizado, especialmente en la perforacion de túneles, pero esto no prueba la economía de su empleo, pues en esta clase de obras, la perforacion más cara conviene casi siempre si produce economía de tiempo.

En la explotacion de minas, el uso de la dinamita no se ha extendido tanto, á no ser para abrir trasversales ó pozos necesarios para poner cuanto ántes las minas en explotacion. Sin embargo, en bancos duros la dinamita se emplea por economía, como sucede en las minas de Villa-peri, tantas veces citadas.

Presentamos ahora datos concretos de comparacion entre pólvoras y dinamitas.

Construccion de la vía férrea de Viena á Brúnn, roca de dureza media:

Con dinamita.	Con pólvora.
Perforacion 15,00 pesetas.	36,00 pesetas.
Reparacion de flore- tes 4,00 »	6,60 »
Dinamita, mechas y cápsulas. 8,77 »	Pólvora y mechas. . 6,56 »
Rotura de bloques. . 3,75 »	5,00 »
<i>Total. 31,52 »</i>	<i>Total. 48,16 »</i>

Economía por el empleo de la dinamita 33 por 100.

Esta proporcion varía con la dureza de la roca, pudiendo llegar á un 45 por 100; en las minas de Chrzanow y en las de Kladno subió á un 50 por 100.

Mal haríamos en aceptar desde luego la probabilidad de una economía del 33 por 100 por el empleo de la dinamita en los gastos de remoción de rocas; pues las citadas son obras del Estado austriaco, y las operaciones fueron dirigidas y vigiladas por ingenieros peritísimos. En el caso en que nos hallamos, debemos huír de dos exageraciones: la reducción de precios, hasta el punto de inclinar al municipio á la apertura del túnel por razon de economía, resultando despues desierta la subasta; y el aumento de aquellos que podría corregirse por la competencia, pero que indudablemente presentaría el túnel como solución más cara que el canal á media ladera.

La importancia de la obra que estudiamos, no es tal que pueda atraer de lejanas regiones gentes especialísimas; la impresion que en Asturias ha dejado entre las del oficio el uso de la dinamita en la perforacion de los túneles de Pajares, no es favorable á este agente, bajo el punto de vista económico.

Esto no es razon suficiente para que no abriguemos el convencimiento de que un uso discreto de la dinamita, sin alambicar la materia, puede y debe producir alguna economía; pero como entre otras razones las dos fábricas de pólvora, que hay en Oviedo, abaratan mucho este producto con relacion á la dinamita, creemos acercarnos á la realidad admitiendo que el empleo de la dinamita produciría una economía de 5 por 100 en la perforacion y voladura de las rocas, respecto al precio asignado para la pólvora, resultando por lo tanto á 71,25 pesetas el metro de galería.

Para confirmar nuestra estimacion, véase el resultado obtenido en las minas de Raibl: allí las experiencias se hicieron bajo la inspección de un inventor de perforadora, que no tendería á rebajar el precio de coste por el antiguo sistema; y si bien es verdad que en Austria la dinamita es muy barata, la roca era más dura que en nuestro caso.

La aplicación de la electricidad á las voladuras, en el estado actual de la práctica, no creemos que pueda determinar economía assignable en los precios de perforacion; si el contratista fuese persona perita en la materia y encontrase en su empleo ocasión de un pequeño provecho, equitativo sería dejarle ese beneficio á cuenta de imprevistos.

Muy lejos nos llevaría hacer una descripción siquiera sumaria (ni aun una enumeración clasificada) de todos los aparatos destinados á sustituir el barreno y el mazo con mecanismos más ó menos complicados, movidos por la fuerza muscular, el agua, el vapor y el aire comprimido.

La perforadora más conocida y usada hasta el día (la misma que se empleó en los túneles de Pajares de mayor longitud) es la de Dubois y François; es una modificación de la Sommeiller, que se hizo célebre en el Mont-Cenis, y reúne todas las condiciones que hasta hace poco se exigían,

á saber: ser de percusion; tener dos movimientos independientes, el de ariete automático y el de avance al fondo de agujero regulado á mano; bastante peso y estabilidad, sin exageradas dimensiones; empleo del aire comprimido como fuerza motriz, y buen aprovechamiento de ésta. Se calcula que esta máquina abrevia en dos tercios el tiempo exigido por una perforacion á mano; pesa sin afuste 225 kilogramos. En competencia con ésta se halla muy preconizada la perforadora Burleigh, estrenada en el gran túnel de Mont-Hoosac (Estados Unidos), tambien de percusion y muy semejante á la anterior; hay dos modelos, uno de 75 y otro de 222 kilogramos. Desde 1876 y con motivo de la perforacion del San Gotardo, los ingenieros empiezan á dar la preferencia á las perforadoras barreneras (á las que pertenecían las primeras inventadas); en éstas el florete es hueco y terminado por un anillo provisto de cuatro á cinco cinceles; una fuerte presion producida por una columna de agua ó por aire comprimido, mantiene el florete contra la roca, y el mismo motor le comunica un movimiento de rotacion que produce en la roca el efecto de una sierra ó de una garlopa; aunque estos aparatos se han inventado para aprovechar como motor grandes caidas de agua, trabajan bien con el aire comprimido. La barrenera más conocida es la de Brandt, estrenada con el San Gotardo y empleada despues en el Sonnstein y otros túneles notables; la más moderna es la ya citada de Jarolimek.

Si quisiéramos establecer analiticamente una comparacion entre los resultados económicos del trabajo de las perforadoras y del muscular, tropezaríamos con dificultades insuperables; y sobre todo, segun los datos á que acudiéramos, los términos de la relacion y esta misma, ofrecerían divergencias monstruosas. Generalizando todo lo posible estos datos, apoyados en autoridades generalmente aceptadas, vamos á intentar la comparacion, sin que á su resultado deba dársele más importancia que la de una aproximacion muy vaga.

Los datos que admitimos son los siguientes:

Segun el doctor Stappf, del trabajo desarrollado por el hombre en la rotura de barrenos á mazo, solo se aprovecha para penetracion del barreno el 4,4 por 100; si este trabajo dura ocho horas diarias y el jornal medio es de 2,50 pesetas, tendremos que la hora gastada cuesta 0,3125 pesetas, y la que

llamaremos aprovechada costaría $\frac{31,25}{4,4} = 7,10$ pesetas. Segun el ingeniero

Ricdler la fuerza inicial representada por los caballos de vapor de la máquina que comprime el aire que mueve una perforadora, se reduce al 1 por 100 cuando se miden los efectos del florete en la roca. Calculémos ahora el coste de una hora de caballo de vapor.

La produccion de un caballo de vapor exige por ahora 3 kilogramos de carbon, que á 20 pesetas la tonelada representan 0,0600 pesetas.

Una máquina de vapor y compresor puede calcularse cuesten 2000 pesetas por caballo de vapor; admitiendo que puedan trabajar diez años, entre capital y réditos tendremos como dividendo 3000 pesetas; suponiendo un trabajo diario de dieciseis horas, el divisor será $360 \times 10 \times 16 = 57600$, y el cociente 0,0548 pesetas representaría lo que debe cargarse á la hora de caballo de vapor.

Suponiendo una perforadora de 3000 pesetas, con la misma vida que la máquina y compresor, y movida por una máquina de 4 caballos; el dividendo será 4500 y el divisor $360 \times 10 \times 16 \times 4$; el cociente 0,0195 pesetas representa lo que debe cargase á la hora de caballo.

La máquina necesita dos operarios y la perforadora otros dos: la hora en operarios costará $\frac{11}{8} = 1375$ pesetas; corresponderá á un caballo 0,3437.

En resumen, la hora gastada de caballo de vapor costará la suma de estas cantidades ó sea 0,4780 pesetas; pero la hora aprovechada costaría cien veces más, ó sea 47,80 pesetas.

Como se admite que un caballo de vapor equivale á 6,8 hombres, la hora aprovechada de hombre sustituido por máquina (medidas ambas en el trabajo efectivo de perforacion) costará $\frac{47,80}{6,8} = 7,03$ pesetas.

Si se tienen en cuenta los gastos de engrasado, reparacion de máquinas, floretes, tubos de conducción de aire comprimido, etc., se puede decir que por este método se llega á la equivalencia económica entre ambos trabajos.

¿Cuáles son los principales factores del precio en el trabajo mecánico? Para el precio de la hora gastada el personal representa más de los dos ter-

cios; pero tanto en este trabajo como en el muscular el factor más importante es la recíproca del tanto por ciento de fuerza aprovechada; y aparte de la dificultad de fijarlo, las condiciones del experimento, segun varía la habilidad de los obreros por una parte, el mecanismo y forma del estil por la otra, y la naturaleza del medio resistente en ambos casos, varían ellas mismas de tal modo, que á pesar del peso de la autoridad no nos atrevemos á considerar los resultados como base segura para un cálculo *á priori*. Y sin embargo, creemos que efectivamente en la actualidad se equivalen, por término medio bajo el punto de vista económico, la perforacion antigua y la moderna, por mas que en circunstancias límites puede inclinarse la balanza considerablemente en favor de una ú otra, segun varíe el importante factor citado.

Recurrámos al examen de casos prácticos para confirmarnos en esta idea.

Comparacion del trabajo á brazo y pólvora con el de la perforadora Burleigh y dinamita en el pozo Drybrok (Inglaterra); caliza carbonífera; sección 7,30 metros cuadrados.

Perforadora.	Mineros, peones, ma-	1068,75	pesetas.	Sin gastos generales, intereses, amorti- zacion, etc.
	quinistas, etc. . . .			
	Dinamita y cebos. . .		300,00	»
	Carbon y aceite. . . .	156,25	"	
	<i>Total para 33,215 metros cúbicos.</i>	<u>1525,00</u>	"	
	Para el metro cúbico.	45,90	"	
	Para el mismo con gastos.	<u>58,90</u>	"	
A brazo.	Mineros, peones, ma-	1567,50	"	
	quinistas, etc. . . .			
	Pólvora y mechas. . .		27,50	»
	<i>Total para 19,925 metros cúbicos.</i>	<u>1595,00</u>	"	
	Para el metro cúbico.	79,75	"	

Este dato es de poca aplicación para nosotros, pues la perforación vertical reune condiciones muy distinta de la horizontal; pero por mas que hemos

buscado no hemos podido encontrar datos comparativos referentes á perforadoras de percusion en galerías. Teníamos noticia de que en las minas de *Levant de Flenu* se había celebrado hacia el año 1878 una especie de concurso de perforadoras; nos procuramos la memoria del ingeniero Mr. Mativa, pero aparte del gran conocimiento que en ella se adquiere de estas máquinas, nada encontramos para nuestro especial objeto: admítese, sin embargo, el uso de perforadoras para trabajos de urgencia.

No hemos sido más felices respecto á datos en las obras de Pajares, donde simultáneamente, y en el mismo túnel muchas veces, se han empleado el brazo y la perforadora Dubois François; lo único que hemos recabado es la afirmación de ingenieros y contratistas de que las obras hubieran salido más baratas no empleando las perforadoras.

Respecto á perforadoras barreneras, hemos encontrado los datos siguientes:

En las minas de Raibl, dolomia compacta, sección 3,52 metros cuadrados, dinamita.

Perforadora Jarolimek (motor gratuito) . . . Metro de galería 73,66 pesetas.

A brazo id. id. 55,68 »

En la mina de Bleiberg, roca más tierna, sección como la anterior, dinamita.

Perforadora Brandt (motor gratuito) Metro de galería 72,64 pesetas.

A brazo id. id. 48,76 »

El resultado tan desfavorable para dos perforadoras, una de las cuales es de las más conocidas y usadas, y la otra una modificación ventajosa de la primera, se explica según el ingeniero Mr. Fersted, director de las minas de Zamkeroda, por la demasiada profundidad de los barrenos á máquina, que ocasiona un exceso grande en el consumo de dinamita; dicho ingeniero opina además que la perforadora debe reservarse para los agujeros del centro, haciendo á brazo los del contorno. Con arreglo á esta crítica, Jarolimek organizó nuevos trabajos en Raibl, cuyo detalle no conocemos; pero asegura que por lo observado «puede estimarse que la perforación mecánica llegará á entrar en competencia con la perforación á brazo, muy pronto.» Cuando tan modesta esperanza se exponía en marzo de 1881 ante una asamblea de notables ingenieros, como un progreso digno de entretenér su atención, nadie

se atreverá á asegurar que la perforacion mecánica sea en general económica respecto á la perforacion á brazo.

Por nuestra parte, creemos que hay en la perforacion mecánica un es-
collo esencial, que ha de dar mucho que hacer á mecánicos prácticos y
teóricos; y es la irregularidad continua del trabajo resistente: difícil vémos
la aplicacion de un volante ó regulador al florete de las percutoras, acaso
más fácil al taladro de las barreneras; tal vez pensará lo mismo el citado
Mr. Stapff cuando cree, por ahora, la mejor solucion, una perforadora á
brazo con trasmisiones bien estudiadas y del género barreneras. Un motor
inteligente, dócil a las alternativas del trabajo resistente, ofrece mayores
probabilidades de éxito, cuando ese trabajo es necesariamente variable en
muchos conceptos. Por otra parte, si la civilizacion ha de seguir buscando
en los senos de la tierra sus principales elementos, preciso es que la ciencia
le enseñe el modo de sacar al minero de su insopportable condicion; vá en
ello acaso la estabilidad del órden social con todas sus consecuencias.

Y ciñéndonos ahora á nuestro modesto problema, concluirémos con
plena conviccion, que no se puede redactar un presupuesto, para la perfora-
cion del túnel del Naranco, más barato que el que resulte del empleo del
barreno á brazo y la dinamita.

IV.

ANTES de redactar este presupuesto, debemos fijar los diversos gastos de extraccion, agotamiento, alumbrado, entibacion, ventilacion y revestimiento.

Ya hemos dicho que el túnel debe atacarse por sus dos bocas N. y S.; la forma del terreno excluye el auxilio de pozos y ventanas. La extraccion de materiales se hará por vía ferrea de $0^m,50$ á $0^m,80$ de ancho, con wagones de madera, de un tercio de metro cúbico, que pesarán cargados una tonelada próximamente y serán arrastrados por peones.

La pendiente, de igual resistencia para la bajada de wagon cargado y la subida del vacío, sería de cinco á seis milésimas; la del equilibrio, de nueve; pero como por no perder nada de la altura del nivel de carga, para la buena distribucion de las aguas, haremos el túnel horizontal, resultarán desfavorecida la marcha en carga y favorecida la otra; ligero inconveniente que hay que aceptar, pues las dimensiones de la galería no permiten rasantes provisionales.

Con estos datos puede admitirse que el gasto de extraccion por tonelada y kilómetro sea de 0,70 pesetas; calculando en 700 metros el término medio que debe recorrer la carga hasta la boca de la mina y en 2500 kilogramos el peso del metro cúbico de escombros, cada metro de avance extraido costará 4,40 pesetas á la boca de la mina.

Suponiendo que se usen carriles de 6 kilogramos por metro, tendríamos:

12 kilogramos de carril, á 0,20 pesetas.	2,40	pesetas
3 escarpias.	0,20	"
Traviesa y media.	1,30	"
Mano de obra.	0,50	"
<i>Total para un metro de galeria.</i>	4,40	pesetas.

Tendrémos para el metro de avance 8,80 pesetas; como hemos supuesto que este precio era de 9,50 pesetas, quedan 0,70 por metro, ó sea 2000 pesetas en total, con las que pueden adquirirse 10 vagones como los citados; la reventa del material usado, equivale bien al entretenimiento y beneficio reglamentario.

No presuponémos el arrastre más allá de las bocas-minas, dada la situación de la del Sur; el material extraído se venderá para machaques, cimentaciones, etc., siquiera á 0,75 pesetas el metro cúbico (2,25 cuesta en la cantera la piedra de mampostería), y producirá unas 3000 pesetas, cantidad suficiente para ejecutar y pagar el terreno ocupado por la escombrera del Norte; esto si el ayuntamiento no quiere reparar aquellos caminos vecinales, que bien lo necesitan.

El alumbrado, por todos los datos adquiridos, lo fijamos en 0,40 pesetas por metro de galería, ó en total algo más de 1000 pesetas; la poca importancia de esta partida, nos dispensa de entrar en pormenores.

Hemos dicho que el túnel atravesará unos 300 metros de terreno cretáceo, margas, arenas, arcillas y acaso areniscas blandas, que exigirán entibación: esta se compondrá de dos montantes, un sombrero y el guarnecido ó embastonado; no necesitará solera, pues no creemos que haya empujes que tiendan á estrechar la boca de la galería; á cada metro corresponderá marco y medio, y el coste será:

9 metros de rollo de pino, de 0,20 á 0,30.	4,50	pesetas
Embastonado.	1,50	"
Mano de obra.	3,00	"
Beneficio.	1,00	"
<i>Total.</i>	10,00	pesetas.

En cuanto á los 900 ó 1000 metros de arenisca ferruginosa, todo hace creer que las paredes de la galería no necesitarán entibacion; suponiendo que el techo la necesite, y que haya que poner algunos marcos completos al atravesar capas gruesas de pizarrillas ó areniscas descompuestas, admitirémos que el metro de túnel en este tramo exige 5 pesetas para entibacion.

Ya hemos dicho que no contábamos con grandes filtraciones; el agua que segun nuestro cálculo puede encontrarse, saldrá fácilmente por regatas abiertas cerca de las paredes; no creemos deber afectar partida ninguna del presupuesto á esta atencion, pues en la latitud con que calculamos las otras hay compensacion sobrada. Unicamente observarémos que, si la obra llegará á subastarse, en el pliego de condiciones se tendría en cuenta la posibilidad del gasto imprevisto que podría ocasionar un agotamiento importante.

Hasta el momento en que esté calada la galería, el aire confinado en ella sólo se purificaría por la difusion, sino le diéramos salida artificial. Sin perjuicio de que el contratista apele á los medios que crea convenientes para evacuar el aire viciado, nosotros vamos á calcular los gastos de ventilacion, en el supuesto de que ésta se haga por una chimenea de palastro con hogar ordinario, y un tubo de ladrillo, zinc ó tabla, que ponga en comunicacion el hogar con el fondo de la galería.

Sábese que un hombre trabajando necesita diariamente 60 metros cúbicos de aire fresco; una lámpara de mina otro tanto; y admitiendo que cada minero tenga su lámpara constantemente encendida, así como los peones, supondrémos á cada individuo un consumo de 120 metros cúbicos; para un término medio de 10 personas en toda la longitud de media mina, la renovacion de aire exige un caudal de 1200 metros cúbicos diarios. Supondrémos algun desprendimiento de gases en las rocas removidas, y para compensar esta circunstancia, aumentarémos á 3000 metros cúbicos la provision diaria; añadido ésta á la influencia benéfica de las filtraciones, creemos poner el trabajo en buenas condiciones, tanto por la higiene, como para la fácil evacuacion de los gases de las voladuras.

Mr. Stockalper, ingeniero de la perforacion del San Gotardo, ha tenido ocasión de estudiar en grande escala las leyes del movimiento de los gases en los tubos de gran longitud, encontrando una fórmula idéntica á la estable-

cida por Darcy para el movimiento de los líquidos, á saber: [1] $F = a Q^2 d$, siendo:

F = pérdida de carga por metro de tubo (expresada en metros de agua).

a = coeficiente de corrección de las tablas de Darcy.

Q = gasto de aire por segundo, en metros cúbicos.

d = densidad del aire á 0° .

Hemos creido que esta fórmula es muy á propósito para evitar los enojosos cálculos que se precisan para determinar la depresión producida por el movimiento en los problemas de ventilación; y como esta es una novedad que nos hemos atrevido á introducir, deseariamos que personas competentes se fijáran en ella, pues si, como creemos, el método produce resultados tan aproximados como el ordinario, tiene sobre éste una grandísima ventaja por su notable sencillez.

Para que el movimiento del aire desde el fondo de la mina hasta la boca de la chimenea tenga lugar con la velocidad que exige el gasto, es preciso que se equilibren, una vez establecido el régimen, las fuerzas motrices y las resistentes, lo que se expresa en la ecuación [2] $h \delta = h \delta' + L J$, siendo:

h = altura de la chimenea.

δ = densidad del aire en la mina.

δ' = densidad del aire en la chimenea.

L = longitud del tubo de aspiración desde el hogar al fondo de la mina.

Tendrémos además las relaciones $a = d (1 + a t) = d' (1 + a t')$ [3] siendo:

a = coeficiente de dilatación del aire.

t = temperatura del aire en la mina.

t' = temperatura del aire en la chimenea.

Ahora, si por medio de las ecuaciones [1] y [2] y las relaciones [3] derivamos la incógnita J , ó sea la depresión, tendrémos a en valor de cantidades

conocidas, á saber: $a = \frac{h \times a \times (t' - t)}{L Q^2 (1 + a t) (1 + a t')}$. Buscando ahora el valor de a en las tablas de Darcy, tendrémos enfrente el diámetro del tubo que se necesita adoptar.

Ya hemos dicho que sólo como de aplicación práctica, puede aceptarse este cálculo: si se quiere un poco más de exactitud, puede calcularse a po-

niendo en vez de la ecuacion [2] la [2'] $h\delta = h\delta' + L(J + J')$, y en vez de la [1] las $J = \alpha Q^2 d$ y $J' = \alpha' Q'^2 d$; de este modo se tomará en cuenta la pérdida de carga desde la boca-mina al fondo de la galería.

Para nuestro caso particular, poniendo:

$$h = 15 \text{ metros}, L = 1500 \text{ metros}.$$

$$t' = 315^\circ, t = 15^\circ.$$

$$Q = 3000 \text{ metros cúbicos}.$$

Obtuvimos en la primera fórmula $\alpha = 3,28$, que corresponde á un diámetro igual 0,23.

Ahora bien, se necesita quemar 1 kilogramo de carbon segun las experiencias de D'Arcet, para cada 20 metros cúbicos de aire que atraviesan las parrillas, 150 kilogramos para cada boca de mina ó sea 300 kilogramos para las dos.

Segun el mismo autor, la chimenea debe tener en su sección tantas veces 10 decímetros cuadrados cuantos 36 kilogramos de carbon hayan de consumirse por hora, y como el consumo no llega á 7 kilogramos por hora, fijaremos para la sección de la chimenea 2 decímetros cuadrados, á lo que corresponde un hogar de 6 decímetros cuadrados. Nada más económico para una chimenea de esta sección, que un tubo de palastro con vientos para la sujecion y un forro de tablas para conservar la temperatura, y por lo tanto la eficacia del tiro. No conviene disminuir su altura, pues sería preciso aumentar el diámetro del tubo de aspiracion, y como este es largo, sería costoso el aumento.

Con estos datos, fijemos el coste de la ventilacion determinando el tiempo que estará encendido el hogar: suponiendo que tres relevos de dos mineros y dos peones puedan hacer en veinticuatro horas 1 metro de avance por cada boca, y que la ventilacion no empiece á ser necesaria hasta los 350 metros, tendrémos próximamente 1100 días de ventilacion, que á 6 pesetas diarias de combustible, representan 6600 pesetas: no calculamos ninguna cantidad para fogonero, pues la poca vigilancia que exige el hogar, puede hacerla cualquier peón de los encargados del trasporte.

El tubo de aspiracion, si se hace de zinc con 0^m,23 de diámetro, costará 2,50 pesetas metro, incluso soldaduras y colocacion; y calcularemos 1000 pe-

setas para las chimeneas, hogares y cobertizos de resguardo; con lo que serían los gastos de ventilacion:

330 tonelapas de carbon, á 20 pesetas una. . .	6.600	pesetas.
3000 metros de tubo de zinc, á 2,50 id. uno..	7.500	"
Chimeneas, hogares, etc.	1.000	"
<i>Total.</i>	<i>15.100</i>	"
A descontar reventa del zinc y hierro.	1.600	"
<i>Total de la ventilacion.</i>	<i>13.500</i>	pesetas.

Parece que empleando la perforacion mecánica con aire comprimido, podría suprimirse por completo la partida de ventilacion, aprovechando el aire insuflado en la mina despues de haber trabajado en la perforadora: cuestion es esta en que verbalmente hemos obtenido respuestas muy contradictorias, debido á lo distinto de los casos en que sin duda ninguna se encontró cada interrogado. Mientras trabaja la perforadora, deben salir al avance unos 245 litros de aire por minuto, lo que es muy poco para una mediana ventilacion; y gastar el aire comprimido destinado al trabajo en ventilar por inyeccion, está reconocido como costosísimo, comparado el procedimiento con cualquiera de los de aspiracion. Lo que sí cabe es alimentar los hogares de las máquinas con el aire de la mina, abonándose así el gasto de carbon y chimeneas, ó sean unas 7600 pesetas, correspondiendo una economía de 2,50 pesetas próximamente á cada metro de galería.

Consideramos indispensable el revestimiento del primer tramo S. abierto en el terreno cretáceo, y como en este terreno el ensanche de la galería en algunos decímetros no será de gran coste, proponemos un revestimiento completo de dos piés derechos de $0^m,40$ de espesor y $1^m,40$ de altura, incluyendo $0^m,20$ de cimiento, y una bóveda de medio punto de $0^m,60$ de radio y $0^m,25$ de espesor: resultaría así una excavacion de 2 metros de ancho y $2^m,05$ de alto en la clave, y una sección para el túnel de $1^m,20$ de ancho y $1^m,80$ de alto en la clave.

Los piés derechos serán de mampostería semi-hidráulica, aprovechando la piedra del túnel, bien la del tramo calizo, y acaso mejor la de algunos

bancos de arenisca, que darán una fábrica concertada á poco coste; la bóveda será de ladrillo. Así y todo, el metro de revestimiento ascenderá á 30 pesetas, y pudiendo ser la longitud de este tramo variable entre 250 á 300 metros, tendrímos una partida de 7500 á 9000 pesetas. Sin embargo, como en el desmonte de este terreno pueden ahorrarse de 25 á 27 pesetas por metro, no resultará el precio muy superior al de los tramos de caliza, en que puede economizarse el revestimiento.

Si este tramo se presentará en el centro de la mina, teniendo en cuenta su poca longitud y la relativa rapidez del avance, podría obtenerse una economía suprimiendo la entibacion y haciendo desde luego el revestimiento; pero en la situación que ocupa no debe estrecharse la boca, y si aceptamos mayor sección, desaparece la economía.

En el tramo de arenisca vuelven á reproducirse las dudas manifestadas al tratar de la entibacion, y ahora con más importancia, pues como hemos visto, el metro de revestimiento cuesta triple que el de entibacion; nosotros, sin asegurarla, nos inclinamos á creer que podrá excusarse el revestimiento; de seguro no necesitará ser continuo y podrá reducirse para capas de arenisca falsas á bóvedas de ladrillo apoyadas en el mismo macizo, y para las de pizarra descompuesta á arcos y piés derechos del mismo material. La verdad es, que esta cuestión no puede resolverse hasta que el aspecto de la obra vaya indicando lo necesario; solamente para quedarnos en un término medio entre los casos más y menos favorables, supondremos un tercio de revestimiento, ó sean 9000 pesetas, que representan también la mitad de la bóveda total con suspensión de los piés derechos.

Réstanos ahora estudiar el modo de aprovechar el túnel para la conducción del agua. Dando una pendiente igual á la admitida para el canal á media ladera, tendrímos un conducto cuyo precio por metro es de 10,14 pesetas: teniendo en cuenta la solidez del suelo, no hay inconveniente en suprimir una de las capas de ladrillo del suelo del canal, lo que producirá una economía por metro de 0,70 pesetas; cerrando las dos bocas de la mina, no sería perjudicial suprimir las tapas de losa; pero tememos que el agua pudie-

ra recibir materias minerales y orgánicas procedentes de las rocas en descomposicion, y por pequeña influencia que esto tenga, puede evitarse con poco gasto, tapando el canal con dos ladrillos inclinados, cuyo coste por metro, incluso arreglo del pequeño salmer que necesiten las paredillas, sería de 0,80 pesetas; y obteniéndose así una economía de 1,20 pesetas, resultaría el metro de canal á 8,24 pesetas.

Pero hay otra solucion: si toda la mina fuera impermeable, nada más natural que convertirla en un depósito de 8 á 9000 metros cúbicos de cabida; solucion que desde luego inclinaría la balanza en favor del túnel, pero por de pronto los tramos cretáceo y arenisco no gozan de la condicion de impermeabilidad; y la caliza ofrece tantas salidas al agua, que será probablemente el trozo ménos á propósito para su embalse.

Pero creemos buena solucion revestir todo el suelo de la mina y $0^m,50$ de altura de los costados, con una capa de mortero hidráulico de $0^m,03$ de espesor, cuyo coste por metro será de 7,50 pesetas, ó sean para todo el túnel un ahorro de 2000 pesetas, respecto á la conduccion por canal; añádese á esto el coste del depósito y tendrímos un ahorro de más de 25.000 pesetas: el depósito efectivamente puede suprimirse, pues cerrando las dos bocas de la mina embasarémos en ella más de 2000 metros cúbicos de agua. Esta solucion, además de la economía, tiene otras ventajas: el agua que pueda producir la mina se aprovechará para el consumo, sin necesidad de disposiciones especiales, que acaso serían costosas si el agua no se presentaba en cantidades importantes en puntos determinados: puede suprimirse la pendiente en todo el túnel (con lo cual se ganan 60 centímetros para la zona de distribucion), ó, cuando ménos en la parte que se abra desde la boca N., facilitando la extraccion y el saneamiento, y hasta cierto punto la ejecucion de la obra por lo difícil que es conservar pendientes tan insignificantes; esta última consideracion no es baladí tratándose de dos trozos de galería que han de encontrarse sin recibir ulterior ensanche.

Estudiadas todas las circunstancias del túnel y de su empleo como acueducto-depósito, con cuanta exactitud y minuciosidad se nos alcanza, vamos á reunir los datos allegados para obtener el precio total de la obra.

V.

ANTRE la Guañal y Ladines, cualquier punto que se escoja para origen del túnel, y cualquier dirección que se dé á éste, resulta una recta más larga (hasta salir al mismo nivel de la vertiente S.), que las que resultan tomando uno de aquellos dos puntos para origen. Escogiendo á Ladines, la recta más corta, sale á un barranco que hay más abajo de Ules, y esta recta tiene 3100 metros próximamente; escogiendo la Guañal, el túnel tiene 2815 metros desembocando en el punto escogido para el depósito, 2685 desembocando por debajo del lavadero de Fitoria, y 2580 buscando la línea de nivel hacia Cayences. Esta última línea, aunque ofrece una disminución de túnel de 170 metros, no es aceptable, porque habrá que completar la conducción con un canal de 2325 metros, que á 18 pesetas el metro, representa un gasto de 41.850 pesetas, mientras que la economía en el túnel, calculando el metro á 90 pesetas (cifra excesiva) sólo representaría 15.300. La salida al lavadero de Fitoria, economiza 130 metros de túnel y exige sólo en su reemplazo 470 metros de canal: merece la pena que estudiemos con detenimiento esta solución, comparándola con la que hasta ahora nos ha servido de norma.

Tomando términos medios como en el caso anterior, tendríamos de economía 11.700 pesetas; de aumento 8460 pesetas, ó sea una economía de 3240 pesetas. Pero es el caso, que admitiendo la prolongación del túnel por un canal, tendríamos que construir una casa para verter sus aguas en el sifón, cuyo precio no bajaría de la economía realizada, aún descontando del precio de dicha casa lo que cuesten las disposiciones necesarias para que el agua del túnel entre directamente en el sifón. Si admitimos que el sifón nazca en el

túnel, podría dirigirse éste hacia Oviedo con un aumento de 400 metros sobre la línea escogida para el proyecto y que nace en la boca del otro túnel más largo, calculando 22,50 pesetas; pero este aumento asciende á 9000 pesetas, quedando la economía reducida á 2700 pesetas.

Aun ésta no sería de despreciar, sino temiéramos que resultaría ilusoria; pues el terreno en que se abrirá la boca del túnel, abunda en filtraciones y ofrece malísimas condiciones de consistencia, por cuya razón es muy fácil que no sólo 2700 pesetas, sino bastantes más se gastarán en imprevistos.

Por todo lo cual creemos que la única solución aceptable para el trazado del túnel, es la que marcamos en el plano correspondiente.

Esta mina tendrá entre las dos bocas 2825 metros en línea recta y de nivel; su carga, como se vé en el perfil, excluye toda posibilidad de que pueda ayudarse su construcción con pozos.

Las dos bocas empezarán cuando el desmonte en zanja llegue á 6 metros de profundidad: el túnel atravesará probablemente de S. al N. 250 metros de terreno cretáceo, 350 de caliza devoniana, 900 de arenisca devoniana y 1315 de caliza carbonífera, siendo los estratos del primer tramo casi horizontales, y próximamente verticales y normales á la dirección del túnel los otros. La sección en el primer tramo irá entibada y tendrá 2^m,20 de ancho por 2^m,30 de alto; terminada la perforación se revestirá; la sección en los otros tramos será de 1^m,80 de ancho por 2 metros de alto, y sólo se entibará y revestirá la parte que sea indispensable. Las disposiciones para convertir esta mina en acueducto-depósito, son las que hemos detallado. El presupuesto que vamos á precisar se hace en el supuesto de que la perforación mecánica no es más económica en la actualidad y circunstancias locales, que la perforación á brazo y dinamita; lo cual, como veremos, no excluye la resolución de exigir, sin mayor coste para el municipio, el empleo de las perforadoras ó barrenadoras, con objeto de abbreviar el plazo de ejecución.

Pesetas.

<i>Perforacion..</i>	250 metros de galería en arcillas y arenas, á 31,10	7.775,00
	2556 id. de id. en caliza y arenisca, á 56,10	143.896,50
<i>Alumbrado..</i>	2815 id. de id. á 0,40	1.126,00
<i>Extraccion..</i>	2815 id. de id. á 9,50	26.742,50
<i>Entibacion..</i>	250 id. de id. con entibacion completa, á 10,00	2.500,00
	900 id. de id. con id. parcial, á 5,00	4.500,00
<i>Ventilacion..</i>	La de todo el túnel.	13.500,00
<i>Revestimiento</i>	250 metros de galería con revestimiento comple- to. á 30,00	7.500,00
	900 metros de id. con id. parcial á 10,00	9.000,00
	2815 metros de canal. á 7,50	21.112,50
<i>Canal.</i>	300 id. cuadrados de zampeado. . . . á 2,00	600,00
	Puertas y compuertas de las dos bocas-minas.. .	1.747,50

*TOTAL presupuesto de contrata, por suponer incluido en
los precios anteriores el 14 por 100 de beneficio, etc... 240.000,00*

Hemos indicado que abreviando el túnel con perforadoras movidas por el aire comprimido, podrá obtenerse en la ventilacion una economía de 7600 pesetas. Como el plazo de cinco años que debe ponerse para la terminacion completa del túnel ejecutando las obras á brazo, es demasiado largo, veamos si podremos obtener fundada probabilidad de recurrir á la perforacion mecanica, sin que el municipio tenga que aumentar los gastos ya considerables de tal empresa.

Supongamos que con la garantía del ayuntamiento, representada en cualquier forma, el banco de España suministrará trimestralmente los fondos necesarios para la obra, con el 1 por 100 de interés trimestral: durando la obra cincuenta y siete meses, ó sean diecinueve trimestres, el ayuntamiento pagará de intereses simples 24.225 pesetas; si la obra durase sólo ocho trimestres, los intereses simples serían 10.890 pesetas.

¿Convendría tomar la cantidad de 250.000 pesetas como tipo del presupuesto de contrata con la condicion de terminarla en veinticuatro meses, lo que equivale á exigir el empleo de perforadoras?

El municipio saldría beneficiado en 5335 pesetas sólo de los intereses sim-

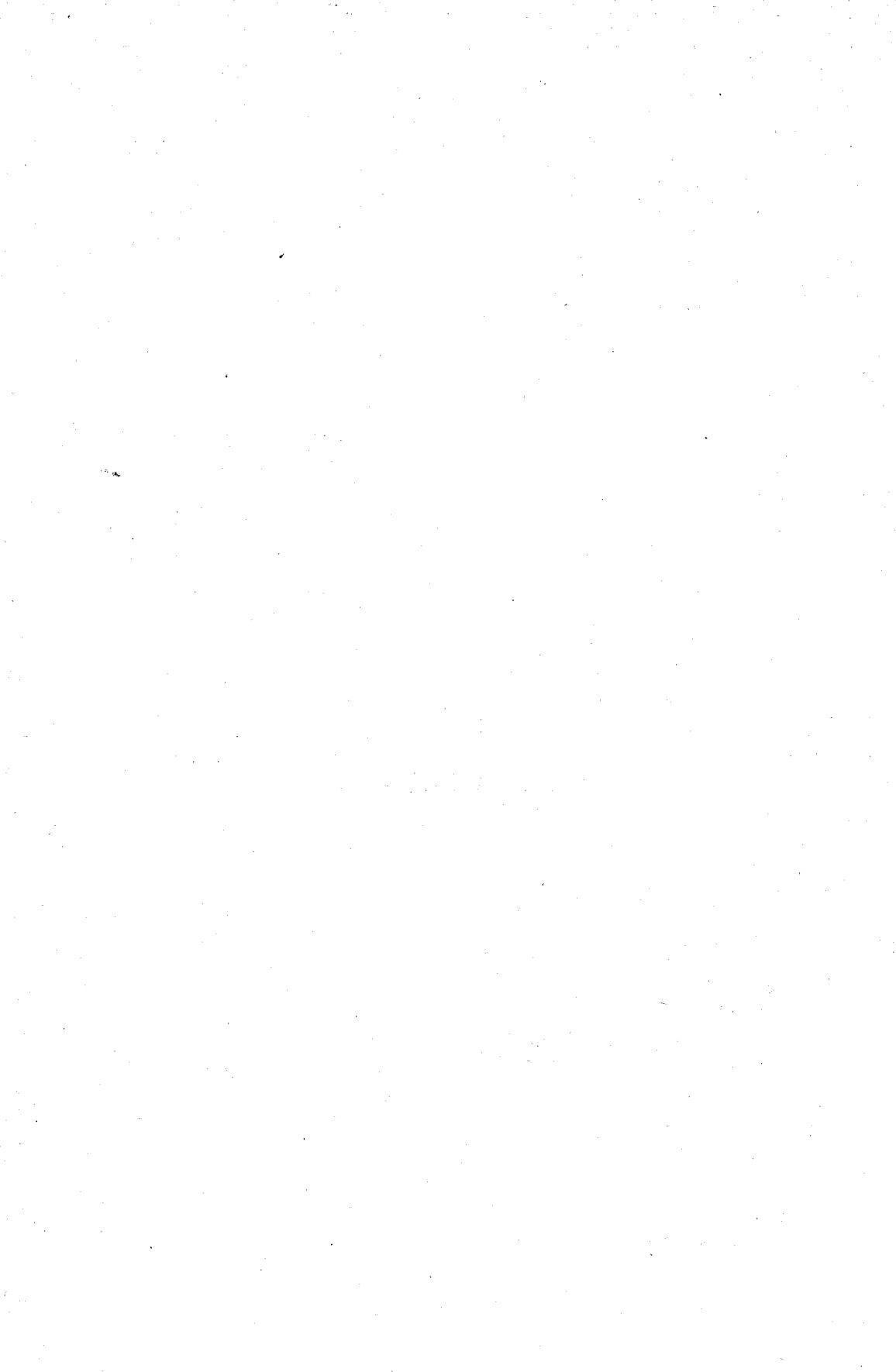
bles: habría que agregar el interés compuesto, más el exceso de tres años de sueldo para el personal afecto á la inspección y vigilancia de la obra. Bien se nos ocurre que la terminación de la traida de aguas no es como la terminación de la instalación de una empresa industrial, que puede prometerse entrar en producción á los pocos días de su inauguración; pero así y todo no cabe duda de que es más económico un presupuesto de 250.000 pesetas para terminar las obras en veinticuatro meses, que uno de 240.000 para acabarlas en cincuenta y siete.

¿Bastaría esta diferencia de 10.000 pesetas para que la subasta con la condición de la perforación mecánica no resulte desierta? Creemos que sí; pues á este aumento de 10.000 pesetas hay que agregar 7.600 que se economizan de seguro en la ventilación: añádase, que la extracción resulta favorecida porque en el trabajo á brazo el cubo diario que hay que extraer es muy pequeño, y cualquier exceso de personal necesario para auxilio en casos imprevistos, en operaciones intermitentes, etc., etc., recarga mucho la unidad á que se aplique el precio, y el personal de vigilancia, administración y dirección también recarga la obra por su larga duración.

Pero aunque todo esto no se tome en cuenta, siempre resultaría una suma de 17.600 pesetas disponible para la compra del material de perforación: ahora bien, una perforadora se adquiere con su afuste por 3000 pesetas; suponiendo necesarias dos, tendremos 6000 pesetas; dos compresores y dos máquinas de cuatro caballos cada una podrán costar 10.000 pesetas; el tubo de hierro de trasmisión representará otras 10.000 pesetas (2.815 metros); en total unas 36.000 pesetas de gastos de instalación; este material se calcula siempre amortizable en diez años. En Asturias, donde las obras tienen gran porvenir, donde ya las minas de Duso ensayan una perforadora á mano, y las del marqués de Comillas están montando otras mecánicas (creemos que dos) no es mucho suponer que después de dos años de uso, este material presente los dos tercios de su valor. Aun admitiendo, lo que debe hacerse, que haga falta una perforadora, una máquina y un compresor de respeto, el gasto de instalación representaría 44.000 pesetas, que deducida la reventa viene á ser un gasto definitivo de 15.000 pesetas.

Creemos, pues, que el municipio, en el caso de adoptar la conducción de

aguas en túnel, debe admitir el presupuesto de 250.000 pesetas y el plazo de dos años para la ejecucion de la obra, solucion que siendo para la corporacion más aceptable bajo todos aspectos que la otra, no presenta el riesgo de ser inaceptable para la subasta. Si por el contrario hubiéramos puesto en condiciones muy favorables el trabajo mecánico, la competencia se encargaría de rebajar lo que hubiere de excesivo; pero creemos, sin embargo, firmemente, que debemos estar muy cerca de la realidad.



VI.



ESÚMEN de la memoria del ante-proyecto y comparacion de las soluciones estudiadas.

En realidad hemos terminado los ante-proyectos entre los que el municipio debe escoger, para proceder luego á la redaccion en forma reglamentaria del proyecto elegido. Creemos, sin embargo, conveniente, para facilitar la comparacion de las soluciones, hacer un resumen; tanto más necesario cuanto que por la naturaleza del asunto, el cuerpo principal de nuestra memoria carece de método riguroso que ayude al recuerdo de las muchas cuestiones que han sido objeto de discusion. Conformes con la opinion del señor Perez de la Sala, elegimos el manantial de la Guañal como base del abastecimiento permanente; las aguas de Sopeña pueden servir, si se juzga necesario, para asegurar en todo tiempo á Oviedo un surtido mínimo de 16 á 17 litros por segundo con los manantiales de la falda N.; lo que agregado al mínimo de 8 litros que suministran los de la falda S., ofrecerá un abastecimiento mínimo de 24 á 25 litros por segundo, ó sea 108 litros por habitante cuando la poblacion, actualmente de 17.000 almas, suba á 20.000, ó 86,40 litros por habitante cuando la poblacion sea de 25.000 almas.

Esta cantidad de agua se obtiene á cotas tales, que en cualquier caso queda asegurado el buen servicio por la combinacion fácil de los dos abastecimientos.

El agua de la Guañal puede llegar á Oviedo de tres maneras, á saber:

- 1.^a Acueducto á media ladera.
- 2.^a Túnel.
- 3.^a Solucion mixta de acueducto á media ladera,

La primera solucion representa un gasto de canal en desmonte y terraplen de 8240 metros, incluyendo arquetas, casa de toma é indemnizaciones.	151.250 pesetas.
Depósito de 1040 metros cúbicos, incluso terreno y disposiciones para la maniobra.	25.000 id.
Sifon cañería de 1730 metros, de 0 ^m ,30 de diámetro.	48.375 id.
Ampliacion y arreglo de la distribucion actual.	13.836 id.
<i>Total.</i>	<i>238.461 pesetas.</i>

Demostrado en el cuerpo de la memoria que por todos conceptos es preferible exigir la perforacion mecánica del túnel, el presupuesto completo de esta solucion es el siguiente:

Túnel de 2815 metros, sirviendo de acueducto depósito. . .	250.000 pesetas.
Sifon cañería de 1730 metros, de 0 ^m ,30 de diámetro.	48.375 id.
Ampliacion y arreglo de la distribucion actual.	13.836 id.
<i>Total.</i>	<i>312.211 pesetas.</i>

No exigiéndose la perforacion mecánica, el presupuesto será 302.211 pesetas.

Atendiendo á la importancia del presupuesto, no creemos conveniente recargarlo innecesariamente; así pues, no admitimos como soluciones aceptables sinó las dos que sustituyen con una mina, bien el trozo de canal que se desarrolla desde el perfil 205 al 244, bien el que vá desde el perfil 208 al 242.

Presupuesto sustituyendo á 1175 metros de canal á media ladera, una mina de 277 ^m ,50.	239.561 pesetas.
Presupuesto sustituyendo á 980 ^m ,60 de canal á media ladera, una mina de 220 ^m ,50.	238.861 id.

Este suplemento de abastecimiento exige un aumento de presupuesto en todas las soluciones estudiadas; acaso resulte ménos necesario, para mucho tiempo, adoptando la solucion en túnel, pues su apertura produciría un contingente de agua equivalente cuando ménos al estiage de la Polvorosa.

El presupuesto de esta conducción intermitente es de 110.962 pesetas.

El siguiente cuadro reune todos los presupuestos expresados:

	Pesetas.
Acueducto á media ladera.	238.461
Id. con suplemento de Sopeña.	349.423
Túnel abierto á máquina.	312.211
Id. con suplemento de Sopeña.	429.173
Primera solucion mixta.	239.561
Id. con suplemento de Sopeña.	350.523
Segunda solucion mixta.	238.861
Id. con suplemento de Sopeña.	349.823
Túnel abierto á brazo.	302.211
Id. con suplemento de Sopeña.	413.173

Perfectamente podrá el municipio, sin el recurso de nuestra humilde opinion, elegir entre las diez soluciones que resume el cuadro anterior, la que creyera más conveniente; mas, sin embargo, hemos de emitir nuestro parecer, aunque sólo sirva para base de la discusion encomendada á los que han de resolver.

Por de pronto creemos que no debe ser objeto de ejecucion inmediata la conduccion suplementaria de Sopeña á la Guañal: sin ella tiene Oviedo asegurado un caudal mínimo de 16 litros por segundo, que corresponden á 81 litros por habitante en la actualidad, á 69 cuando Oviedo tenga 20.000 almas y á 53 cuando tenga 25.000: un aumento de 8000 almas es cuestion, por lo poco, de treinta á cuarenta años, por mucho que se confie en la prosperidad general y en la particular de Oviedo; y como la cantidad de 110.000 pesetas no deja de ser casi la mitad del presupuesto de abastecimiento por la Guañal, como sus intereses en treinta á cuarenta años representan por lo menos el doble de la suma, aun no componiéndolos, y como además esta obra, en cualquier época que se lleve á cabo, no exige alteracion ninguna en lo que entonces exista, creemos firmemente que debe ser descartada del proyecto definitivo. Pudiera parecer conveniente tener redactado el proyecto para el dia de la ejecucion, y por nuestra parte ninguna dificultad pondríamos á ello, pues hecho ya el borrador, poco trabajo es copiarlo en limpio; sólo que creemos que tal trabajo resultaría de poco aprovechamiento el dia que hubiera de utilizarse, porque para entonces la maquinaria habrá sufrido probablemente variaciones y progresos que hoy no pueden preverse. De todos modos, aunque el municipio resuelva que el proyecto definitivo de ampliacion del abas-

tecimiento acompañe el de la conducción de Sopeña, las obras deben aplazarse para un porvenir indeterminado, dejando esta carga á las generaciones que hayan de aprovecharla, y no imponiéndosela desde ahora, con perjuicio suyo y de la presente, y sin utilidad para ninguna.

Ya digimos que considerábamos inconvenientes las soluciones mixtas, porque sus presupuestos sean prácticamente iguales al del acueducto á media ladera, pues introducir arbitrariamente, sin necesidad ni utilidad, tal procedimiento en una obra que puede ser perfectamente homogénea, no sería cuerdo. Si hemos hecho tal estudio es simplemente para convencernos de su inutilidad. Así pues, creemos que las soluciones mixtas deben quedar excluidas.

El largo plazo que reclama el túnel á brazo, no queda compensado por la ilusoria y exígua economía de 10.000 pesetas, que introducimos en su presupuesto respecto á la perforación mecánica; pues en realidad resulta más cara que ésta, y abrigando como abrigamos el convencimiento de que el presupuesto asignado para la apertura en dos años es aceptable, y que la subasta no ha de quedar desierta, también descartamos de la comparación la solución del epígrafe.

Queda, pues, reducida la elección, en nuestro concepto, á las dos restantes soluciones: túnel abierto á máquina, sin conducción suplementaria; su presupuesto completo 312.211 pesetas; plazo para la terminación de todas las obras dos años y medio: acueducto á media ladera, sin conducción suplementaria; su presupuesto completo 238.461 pesetas; plazo para la terminación de todas las obras dos años y medio. Siendo igual el tiempo que exigen para su ejecución las dos soluciones, sólo hay que examinar las diferentes ventajas y contras de ambas.

La diferencia de presupuesto es de 73.750 pesetas á favor del acueducto. El túnel como acueducto tiene una capacidad de desague muy superior á la del canal, y puede decirse que esta capacidad es indefinida, pues proporcionando el diámetro del sifón al agua que entra por la boca N., otra tanta se podrá hacer salir por la boca S., dentro de los límites de sedimento que ofrecen todos los manantiales de alimentación.

Bajo el mismo aspecto de acueducto, el túnel tiene la ventaja de que su menor longitud, y la escasísima pendiente que puede dársele, procuran un

PARA CONDUCCION DE AGUAS.

aumento de carga para el sifon, que puede llegar á un metro, aumentándose por lo tanto las zonas de servicio completo y compartido.

Considerando el túnel como depósito tiene muchas ventajas: en primer lugar, sus condiciones para conservar la pureza y temperatura de las aguas son muy superiores á las que resultan para cualquier depósito artificial, mucho más si para llegar á éste las aguas han recorrido un trayecto de más de 8 kilómetros con velocidad exigua, y expuestos en parte de su trayecto muy directamente á las variaciones de la temperatura ambiente. Despues la capacidad del túnel-depósito puede duplicarse y aun triplicarse (si desde luego se coloca su rasante 1^m,50 por debajo del manantial) con muy poco gasto, reducido al enlucido hidráulico de las paredes; y esta condicion no es de poca monta, pues un depósito de gran capacidad evita los conflictos de escasez, que generalmente están reducidos á muy poco tiempo; pudiendo decirse que en este concepto, y más si se atiende al agua de filtracion de la mina, ésta puede compararse, no á la conduccion exclusiva de la Guañal, sino á la de éste y Soeña reunidas; pues si bien nunca el gasto de agua equivaldrá á los dos reunidos, en cambio disponiendo de un depósito de 6000 metros cúbicos, tal vez, con ménos coste, la solucion será tan aceptable como la otra; porque no debe perderse de vista que lo que hay que prevenir son los efectos de los estiages. Otra ventaja tiene el túnel: muy pocos ingenieros se atreven á proyectar un canal de la longitud del nuestro sin darle dimensiones interiores que permitan que sea recorrido cuando ménos por un niño; si nosotros hubiéramos tenido tal escrúpulo, el presupuesto del canal hubiera excedido al del túnel, y en rigor dada la buena calidad de las aguas, por lo que hace á sus efectos incrustantes y de sedimentos, y á lo que la experiencia enseña, no tememos que las dimensiones asignadas sean causa de pertubacion en el servicio. Sin embargo, hay que reconocer que en el túnel es ménos de temer toda interrupcion y más fácil de reparar cualquier desperfecto.

En este concepto puede tambien asegurarse que las filtraciones inevitables en toda conduccion larga, serían menores en el túnel, si bien la evaporacion sería más activa auxiliada por la gran superficie, el reposo relativo de ésta, y sobre todo por las corrientes de aire que no dejarán de establecerse.

Resulta de esta discusion, que si el municipio dispusiera con la misma fa-

cilidad de 238.000 pesetas que de 312.000, y si las 74.000 de diferencia hubieran de ser improductivas, ó al menos aplicadas á obras ó servicios no muy necesarios, no vacilaríamos en aconsejar la construccion del túnel; pero si como creemos, tal diferencia, que es un 32 por 100 del presupuesto del acueducto, representa un sacrificio importante para los fondos municipales, las ventajas que hemos aquilatado no son suficientes para inclinar la balanza en favor del túnel; los réditos de esta cantidad acumulados á ella, bastan para emprender á los 10 años la conduccion suplementaria de la Guañal.

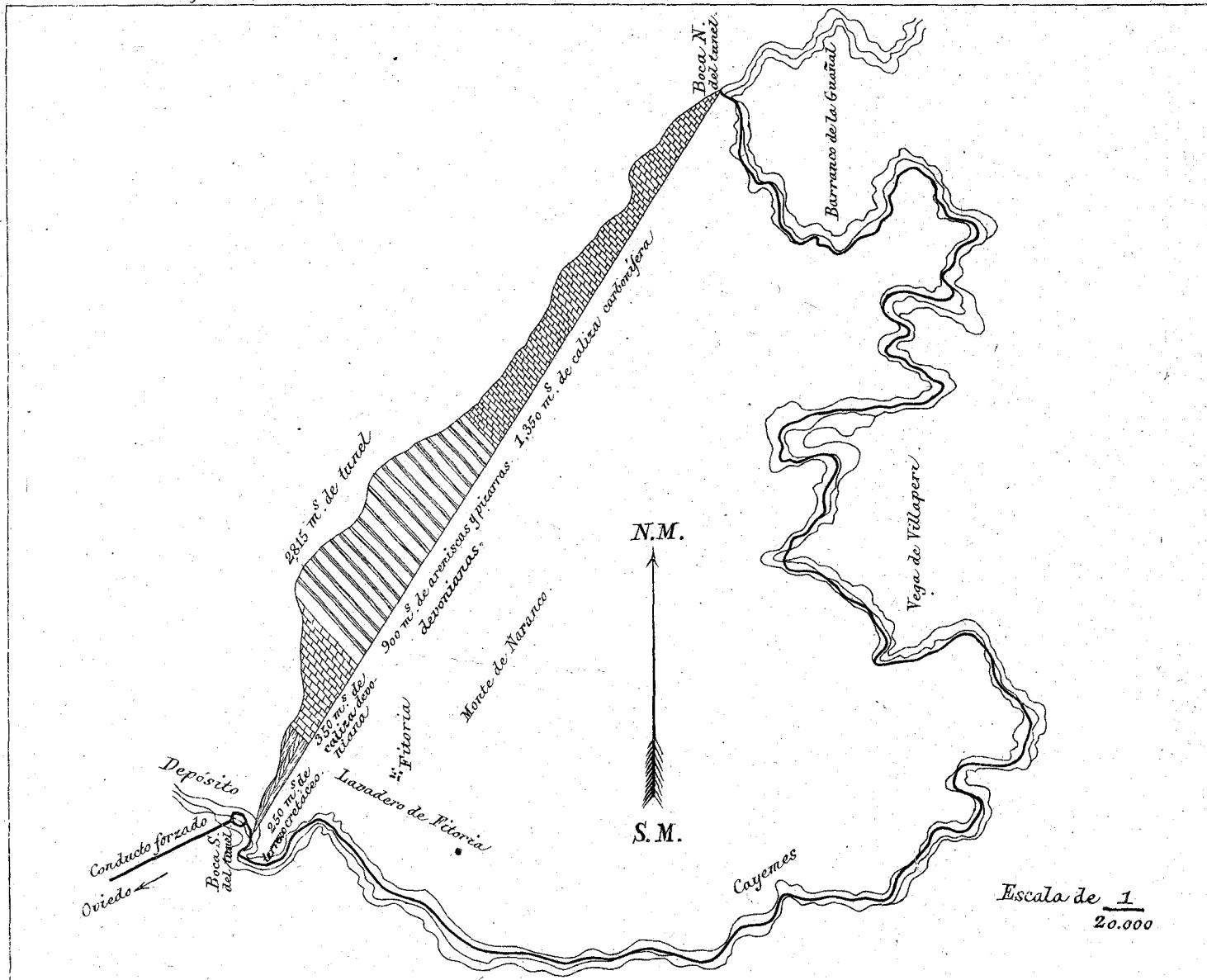
Además, no ocultarémos nuestro temor de que el túnel, al cabo de algunos años de abierto, empiece á necesitar revestimientos más completos que los que hemos presupuestado: esta degradacion de rocas, que al ser abiertas ofrecian las mayores probabilidades de solidez, es por desgracia muy frecuente, y nada contraria á la prevision; pues ademas de los efectos destructores de la atmósfera, las filtraciones atraidas con más fuerza al tiro que establece el túnel, son elemento de desagregacion muy temible. Entre otros casos recordamos que en tiempo de Felipe V se abrieron en la Sierra de San Cristóbal (Puerto de Santa María), grandes galerías en roca caliza para escoger aguas de filtracion, las cuales en el trascurso de los años fueron arruinándose, y cuando se procedió á un mejor abastecimiento de la poblacion, tuvieron que ser revestidas con grande coste; y aunque fué largo el plazo en este caso, nadie nos puede asegurar que en el que estudiamos no sobreviniera la necesidad en uno más breve.

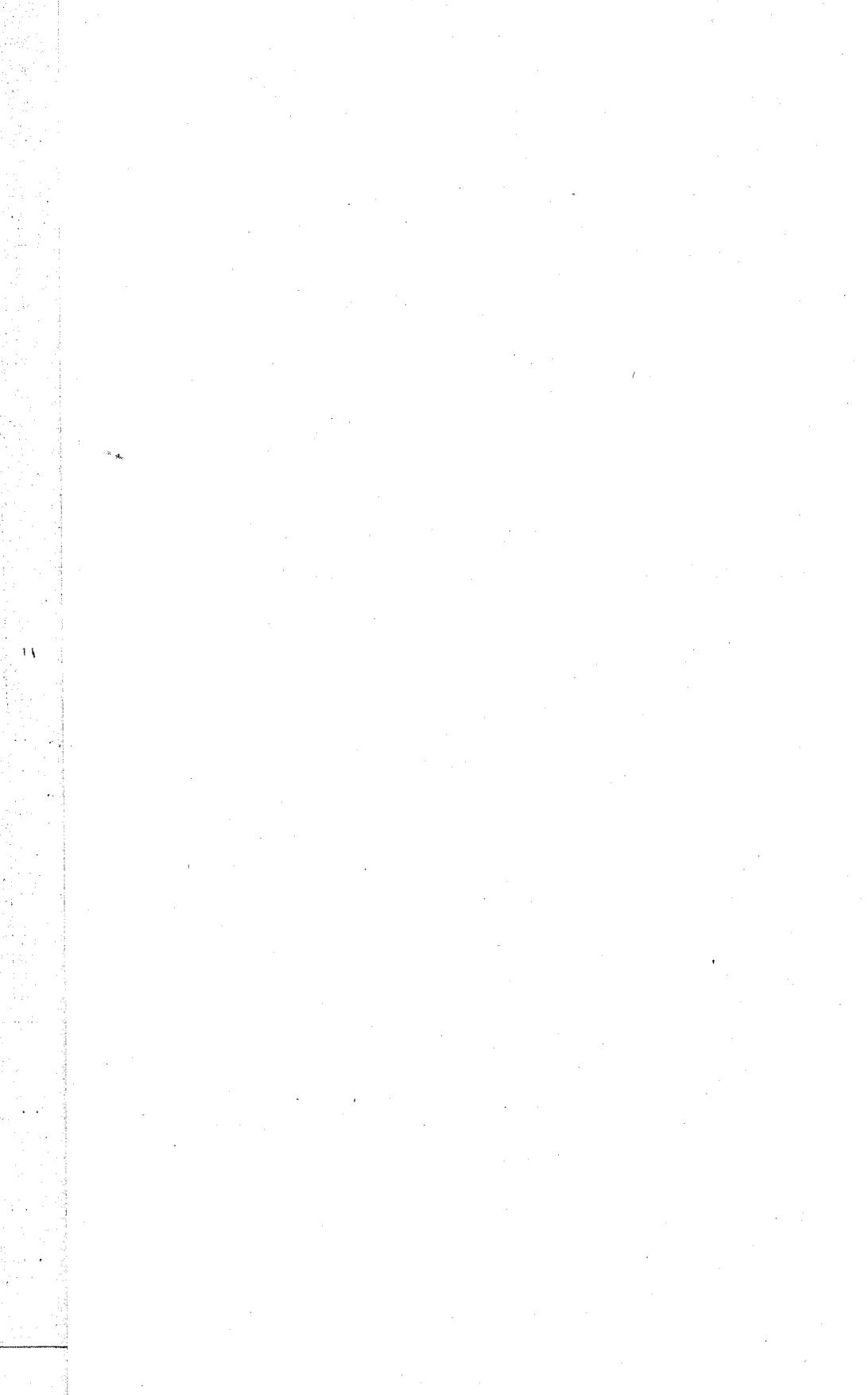
Expuestos, segun nuestro leal saber y entender, el pro y el contra de cada una de las soluciones estudiadas, cumple al municipio elegir la que más acertada considere; en la inteligencia que el tiempo que media hasta la entrega del proyecto definitivo, será aprovechado por nosotros para seguir estudiando el asunto y ver si es posible introducir en nuestros proyectos alguna mejora, que aunque ni por resultados ni por economía podrá ser ya importante, siempre disminuirá algo la imperfeccion que en nuestro trabajo no puede menos de existir.

Oviedo y noviembre de 1886.

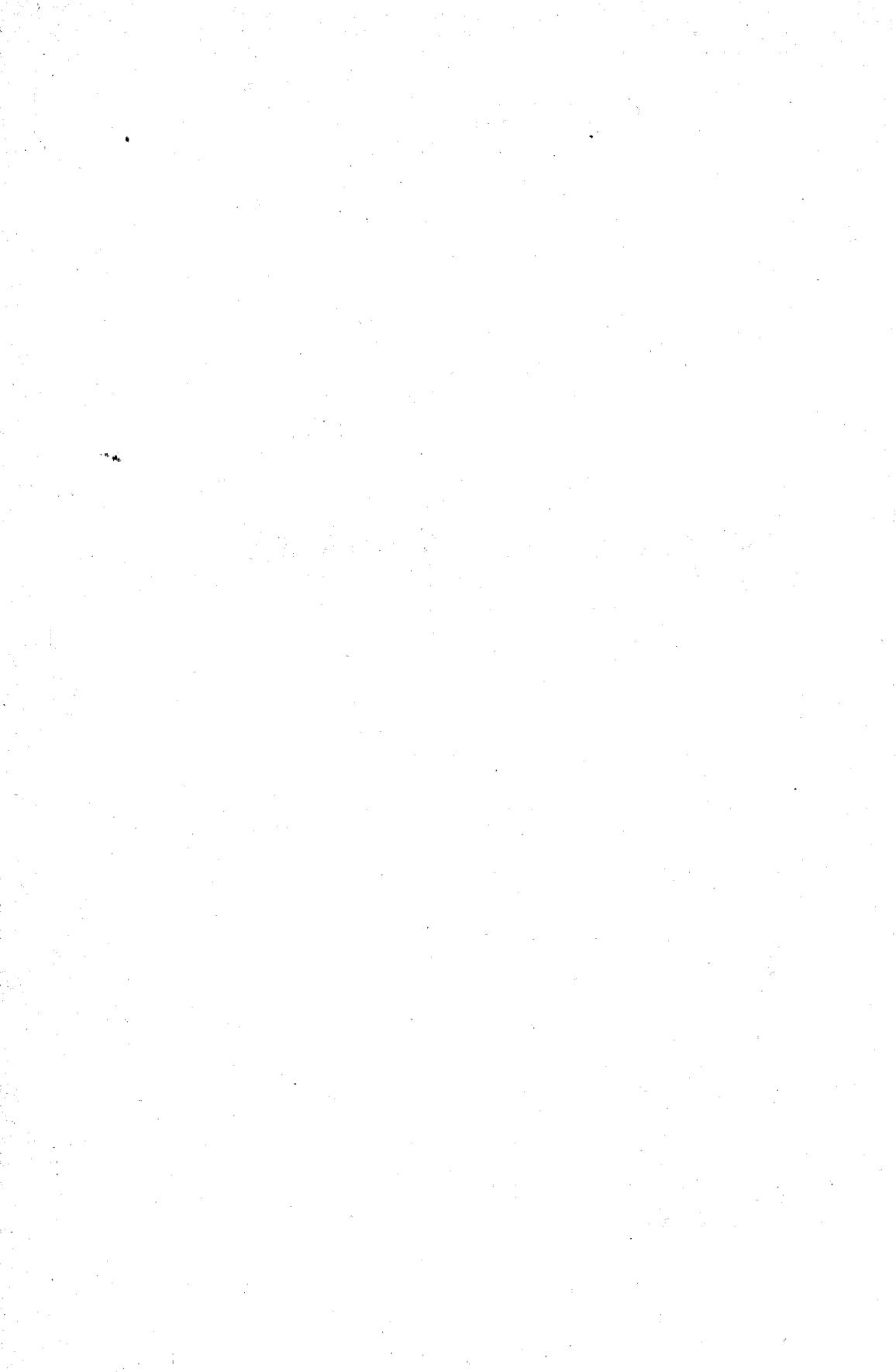
FIN.

ALAS - Proyecto de un túnel.





EL CANAL DE PANAMÁ



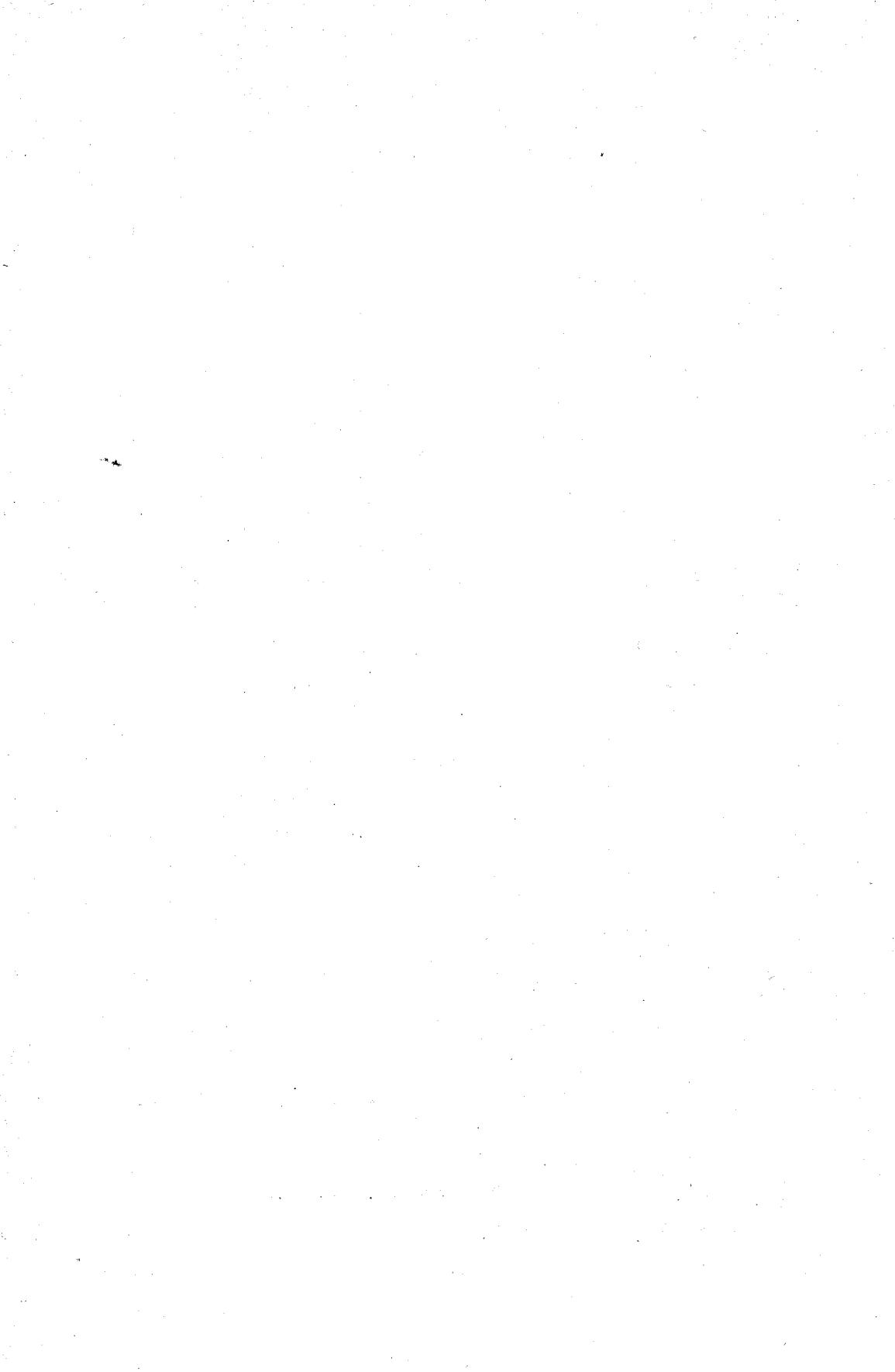
NOTICIAS
SOBRE,
LAS OBRAS DEL CANAL
DE
PANAMÁ
EXTRACTO DE LA OBRA
EL CANAL INTEROCEÁNICO

ESCRITA
POR EL TENIENTE CORONEL GRADUADO, COMANDANTE
DON MANUEL CANO Y DE LEÓN,
CAPITÁN DE INGENIEROS,

Y
DON GUILLERMO BROCKMANN Y ABARZUZA,
INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS.



MADRID
IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS.
1887



INTRODUCCION.



UESTRO compañero el capitán del cuerpo D. Manuel Cano y el ingeniero de caminos, canales y puertos D. Guillermo Brockmann, que formaron parte de la comision enviada por el Excmo. Sr. marqués de Campo, en marzo del año próximo pasado, á visitar las obras del canal de Panamá, han terminado el trabajo que como fruto de aquella expedicion se propusieron escribir y en el que han procurado condensar, á la vez que cuantos datos recogieron sobre el terreno y en todas las publicaciones que sobre el canal interoceánico han visto la luz, las observaciones propias sobre la marcha de los trabajos, organizacion, servicios de direccion y sanitarios y, en una palabra, todo lo que han creido pueda interesar, ya sea desde el punto de vista técnico, ya exclusivamente desde el comercial y financiero. La obra, que les ha resultado bastante extensa, mucho más de lo que se propusieron, está poniéndose en limpio para presentarla en los ministerios de la Guerra y

Fomento, que no dudamos prestarán el apoyo que sus autores necesitan para su publicacion, pues en España harto sabido está lo difícil que es editar por cuenta propia libros como el que nos ocupa, que requiriendo gastos superiores á los que de ordinario pueden sufragar los que los escriben, apénas se venden luego en número suficiente para cubrirlos.

El MEMORIAL, que se complace en felicitar á los Sres. Cano y Brockmann, quisiera que en su tomo de *Memorias* apareciese toda la obra completa; pero ya que por razones que á todos sus lectores se les alcanzará no puede ser así, para que nuestros compañeros se formen un juicio, siquiera aproximado, de lo que es aquélla, á continuacion dámos el índice de sus capítulos, y publicaremos íntegros algunos de ellos, elegidos entre los que más interesar pueden á nuestros compañeros.

I. Antecedentes históricos.—Primeras exploraciones.—Estudios hechos en los siglos XVI y XVII.—Proyectos varios.—Decisiones de los congresos geográficos.—Congreso internacional de 1879.—Sus resultados.—Proyecto del capitán Eads para evitar el canal.

II. Negociaciones diplomáticas referentes á la apertura del canal.—Trabajos para la constitución de la compañía constructora.—Su organización.—Tratados, convenios y estatutos.

III. Estudio del istmo de Panamá bajo sus aspectos generales geográfico, topográfico y geológico.—Su clima y producciones.—Facilidades que sus especiales circunstancias pueden proporcionar á la apertura del canal.

IV. Descripción del proyecto, tal como lo presentaron sus autores Mrs. Wyse y Reclus.

V. Estudios hechos en el istmo para la aplicación al terreno del proyecto adoptado.—Bases que para su ejecución presentó Mr. Dingler.—Descripción detallada del proyecto definitivo.

VI. Consideraciones generales sobre los primeros estudios geológicos hechos en el istmo.—Valor que tienen.—Sondeos efectuados segun el eje del canal.—Consecuencias.

VII. Organización de los trabajos.—Estado de éstos en la primavera de 1886.—Trabajos realizados despues hasta fin de este año.—Últimas variaciones introducidas en el proyecto.

VIII. Consideraciones generales sobre la marcha de los trabajos.—Cálculo probable de su terminacion.

IX. Elementos y maquinaria con que se cuenta para la ejecucion de las obras.

X. Salubridad en el istmo.—Servicio sanitario establecido en el canal.—Sus deficiencias.

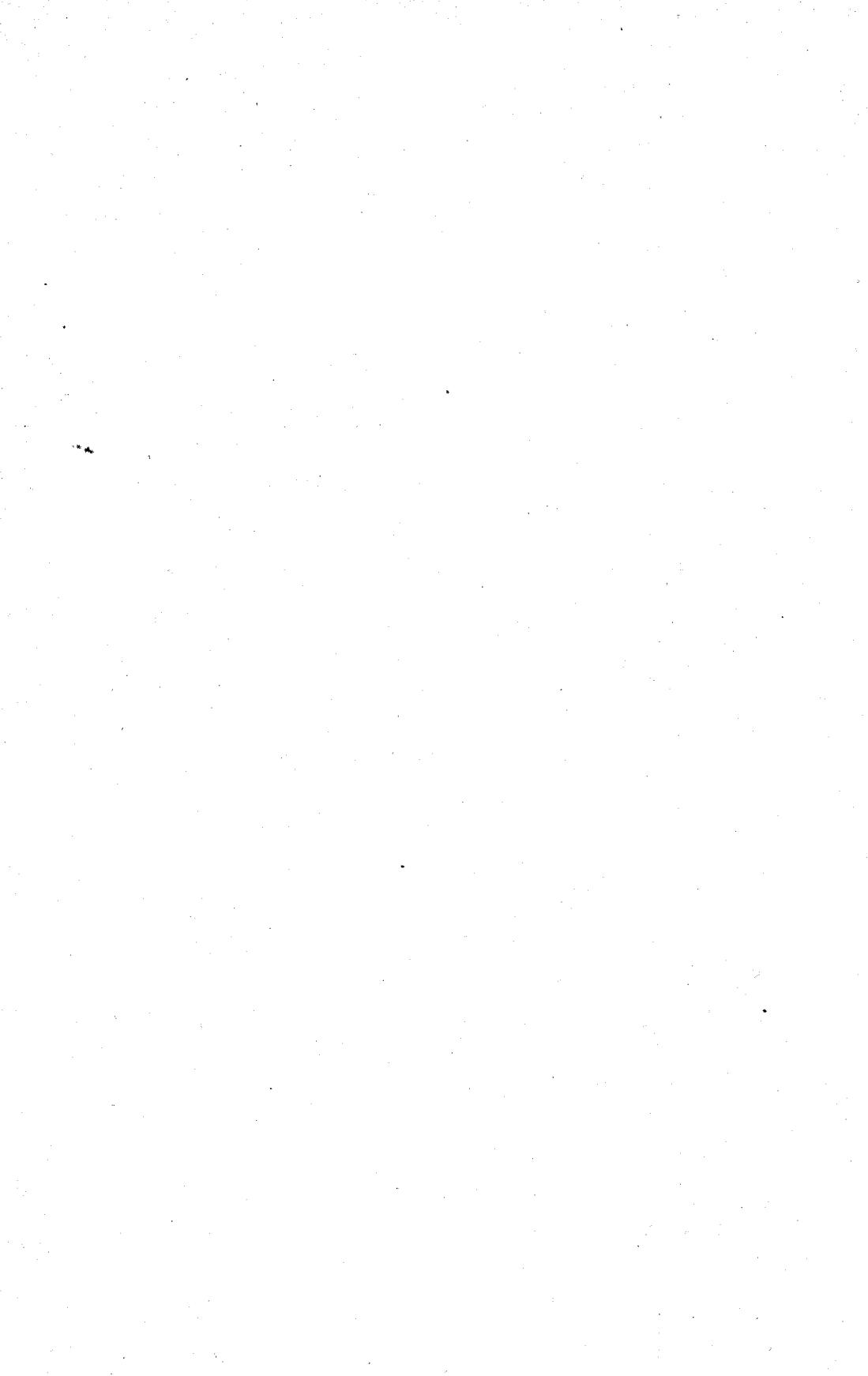
XI. Tráfico que es de esperar haya en el canal.

XII. Estado financiero de la compañía.—Valor aproximado de las obras que faltan ejecutar.—Capital que deberá invertirse.—Rendimientos que producirá el canal.

XIII. Ventajas que con la apertura del canal han de obtener el comercio y la navegacion, en general.

Conclusiones.

Acompañan á esta obra una lámina, mapa de todo el istmo americano con indicacion de todos los trazados propuestos; otro plano general del adoptado; cuatro en que con los mayores detalles y en escala de $\frac{1}{20.000}$ se ponen de manifiesto todo el plano del canal, derivaciones de los ríos y demás obras complementarias; otro con el perfil longitudinal geológico; varias que representan las dragas, excavadoras y demás máquinas que en las obras se emplean, y la última con el plano de conjunto del hospital que la compañía tiene establecido en Panamá.



ESTUDIO DEL ISTMO DE PANAMÁ⁽¹⁾

BAJO SUS ASPECTOS GENERALES, GEOGRÁFICO, TOPOGRÁFICO Y GEOLÓGICO.—SU CLIMA Y PRODUCCIONES.—FACILIDADES QUE SUS ESPECIALES CIRCUNSTANCIAS PUEDEN PROPORCIONAR Á LA APERTURA DEL CANAL.

 A irregular zona de tierra que reune las dos Américas, extendiéndose en la dirección O. N. O.-E. S. E., mide 2300 kilómetros desde el golfo de Campeche, en Méjico, al golfo del Uraba, en Colombia; y presenta en tan gran longitud una anchura variable. En el primer estrechamiento, que forma el istmo de Tehuantepec, la menor distancia entre el golfo de este nombre y la desembocadura del río Coatzacoalcos, en el de Campeche, es de 220 kilómetros.

El Yucatan y la América Central aumentan considerablemente la anchura, que disminuye después con bastante irregularidad desde Costa-Rica hasta alcanzar la América meridional.

Los estrechamientos más importantes se encuentran en esta última parte, ó sea en el istmo Colombiano, que está comprendido entre 6° 30' y 9° 40' de latitud N., y 70° 42' y 74° 22' de longitud O. del meridiano de San Fernando, y mide 700 kilómetros desde la frontera de Costa-Rica hasta la desembocadura del río Atrato, en el Atlántico, y la bahía de Cupica, en el gran Océano, describiendo una inmensa curva. En la mayor angostura que lleva el nombre de istmo de San Blas, la separación de los dos mares es de 50 kilómetros, entre la desembocadura del río Bayano, en el Pacífico, y la del Nercalegua, en la bahía de San Blas, del lado del Atlántico.

El istmo de Panamá, al O. del anterior, le excede un poco en anchura: 55,50 kilómetros dista el fondo de la bahía de Lincon, en el Atlántico, de la embocadura del río Caimito, en el gran Océano, 20 kilómetros al O. de la

(1) Capítulo III de la obra.

ciudad de Panamá; y algo mayor, 56,50 kilómetros, es la distancia que separa el fondo de aquella misma bahía de la embocadura del río Grande, que vierte sus aguas en el Pacífico, á 5 kilómetros al O. de Panamá.

Un tercer estrechamiento notable del istmo Colombiano se halla en el Darién, entre la embocadura del río Sábana y la bahía de Caledonia, si bien es 12 kilómetros próximamente más ancho que el de Panamá.

La comarca que consideramos forma parte del territorio de Panamá, y en una pequeña porción, del de Cauca, dos de los nueve Estados soberanos que constituyan hasta 1885 la Confederación de los «Estados Unidos de Colombia», y que desde esa época son simples departamentos de la república. La extensión total de Colombia es de unos 830.700 kilómetros cuadrados, y cuenta una población de 3.500.000 almas; de ellos corresponden al departamento de Panamá 81.785 kilómetros cuadrados y 221.000 habitantes próximamente.

El istmo de Panamá, que es la región que únicamente nos interesa para nuestro estudio, se dirige del SO. al NE., cortándolo casi normalmente la recta que une las ciudades de Colón y Panamá. La posición astronómica del faro de la primera es $9^{\circ} 22' 9''$ de latitud N. y $73^{\circ} 46' 59''$ de longitud O., y la de la Catedral de la segunda $8^{\circ} 57' 16''$ latitud, y $73^{\circ} 23' 4''$ longitud: resultando, por consecuencia, una distancia de 60 kilómetros próximamente entre ambos puntos.

La gran cadena de montañas que se extiende en toda la longitud de las dos Américas, formando las montañas pedregosas y la sierra Madre de México en la del N., y la cordillera de los Andes en la del S., se prolonga sin discontinuidad alguna, aunque no tan claramente definida á lo largo de todo el istmo; pero allí, al mismo tiempo que la anchura de las tierras disminuye considerablemente, la cima de la cadena baja y presenta en algunos puntos depresiones notables. Si se examina la configuración del istmo, dirigiéndose del O. al E., se observa que las cumbres de la cordillera principal que separa las vertientes de los dos Océanos, se mantienen á una altura considerable, relativamente á la pequeña extensión de la base, y que de esta manera se prolonga aquélla casi paralelamente á la orilla, pero mucho más próxima del Pacífico que del Atlántico, formando las sierras de Veragua y de Capira,

hasta que parece detenerse bruscamente en el escarpado pico ó cerro de la Trinidad, situado á 50 kilómetros al O. de Panamá, y cuya altitud es de 1500 metros. Varias estribaciones, de las que sobresalen numerosos picos, radian de este punto central; la más oriental, que puede llamarse prolongación de la cordillera, y forma la divisoria principal de aguas de ambos Océanos, corta oblicuamente al istmo con los nombres de sierra de Ahoga-Yegua, Altos de María-Enriquez y cordillera de Pacora, permaneciendo más próxima del Pacífico que del Atlántico en casi toda su longitud; su cima, que desciende notablemente en los primeros 40 kilómetros, presentando las depresiones ó puertos de que ya hablaremos, vuelve á elevarse poco á poco para alcanzar á 50 kilómetros al E. de Puerto-Bello, y más lejos en la cordillera de San Blas, la altura primitiva. La cadena principal continúa entonces casi paralelamente á la costa, pero mucho más cerca del Atlántico que del Pacífico, recibiendo diferentes nombres: cerros de la Mesa, cordillera del Espíritu Santo, de Gandi ó Tolo, etc., para formar más al S. la importante cordillera de los Andes.

Cerca y al E. de Puerto-Bello, se eleva el monte Capira, de 915 metros de altura, que constituye una especie de nudo, de donde se desprenden dos estribaciones principales: la sierra de Lomas grandes ó cordillera del Atlántico, que bañada en su pié por las aguas de este mar, se prolonga hasta confundirse á 50 kilómetros al E. con la cordillera de San Blas, ya citada, y la sierra de Santa Clara, que corta el istmo en dirección al cerro Trinidad, aproximándose á la sierra de Ahoga-Yegua. Entre las numerosas ramas de ambos sistemas de estribaciones, esto es, de las que parten del nudo de Santa Clara y las que radian del cerro Trinidad, serpentea el estrecho valle del río Chagres, que en un principio es paralelo á las costas del istmo y á la divisoria principal de las aguas, pero que á partir del estrechamiento cercano al pueblo de Matachin, formado por las primeras prominencias de la sierra de Santa Clara y de un contrafuerte de los altos de María-Enriquez, hace un ángulo casi recto y sigue en dirección normal á la costa hasta el Atlántico; el pequeño valle del río Obispo, afluente del Chagres, puede considerarse como continuación de esta última parte del valle principal, que también prolonga en la vertiente del Pacífico el del río Grande, de modo que los valles de estos tres ríos cortan

casi normalmente al istmo de Panamá, un poco al O. de la línea recta que une la ciudad de este nombre con Colon. A excepcion de estos valles, la comarca entre ambas poblaciones no ofrece llanura ni meseta alguna; por todas partes no aparecen más que colinas y cerros, en forma de picos ó de cúpulas, encontrándose las cumbres más elevadas fuera de la arista que divide las vertientes de los Océanos.

Los cerros de mayor altura, situados en la proximidad de Gorgona y Matachin, son el cerro Grande, cuya altitud es de 310 metros sobre el nivel del mar; el Sin Nombre, de 311 metros, y el Comboy, de 305 metros; desde la cumbre del primero pueden divisarse las aguas de los dos mares. En la divisoria principal, los de mayor altura próximos al sitio por donde ha de pasar el futuro canal, son el cerro Sierpe, de 195 metros; el Culebra, de 190 metros; el Nitro, de 138 metros, y el Paraíso, de 151 metros.

La costa del Atlántico en los alrededores de Colon, en una extension de dos millas escasas, es muy baja y completamente pantanosa en algunos puntos; anchos bancos de corales limitan la playa en diversos sitios; más lejos á derecha é izquierda se elevan colinas bastante altas, tales como la punta de Toro, ó verdaderas montañas, como cerca de Puerto-Bello. La costa del Pacífico es mucho más elevada; las vertientes de los cerros descienden hasta el mar, sin ofrecer otra interrupcion que las embocaduras de los ríos Caimito y Grande, los cuales han podido abrirse salida á través de esta barrera natural; entre aquéllos pueden citarse los cerros de las Caleras, de 492 metros de altura, y el Ancon, de 170 metros, situado muy cerca de la boca del río Grande, del lado de Panamá.

Las mayores depresiones de la cordillera se encuentran, segun ya se ha dicho, en la cadena que partiendo del cerro Trinidad corta oblicuamente al istmo; la más notable, que es la garganta ó puerto de la Culebra, se eleva tan sólo 87,50 metros sobre el nivel del mar, entre el cerro del mismo nombre y el Lirio, precisamente en la intersección de la cordillera con la línea que marca la dirección media del valle inferior del Chagres y de los del Obispo y río Grande. Al O. de este punto existen tambien varios puertos, siendo los principales los de Casa-Herrera, Paja y Potrero del Arado; sus altitudes mucho mayores varían entre 120 y 141 metros.

El puerto de la Culebra no es sin embargo el de menor altitud en la América central; el de Guiscoyol, en el istmo de Rivas, entre el lago de Nicaragua y el Océano Pacífico, se eleva tan solo 46 metros sobre el nivel medio de los mares. Los demás exceden en altura al de la Culebra, el más deprimido en el Darién, el de Tihulé, mide 142 metros; el portillo de Tarifa, en el istmo de Tehuantepec, 230 metros, y en el de San Blas, donde, como ya vimos, presenta el istmo su mayor estrechamiento, las montañas no dejan entre sus picos paso alguno á una altitud inferior á 300 metros.

Ningun volcan existe en la region de Panamá; el más próximo, situado en la frontera N. de Colombia, es el Chiriquí, de 3485 metros de altitud, hace tiempo completamente apagado: por el contrario, en las cinco Repúblicas centro-americanas, se encuentran hasta 82 cráteres, de ellos 24 en Nicaragua, varios en actividad, y algunos de gran importancia, como los gemelos Agua y Fuego, que miden 4160 y 4286 metros de altura, habiendo tenido lugar en junio de 1880 una gran erupcion del segundo; la actividad volcánica no reaparece hasta Quito.

Los temblores de tierra tampoco son frecuentes en esta comarca; antes del que ocurrió en setiembre de 1882, que se repitió vários dias y se sintió en Panamá y en toda la region del istmo con bastante fuerza, aunque sin ocasionar grandes destrozos, no se recordaba en la capital ningun otro anterior; bien sabido es que estos fenómenos se presentan muy amenudo en la América Central.

La geología del istmo de Panamá ha sido estudiada en diversas épocas por el ingeniero Garella, el doctor Wagner y últimamente por el ingeniero de minas Boutan en 1880: de sus valiosas y autorizadas observaciones, así como de los resultados de posteriores sondeos, tomamos cuanto sobre asunto tan interesante hemos de decir aquí y en el capítulo especial á ello consagrado.

La mayor parte de las rocas que existen en la region que se extiende de Colon á Panamá, pueden dividirse en rocas cristalinas, de origen ígneo, cuya descomposicion y transformacion han dado origen á la casi totalidad de los terrenos, y en brechas, tobas areniscas, etc., que derivan de aquéllas. Las cristalinas se pueden subdividir á su vez en tres especies principales, designadas por Mr. Boutan con los nombres de traqui-dolerita, traqui-sienita, y an-

desita angítica, que se distinguen en que la primera aparece principalmente compuesta de cristales de feldespato labrador, mezclados con piróxeno angito, ocupando los intersticios hierro oxidado; la segunda, muy parecida á las traquitas anfibólicas, está caracterizada por la sanidina (feldespato vítreo), el anfibol hornblenda y á veces la mica negra; y la tercera está esencialmente formada de cristales de oligoclasa, asociados á la calcedonia y al piróxeno, que entra en menor cantidad que en el primer tipo, y al hierro oxidado, en abundancia. Las rocas de esta última clase se encuentran principalmente en el valle alto del Chagres, como lo prueba el que entre los cantes rodados que arrastra el río se hallan en gran cantidad; lo mismo puede decirse del granito señalado por Wagner, pero son menos abundantes los arrastres de esta procedencia.

Las diferentes variedades de las dos primeras especies se encuentran en el estado de conglomerados en diferentes puntos del istmo en ambas vertientes; las traquidoleritas, que también aparecen en masas compactas, son las que forman las cumbres de los cerros más elevados de los alrededores.

A estas tres variedades de rocas cristalinas hay que añadir otras más compactas y amorfas, que, aunque del mismo origen, han aparecido tales como ahora se presentan sin ulterior transformación; éstas son las traquitas compactas del cerro Ancon y de los alrededores de Panamá, roca que no puede referirse á ninguno de los tres tipos indicados por no tener los mismos elementos constitutivos; las tobas compactas brechiformes de Bohio Soldado y las traquíicas de Panamá y Barbacoas. Los diversos grupos de tobas, areniscas, arcillas, etc., que existen en el istmo pueden ser considerados como otros tantos productos derivados de las rocas precedentes, generatrices, por decirlo así, y de los conglomerados que ellas forman. Los terrenos que constituyen tienen una gran importancia en los dos lados de la cadena, entre Pedro Miguel y Panamá, por una parte, y entre Barbacoas y Colón por la otra siendo algunos en extremo fosilíferos; las tobas de la loma del Tigre, de Gatún y de la loma del Mono, así como las arcillas de Gatún, Tabernilla, Gorgona y otros puntos pertenecen á esta clase de terrenos.

A las anteriores rocas puede añadirse la caliza cristalina compacta, que forma algunas lomas de pequeña altura cerca de Ahorca-Lagarto, y que se

encuentra algo más lejos en Vamos-Vamos y en Emperador, esta última un poco magnesiana: en ellas se distinguen restos de fósiles, difíciles de reconocer con exactitud, pero que parecen pertenecer á los géneros corales y foraminíferos.

Las rocas eruptivas de esta region son, pues, de origen volcánico submarino; en ninguna parte se encuentran productos de volcanes terrestres, como pudieran hacerlo creer los valles en forma de embudo que existen entre el cerro Trinidad y los altos de María-Enriquez, rodeados de colinas agrupadas que tienen la apariencia de antiguos cráteres hace siglos apagados; al pie del volcan de Chiriquí, al N., y en la cordillera de Bando en el Darien, al S., se halla ya esta clase de formacion.

En dos categorías principales correspondientes á la division petrográfica indicada clasifica Boutan las rocas ígneas del istmo: serie dolerítica y serie traquítica, si bien las diversas variedades de cada una de ellas no se han formado en la misma época, ó, si así ha sucedido, deben tener origen diverso; pero se observa que la primera es más reciente que la segunda, apareciendo en todos los casos superpuesta á ésta, hecho importante que concuerda con lo que sucede en otros países de formacion ignea, y principalmente en Hungria, cuyas rocas tienen mucha analogía con las del istmo americano.

Las calizas ántes citadas, cuya formacion es muy difícil de explicar, pertenecen segun Garella al periodo secundario, pero en opinion de Boutan, á causa de los restos de fosiles que contienen y de su completa semejanza con la de la Campana en el valle alto del Chagres, en la que se distinguen los orbitolitos, debe asignarsele como época los principios de la terciaria.

Los demás terrenos que existen son contemporáneos de los precedentes ó más recientes que ellos, puesto que se han formado a sus expensas.

Las rocas se encuentran al descubierto únicamente en algunas pendientes escarpadas, en los barrancos profundos, en varios recodos bruscos del Chagres y en diversas trincheras del camino de hierro; generalmente están cubiertas, lo mismo en el bosque vírgen que en las praderas, por una capa de tierra vegetal ó de arcilla fuerte de 1 a 10 metros y aún más de espesor, como se vé en las orillas del Chagres hacia la parte inferior del valle. En los cerros más elevados, el Cabra y el Grande entre otros, se encuentran las rocas en

cantos aislados y á veces en bloques de considerable magnitud, diseminados en una tierra arcillosa; se pueden considerar excepcionales los puntos en que la roca en masa que los ha formado, aparece al descubierto.

La arista culminante de la roca volcánica, no se encuentra como se creyó en un principio deduciéndolo de la configuracion del terreno, en la proximidad de la divisoria de las aguas, cerca del paso de la Culebra, sinó en la vertiente del Atlántico, entre Matachin y Emperador; más arriba de este lugar desciende bruscamente la superficie de la masa eruptiva, presentándose en cambio un depósito sedimentario, que forma el macizo de la Culebra, en el que debajo de las arcillas superiores se encuentran capas más ó menos metamórficas y una importante formacion de pizarras y areniscas pizarrosas pertenecientes al terreno hullero.

El valle del río Grande está tambien cubierto de un depósito de sedimento; las rocas volcánicas, de menor dureza que en la region central, aparecen en diversos puntos y los aluviones de los ríos adquieren una importancia mucho mayor.

La roca que forma saliente, sobre el que está edificado Panamá, y que tambien aparece en las islas de la bahía, es traquíctica rojiza; Garella la clasifica como arenisca y Wagner señala en ella la presencia de rocas cristalinas primitivas, granito y sienita entre otras; en la costa que separa la ciudad de la desembocadura del río Grande existen diversas tobas y arcillas, así como la traquita gris que forma el cerro Ancon y las rocas doleríticas que asoman en la embocadura.

En la vertiente N., á partir de Matachin, el terreno presenta una falla, por la cual corre el río Chagres; sus bordes no se corresponden, como lo prueban las rocas que se encuentran al descubierto en Barbacoas y en San Pablo, á uno y á otro lado del río, sinó que difieren completamente, pues miéntras que en el primer punto es una especie de toba traquíctica blanquecina en estratificación confusa y que se eleva en escarpa casi vertical á la altura de 15 ó 20 metros sobre el río, en el segundo, distante 1 kilómetro de Barbacoas, es una brecha traquíctica, algo amarillenta, cristalina y de menor dureza que la anterior, cuyos bancos tienen más de 8 metros de espesor.

En esta vertiente se encuentran las rocas volcánicas y las calizas de que

hemos hecho mención, cubiertas en parte por las sedimentarias á que han dado origen, y por los aluviones del Chagres, pudiendo observarse que son tanto más duras cuanto más se aproximan al macizo central.

La formacion de areniscas y caliza conchífera en capas horizontales que comprende el terreno que se extiende entre el río Trinidad y el mar, hasta la bahía de Limón, pertenece seguramente una parte á la época terciaria más reciente y otra al período contemporáneo; levantándose en medio de estas rocas y cerca de la bahía, bancos de políperos fósiles, que son mucho más abundantes al E., no lejos de Puerto-Bello.

Los arrecifes madrepóricos que forman el esqueleto de la isla de Manzanillo, cuyos abundantes corales pertenecen á especies vivas, están recubiertos de légamos y tierra vegetal poco fertil, impregnada de agua marina y mezclados con restos de conchas.

En la costa N., se extienden bancos de tobas submarinas muy ricas en conchas, que contienen abundantes restos traquíticos; y las playas al O. de Colón están cubiertas de una arena negruzca ferruginosa, con numerosas partículas metálicas, de un aspecto muy distinto de las arenas ordinarias, y un peso específico considerable.

Las erupciones han hecho desaparecer en casi todos los terrenos del istmo, á excepción de los terciarios del litoral del Atlántico y algunos otros, en corto número, el más ligero rastro de organismo, lo cual hace muy difícil el estudio geológico y más inciertos sus resultados.

Garella, cuyos estudios se extendieron hasta la embocadura del río Caimito, indica que una importante formación de pórfidos y de trapps dá origen á todas las montañas del istmo, desde los alrededores de Panamá hasta los últimos contrafuertes de la cadena central, en la vertiente del Atlántico; y señala varias areniscas de transición en algunos puntos, entre otros en la ladera N. del cerro Grande. Sus apreciaciones difieren, por consecuencia, en algo de las de Boutan.

Un banco de hulla antracitosa, que se supone se extiende á gran profundidad á lo largo del istmo, desde Chiriquí donde es muy potente hasta el golfo de Uraba, asoma á la superficie cerca de los ríos de los Índios y de Juan Díaz, no lejos y á ambos lados de la recta que une á Panamá con Colón,

Citaremos tambien como curiosidad, que hace años se explotó una mina de oro á orillas del río Saldanillo, cuyas aguas vierten en el Obispo, y que en la cordillera de Pacora y en otros puntos al S. del istmo se ha reconocido la presencia del hierro oligisto y de varios metales preciosos.

Boutan, apoyándose en sus observaciones, llega á la siguiente conclusion, al estudiar la manera probable como se ha formado ésta comarca, conclusion que concuerda en gran parte con la de Garella, y dice que, en el emplazamiento del istmo de Panamá existía en otro tiempo un estrecho de mayor ó menor latitud que unía las aguas del Atlántico con las del Pacífico; que este estrecho ha sido cegado, á lo menos parcialmente por erupciones submarinas, traquíticas primero y doloríticas despues; que entre los dos períodos de estas erupciones ha trascurrido un intervalo de tiempo bastante grande, durante el cual ha tenido lugar la formacion de casi todas las tobas traquíticas transformadas y tal vez tambien de las calizas de Ahorca-Lagarto y otros puntos; por último, que todo el terreno se ha levantado probablemente á principios de la época terciaria y al mismo tiempo, con corta diferencia, que el sistema post-numulítico de los Pirineos, tomando desde entonces un relieve que debía diferir poco del que tiene en la actualidad.

El curso de todos los ríos que riegan el istmo colombiano puede dividirse en tres zonas características: en la primera, ó sea la inferior, el valle conserva una suave pendiente, el lecho sinuoso está recorrido por aguas tranquilas cuya corriente es apenas sensible; en la segunda, hacia agua-arriba, que es la de transicion, aparecen los rápidos, la velocidad de las aguas aumenta cada vez más, acarrean las gravas y los cantos rodados de las vertientes superiores, arrastres que se depositan cuando la velocidad disminuye y forman núcleos de islas que alcanzan á veces gran extensión; el río se abre paso por entre estos depósitos, formando brazos cuya posición se altera frecuentemente; en la tercera zona aumentan los rápidos y el río se convierte en torrente; su curso se compone de una sucesión de estanques y de caídas cada vez más marcados, hasta que las aguas se subdividen perdiéndose en los pliegues y las grietas del terreno, ó su caudal reunido salta de una gran altura y remonta de cascada en cascada hasta su origen. La extensión relativa que ocupa cada una de estas tres zonas es muy variable, pero en general,

en los ríos principales, cuyos thalwegs están á un nivel inferior, la primera sección es relativamente más extensa que en los afluentes, así como se verifica que en cada tributario, aquélla es tanto más considerable cuanto más próxima desemboca á la parte inferior de la arteria principal. Otra observación puede añadirse, y es que, por regla general, en todo afluente que desciende de la cercanía de una depresión de la sierra, ocupa mayor extensión la parte regular de su curso ántes de llegar á la zona torrencial.

Hechas las breves consideraciones anteriores, pasamos á estudiar los ríos de esta region, que más nos interesan, y observaremos de paso que en esta parte de América todas las corrientes de aguas fluviales, cualquiera que sea su importancia, reciben el nombre de ríos; empleándose á veces la palabra *quebrada* en el sentido de torrente ó arroyo.

Además del caudaloso Atrato, río que limita en parte el istmo al E., cuatro grandes arterias principales recogen casi todas las aguas que riegan abundantemente esta region: de éllas, una sola, el Chagres, desemboca en el mar de las Antillas; las otras tres vierten en el Pacífico: el río Bayano por la mayor angostura del istmo, y el Chucunaque y el Tuyra por el extenso golfo de San Miguel, despues de haberse reunido formando un ancho estuario, que constituye una magnífica abra interior. Únicamente nos ocuparemos del Chagres ó río de los Lagartos, segun lo llamaron en un principio los españoles, por ser la corriente fluvial de verdadera y grande importancia en la zona que ha de atravesar el canal.

Al seguir el thalweg del valle, cuya configuracion ya indicamos ántes, describe el río una gran curva, y miéntras que en la parte superior corren sus aguas paralelamente á la divisoria principal, dirección que puede calificarse de anormal, continúan perpendicularmente á ella en el curso inferior, desembocando despues en el Atlántico.

Nace, segun Mr. Wyse, á los 73º 2' de longitud O. de San Fernando, á unos 50 kilómetros al E. de Puerto-Bello, en la ladera SO. de un pico bastante elevado, situado en la intersección de la cordillera de Pacora con la del Atlántico, que forma una especie de nudo, centro divisorio, donde tienen tambien nacimiento el río Pacora, que se dirige al S., y el Mamoni, que corre hacia el SE., ambos tributarios del Bayano, y probablemente

el Mandinga, sobre la vertiente N., aunque esta suposicion no está confirmada.

La cuenca, de 2650 kilómetros cuadrados de superficie, con una longitud máxima de E. á O. de 100 kilómetros, y una anchura de 50, está limitada al O. por una estribacion de la sierra de Capira, que arranca cerca del monte Trinidad y viene á morir en el Atlántico, no lejos de la desembocadura del Chagres, con el nombre de Sierra de Piña; al S. por la linea divisoria general, y al N. por la cordillera del Atlántico y su prolongacion en la dirección de Gatun, ó sea las sierras de Santa Rita y las lomas de Mindi.

En su curso superior sigue el río la dirección general SO. y recibe varios afluentes, de los que el Pequeño y el Chilibre tienen alguna importancia; en este trayecto pasa por gargantas estrechas entre los últimos cerros de las diversas estribaciones, siendo las principales la de la Campana, agua-abajo de la confluencia del Chilibre; la que existe cerca de la aldea de Cruces, y la de Matachin, que tan sólo tiene 150 metros de ancho. Aunque el valle es generalmente encajonado, se ensancha de un modo notable agua-arriba de estos desfiladeros, y el thalweg sube lentamente; lo mismo sucede con los afluentes, tales como el Gatuncillo y el Chilibre, cuyas pendientes son débiles en la proximidad del río principal, y los valles bastante anchos.

Desde Matachin á Barbacoas se dirige el río al O.; el valle es más angosto que agua-arriba, pero no existe desfiladero alguno sinó solamente un estrechamiento cerca de Baila-Monos; la pendiente es tan suave, que en el primer punto el nivel del agua no se eleva más que 12 metros sobre el medio del mar; en este trayecto recibe varios tributarios pequeños, secos durante el verano, entre otros el Obispo, que tiene su origen en el cerro de la Culebra, el Caravalli y el Baila-Monos.

En Barbacoas vuelve á cambiar de dirección, y con un curso en extremo sinuoso y una pendiente de 0,15 á 0,13 metros por kilómetro, se dirige hacia el Atlántico, donde desemboca al pie de la antigua villa de Chagres, á 8 kilómetros al O. de la bahía de Limón. El valle comienza á ensanchar á partir de Barbacoas; desde Tabernilla hasta el cerro de Buena-Vista se extienden llanuras sin ondulaciones sensibles, cubiertas de espesos bosques; numerosos arroyos sanean esta región, vertiendo en el Chagres las aguas llovedizas.

La zona pantanosa de 11 kilómetros de longitud empieza frente á la desembocadura del río Trinidad, afluente de la orilla izquierda, que nace en el cerro de este nombre, y se extiende á lo largo del río Mindi, que desemboca en la bahía de Limón; las aguas estancadas en extensas lagunas, se encuentran cubiertas por una poderosa vegetación. Del Trinidad al mar la pendiente es casi insensible, y las mareas del Atlántico, cuya amplitud es tan pequeña, hacen sentir su efecto hasta el lugar Palo-Matías-Nuevo, á 27 kilómetros de la embocadura, bastando su fuerza durante la estación seca para producir una corriente que remonta el río.

Desde Matachín hasta la confluencia con el Trinidad, varía el ancho del Chagres de 50 á 80 metros, y su profundidad es muy desigual; del Trinidad al mar aumentan ambas: la primera varía de 60 á 100 metros, y la segunda llega hasta 10 y 12 metros en algunos puntos, siendo la media 4 ó 5 metros; de manera que el río es navegable en una gran parte de su curso, pudiendo remontarlo grandes embarcaciones hasta llegar á Matachín, en una longitud de 44 kilómetros. La barra se apoya al E. en las elevadas rocas, sobre las que está edificado el fuerte de San Lorenzo, y al O. se une á una playa muy extensa que limita el istmo en una gran longitud: en ella no hay más que 4 metros de calado, muy inferior, como se vé, al del río en la última parte de su curso. Tanto el río Trinidad como los Caño quebrado, Frijoles grandes, Agua-Salud, Gatún y demás afluentes agua-abajo de Barbacoas, no son más que torrentes que se agotan casi por completo en verano; las cuencas del primero y del último tienen respectivamente 420 y 460 kilómetros cuadrados de extensión. Sus valles, así como las estribaciones que los limitan, son todos paralelos á la divisoria de los dos mares y al curso superior del Chagres, y están cortados por la falla diametral del terreno, determinando así dos direcciones principales de alineación, que se repiten en varios puntos del istmo.

El río Obispo, en cambio, corre, segun hemos dicho, en la dirección del curso inferior del Chagres, y su pendiente no ofrece la misma uniformidad; en general es mucho mayor, y está cortada por dos caídas respectivamente de 3 y 12 metros de altura, en las que la roca aparece al descubierto.

El gasto del río Chagres es muy variable y sus frecuentes crecidas alcanzan intensidades muy diversas. El aforo hecho en Gamboa, cerca de Mata-

chin, en el estiaje, ha dado como gasto mínimo 13 metros cúbicos por segundo; durante la estación lluviosa sube por término medio á 134 metros cúbicos, y llega á 666 en las crecidas anuales, que duran regularmente 48 horas. Wyse y Reclus afirmaban, al presentar su proyecto, que las crecidas de 800 á 1000 metros cúbicos son verdaderamente excepcionales, y que la mayor de que se tenía noticia llegaba á 1200, de lo que dedujeron que el gasto medio del río, agua-arriba del Trinidad, es de 57 metros cúbicos, correspondiendo 21 metros en la estación seca y 75 en la lluviosa. Observaciones posteriores, hechas por el coronel Catley en el mes de noviembre de 1879, dan á conocer que el gasto del Chagres alcanzó en aquella crecida extraordinaria, durante seis días, el volumen de 1930 metros cúbicos en el puente de Barbacoas. Teniendo en cuenta la cantidad máxima de agua llovida y la extensión de la cuenca superior del río, que es de 1350 kilómetros cuadrados, así como las pérdidas por evaporación, filtración y absorción de los vegetales, puede considerarse, con arreglo á recientes datos, que el gasto medio del Chagres en Gamboa es de 116 metros cúbicos.

Las alteraciones que el nivel del río sufre al mismo tiempo, son muy importantes: en el estrechamiento, agua-arriba de Matachin, entre los cerros de Santa Cruz y Obispo, se ha elevado 11 metros sobre el del estiaje, quedando así estacionario durante siete días, y aún llegó á 15 metros el año de 1879, impidiendo el servicio del camino de hierro interoceánico; en estas crecidas extraordinarias suben las aguas del Chagres por el cauce del Obispo; en Mamei se elevó 9 metros en abril de 1878 y en Barbacoas 7 metros. Esto indica cuán variable es el régimen del río Chagres, como sucede á todas las corrientes fluviales de importancia de aquellas regiones, en que, como en el istmo americano, la altura del agua llovida varía tanto según las estaciones, y las lluvias torrenciales alcanzan á veces grandísima intensidad; lo cual, unido á la configuración del terreno, á los estrechos desfiladeros por los que el río está obligado á pasar en angosto canal, á la débil pendiente del curso inferior y á los obstáculos formados por las ramas y grandes troncos que encuentra el agua, originan las súbitas avenidas y la subida del nivel á alturas extraordinarias.

De la divisoria principal, que sólo dista en esta parte de 13 á 18 kilóme-

etros del Pacífico, descienden con bastante regularidad en forma de abanico, varias corrientes de agua, casi todas secas en el verano, siendo las principales los ríos Caimitito y Aguacate, que desembocan á 22 kilómetros al O. de Panamá, cerca de la pequeña bahía de Vaca de Monte; y el Grande separado de los precedentes por los cerros Cabras, San Juan y otros. Este último tiene su origen al O. del cerro de la Culebra, y se precipita con una pendiente media de 0,01 metros en la llanura, á la que llega en Pedro-Miguel situado á unos 10 kilómetros de la costa; después empieza la región pantanosa, casi horizontal, que en otro tiempo es probable formase una gran laguna, transformada por los acarreos del río en extenso estuario de 4 á 5 kilómetros de ancho, que el agua cubre en las pleamaras, y que se extiende hasta el mar, donde penetra el río por una estrecha boca entre los cerros Ancon y San Juan. Los afluentes principales son la Quebrada Honda y la Quebrada Mallejón á la derecha, y los Pedro-Miguel, Caimitillo y Cárdenas á la izquierda, de escasísima importancia.

El río Grande es también navegable, aprovechando sobre todo las mareas, que se hacen sentir hasta Pedro-Miguel, y que dan un calado que llega á 8 y 10 metros en algunos puntos; á esta particularidad común á otros afluentes del Pacífico, debe su nombre, puesto que en realidad no es más que un arroyo, seco algunos meses del año en su curso superior; sus crecidas no tienen por consecuencia ninguna importancia. Cerca de este río existe un pequeño arroyo, el Farfan, que vierte sus aguas directamente en el mar, no lejos de la boca de aquél; su lecho ancho y profundo hacia la desembocadura, está separado en este punto de el del Grande por una colina á la que dan vuelta las aguas en las fuertes mareas, mezclándose las de ambas corrientes.

Citaremos también otro río de esta vertiente, el Algarrobo, que nace cerca del Chilibrillo, afluente del Chilibre, corre por un valle paralelo al del río Grande, y vierte en el Pacífico, á 8 kilómetros al NE. de Panamá, muy cerca de las ruinas de la antigua ciudad.

Al E. de la desembocadura del río Chagres se encuentra la vasta bahía de Naos ó de Limón, que tiene una extensión de 35 kilómetros cuadrados, un tercio de la cual alcanza profundidades de 9 metros: la punta de Toro al O., y la isla de Manzanillo al E., sobre la que se ha edificado Colón, forman la

boca de la ensenada; pero se halla mal abrigada, á pesar de lo cual es casi siempre bastante segura. Está situada fuera de la region de los huracanes, que son allí excepcionales: en la zona que se extiende á 10 millas de tierra, los vientos son muy irregulares, los alisios pierden su intensidad, reinando la mayor parte del tiempo calmas interrumpidas por brisas de tierra y mar; en el verano se sienten á veces Oestes bastante frescos, llamados vendabales, y en los primeros dias de diciembre, cuando se establece la estacion seca, soplan fuertes brisas del N., NNO. ó NO., conocidas con el nombre de nortes, que levantan mar muy gruesa en la bahía, y con algunos años de intervalo, dos ó tres por regla general, alcanzan tal intensidad, que ocasionan con frecuencia la perdida de buques, que se destrozan contra las rocas en el fondo de la ensenada; siendo tanto más peligrosos cuanto que se levantan de improviso, sin que el cielo ni el barómetro lo anuncien, y alcanzan á los pocos minutos su mayor violencia. A partir de esta zona aparecen los alisios, que soplan durante todo el año del NE. al NNE., y se hacen á veces sentir en el verano hasta en Colon; de noviembre á mayo adquieren mucha fuerza en alta mar, y su direccion pasa generalmente al ENE., moderándose por la noche su violencia, sobre todo en la cercanía de tierra.

A lo largo de la costa reina una corriente litoral, que yendo hacia el NE. en sentido inverso de la gran corriente ecuatorial que da origen á la del golfo, es prolongacion de la que existe en la costa de Nicaragua, que se dirige del N. al S.; al llegar á la bahía de Limon, entra en ella una rama en direccion SE. y sale hacia el NE., despues de haber dado la vuelta á su seno. La velocidad de la corriente es bastante grande para que no se depositen los acarreos del rio Chagres fuera de la barra, formando un delta, como sucede en todo mar con pequeña amplitud de marea. Esta se hace sentir muy poco, segun sucede en la totalidad del mar de las Antillas, y es difícil distinguir la influencia que el viento ejerce sobre el movimiento de las aguas; en agosto y setiembre las fuertes mareas vivas alcanzan una carrera de 0,49 metros y de 0,19 las muertas, siendo 0,34 metros la carrera media.

Tanto la rada de Panamá, como la embocadura del rio Grande en el Pacífico, no son otra cosa que pequeños senos de la costa, no existiendo en toda esta zona ninguna verdadera bahía. La rada de Panamá está completa-

mente abierta al Mediodía, pero ofrece buen fondeadero á buques pequeños, y es muy segura: únicamente se siente el oleaje durante la vaciante, que cesa en cuanto empieza el flujo; para encontrar sondas de 10 metros es preciso separarse unas dos millas y media de la orilla, siendo al E. de las islas Naos, Perico y Flamenco donde existe esta profundidad más cerca de la costa. Las islas Taboga y Taboguilla, á seis millas al S., ofrecen un excelente fondeadero, que tambien se encuentra al E. del grupo anteriormente citado, distantes dos millas tan sólo de la ciudad de Panamá hacia el S.; el calado al N. de ellas llega á 7 metros. Numerosos islotes y bancos de rocas aparecen en diversos puntos y se hacen principalmente visibles en las bajamaras, que dejan al descubierto la playa arenosa hasta cerca de un kilómetro de la costa en algunos sitios.

El golfo de Panamá se halla situado en el límite N. de una zona de calmas, de ligeras brisas y vientos variables que separa las dos regiones N. y S. del Pacífico, en la que nunca se sienten los huracanes; los vientos varían con las estaciones: los del N. dominan en la época seca ó bella estacion, y son regulares y constantes; en abril y mayo rollan al O., alternando con calmas, y á las lluvias de junio acompañan vientos del S., que soplan á veces con violencia y alternan á menudo por la tarde con los del NO.

En las costas del Pacífico, en el encuentro de las corrientes peruana y mexicana, se destaca una rama, originando una corriente litoral que se dirige al O., contornea el golfo de Panamá y marcha hacia el S. con fuerza considerable, particularmente en la estacion seca. Las mareas, que son aquí muy importantes, modifican la fuerza y la direccion de las corrientes segun las circunstancias locales; durante el período de reflujo, se dirigen al S. con velocidad de una milla á milla y media, y durante el flujo hacia el N. O., pero con menor violencia.

La amplitud de las mareas es muy diversa en la costa del Pacífico del gran istmo, pues miéntras que en el golfo de Tehuantepec es de 1,20 metros llega á 7,70 metros en el fondo del de San Miguel; y varía en la rada de Panamá segun las estaciones, siendo mayor en el solsticio de invierno que en el de verano.

Los límites entre que oscila, son los siguientes:

	Mayo y junio.	Noviembre y diciembre.
Carrera máxima	5,80 metros.	6,49 metros.
— mínima	2,42 —	2,95 —
— media en mares vivas . .	4,29 —	5,27 —
— — en mares muertas . .	2,92 —	3,78 —
Carrera media	3,66 —	4,30 —

El establecimiento del puerto de Panamá es de 3 horas 23 minutos.

Segun el informe del oficial Lloyd, inglés, publicado por la Sociedad Real de Lóndres en 1830, existía una diferencia de más de un metro entre los niveles medios de ambos Océanos, diferencia que posteriormente se exageró hasta 3 metros: operaciones más exactas han demostrado que el nivel medio, sensiblemente el mismo, es un poco más elevado en la rada de Panamá que en la bahía de Limón; esta diferencia tan insignificante, que casi se confunde con los errores instrumentales, y que varía segun la época del año y segun que la marea corresponde á sícigio ó á cuadratura, es de 0,04 metros como término medio en los meses de noviembre y diciembre y llega á 0,23 metros en los de mayo y junio. Las causas locales no bastan para explicar estas diferencias, que pueden atribuirse al régimen de las corrientes en ambos mares.

Con arreglo á las carreras máximas de las mareas en la rada de Panamá y en la bahía de Limón, anteriormente citadas, y teniendo en cuenta que el establecimiento del puerto de Colón retrasa nueve horas próximamente con respecto al de Panamá, resulta que, cuando es plea ó bajamar en Panamá, es media marea en Colón, y que la diferencia máxima de nivel cada dia entre ambos mares, es igual á la semi-amplitud de la marea en el Pacífico, llegando á un límite superior de 3,24 metros, ó mejor dicho, algo más, por ser el nivel medio en la rada de Panamá un poco más elevado que en Colón.

El centro de población más importante de esta comarca es Panamá, capital del departamento, mandada reedificar por el gobernador Fernández de Córdoba, despues de la destrucción en 1670 del Panamá viejo por el pirata Morgan, un poco al O. del emplazamiento antiguo, sobre una península de roca, fácil de defender, al pie del cerro Ancon. El ingeniero Villacorta hizo de ella una plaza muy fuerte, sin otra rival que Cartagena en toda la Amé-

rica del Sur, construyendo un recinto abaluartado de largas cortinas, que hoy se halla casi totalmente destruido, tres de cuyos lados bañaba el mar, y terraplenando el espacio interior hasta una altura de unos 6 metros, encima del que edificó la ciudad. Su situación especial permite que reciba la brisa del mar; sus calles, en línea recta, la atraviesan de parte á parte de la rada al puerto, y están cortadas en ángulo recto por otras longitudinales, que conducen á la muralla exterior y ponen en comunicación por su otra extremidad, demolidas como han sido las defensas del lado de tierra, la ciudad propiamente dicha con sus arrabales, uno de los cuales, el de Santa Ana, se extiende hasta el pie del cerro Ancon.

Las casas son de varios pisos, contra lo que se acostumbra en la mayor parte de la América Central, siendo muchas de las antiguas de mampostería de ladrillo, lo que se explica por la rareza de los temblores de tierra en aquella región: los frecuentes incendios han hecho en cambio sufrir mucho á la ciudad, causando grandes destrozos el de 1878; accidentes que son tanto más temibles cuanto que la madera entra en gran parte en la construcción de los edificios, formando la totalidad de alguno de ellos, y en un gran número los pisos superiores, establecidos con frecuencia en saliente sobre el bajo, cuyos muros son de mampostería, sistema que tiene la ventaja tan necesaria en aquel clima de ofrecer abrigo al transeunte contra el agua y el sol; las pocas que quedan de las fabricadas con piedra en tiempos de nuestra dominación, tienen sus muros de mayor espesor y un sistema general de edificación más en armonía con las exigencias del clima.

Los vapores de las importantes líneas que hacen escala en su puerto, que es franco, poniéndolo en comunicación con la mayor parte de los de la costa Oeste de América, fondean mar afuera al abrigo de las islas Naos y Perico, puesto que la falta de calado impide que se aproximen; los únicos muelles construidos de madera en playa Prieta, sobre los que se prolongan las vías del ferrocarril, pertenecen á esta compañía, pero sólo pueden atracar á ellos chalanas y pequeñas embarcaciones en marea alta.

Numerosas haciendas y casas de campo existen en los alrededores de la ciudad, en las que se pasa la estación de verano; diferentes senderos facilitan las comunicaciones, algunos de los cuales pueden ser utilizados por carrua-

jes; entre otros que se encuentran en muy buen estado, el que conduce á la Sabána del E., agradable pradera situada á la mitad de la distancia que separa el Panamá viejo de la nueva ciudad, y que sirve de paseo preferente á los panameños.

Hace apenas un siglo era Panamá una de las ciudades más ricas y bellas del Nuevo Mundo: paso incesante de la corriente de emigracion que se dirigía al Pacífico, y lugar de desembarco de los tesoros que venian del Perú para la Metrópoli, su puerto era el más frecuentado de la América occidental. Causas bien conocidas dieron orígen á la decadencia de esta ciudad, que pareció revivir con motivo de la gran emigracion á California en la época del descubrimiento de sus minas de oro, y causa de la construccion del camino de hierro del istmo; la inauguracion de la línea férrea entre San Francisco y los Estados del E. le hizo, sin embargo, una terrible competencia, resultando la disminucion de estos nuevos recursos, á pesar de la cual el ferrocarril de Colon á Panamá llegó á transportar anualmente 27.000 pasajeros y 270.000 toneladas de mercancías; ántes de comenzar los trabajos del Canal. Esta importantísima obra ha dado nueva vida á la capital; su poblacion, que ascendía en 1870 á 14.000 habitantes, ha llegado últimamente á unos 25.000, segun afirma Wyse, aunque esto parezca exagerado; contribuyendo al aumento en primer término el establecimiento de la administracion de la compañía del Canal, que eligió esta ciudad con preferencia á Colon, por su salubridad relativa y por los mayores recursos de todo género que proporciona, si bien la comunicacion inmediata con Europa hubiese hecho preferible la elección de la segunda.

El vecindario está compuesto de naturales del país, de raza española más ó menos mezclada con la de los indios, de europeos y norte-americanos, negros de las Antillas, principalmente de Jamáica, y chinos; estos últimos han formado un barrio; la mayor parte de la gente de color habita los arrabales.

Colon, que sigue á Panamá en importancia, está edificada sobre la isla de Manzanillo, á la entrada de la bahía de Limón, datando su fundacion del año 1852. La facilidad que para el desembarco ofrecía la tranquila bahía con preferencia á la embocadura del Chagres, y la posibilidad y ventaja de utilizar hasta Gatun el camino de hierro que atraviesa el istmo, entonces en cons-

trucción, remontando después aquel río, vía única en aquella época, hicieron necesario el establecimiento de algunas barracas de madera, origen de la población que recibió el nombre de Aspinwal, uno de los constructores de la línea, pero que el Gobierno colombiano llamó Colón, por ser aquélla la primera costa de la tierra firme que el almirante divisó, así como la bahía de Naos el primer fondeadero de sus buques en las costas del continente americano; en la actualidad es conocida con ambos nombres.

La isla de Manzanillo es baja y pantanosa: los políperos que han formado su suelo, que se desarrollan y elevan en tanto que se encuentran debajo del agua y al abrigo de los rayos directos del sol, han llegado á mayor altura en las orillas que en el centro; así es que si este arrecife coralífero que rodea la isla, ofrece alguna seguridad para la construcción de habitaciones á 1 ó 1,50 metros sobre el nivel del mar, el interior forma una gran charca sin salida, en la que la influencia del calor de la zona tórrida hace desprender miasmas pútridos, foco constante de peligrosas enfermedades.

Los norte-americanos han establecido las oficinas de administración del camino de hierro y sus habitaciones sobre un terraplen de unos 200 metros de ancho en la orilla N., la más sana, que recibe directamente las brisas del mar, formando de este modo un barrio bien cuidado y saneado, muy al contrario de lo que sucede en la ciudad propiamente dicha, construida en la costa O. que da á la bahía, en la que están establecidos los muelles de atraque. Tres calles de bastante longitud, tiradas á cordel y paralelas á la orilla, cortadas normalmente por varias transversales, constituyen la ciudad: por la primera pasa el camino de hierro de Panamá, al que sirve de estación de partida; detrás de la tercera se encuentra el agua estancada del gran pantano central, en cuyas orillas ha establecido la población negra sus cabañas infectas. Colón, que fué casi totalmente incendiado por los rebeldes en la revuelta política de marzo de 1885, hoy día se ha reedificado en gran parte; las casas son todas de madera, importadas de los Estados Unidos; la mayoría de un piso, pero muchas de dos y aún de tres, sobre todo en la calle principal, están construidas sobre pilotes á unos 0,40 metros de altura sobre el terreno. El entarimado de la planta baja se prolonga en la mayor parte de ellas uno ó dos metros por delante, haciendo las veces de acera de desigual ancho y ni-

vel, resguardada de los ardores del sol y de la lluvia por el piso superior en saliente ó por la misma cubierta del edificio.

Toda clase de inmundicias y desperdicios permanecen depositadas en las calles, llegando á formar el suelo de ellas, si no los hacen desaparecer los cerdos, las gallinas y unas aves de rapiña parecidas á los buitres que pululan por la poblacion, dando lugar á los miasmas que originan al descomponerse, unidos á las emanaciones de las aguas pantanosas, á que Colon sea uno de los centros de poblacion que peores condiciones de habitabilidad ofrecen. Es como Panamá puerto franco: numerosas líneas de vapores lo ponen en comunicacion con las principales plazas marítimas de Europa y América, estando facilitadas las maniobras de carga y descarga por los seis muelles salientes de atraque para grandes buques que posee, construidos de madera y cubiertos y cerrados lateralmente, dos de ellos con planchas onduladas de zinc. Cinco pertenecen á las diversas compañías marítimas, y el sexto á la del ferrocarril; algunos de estos muelles no se libraron del incendio de que hemos hecho mencion.

Antes se recogia en Colon el agua de lluvia para el consumo en grandes cilindros de fundicion; despues se ha hecho uso de la escasa y muy cara del rio Frijoles, transportada por el camino de hierro, que la aprovecha tambien para la alimentacion de sus locomotoras. La ciudad consume asimismo el agua que se recoge en un pequeño valle, cerca de la loma del Mono, cerrado por una presa que construyó la compañia del ferrocarril.

Al S. de la ciudad, sobre el terraplen que forma la boca de entrada del Canal interoceánico, se ha construido otro barrio para residencia de los empleados y algunas oficinas, el cual contrasta con Colon por su limpieza, porque se ha tenido en cuenta cuanto á la salubridad de las poblaciones se refiere, y por el esmero y aun lujo de sus edificaciones. Mas adelante nos ocuparemos detenidamente de este barrio, que ha recibido el nombre de Cristophe Colomb.

En 1870 contaba esta ciudad 4.000 habitantes, que han llegado á 12.000 en 1875, segun afirma el autor ya citado, cuya poblacion está compuesta de indios mestizos, europeos, norte-americanos, negros, chinos y de los resultados de las distintas mezclas de estas razas.

En el interior del istmo se encuentran las aldeas de Cruces, San Juan, Gatun, Gorgona, Matachin y otras agrupaciones de viviendas de más reciente creacion, tales como Bohio-Soldado, Buena-Vista, San Pablo, Obispo y Culebra en la vertiente del Atlántico; y Paraiso, Pedro-Miguel, Rio-Grande y Corozal, en la del Pacífico, que son estaciones del camino de hierro y han tomado mayor importancia despues de comenzar los trabajos del Canal. Con anterioridad á esta época, la poblacion de todos ellos, incluyendo la que habia en las diversas plantaciones de bananos ó plátanos, ascendía á 10 000 habitantes.

Cerca de esta region se encuentra el pueblo de Chagres (ántes Nombre de Dios), en la embocadura del rio de su nombre, que en tiempo del poderío español estaba defendido por el fuerte de San Lorenzo; su poblacion, muy próspera hace treinta años, ántes de la terminacion del camino de hierro interoceánico, hoy se halla en completa decadencia, contando apenas unos 1.000 habitantes. Puerto-Bello, á 32 kilómetros al NE. de Colon, en la costa del Atlántico, con 1.500, puerto en otro tiempo tan frecuentado; y La Chorrera, en la vertiente S., con 2.000 habitantes, no léjos de la embocadura del rio Caimito, rodeada de importantes haciendas dedicadas á la cria de ganado vacuno.

Los territorios más poblados del departamento de Panamá son los de Chiriquí y Veragua, al O., en donde se hallan las ciudades de David, Santiago, Los Santos, y otras numerosas aldeas en la vertiente meridional; y muy cerca de la capital, al SO., las ciudades de Nata y Penonomí, en el territorio de este nombre. Pacora y Chepo, al otro lado del camino de hierro, marcan el límite de la region de las Sabanas: más allá del rio Bayano sólo existe el bosque vírgen, que no está atravesado ni por el más estrecho sendero abierto por la mano del hombre, hasta el Darien marítimo, en la vertiente S., donde hay varias agrupaciones de cabañas formando pequeñas aldeas, á orillas del mar y de los ríos Tuyra y sus afluentes, habitadas por mestizos y negros dedicados á la busca del cauchouc y de la tagna ó marfil vegetal; entre otras, Garachine, cerca de la punta de este nombre, La Palma, Chepigana y Yaviza, miéntras que en la costa N., desde Puerto-Bello á la desembocadura del Atrato, existen varias aldeas indias, Manzanillo, Rio-Azacar, Playon

Grande, Rio-Manana, Rio-Mono, Caledonia, Asmila, cerca del cabo Tiburon, Acanti y otras muchas.

En el istmo de Panamá, propiamente dicho, no existen ya indios: la poblacion es un resultado de la mezcla de éstos con negros, llamados zambos; con blancos, que reciben el nombre de mestizos, y hasta con chinos. El elemento africano domina en número, y los mulatos, cuarterones, etc., que proceden del blanco y el negro con alguna sangre india, son de superior inteligencia y más trabajadores que las demás razas, ocupando buenas posiciones en el país muchos de ellos que han adquirido instrucción. Los blancos puros, extranjeros la mayor parte, residen, como ya hemos visto, en los principales centros de poblacion. El indio mezclado que habita la comarca que se extiende de Colon á Panamá, es perezoso y tiene por únicas aficiones el juego y las bebidas espirituosas: los que habitan la costa, la mayor parte de los cuales pasan su vida en las montañas, dentro del bosque vírgen, explotando el cauchouc y la tagna, son de carácter dulce y agradable, robustos y trabajadores, al méno en su oficio salvaje, y manejan con extraordinaria destreza el machete, del que se sirven lo mismo para abrir senderos ó trochas, á través de aquella espesísima vegetación, que para mondar una fruta.

En los territorios de Veragua y Chiriquí, cuya población es bastante densa, domina el elemento indio: los habitantes son robustos, dóciles y aficionados al trabajo, siendo su ocupación ordinaria la agricultura.

En las cercanías del golfo de San Blas y en el Darién, cuya población es escasa, habitan diferentes razas indias, algunas, aunque en pequeño número, completamente independientes y feroces, hablando diversos idiomas, á diferencia de las de Veragua que hablan el español, y cuyos individuos son excesivamente perezosos, lo que añadido á su exagerada idea de la dignidad, impide que se les pueda someter á ningun trabajo. Estas razas se mezclan raramente con las de otras procedencias, que habitan en diversos puntos del Darién marítimo.

De esta ligera ojeada sobre la población del istmo se deduce que los obreros aptos para los trabajos del Canal, que el país puede proporcionar, han de ser en muy corto número, y que es por consecuencia preciso, como ya

sucedió durante la construccion del camino de hierro, buscarlos en otras comarcas, á pesar del aumento consiguiente de la mano de obra.

El clima del istmo de Panamá es húmedo y lluvioso: como en todos los países intertropicales se divide el año en verano ó estacion seca, é invierno ó estacion lluviosa, que está interrumpida por un corto intervalo de buen tiempo, llamado el veranito de San Juan. La marcha de las estaciones está en retraso con respecto al movimiento de dirección del sol, á causa de que el anillo de nubes que formándose en el ecuador se resuelven en abundantísima y torrencial lluvia, acompañada á veces de grandes tormentas, y que sigue el movimiento de aquel astro, está precedido por él de uno á dos meses; así es que las lluvias que en el mes de abril no son de importancia, adquieren gran intensidad á mediados ó fines de mayo. Hacia los últimos días de junio, en el solsticio de verano, cuando el núcleo principal de las nubes que han salvado la region de Panamá sigue en su movimiento al N., reaparece el buen tiempo durante mes y medio, predominando el régimen del hemisferio austral, y haciéndose sentir los alisios del SE., puesto que la comarca está situada muy poco al N. del ecuador termal; las lluvias vuelven á presentarse con gran fuerza en agosto, y persisten hasta fines de noviembre. Transcurren, sin embargo, muchos días sin que la serenidad del cielo se turbe, y aún en los períodos de más recias lluvias no cae regularmente cada día más que un fuerte chaparrón que dura dos ó tres horas, y que de ordinario empieza de 5 á 6 de la tarde: si la lluvia continúa durante la noche, es entonces menos violenta.

Con los vientos del N. que se levantan á principios de diciembre, comienza la buena estacion; durante estos cinco meses y medio de sequedad, llueve, sin embargo, algunos días en ciertas localidades, en Colon, en el valle bajo del Chagres, en la cima de la cordillera, y también, aunque con menos frecuencia, en Panamá.

Las lluvias no se reparten con igualdad en toda la extensión del istmo, sino que disminuyen del Atlántico al Pacífico; las observaciones hechas con anterioridad á la inauguración de los trabajos del Canal daban á conocer que la diferencia de la altura anual del agua llovida en cada vertiente es de importancia, puesto que mientras en Panamá excede poco de un metro, llega

en Colon á 3,14 metros, y aún fué de 4,31 metros en 1872, segun el contralmirante Ammen. Observaciones posteriores que se hacen con regularidad por la compañía del Canal en las estaciones meteorológicas de Colon y Gamboa, en la vertiente del N., y en la de la isla Naos, á 4 kilómetros de Panamá, en la del S., confirman las que acabamos de indicar. En el año 1881 cayeron en Colon 2,13 metros de agua en 223 dias, y 3,15 metros en 1882 durante 230, miéntras que en Naos no llegó á 1 metro en 124 dias de este último año.

En 1884 y 1885 fué, respectivamente, de 1,086 metros y 1,083 en Naos; y 2,60 metros y 2,48 en Gamboa, donde siempre es menor la altura anual que en Colon. Durante la estacion lluviosa varía la altura de agua mensual en Colon de 0,20 á 0,60 metros, teniendo lugar el maximum regularmente en noviembre, en cuyo mes llegó á 0,81 metros en 1870, segun dice el ya citado Mr. Ammen: en la seca, oscila entre 0,08 y 0,20 metros. En Naos está comprendida entre 0,07 y 0,25 metros en invierno, y no llega á 0,13 en verano.

Como caso excepcional en el mes de noviembre de 1879, los seis dias de lluvia que originaron la gran avenida del Chagres, dieron en Panamá una altura de agua de 0,32 metros.

El mes de marzo es por lo regular el ménos lluvioso: en el año de 1885 no registraron caida de agua ninguna las estaciones de Naos y Gamboa, y en Colon fué de 13,60 milímetros en cinco dias.

La cantidad máxima de agua caida en una fuerte lluvia que dure algunas horas, es de 0,10 metros y aún 0,15 metros. A Mr. Reclus le aseguraron que en Colon ha llegado á 0,18 metros en un dia.

El estado higrométrico de la atmósfera, de ordinario superior en Colon que en Naos, oscila entre 38º y 100º; el medio mensual varía en verano de 72º á 76º, y en invierno llega hasta 87º, siendo 83º el medio general.

La temperatura absoluta oscila entre 15º y 36º,8; esta última ha sido observada en Naos, donde por ser menor que en la vertiente N. la intensidad del viento, el termómetro acusa un maximo superior, y en la estacion lluviosa es siempre más elevada; la mínima es, por el contrario, inferior en Naos que en Colon, á causa de la temperatura ménos elevada del agua del Pacífico. La media mensual varía de 21º á 28º,2, y la media general es de 27º pró-

ximamente, cuya temperatura, no excesiva, depende de la gran cantidad de agua contenida en la atmósfera.

En Panamá tiene lugar el paso del sol por el zénit el 13 de abril y el 29 de agosto, y el máximo absoluto de la temperatura ocurre regularmente á principios de mayo, unos quince días después del primer paso, época en que existe en la atmósfera menos vapor de agua; el mínimo corresponde ordinariamente al solsticio de invierno. La diferencia media diaria entre la temperatura máxima y mínima es de 8° , habiendo subido hasta 11° ; en Gamboa es mayor que en las otras dos estaciones, lo cual se explica porque este punto se halla situado entre los otros dos, cuyos límites extremos están más distantes. La mayor elevación del termómetro durante el día, tiene lugar, por término medio, hacia las tres de la tarde, y la menor un poco antes de la salida del sol.

La temperatura, como se vé, no deja de ser constante, sobre todo en la vertiente del Atlántico, lo que puede atribuirse á que la de la corriente ecuatorial del mar de las Antillas varía poco, mientras que la del Océano Pacífico, que viene del N., siendo, por tanto, más baja, experimenta variaciones de más importancia: la primera oscila entre $26^{\circ},4$ y $28^{\circ},9$ y la segunda entre $19^{\circ},4$ y $25^{\circ},5$; la temperatura más baja del mar tiene lugar en los meses de febrero y marzo, y la diferencia máxima entre las de ambos mares, que es un poco superior á 7° , ocurre ordinariamente en enero, lo que es de fácil explicación por la procedencia de las corrientes.

La temperatura media anual desciende aproximadamente 1° por cada 170 metros de altitud, y el límite de las nieves perpétuas en los picos más elevados de la cadena de los Andes, situados en Colombia, en la proximidad del istmo, se halla entre 4.700 y 4.800 metros. Como en la región cercana á la zona objeto de nuestro estudio, las cumbres más altas no se elevan más de 1.400 á 1.500 metros, la temperatura media no puede ser inferior á 20° en ningún punto de esta comarca.

La evaporación llega á ser durante la estación seca de 0,005 metros al día, por término medio, lo cual hace ver el elevado grado de humedad que alcanza la atmósfera.

La presión barométrica, tan constante como la temperatura, oscila entre

754 y 764 milímetros, siendo 759 la media. Las variaciones diarias de 2 á 4 milímetros que experimenta, tienen la regularidad de una marea atmosférica, como sucede en la zona tórrida, presentando dos máximos y dos mínimos, con el intervalo de 6 horas próximamente; el máximo del dia tiene lugar de 9 á 11 de la mañana, y estas oscilaciones son más regulares que las de la noche. Tambien se observa que la presion durante la estacion de las lluvias es, por término medio, inferior á la que hay en la seca. Los vientos alisios del NE., que reinan casi constantemente, experimentan algunas interrupciones durante el invierno; adquieran mayor violencia en la estacion seca y rolan al N., principalmente, segun ya vimos, en la vertiente del Atlántico, miéntras que con frecuencia soplan entonces del NO. á su llegada al Pacífico, influidos por los valles del Chagres y del río Grande.

En los cuadros que van al final del capítulo, reunimos las observaciones meteorológicas correspondientes al año de 1885, que han sido hechas en las estaciones de Colón, Gamboa y Naos, así como las carreras máximas de las mareas y las crecidas más importantes del río Chagres, porque de este modo podrán compararse con más facilidad.

Las circunstancias especiales del terreno, unidas á las condiciones climatológicas de la comarca, hacen que esta region, y con especialidad algunas localidades, sea bastante insalubre; á aquel número pertenecen las llanuras bajas del Chagres y los pantanos de las costas del Atlántico y del Pacífico, si bien la vertiente de este mar es algo más sana que la del primero. Diversas y temibles enfermedades se ceban, no solamente en los extranjeros, sinó tambien, y á veces con más fuerza, en los colombianos del interior, presentándose con más intensidad en la estacion lluviosa, en que es mayor la humedad de la atmósfera, y principalmente en los cambios de estaciones; las fiebres amarilla y palúdica y la anemia son las que producen más terribles resultados.

Las islas de la rada de Panamá, especialmente las Tabogas, ofrecen mejores condiciones de salubridad, que tambien se encuentran en algunos puntos elevados del istmo.

Háse, sin embargo, exagerado extraordinariamente la insalubridad de esta comarca, haciéndola aparecer como una de las más inhabitables del globo, siendo así, que no léjos de ella, en las costas del golfo de México y del mar de

las Antillas, existen otras muchas regiones de igual condicion: esta triste fama, ya antigua, data de la época en que aún no estaba establecido el camino de hierro, en la cual las partidas de aventureros que se dirigian en busca del oro de California, atravesaban gran parte del istmo en estrechas pira-guas, remontando el Chagres durante cinco dias, sin ningun abrigo contra los rayos de un sol abrasador ni contra la lluvia, y hacían á pie ó en un mulo las 20 horas que aún faltaban de viaje, desde Gorgona á Panamá, en las mismas, si no peores condiciones, soportando todo género de penalidades: casos fulminantes de la fiebre perniciosa, llamada fiebre del Chagres, y otras enfermedades invadian aquellos organismos debilitados por la fatiga, causando el terror de los que sobrevivian. Durante la construccion del camino de hierro se arraigó aún más esta idea, á causa de la gran mortandad que se dice hubo entre los obreros y empleados; pero si bien es cierto que esto sucedió al principio cuando se empezaron los trabajos en los pantanos de Mindi, más tarde, á medida que se atravesaban terrenos menos insalubres, que el servicio médico estaba mejor organizado, que se mejoraban las condiciones de vida de los trabajadores y que se sustituian éstos, irlandeses en un principio que soportan muy mal los climas tropicales, por otros, europeos, mulatos de Cartagena, norte-americanos y negros de las Antillas, más resistentes contra los miasmas palúdicos, la mortalidad disminuyó muchísimo, de tal manera, que segun la estadística de la compañía, en los cinco años de la construccion, habiéndose reunido á veces 6.000 obreros, murieron 293 blancos, 140 negros y 400 chinos de los 1.000 que se contrataron por la falta de brazos, habiéndose ahorcado la mayor parte de estos últimos, casi al empezar sus trabajos, víctimas de una verdadera epidemia moral que se declaró en ellos, que tenía algo de nostalgia, pero en la que tambien debió influir el trato que recibieron.

Esto ha dado origen al dicho tan conocido de que debajo de cada traviesa del ferrocarril hay un chino enterrado; así como que, segun muchos viajeros, se llamara Matachin una de las aldeas del istmo, donde tuvieron lugar muchos suicidios. La falta de verdad de semejante version la demuestra el hecho de que con el mismo nombre se encuentra ya indicada la aldea en el mapa de Exquemchir, editado en 1686, más de siglo y medio ántes de la construccion de la vía férrea.

Las malísimas condiciones higiénicas de los principales centros de población del istmo, el descuido completo en que se tiene todo cuanto pueda influir en su saneamiento, el género de vida de una gran parte de sus habitantes y el abuso que hacen de las bebidas alcohólicas, tan perjudiciales en los climas cálidos, contribuyen á aumentar los terribles estragos que las enfermedades causan. Panamá carece por completo de agua potable, sirviéndose tan sólo para las necesidades más indispensables de la escasa y cenagosa del arroyo del Chorrillo que faldea el monte Ancon, impropia para la bebida y aún para los demás usos domésticos, y hasta hace poco no se ha tratado de llevar á cabo su abastecimiento, para lo cual la compañía del Canal auxiliará al gobierno de Colombia, importante mejora que ha de reportar grandes beneficios á la primera población del istmo. No repetiremos lo que sobre las pésimas condiciones de habitabilidad de Colon ya dijimos, las que pueden ser modificadas, como lo prueban el barrio norte-americano y el más moderno de Cristophe Colomb: si esto llega á realizarse, si el aumento de población y de vida á que la grandiosa obra del Canal ha de dar origen en esta región, traen consigo como consecuencia natural, el saneamiento de los sitios más insalubres, á lo que ha de contribuir el mismo Canal en los terrenos pantanosos y encharcados que atraviesa; la tala y desbroce de grandes extensiones, hoy dia cubiertas de espesa vegetación, que no deja pasar los rayos del sol para secar el terreno; así como la mayor comodidad y bienestar de sus habitantes, mucho han de mejorar las condiciones de vida de toda esta comarca, aunque nunca puedan ser alteradas profundamente.

La poderosa vegetación de los bosques vírgenes que cubren gran parte de la comarca, puede dividirse en tres capas distintas: la primera está formada de arbustos y yerbas diversas, entrelazados, que alcanzan una altura de 3 á 4 metros: sobre ella se eleva el bosque, con árboles que miden de 15 á 20 metros, y encima aparecen las especies más gigantescas, cuyas copas se levantan á más de 40 metros de altura, enredándose en ellas variedad de orquídeas y lianas ó bejucos, que, formando impenetrable red, descienden hasta el suelo.

Las praderas que existen en esta región, sobre todo en la vertiente S. de la divisoria, forman una faja bastante ancha entre las de la costa y las que se extienden por las pendientes superiores de la cordillera. Estas sabanas,

que contrastan con el bosque vírgen, producen en la estacion de las lluvias diferentes especies de yerbas de poca altura, que desaparecen en los primeros dias de sequedad, y que sirven para pastos de ganado. En las vertientes del Atlántico se hallan praderas de pequeña superficie en la orilla izquierda del Chagres, entre San Pablo y Cruces; pero agua-arriba de este punto miden 9 kilómetros de anchura en algunos sitios, y se extienden hasta el valle superior del río.

Las especies vegetales, que son variadas, difieren segun la altitud y la pendiente por zonas paralelas á la costa, en lo que influye la desigual reparticion de las lluvias, que disminuyen, como hemos visto, del Atlántico al Pacífico. A la zona litoral de aquel Océano de variable anchura, en la que sólo crecen manglares, manzanillos y palmeras, suceden los pantanos de Mindi, cubiertos en grandes extensiones por las plantas especiales de estos terrenos en las regiones tropicales, así como por la abundante yerba llamada *guagaja*, en los sitios más arcillosos, donde pacen numerosos ganados, y los manglares disminuyen y las palmeras aumentan; terminadas las tierras encharcadas, comienza el bosque vírgen, formado por árboles pertenecientes á las especies más variadas, que casi todas conservan sus hojas en la estacion seca y alcanzan algunas considerable altura. A medida que se remonta el valle, disminuyen los arbustos que crecen al abrigo de los grandes árboles, y aumentan con tal abundancia las lianas y otras plantas parásitas, no tan desarrolladas al principio, que dificultan ó hacen imposible el paso á través de aquel espesísimo bosque; pero con la disminucion de la lluvia aparecen en parte las praderas, y las especies de hojas persistentes están sustituidas por las que pueden soportar mayor sequedad y necesitan en cambio la accion directa del sol, siendo cada vez más claro el bosque. En la vertiente S. casi no crecen otras plantas que las que pierden sus hojas en el verano, en cuya estacion tendrian aquellos bosques el mismo aspecto que los de Europa en el invierno, á no ser por las lianas y otras plantas que mantienen algo su verdura. Despues de haber atravesado la zona de las sabanas se encuentra en la costa del Pacífico una faja litoral, semejante á la del Atlántico, pero más rica en manzanillos y en cocoteros.

Las maderas de construccion, tan abundantes en los inmensos bosques,

casi no son aprovechables, á causa de la falta de vías de comunicacion y de medios de transporte, dificultándolo aún más el que, como los árboles de la misma especie no se encuentran reunidos, sinó diseminados en toda la extension, su explotacion exigiría la apertura de caminos diversos, operacion muy costosa, que no estaría compensada por las ganancias que las maderas pudieran proporcionar; así es que, á excepcion de los que crecen en las márgenes de los ríos, los demás árboles no se utilizan sinó en casos muy particulares. Casi todas las esencias tropicales americanas tienen allí representacion, y están distribuidas segun la altitud del suelo, la distancia al mar y la orientacion: entre ellas puede citarse como uno de los árboles más notables el gigantesco quipo ó volador, cuyo tronco vertical, perfectamente recto y cilindrico, con un ligero estrechamiento en su base, alcanza á veces á 20 metros de altura, y un diámetro que llega á 3 metros en la parte más gruesa, á 1,50 próximamente sobre el suelo; el tronco termina bruscamente en la parte superior del árbol, y de este punto arrancan horizontalmente algunas ramas escasas y torcidas, muy parecidas á las de la encina, miéntras que la inferior, lisa y sin nudos, carece de ellas. Con estos árboles han construido los indios embarcaciones de una sola pieza, que miden hasta 20 metros de largo, por 2,50 de ancho, y su madera, ligera y de contextura testil, tiene la ventaja de ser incorruptible é inatacable por los gusanos, pudiendo, en virtud de ello, emplearse con buenos resultados en todas aquellas obras en que ha de estar sumergida.

Las maderas usadas más comunmente para la construccion y para la carpintería, en general, son el mangle, el níspero y el cedro, árboles los dos últimos análogos, aunque no idénticos á los de Europa. El níspero, empleado con frecuencia en las armaduras, dá una madera dura y pesada, que tiene la gran ventaja para el istmo de ser inatacable por el comejen, que roe casi todas demás y del que es muy difícil defenderse, no produce, sin embargo, tan buenos resultados en el agua; su gran dureza reduce su empleo á las construcciones más esmeradas.

El mangle, que es ménos estimado, se usa frecuentemente para las armaduras de los edificios que han de tener poca duracion. Aunque del cedro pueden sacarse piezas de gran escuadria, se le emplea ordinariamente en la cons-

trucción en tablas; es una madera que resiste perfectamente la acción del agua, y con ella se han construido embarcaciones en la costa N. del istmo.

A las anteriores pueden añadirse la caoba, el guayacán ó gayac, extremadamente duro, que se ha usado para hacer cilindros en los molinos de azúcar; el ponchote ó cedro espinoso, el mora ó teka americano, la madera de rosa, el roble, la ceiba, el almendro, el algarrobo, la madera de hierro, el incorruptible curutu, del que también se hacen piraguas de una sola pieza, el caracolé, el bongo, el granadillo, el palosanto, el higuerón y otros muchos de maderas duras y pesadas, así como el guayabo, el gachapalo que reemplaza al pino, el panamá y otros de maderas ligeras, y principalmente el balsal, cuyo peso específico es inferior al del corcho.

También se dan maderas que pueden ser utilizadas en la tintorería, tales como el palo de campeche y el dividivi, cuyas semillas se emplean en el curtido de las pieles.

El siphoma elástico, del que se extrae el cauchouc, hizo durante algunos años la fortuna del país, pero hoy es cada vez más raro á consecuencia de la manera absurda como lo han explotado; aún se le encuentra, sin embargo, en algunos sitios del Darién, en cuya comarca siempre fué más abundante.

Entre las diversas especies de palmas, merece citarse el phitelephas macrocarpa, que produce un fruto enorme, llamado en el país cabeza de negro, cuyas semillas constituyen con el nombre de tagna ó marfil vegetal, uno de los principales artículos de exportación para la fabricación de botones. Su savia produce el vino de palmera, bebida poco agradable, pero muy espirituosa, por lo que gusta extraordinariamente á los negros.

Son también dignas de mencion las palmas reales, cuyo tallo terminal sirve de alimento, y la manicaria saccífera, cuyas hojas textiles se arrollan en forma de saco, y alcanzan 7 metros de longitud. El cocotero sólo se encuentra alrededor de las habitaciones, así como el cacao que cultivan los indígenas y que forma con la yuca, el maíz, los frijoles, la caña de azúcar y sobre todo los plátanos ó bananos, los principales elementos de la alimentación, á los que pueden añadirse una gran diversidad de frutas de las regiones tropicales. Distintas esencias resinosas, diferentes plantas balsámicas y medicinales y casi todos los árboles de especias crecen en esta privilegiada región, así

como el tabaco, el índigo, el arroz y otras plantas que sirven de alimento. Los plátanos son tan abundantes, que mensualmente se exportan de Colón de 500 á 1.000 toneladas, recolectadas principalmente en el valle del Chagres. El naranjo, el limón, el café, el granado, etc., han sido importados, y prosperan admirablemente.

Otros recursos importantes de alimentación se encuentran en el istmo, además de los citados, y de los que el mar proporciona: con los abundantes pastos de las praderas se cría abundante ganado vacuno en extensas haciendas, alguna de las cuales, á orillas del río Bernardino, cerca de la Chorrera, reúne más de 1.000 cabezas, además de numerosas cabras, cerdos, de carne no muy buena por falta de cuidado, gallinas y pavos, de los que en el bosque se encuentran en gran cantidad en estado salvaje.

Los negros buscan con afán y estiman mucho la carne y los huevos de iguana, que es un lagarto trepador de América.

En los potreros se cría también una raza de caballos pequeña y mal formada, pero de mucha resistencia y utilidad. En las obras del Canal han de prestar seguramente importantes servicios.

Además de las maderas de construcción, existen en el istmo otros materiales utilizables; varias canteras explotadas y algunos bancos de rocas que se encuentran en la zona de que nos ocupamos, pueden suministrar piedra para diversas clases de obras: la caliza grosera de Hening's bluff, en la orilla O. de la bahía de Limón, es propia para ser empleada como escollera; la caliza, poco abundante, de grano fino, de Vamos-Vamos y otros puntos entre Gatún y Ahorca-Lagarto, así como de Emperador y de la Campana, para sillería y mampostería; lo mismo que la brecha traquítica de San Pablo, que ahora no se explota, y la brecha volcánica de Bohío Soldado, más dura y resistente. De esta última ha hecho uso la compañía del camino de hierro para pilas de puentes, diques y otros trabajos, y si bien se labra con facilidad y no es atacada por los agentes atmosféricos, no es una piedra de superior calidad para las construcciones.

También deben citarse las tobas traquíticas de la Boca, la roca porfídica que se encuentra á 2 kilómetros de Panamá, cerca del camino de Cruces, de cuya cantera se ha extraído la sillería de los antiguos edificios de la capital,

y la piedra para sus murallas, así como se sacará toda la demás roca que en abundancia ha de necesitarse para la ejecucion del Canal.

Con las arcillas, que existen en gran cantidad, pueden fabricarse excelentes ladrillos y tejas, como los que se hicieron en tiempos de nuestra dominacion en el istmo, que aún hace poco se buscaban en las ruinas de antiguas edificaciones para volver á ser empleados.

Las rocas madrepóricas de la costa N. y las demás calizas del interior, pueden utilizarse como piedra de cal; y si bien la coccion de la primera dá un producto eminentemente graso, la de Vamos-Vamos, entre otras, que es algo arcillosa, produce cal hidráulica.

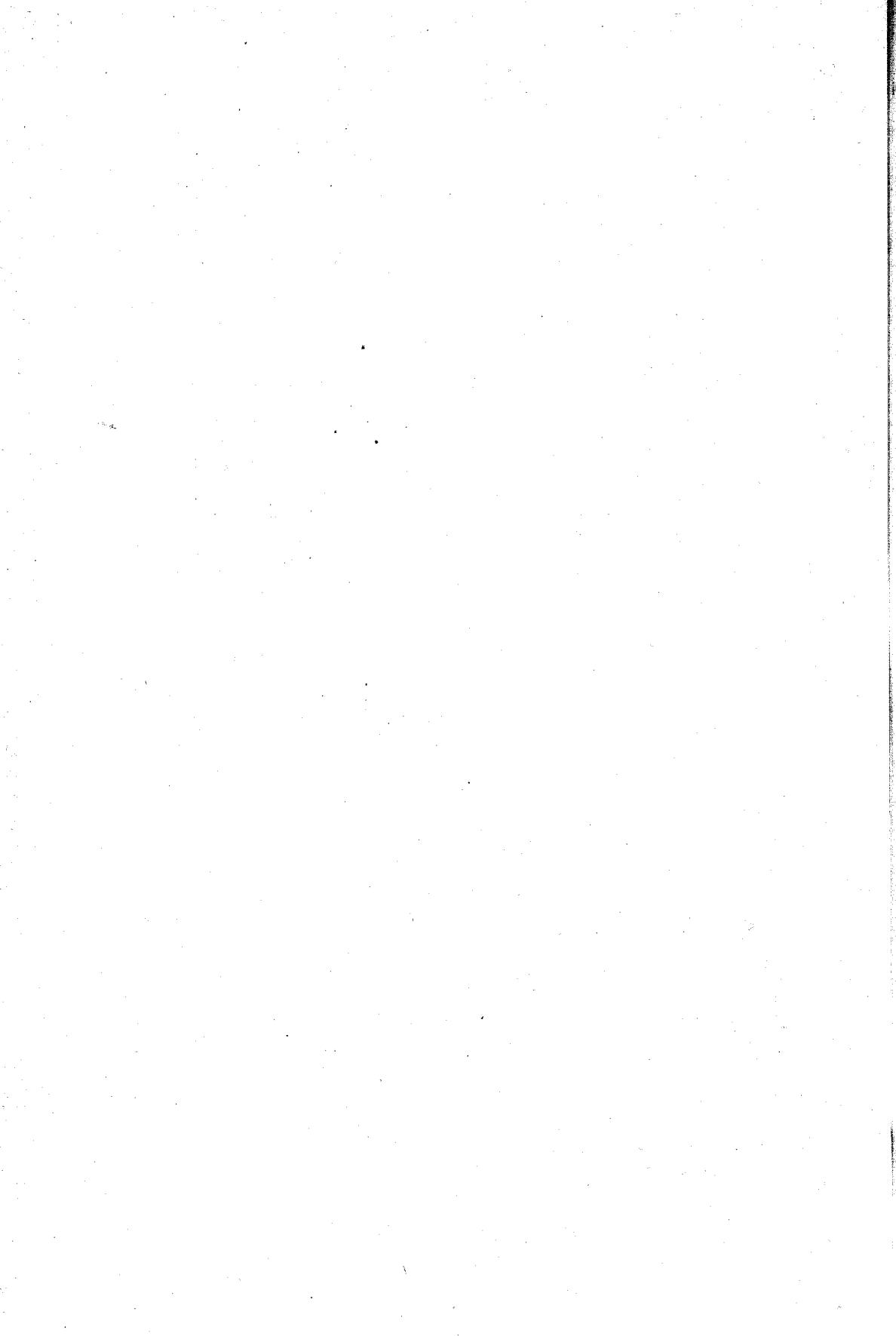
Los numerosos ríos y arroyos de esta region depositan en sus riberas arena en abundancia, y las playas que limitan las costas en ambos Océanos son canteras inagotables de este material, que puede ser empleado en las fábricas sumergidas.

Especiales circunstancias presenta el istmo de Panamá que facilitan la apertura del Canal interoceánico, además de las fundamentales que motivaron su elección por el Congreso de París.

Una de ellas, muy esencial, es la existencia del camino de hierro de Colon á Panamá, situado á corta distancia del trazado del Canal, que sirve de poderoso auxiliar en los trabajos, única vía de comunicacion que atraviesa el istmo, pues de las antiguas construidas por nuestros antepasados, no quedan más que restos.

Otra muy importante que hay que tener tambien en cuenta, es que los puertos de los dos Océanos son muy frecuentados y están puestos en comunicacion con los principales del mundo, estableciendo corrientes comerciales.

A las anteriores pueden añadirse que el trazado pasa por localidades habitadas, por las que está establecido el tránsito de uno á otro mar, y se hallan provistas de toda clase de recursos; que los movimientos del terreno son muy raros y débiles, lo que asegura la estabilidad de las obras; que el suelo es fértil y apto para toda clase de cultivos; que la actitud de las poblaciones cercanas y de las autoridades del país es favorable, y que un contrato con el gobierno colombiano, análogo al del Canal, cual es el de ferrocarril, se ha observado extictamente, segun lo acredita una experiencia de más de 30 años.



MAREOGRAFÍA Y FLUVIOGRAFÍA.

MESES.	ESTACIONES	OBSERVACIONES.					PUNTOS de observación.	Subida. Metros.	Descenso. Metros.	VARIACIONES DEL NIVEL DEL RÍO CHAGRES.	
		Nivel mínimo. Metros.	Nivel máximo. Metros.	Amplitud máxima. Metros.	Temperatura media.					Crecida.	Descenso.
										OBSERVACIONES.	
Enero.	Colon Naos	0,08 0,40	0,47 5,73	0,38 6,10	26°,4 21°,7	Estos movimientos han tenido lugar poco después del plenilunio.	Gamboa Bohío Soldado	» » »	0,10 0,30	Descenso del nivel muy regular del principio al fin del mes.	
Febre	Colon Naos	0,08 0,11	0,46 5,20	0,37 4,96	27°,1 19°,8	Estos movimientos se han presentado cerca del novilunio y del plenilunio.	Gamboa Bohío Soldado	» » »	0,40 0,10	Descenso regular durante todo el mes.	
Märzo.	Colon Naos	0,03 0,22	0,30 5,42	0,32 5,60	26°,9 19°,4	En Colon á causa del viento N.O. han tenido relación aparente con las fases de la luna. En Naos 2 días después del plenilunio.	Gamboa Bohío Soldado	» » »	Algunos centímetros.	Descenso regular.	
Abri.	Colon Naos	0,00 0,24	0,38 5,46	0,33 5,52	27°,8 22°,3	En Naos han seguido 1 ó 2 días al plenilunio; 26°,6 mínima absoluta en Colon y máxima en Naos.	Gamboa Bohío Soldado	0,30 0,10	» »	El nivel ha experimentado continuas oscilaciones ciertas y débiles de 0,25 metros de amplitud máxima.	
Mayo.	Colon Naos	0,12 0,06	0,36 5,70	0,42 5,65	28°,9 25°,4	Dos días después del plenilunio.	Gamboa Bohío Soldado	1,00 0,60	» »	La subida duró desde la tarde á la mañana siguiente. Otras varias crecidas han tenido lugar de menor altura y algunas más rápidas.	
Junio.	Colon Naos	0,12 0,22	0,42 5,60	0,46 5,75	28°,3 25°,5	En Colon no es tan completo en relación con las fases de la luna; en Naos siguen 2 ó 3 días al novilunio.	Gamboa Bohío Soldado	1,65 Bastante menor.	1,40 »	Subida en 7 horas; descenso en 20 horas. Se han presentado varias crecidas.	
Julio.	Colon Naos	0,12 0,10	0,47 5,84	0,47 5,88	27°,8 25°,2	En Naos han seguido 1 ó 2 días al novilunio.	Gamboa Bohío Soldado	3,25 Mucho menor.	2,40 »	Subida en 16 h., descenso 9 h.; Otras varias crecidas, entre ellas, una de 2,50 metros, Gamboa, á la que correspondió ondulación insignificante, Bohío.	
Agost	Colon Naos	0,02 0,10	0,44 5,83	0,42 5,90	26°,7 24°,9	En Naos han seguido 2 ó 3 días al novilunio.	Gamboa Bohío Soldado	2,60 »	3,15 »	Subida en 8 horas, descenso 2,60 metros en 10 horas, y el resto en 13. Han tenido lugar otras muy rápidas.	
Septemb.	Colon Naos	0,10 0,04	0,40 5,84	0,39 5,71	26°,6 25°,2	En Naos han tenido lugar 1 ó 2 días después del novilunio.	Gamboa Bohío Soldado	2,85 3,15 Casi lo mismo.	2,35 2,85 Casi lo mismo.	1.ª subida en 9 h., 1.er descenso 14; 2.ª subida 13 h., 2.º descenso 12. Frecuentes variaciones de nivel, crecida de 1,60 metros en Bohío; mucho menor en Gamboa.	
Octub	Colon Naos	0,05 0,15	0,35 5,75	0,36 5,62	26°,6 25°,0	En Naos al día siguiente del novilunio.	Gamboa Bohío Soldado	1,50 2,65	» 2,30	Cuatro crecidas en Gamboa: la 3.ª superior en Bohío Soldado. Subida en este punto en 35 horas. Descenso regular en 3 días.	
Novie.	Colon Naos	0,10 0,12	0,58 5,70	0,56 5,50	26°,6 24°,8	En Naos 2 días después del plenilunio.	Gamboa Bohío Soldado	3,85 El mismo régimen.	3,20 El mismo régimen.	Subida en 40 horas. Descenso 20 horas. A excepción de esta crecida no ha variado el nivel.	
Dicie.	Colon Naos	0,04 0,18	0,72 5,76	0,55 5,88	27°,4 26°,4	En Colon por la tempestad del 3 de diciembre. En Naos 2 días después del plenilunio.	Gamboa Bohío Soldado	2,40 1,50	» »	Subida en 31 horas. Descenso progresivo.	

RESULTADOS MÁS INTERESANTES DE LAS OBSERVACIONES DEL AÑO DE 1885.

38

METEOROLOGÍA.

EL CANAL

ESTACIONES.	TEMPERATURA.	PRESSION BAROMETRICA.		LLUVIA.	VIENTOS REINANTES.	OBSERVACIONES.
		ESTADO	Media de las máximas y mínimas medias.			
Colon	32°,8	Media de las máximas y mínimas medias.	27°,5	77,5	22,4	Alisio del N.
Gamboa	32°,4	Máxima.	24°,3	756,00	5,0	
Naos	31°,8	Mínima.	25°,2	758,81	14,0	
Medias	31°,0		25°,2	760,49	1	
Colon	19°,2	Media de las máximas y mínimas medias.	25°,7	»	76,4	Alisio del N.
Gamboa	19°,4	Máxima.	27°,8	756,78	13,8	
Naos	18°,8	Mínima.	24°,2	756,35	4	
Medias	19°,0		25°,2	758,32	4	
Colon	17°,9	Media de las máximas y mínimas medias.	25°,7	756,35	13,8	Alisio del N.
Gamboa	22°,6	Máxima.	28°,1	757,29	4	
Naos	16°,2	Mínima.	24°,9	757,84	1	
Medias	19°,4		26°,0	757,17	1	
Colon	22°,6	Media de las máximas y mínimas medias.	28°,1	756,60	13,6	Alisio NE. Y N.
Gamboa	16°,2	Máxima.	32°,4	761,66	5	N. Y. NE.
Naos	19°,4	Mínima.	33°,4	761,94	»	N. O. Y N.
Medias	20°,9		26°,3	760,45	»	
Colon	21°,2	Media de las máximas y mínimas medias.	27°,7	756,60	72,7	Alisio NE. Y N.
Gamboa	16°,4	Máxima.	34°,6	759,37	4	N. Y. NE.
Naos	21°,4	Mínima.	35°,2	756,22	3	N. O. Y N.
Medias	20°,9		27°,2	759,45	2	
Colon	22°,2	Media de las máximas y mínimas medias.	27°,7	756,44	27,8	Alisio N. Y NE.
Gamboa	18°,4	Máxima.	36°,4	760,93	11	N. Y. NO.
Naos	22°,0	Mínima.	35°,4	761,49	15	N. O.
Medias	20°,9		27°,6	759,97	8	

NO. se presenta á veces, sobre todo en Naos, y NE. en Gamboa; calmas frecuentes durante la noche en Gamboa.

NE. frecuentes en Colon y en Gamboa, y N. en Naos. Calmas muy frecuentes por la noche en Gamboa.

NO. á veces, en Gamboa, y calmas durante la noche. El alisio sopla con más fuerza en Colon que en las otras estaciones durante el dia.

NO. frecuente en Gamboa y más aún en Naos. Sopla con menos fuerza que en marzo. Calmas por la noche en Gamboa. Brisas variables en Naos.

Brisas variables del dia á la noche; débiles sobre todo en Colon y Gamboa. Calmas frecuentes en la última, por la mañana y tarde. El alisio cayendo en Gamboa, de 5 h. 20 m. á 7 de la tarde, 95,5 mm. de agua.

Colon	21°,4	32°,6	27°,3	*	88,2	422,2	22
Gamboa	20°,2	35°,2	27°,7	757,99	85,0	263,3	20
Naos	21°,4	36°,6	28°,0	757,59	762,10	142,9	10
<i>Medias</i>	21°,0	34°,8	27°,7	*	83,9	142,9	
Colon	22°,0	32°,4	26°,8	*	89,3	583,8	28
Gamboa	20°,2	33°,0	26°,5	756,43	85,7	230,2	17
Naos	20°,8	36°,8	28°,2	756,68	762,15	67,2	7
<i>Medias</i>	21°,0	34°,1	27°,2	*	83,5	67,2	
Colon	21°,2	33°,0	27°,2	*	88,9	515,8	25
Gamboa	21°,0	34°,6	26°,4	755,58	758,56	394,0	21
Naos	20°,2	35°,8	27°,9	756,62	761,33	139,1	11
<i>Medias</i>	20°,8	34°,5	27°,2	*	83,8	111	
Colon	21°,4	33°,8	27°,5	*	86,5	349,6	19
Gamboa	20°,0	34°,2	26°,8	755,96	761,09	442,6	19
Naos	20°,8	35°,8	28°,1	756,86	761,79	408,9	19
<i>Medias</i>	20°,7	34°,6	27°,5	*	83,4	106,4	7
Colon	21°,0	33°,8	27°,5	*	87,7	442,6	19
Gamboa	20°,0	34°,2	26°,8	755,96	758,97	203,3	19
Naos	20°,8	35°,8	28°,1	756,86	758,99	237,1	19
<i>Medias</i>	20°,7	34°,6	27°,5	*	83,4	252,4	14
Colon	21°,0	34°,6	28°,1	*	88,9	319,3	15
Gamboa	20°,0	34°,4	26°,6	756,41	759,19	203,3	19
Naos	21°,4	34°,6	27°,4	757,24	762,85	237,1	19
<i>Medias</i>	21°,0	34°,5	27°,4	*	83,4	106,4	7
Colon	21°,0	34°,8	28°,1	*	88,9	319,3	15
Gamboa	20°,2	33°,4	26°,8	757,74	761,60	203,3	19
Naos	21°,4	33°,8	27°,3	757,14	762,06	237,1	19
<i>Medias</i>	21°,0	34°,7	27°,1	*	83,4	252,4	14
Colon	21°,0	34°,8	28°,1	*	86,5	613,9	24
Gamboa	20°,2	33°,4	26°,8	757,74	758,50	336,3	19
Naos	21°,4	33°,8	27°,3	757,14	759,14	123,7	13
<i>Medias</i>	21°,0	34°,7	27°,1	*	86,9	86,7	13
Colon	21°,2	36°,8	27°,4	*	86,5	613,9	24
Gamboa	19°,8	32°,8	25°,6	755,41	762,52	336,3	19
Naos	20°,2	33°,8	27°,3	756,64	762,99	123,7	12
<i>Medias</i>	20°,4	35°,0	26°,5	*	86,7	86,7	12
Colon	21°,2	36°,8	27°,4	*	86,2	647,7	20
Gamboa	19°,8	32°,8	25°,6	755,41	762,52	280,9	14
Naos	20°,2	33°,4	26°,4	756,64	762,99	88,7	12
<i>Medias</i>	20°,4	35°,0	26°,5	*	84,2	351,3	15



DESCRIPCION

DETALLADA DEL PROYECTO DEFINITIVO. ⁽¹⁾

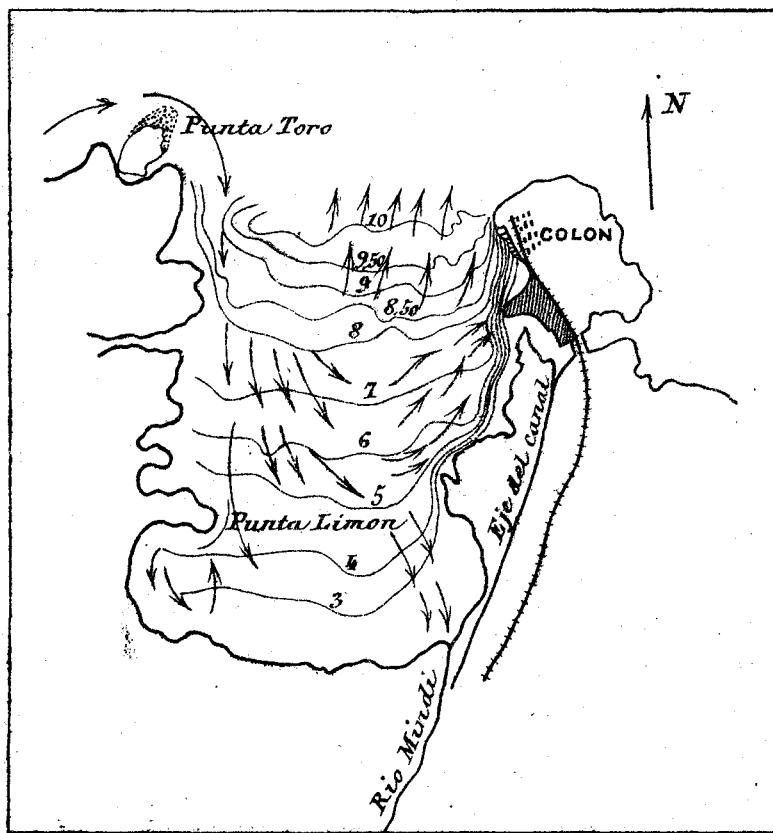
(Lámina adjunta.)



A entrada del Canal por el lado del Atlántico se halla situada, segun repetidas veces hemos dicho, en la bahía de Limon: como el terreno que forma su fondo está compuesto de fango y bancos madrepóricos de débil dureza, el trazado ha debido subordinarse á la buena orientacion de la boca y á su acertado emplazamiento, aunque esto originará un aumento relativamente poco importante en las excavaciones, debiendo, sin embargo, evitarse toda la parte inmediata á la costa E., donde las rocas madrepóricas aparecen sin interrupcion. Las curvas de nivel, que son paralelas al lado interior de la bahía en la mayor parte de su anchura, se aproximan en la referida costa E., alcanzando su menor distancia delante de la desembocadura del río Folk, brazo de mar que separa la isla de Manzanillo de la tierra firme. La comparacion de los sondeos practicados por la compañía del Canal con las cartas de la bahía, levantadas en 1840 por el Mayor Lloyd y el comandante Barnett, indica que la curva de las sondas de 9 metros ha avanzado hacia el mar unos 1100 metros desde aquella época, y la de 8 metros unos 1800 metros; de modo que en el interior de la bahía había 3 metros de agua en sitios en que hoy sólo se encuentra uno, pasando la curva de 7 metros por la entrada del río Folk, por donde entonces pasaba la de 9 metros. Lo contrario sucede en la punta Toro y á lo largo de la costa O., en la parte próxima á ella, en donde la profundidad ha aumentado 1 metro. El estudio de los vientos y de las corrientes explica por completo, como vamos á ver, estas alteraciones de

(i) Parte del capítulo V de la obra.

nivel. Ya se ha indicado que durante la estación lluviosa de marzo á diciembre soplan los vientos débilmente del S. ó del O., y están interrumpidos por calmas; durante este período se observa una corriente que contornea la punta Toro, y entra en la bahía con una anchura de 1000 metros próximamente y una velocidad máxima, en la zona donde la profundidad aumenta, de 200 metros por hora. Dentro de la bahía desciende la corriente á lo largo de la costa, ensanchándose hacia el E. y perdiendo al mismo tiempo su velocidad; llega á la punta Limón y se divide en dos, una de las que producen un remolino en el puerto Limón, mientras que la otra sigue la dirección de la corriente principal, tendiendo hacia el SE. y luego al E., hasta que, al llegar á la punta Mindi, se bifurca de nuevo, enviando una rama al SE. y SSE., y la



otra al NE. La primera se dirige hacia la desembocadura del río Mindi, cuyas aguas llevan en suspensión durante las lluvias una gran cantidad de limo, y neutralizándose las velocidades se produce el depósito de estos acarreos, así como el de las arenas arrastradas por la corriente marina de la punta Toro, lo que da origen a los aterramientos observados en el fondo de la bahía. La rama del NE., que se separa de la punta Mindi, produce efectos análogos en la desembocadura del río Folk, que también tiene gran cantidad de materias en suspensión, y como no puede continuar por este brazo de mar, que cierra el pedraplen del ferrocarril, sigue hacia el N. pasando por delante de los muelles de Colón, y haciéndose sentir en toda la parte de la boca de la bahía a que no alcanza la influencia de la corriente de entrada.

En la estación seca, de diciembre a mayo, mientras que el viento sopla del NE., la bahía permanece tranquila; pero cuando rola al NNE. refresca al mismo tiempo, y la marejada se hace sentir con cierta violencia en las costas O. e interior, en las que refleja, originando una resaca que agita el mar frente a la desembocadura del río Folk y a los muelles de Colón, depositándose las arenas y el fango que las olas han removido en los sitios menos profundos, a lo largo de la costa E., que permanece más tranquila.

Lo mismo sucede durante los tan violentos nortes que han levantado a veces olas de 8 metros de altura, y que, agitando el mar a una gran profundidad, sus aguas se cargan entonces de una considerable masa de materias que se depositan en los sitios donde son más claras, ligeras y tranquilas.

Era, pues, necesario proteger el Canal:

1.^º De los acarreos procedentes de la corriente regular en la estación lluviosa.

2.^º De los que provienen de la resaca a que dan origen las brisas del NNE. en la estación seca.

Y 3.^º De los arrastres y de la violencia del mar y del viento durante los nortes.

Esta ha sido la causa de mantenerlo en tierra firme toda la longitud posible, porque si se le hiciera desembocar en el fondo de la bahía ó al lado de la punta Mindi, como en el proyecto Wyse-Reslus se proponía, sería preciso construir un dique lateral de gran longitud para evitar los aterramientos, gasto

que excedería seguramente del necesario para excavar el puerto en terreno pantanoso y flojo.

El gran dique ó rompe-olas del proyecto Wyse-Reslus, aceptado por Mrs. Couvreux y Hersistent aumentando su longitud hasta 2 kilómetros, que habría de arrancar de la costa cerca del faro de Colon, cerrando la entrada de la bahía de E. á O., hubiera sido un trabajo de grandísima importancia, teniéndolo que hacer en profundidades de 10 metros y debiéndole dar considerable resistencia, puesto que la dirección de esta obra sería normal á la de los vientos más intensos y á las más violentas marejadas; á esto puede añadirse que no permitiendo la salida de la corriente regular de la estación seca por el sitio que ahora lo hace, serían de temer aterramientos en el ángulo que formase el dique con la isla de Manzanillo, junto al faro y á los muelles existentes.

La situación de la boca del Canal y las obras de abrigo, se han proyectado procurando no alterar el régimen de la corriente del litoral que se dirige hacia el NE. en el punto elegido: la primera se ha situado en la desembocadura del río Folk; para formarla propuso Mr. Hersistent terraplenar la playa pantanosa situada entre el camino de hierro y aquel brazo de mar, al SO. de la isla, y aún ganar cierta extensión de la bahía, avanzando un morro en la extremidad NO., sobre un banco de corales, con una longitud de 200 metros y una anchura media de 115 metros, elevándose su coronación sobre el nivel medio del mar 2,30 metros del lado interior y 1,50 metros del exterior, con una dirección ESE. ONO. para proteger al puerto de las grandes marejadas del N. al NO. El terraplen conocido con el nombre de Cristóbal Colón, mide 350.000 metros cúbicos, y ocupa una extensión de 34 hectáreas próximamente; su construcción ha sido muy conveniente para el establecimiento de habitaciones de empleados y de oficinas, según más adelante veremos. La extremidad del morro, de forma semi-circular, está construida con escollera de cantos naturales, cuyo peso varía de 500 á 5000 kilogramos, la cual se prolonga del lado del mar para defender el terraplen, con un talud de 3 de base por uno de altura, hacia el exterior, y de uno por uno del lado de las tierras.

Un dique en forma de escuadra, arrancando de las rocas madrepóricas

que limitan el río Folk, al O., y forman la punta Manzanillo, completará las obras de abrigo, protegiendo el interior del puerto de las corrientes que causan los aterramientos; este dique avanzará hacia el morro del terraplen hasta dejar entre ambas cabezas un paso de 200 metros de ancho, que será la boca del puerto.

Possible es que se formen depósitos en la entrada, como ha sucedido en la desembocadura del río Folk, pero si los aterramientos hubieran avanzado siempre con la misma rapidez que hace unos veinte años, há tiempo que hubiese desaparecido este brazo de mar. Estos depósitos parecen debes á una causa accidental, que es de suponer sea la construcción del pedraplen del camino de hierro, el cual, impidiendo una corriente continua de la bahía al mar por la boca grande los ha ocasionado; así es que tal vez pudiera restablecerse esta corriente que haría disminuir los aterramientos, si se sustituyese el pedraplen por un puente.

A partir de la boca, ensancha el espacio abrigado que ha de servir de puerto durante los trabajos, hasta cerca de 600 metros, con la forma que se vé en el plano, prolongándose después en una longitud de 2500 metros por 500 metros de anchura en el fondo, el puerto definitivo.

Para el desembarco del material y de los carbones durante los trabajos, hubo que construir desde luego un muelle de madera, cubierto á lo largo del terraplen, con una longitud de 150 y 12,50 metros de ancho, que se prolongará más adelante á medida que las necesidades así lo exijan.

Los dragados se continuarán en la bahía en una longitud de un kilómetro próximamente, hasta alcanzar las sondas naturales de 9 metros bajo el nivel medio del mar, altura de agua que deberá tener el Canal en toda su longitud.

Dos luces de enfilación marcarán el eje del Canal de entrada, cuyas torres servirán de puntos de referencia durante el día; los morros y muelles estarán además provistos de un alumbrado completo, que permita la seguridad de las maniobras en el interior.

Para fijar de un modo satisfactorio el eje del Canal ha habido que tener en cuenta, no solamente la configuración del terreno y su naturaleza, sino además las corrientes fluviales que existen en la zona que ha de atravesarse, la situación de las derivaciones futuras y el trazado del camino de hierro, que

por ser la única vía artificial de comunicacion, tan necesaria durante los trabajos, no conviene modificar más que cuando sea indispensable, ó reporte una gran ventaja económica. A esto debe añadirse la necesidad de que el radio mínimo de las curvas sea para el Canal de 2500 metros, y que dos de curvatura en sentido contrario, estén separadas por una alineacion recta de 300 metros por lo ménos.

Desde la bahía de Limon pasa el Canal á través de los pantanos de Mindi y corta las lomas de este nombre que no han podido evitarse porque forman parte de una estribacion, cuya altitud aumenta á derecha é izquierda del punto elegido para el trazado, que es una depresion de 15 metros de altura. En el kilómetro 9 llega por primera vez al Chagres, cerca de la aldea de Gatun, situada en la orilla izquierda del río, que describe allí una curva muy marcada, la cual ha sido preciso cortar dos veces agua-arriba y agua-abajo del pueblo, porque la proximidad del camino de hierro á la orilla derecha no deja el espacio suficiente para el paso del Canal: si hubiera sido posible mantenerlo en aquella orilla, aún desviando el ferrocarril, se hubiese evitado la construccion de un canal de derivacion, uniendo las dos extremidades de la curva para dar paso á las aguas de la orilla izquierda y á todo el caudal durante la construccion; el Canal marítimo se desarrollaría entonces independiente del río hasta el kilómetro 15, donde lo encuentra por segunda vez. Sin embargo, la poca elevacion del terreno que había que atravesar, y la facilidad de atacarlo con dragas, han hecho preferible la solucion adoptada.

De Gatun al kilómetro 15, despues de dejar á un lado las colinas de Miraflores, sigue el trazado una linea intermedia entre el río y el camino de hierro, cuya separacion varía de 1 á 3 kilómetros, obligándole las lomas del Tigre á alejarse un poco de la vía, sin tomar el thalweg; el terreno en general, bajo y pantanoso, presenta pequeñas elevaciones aisladas, algunas de las cuales es preciso cortar. A partir de este punto se hace necesario aproximarse al thalweg del río, cuyo curso es muy sinuoso, á ménos de no separarse hacia la izquierda de aquél, donde el terreno es más elevado; pero como han de utilizarse todos los trozos del cauce actual que queden á la izquierda del Canal marítimo, para la derivacion futura, conviene mantenerlo en la orilla

izquierda del río cuanto sea posible y de este modo se evitan también las rocas areniscas de Vamos-Vamos.

En el kilómetro 22 pasa junto á Peña Blanca, y en el 24, cerca de la aldea de Bohío Soldado, se halla el primer cerro de importancia que corta el trazado, el cual, dicen, no ha podido evitarse porque el terreno montañoso se eleva á ambos lados de la estrecha garganta por donde pasa el río, que únicamente al ferrocarril, con sus curvas de pequeño radio, le es dable salvar sin gran dificultad. La altitud del cerro en el eje del trazado es de 53 metros sobre el nivel medio del mar.

Después de pasar por delante de Buena-Vista, donde el río continúa muy encauzado, y de cortarlo varias veces, entra en el gran llano de Tabernilla, sitio que reúne favorables condiciones para la construcción del único apartadero que debe construirse para el cruce de los buques, cuya obra empezará poco ántes del kilómetro 28 y tendrá 5 kilómetros de longitud y una sección de 60 metros de ancho en la solera, con taludes á 45°.

En esta parte del trazado se separa el río hacia la derecha del Canal, el cual vuelve á tomar su cauce no lejos de la desembocadura del Caño quebrado, afluente de la orilla izquierda, y por él continúa durante un cierto trayecto, para pasar por un punto obligado, elegido convenientemente con el objeto de que la vía férrea pueda cruzar el Canal. Esto se ha hecho necesario, porque habiendo pasado la vía al otro lado del valle, después de atravesar el Chagres en Barbacoas, era preciso que el Canal lo cruzara también para que su trazado se desarrollase cerca del thalweg del río. Fué indispensable, por consiguiente, elegir un punto en que se pudiera situar un puente móvil, puesto que la altura de la vía sobre el nivel del agua en el Canal no permite la construcción de uno fijo que deje libre tránsito á los barcos. El cruce tiene lugar en San Pablo, á un kilómetro agua-arriba del puente de Barbacoas.

También se pensó que la vía férrea continuara por la banqueta del Canal, en vez de cruzarlo dos veces, dificultando el tránsito, pero hasta ahora se ha mantenido la primera solución.

Salvada esta dificultad, y después de cortar el Chagres, entra en un terreno en que se elevan numerosas lomas dirigiéndose hacia Mamei, en cuyo punto el valle se estrecha considerablemente. Desde aquí hasta Gorgona y

Matachin, sigue el lecho del río ó corta sus repetidas sinuosidades, teniendo un poco agua-arriba de este último pueblo otro punto obligado del trazado, por no convenir aproximarse mucho al emplazamiento elegido para la presa ni al cerro Obispo, que sería necesario cortar, ni tampoco separarlo hacia la derecha, por donde pasa el camino de hierro, porque desarrollándose por la ladera opuesta de la garganta del Obispo, sería difícil desviarla económicamente. A partir de este punto, deja el Canal el valle del río Chagres, después de haber cortado treinta veces al río, y entra en el de su afluente, el Obispo, empezando la región llamada de la gran trinchera, donde el terreno es en extremo accidentado, por lo que se han estudiado diversas variantes, contorneando los numerosos cerros que se elevan por todas partes; al fin ha parecido la más conveniente, ya que ninguna presentaba ventaja de importancia, dirigirse, casi en línea recta, á través de las prominencias del terreno á la meseta del Emperador, al pie del cerro Lapita que marca su entrada. La superficie casi plana de esta meseta, no obliga á seguir una línea determinada, pero sin embargo, el punto de paso de la divisoria la fija por completo. El camino de hierro la atraviesa por la depresión más importante, cuya altitud es de 87,30 metros sobre el nivel medio del mar, entre los cerros Culebra y Rico, y ciñéndose al terreno, cambia de ladera al llegar al valle del río Grande en la vertiente del Pacífico, mientras que el Canal, con menor desarrollo, salva la divisoria por el mismo puerto, pero corta al terreno entre los kilómetros 54 y 55 á la cota máxima de 101,60 metros en el eje, ó sea 110,60 metros sobre la solera, y pasa después por entre el cerro Culebra y otro de menor altura, cuya falda opuesta aprovecha la vía férrea. En el proyecto Wyse-Reslus, la cota máxima de la trinchera en el eje no excede de la mínima altitud de la depresión, lo que no parece realizable examinando el plano del terreno, si el radio de las curvas no ha de ser menor de 2500 metros, y menos aún si el mínimo es de 3000 metros, como en el proyecto primitivo se proponía.

En el trazado descrito, el plano vertical que pasa por el eje del Canal corta al terreno en la vertiente del Pacífico, según una línea cuya pendiente es de 8 centímetros, mientras que la del camino de hierro es de 0,01136 metros. Al entrar en el valle del río Grande, el Canal marítimo vuelve á cruzar

el ferrocarril, por una razon idéntica á la ya indicada; pero como la altura de la vía es de 60 metros, podría construirse un puente fijo que permitiera el tránsito de los buques si el terreno fuese bastante resistente para formar los estribos de la obra durante los trabajos del Canal, que se llevarían á cabo sin interrumpir el servicio de la vía férrea. La naturaleza del terreno no permite emplear este sistema, por lo que ha parecido preferible y más económico desviar el camino de hierro, de manera que el paso se verifique por un puente móvil, próximo á Pedro-Miguel en el kilómetro 59, al pie de la vertiente del Pacífico. En ambos cruces se emplearán puentes giratorios de 25 metros de luz, movidos por la presion hidráulica.

Cerca de Pedro-Miguel, en donde la cota es tan sólo de 10 metros á causa de la gran inclinacion de la vertiente del Pacífico, termina la gran trinchera: desde este punto hasta la desembocadura del río Grande el trazado sigue el valle de esta corriente por un terreno en su mayor parte bajo y pantanoso, sobre el que se levantan algunos cerros que son fáciles de evitar sin grandes inflexiones del eje.

Tambien se han hecho tanteos para fijar el trazado del Canal en su desembocadura en el Pacífico, con el objeto de evitar los numerosos bancos de rocas que se extienden en la costa desde la Boca á Panamá: el que se ha elegido describe una gran curva de 3500 metros de radio, y se prolonga por el mar en alineacion recta en una longitud de unos 5 kilómetros para llegar á las sondas naturales de 9 metros bajo el nivel de las bajamaras vivas, al E. de las islas Naos y Perico, que abrigan un excelente fondeadero.

Se ha estudiado, sin aceptarla, una variante en la cual va el Canal por la orilla izquierda del río Grande, pasa por entre los cerros Ancon y Sosa, y converge en el fondeadero donde termina el anterior; pero si bien tiene las ventajas de ser más recto, de reducirse la longitud que hay que abrir en el mar y de poderse fundar la esclusa junto á la costa, aumenta considerablemente la excavacion que hay que hacer en roca, y por consiguiente el gasto.

La esclusa de marea se establecerá hacia el kilómetro 65, donde existe un banco de roca caliza dura, sobre el que será fácil la cimentacion, no habiéndose podido proyectar más cerca de la costa porque únicamente se encuentran terrenos fangosos y de aluvion sin consistencia. Tan importante obra

deberá tener tres cámaras de 180 metros de longitud entre las puertas y 25 metros de anchura: de una de ellas harán uso los barcos que entren en el Canal; de otra los que salgan, y la tercera estará destinada á reemplazar á cualquiera de las anteriores cuando haya reparaciones que ejecutar.

El Canal se ensanchará desde la esclusa hasta el origen de la gran trinchera, en una longitud de 5 kilómetros y con 160 metros de ancho en el fondo, para formar un vasto puerto, ofreciendo un desarrollo de 10 kilómetros á lo largo de sus dos orillas, suficiente para 50 buques que tambien se podrán cruzar.

Desde el Corozal, donde el ensanchamiento es mayor, hasta el pie del cerro Ancon, puede excavarse un extenso puerto interior, construyendo dárseñas de flotacion y las demás obras inherentes á una estacion marítima de importancia, tales como diques secos de carena, varaderos, etc., si las necesidades del comercio lo hacen necesario. En el plano se indica el proyecto futuro.

La gran cantidad de rocas que existen en la rada de Panamá y el subido coste de su extraccion, motivan la conveniencia económica de construir un puerto interior.

A partir de la esclusa tendrá el Canal de entrada 100 metros de ancho en la solera, y se prolongará con la nueva anchura hasta alcanzar las sondas naturales de 9 metros, bajo las mareas más bajas, dragándose en todo el trayecto para conseguir igual profundidad.

Como la rada de Panamá es extremadamente tranquila, no será necesaria ninguna obra de proteccion, y el canal de entrada, desde las islas á la Boca, estará marcado simplemente por boyas laterales, valizas y luces de enfilacion establecidas en tierra.

La longitud total del Canal resulta de 74.800 metros próximamente, de los que 52 kilómetros son de una sola vía, así distribuidos: 25 kilómetros entre el puerto de Colon y el apartadero ó estacion de Tabernilla, y 27 entre este mismo apartadero y el puerto de Panamá.

La sección tendrá el ancho uniforme de 22 metros en la solera, variando en la linea de agua de 56 metros en las tierras á 22 metros en las rocas; la altura media de aquélla será de 9 metros, y á 2 metros sobre este nivel se establecerán banquetas de igual ancho de 2 metros en toda la longitud del Ca-

nal. La inclinacion de los taludes variará segun la clase de terreno; pero habiendo dado á conocer los numerosos sondeos practicados una mayor cantidad de rocas blandas, principalmente en el macizo central de la Culebra, contra lo que se había previsto al hacer la cubicacion de que ya dimos cuenta, ha sido necesario partir de nuevos perfiles transversales, estableciendo en cada uno de ellos los diferentes taludes que convienen á las diversas capas que se atraviesan para hacer una nueva cubicacion. Con estos datos y el trazado del eje definitivamente elegido, el volúmen total que hay que extraer para la construccion del Canal, tal como se ha descrito, es de 110 millones de metros cúbicos. De éstos corresponden 60 millones á la gran trinchera, cuya longitud es de 14.500 metros con las siguientes cotas medias:

40 metros en 4 kilómetros;

50 metros en 7 kilómetros;

70 metros en 2 kilómetros;

80 metros en 4 kilómetros.

En la parte culminante cuya cota en el eje es de 101,60 metros, como ya tenemos dicho, el ancho de la zona que ocupa la excavacion es de 300 metros, á causa de la gran inclinacion de los taludes; éstos cortan el terreno en puntos cuyas cotas máximas son de 125 y 150 metros respectivamente á derecha é izquierda del Canal.

Solamente resta que describir las obras que han de ejecutarse para librar al Canal de las aguas fluviales, puesto que no se ha admitido la conduzca en ningun caso, y que son la presa de Gamboa y las derivaciones de los ríos.

No siendo posible por las razones indicadas la derivacion total del Chagres por un nuevo cauce, á no ser que un reconocimiento más detenido del terreno hacia el E. haga descubrir algun valle por el que sea factible abrirle paso; y establecida, por consecuencia, la necesidad de construir la presa, puede adoptarse una de estas dos soluciones extremas: ó bien la altura de aquélla se hace la suficiente para que el pantano de embalse que se forme agua-arriba tenga capacidad suficiente para contener las mayores crecidas, cualquiera que sea su frecuencia, permitiendo únicamente un gasto constante mayor ó igual al medio del río, que es de 160 metros cúbicos, ó bien se le dá á la referida presa solamente la altura necesaria para establecer un pantano que

regule el gasto, miéntras que las avenidas no lleguen á tener cierta importancia; construyendo para los demás casos obras de desagüe que permitan aumentar la salida de las aguas en proporcion á la subida de éstas en el depósito.

La primera solucion no se puede aceptar porque por la rapidez de las crecidas y el corto intervalo que á veces separa unas de otras, se llegaría á acumular tal cantidad de agua en el depósito regulador, que su nivel se elevaría á una altura difícil de prever, y expuesto á que vertiesen al exterior, causando grandes desperfectos y quizás funestísimas consecuencias, á ménos de aumentar en estos casos el gasto constante con análogos resultados, puesto que las obras de derivacion no habrían sido calculadas para tal aumento.

La segunda disminuye la importancia de la presa y del pantano de embalse, pero aumenta la del canal de derivacion. En vista de esto, se ha adoptado una solucion que participa de ambas: la capacidad se hará más que suficiente para almacenar las mayores crecidas, pero al mismo tiempo el gasto regularizado se elevará á 400 metros cúbicos por segundo, muy superior al medio del río para evitar en parte la acumulacion de las aguas, y se establecerá además un ancho aliviadero de superficie, con las obras correspondientes, para verter en la derivacion, á fin de que si ocurriese una subida excepcional en el pantano, no exceda de un límite que pueda comprometer la seguridad de la obra.

La situacion de la presa se separa poco de la elegida por la comision técnica de 1880, pero se aproxima algo más al Canal, aprovechando mejor los cerros de Santa Cruz y Obispo como estribos, entre los que se establecerá el cuerpo principal de la obra, disminuyendo con tan buen acuerdo su volumen: su prolongacion hasta el cerro Baruco, por un lado, y la construcción de dos presas complementarias por el otro, cerrarán totalmente el valle superior del Chagres hasta la cota de 63 metros sobre el nivel medio del mar, debiendo dar para ello á la presa una altura máxima de 43 metros. De esta manera la capacidad del embalse llegará al volumen de unos 1000 millones de metros cúbicos, con lo que áun en el caso de que se repita la crecida mayor que se recuerda, de 823 millones de metros cúbicos en seis días, como durante este tiempo se habrán desaguado 207.360.000 metros cúbicos, á razón de 400 por segundo, sólo habrá que retener 616.640.000, lo qué deja

aún una reserva de unos 350 millones para las crecidas anteriores ó posteriores. Por el estudio del régimen del río en estos últimos años, se ha deducido que el agua no es probable llegue más arriba de la cota 58, cinco metros menos de lo que corresponderá á la coronacion de la presa; y para que aún en casos extraordinarios así se verifique, el aliviadero, cuyo ancho será de 200 metros, se labrará fuera del cuerpo de la presa, para facilitar la construccion de ésta, en la roca de la ladera del cerro Baruco, á la misma cota 58 ántes referida, verificándose el desagüe regular del depósito por medio de un túnel de 7 metros de anchura, perforado á través del mismo cerro Baruco, que desembocará en un trozo del cauce actual del Chagres, que tambien recogerá las aguas del aliviadero, y que se aprovechará para formar parte del canal de derivacion. Los detalles de estas obras no los juzgamos de interés, porque aún podrán alterarse en el curso de los trabajos. La longitud total de la presa principal será de 1300 metros, y de 400 las de las dos complementarias: su paramento exterior, muy tendido, tendrá un talud de 6,5 metros de base por 1 de altura, miéntras que el de agua-arriba será solamente de 2,5 por 1, con cuyos datos resulta un espesor máximo en la base de 410 metros y un volúmen total para el macizo de 7 millones de metros cúbicos. Los materiales y el sistema que ha de seguirse en la construccion serán los mismos que ya dijimos anteriormente (1), puesto que en los muchos ensayos hechos del procedimiento en los Estados Unidos del Norte-América, se ha llegado á conseguir una completa impermeabilidad, justificando tan sencillo método de emplear los materiales las exageradas dimensiones de la obra, que son, sin embargo, bastante menores que las propuestas en un principio.

A fin de evitar desperfectos en el talud exterior, si durante la construccion de la presa sobreviniese una súbita avenida, se formará con los bloques mayores un revestimiento en seco bien acuñado que pueda resistir el paso de la corriente.

El lecho del Chagres en el emplazamiento de la obra, lo constituye una capa de acarreos de varios metros de espesor que reposa sobre la roca, situa-

(1) Completamente en seco sin hacer uso de argamasas de ninguna especie, suponiéndose que primero las tierras arcillosas y despues el limo del río, harán completamente impermeable el macizo de la obra.

da en algunos puntos á 27 metros de profundidad. Para dejar ésta al descubierto donde sea posible, ó desalojar por lo ménos toda la parte superior, compuesta de materiales ménos resistentes, en la que serían de temer socavaciones y filtraciones si se cimentase la presa sobre ella, se proyecta encauzar el río agua-arriba de este sitio y aprovechar el aumento de velocidad de sus aguas para que produzca el efecto que se desea.

El canal de derivacion que ha de conducir las aguas embalsadas al mar, exigirá un volúmen tanto menor de excavaciones, cuanto más próximo se sitúe al thalweg del valle; pero como por él vá el trazado del marítimo, será preciso establecer aquél á media ladera más elevado que éste, siendo posible que se produzcan filtraciones que motiven el deslizamiento, ya del terreno mismo, ya de los caballeros ó grandes malecones de proteccion que en algunos sitios será lo único que separe la nueva corriente de agua de la trinchera marítima. Hay, pues, interés desde el punto de vista de seguridad de la obra, en llevar la derivacion del Chagres por un valle secundario, separado del canal por elevaciones naturales del terreno, porque si así se consiguiera, cerrar con terraplenes las gargantas y depresiones de poca altura que pudieran poner en comunicacion el nuevo río con el Canal, éste estaría á cubierto de cualquier accidente. Esto, sin embargo, que parece tan lógico y es tan fácil de exponer, no ha podido seguirse en la práctica, porque no conociéndose ningun valle en buenas condiciones para ser utilizado, hubiera habido que practicar estudios tanto más difíciles y costosos cuanto más á ciegas había que marchar, sin esperanzas tal vez de conseguir buen resultado. Buena prueba de ello es el hecho de que la única derivacion que con arreglo á los buenos principios se estudió, por haber reconocido un valle distinto del aprovechado por el Canal, por el cual creyóse podrían conducirse al Pacífico las aguas del Chagres, atravesando la divisoria por el río Peñón, afluente del Chilibre, que es tributario suyo, y siguiendo en la vertiente del gran Océano el río de las Lajas, que afluye al Algarrobo, que á su vez desemboca al E. de Panamá, cerca de las ruinas de la ciudad antigua: no ha podido aceptarse, porque exigía la construccion de un túnel de 14 kilómetros, obra costosísima, y con ella no llegaría á cargarse tampoco el nuevo cauce hasta que la altura del agua, detrás de la presa, no fuese superior á 20 metros, dismi-

nuyendo con ello la capacidad útil del pantano en una proporcion considerable.

Estas razones han hecho que la derivacion del Chagres se decida llevarla por el valle del mismo río, aprovechando para ello las partes de su cauce que queden á la izquierda del canal de navegacion, y si es posible tambien algunas de los de sus afluentes, tales como el Frijoles grande, uniéndolas entre sí por trozos de cauce artificial, excavados unas veces paralelamente á la vía marítima, y otras dando un rodeo para evitar los accidentes del terreno. El canal lateral, que así se forme, recibirá y conducirá, además de las aguas del Chagres, las de todos los afluentes de la orilla derecha agua-abajo, de Matachin á Puerto-Escondido, en el Atlántico, despues de pasar por detrás de la loma del Mono, que lo separará del puerto nuevo de Colon.

La longitud de zanja que ha de excavarse es poco más de 30 kilómetros; el ancho en el fondo variará teniendo en cuenta que el caudal aumenta por los afluentes, y que la pendiente disminuye; así que de 8 metros que tendrá hasta San Pablo, subirá á 12 entre Barbacoas y el río Frijoles grande; á 20 despues de recibir las aguas de éste, á 30 desde las Peñitas al río Gatuncillo y á 40, finalmente, desde este último punto al Atlántico.

Otro canal de derivacion, de menor importancia, se construirá en la orilla derecha del marítimo para conducir al mar los afluentes de la izquierda del Chagres: partirá de Matachin despues de recibir las aguas del río Obispo y utilizará tambien las secciones del cauce antiguo del río, que formará por sí mismo la última parté de la derivacion desde 600 metros agua-abajo de la confluencia del Trinidad, hasta su desembocadura en el Atlántico, á excepcion de 2 kilómetros cerca de Gatun. Para ella habrá que excavar próximamente 26 kilómetros de zanja, trazada del mismo modo que en el canal de la otra orilla, cuya sección aumentará en igual proporcion, si bien el ancho en el fondo no excederá de 30 metros desde agua-abajo de la union del Trinidad.

Grandes diques defenderán al Canal de las aguas de las derivaciones, á excepcion de aquellas partes en que la altura de la trinchera no lo haga necesario; el pié del terraplen distará 15 metros por lo menos de la arista del talud, separándose bastante en algunos puntos en que la derivacion tambien

se aleja; la forma del perfil transversal y el ancho de la coronacion serán variables segun las circunstancias del emplazamiento y la clase de tierras empleadas, llegando á 40 metros en algunas secciones; los taludes, tambien variables, estarán por lo general inclinados á 45°, y el malecon ó caballero de defensa se elevará en cada punto á una altura por lo ménos de 3 metros, superior á la de las mayores crecidas allí observadas: de este modo puede abrigarse la seguridad de que las aguas fluviales no invadirán nunca el Canal marítimo; contribuyendo la rápida y exuberante vegetacion de aquel país á consolidar estas obras y á darles una resistencia aún mayor que la que sus propias dimensiones le prestan.

Además de estos diques, á partir de Palo-Matías Nuevo, kilómetro 18, donde la derivacion de la orilla izquierda se separa algo del Canal, que empieza á atravesar un terreno pantanoso, se construirá un segundo terraplen, paralelo y á poca distancia de la derivacion, para evitar las inundaciones y encharcamientos de los terrenos próximos al canal, con sus temibles consecuencias para la seguridad de la obra; el terraplen se prolongará cruzando los pantanos de Mindi, hasta la loma del Mono en el corto trayecto que la separa del mar, con una longitud total de 18 kilómetros escasos.

Cuando se fijó el trazado no se tuvieron en cuenta las derivaciones de los ríos Obispo y Grande, que sin embargo, pueden fácilmente realizarse: la primera es de muy poca importancia; bastan unas zanjas de pequeña longitud y un túnel de 300 metros, con una sección de 5 metros de ancho por 5 de alto, para unir dos trozos del río en Bajo-Obispo, desde donde se dirigirán sus aguas al canal lateral de la derecha. La de los arroyos que corren á la izquierda de la gran trinchera, entre Gamboa y la divisoria, no es necesaria, porque su insignificante caudal permite que desagüen directamente en el Canal. Se ha proyectado desviar al río Grande de una gran parte del trazado, uniendo su curso superior por medio de una derivación con uno de sus afluentes, la Quebrada Mallejon, que si bien desemboca en el primero, en Pedro-Miguel, es ya aquí fácil continuar la zanja en la orilla derecha del Canal, utilizando tambien algunos trozos del lecho actual y prolongando el artificial hasta verter las aguas en el mar, agua-abajo de La Boca. La longitud de zanja que ha de excavarse es de 9 kilómetros con corta diferencia, de

reducida sección, dado el escaso caudal de este río. La pequeña importancia de los arroyos de la orilla opuesta no hace necesaria, según parece, su derivación; pero puede, sin embargo, aprovecharse la parte baja del cauce del río Grande para dar salida á los afluentes que en ella desembocan.

Dos diques, levantados á ambos lados del Canal de entrada, desde la esclusa hasta el cerro Sosa por un lado, y el del Pasos por el otro, lo librarán de los acarreos del estero del río Grande, dificultando la entrada del mar en estos terrenos durante la subida de la marea.

Las secciones del Chagres y de los ríos Grande y Obispo, no utilizadas para sus derivaciones, se terraplenarán con los productos de los desmontes.

El cubo de las excavaciones necesarias para la apertura de los canales de derivacion, es de 10 millones de metros cúbicos, elevándose por consecuencia á 120 millones el volumen total, de los cuales 80 millones serán en seco y 40 debajo del agua.

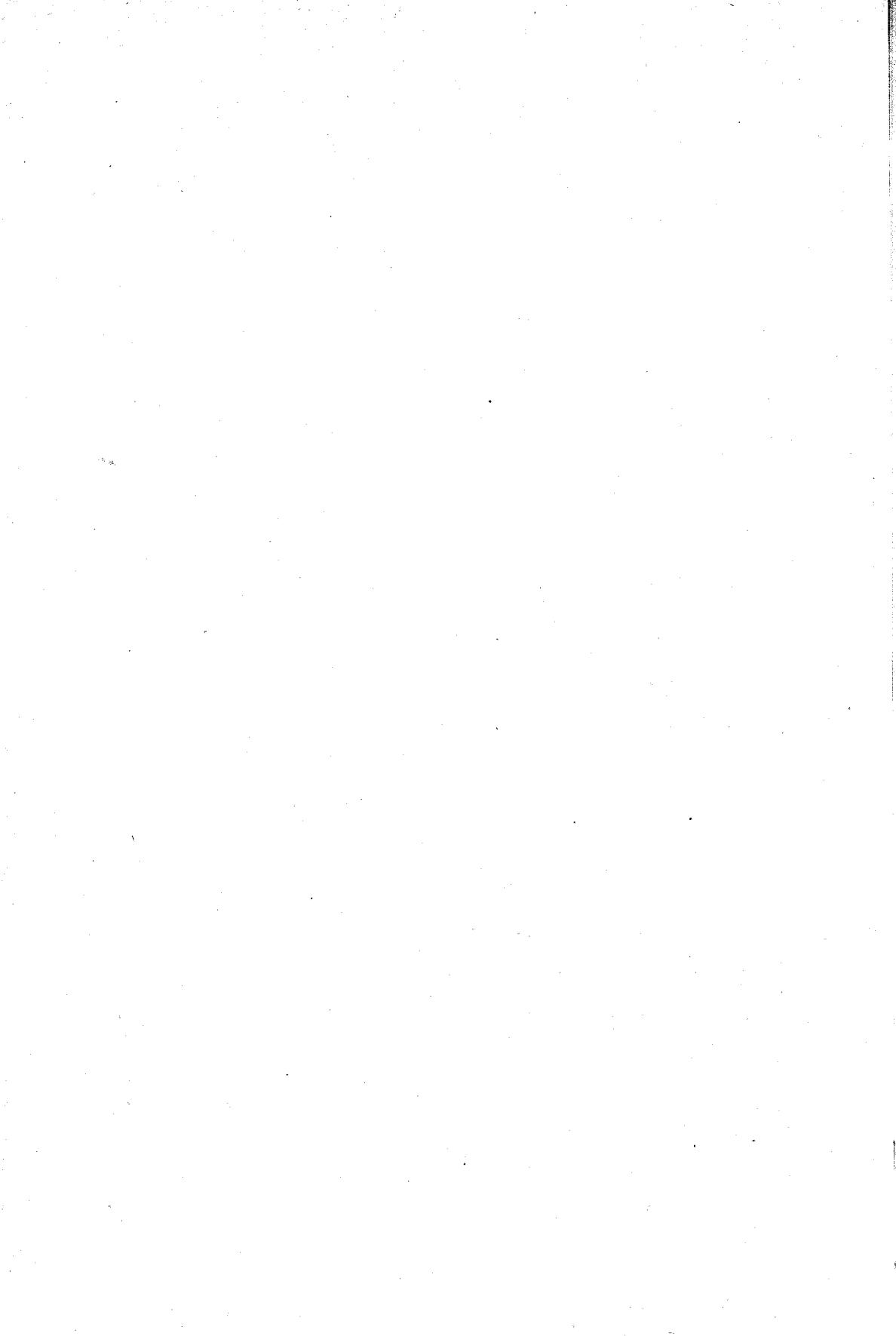
No tenemos un presupuesto basado en estos nuevos datos y con arreglo á la clasificación de los terrenos; pero la compañía ha afirmado repetidas veces que, aunque el volumen de las excavaciones necesarias para el Canal propiamente dicho, es superior en 35 millones al calculado por la Comision técnica, el presupuesto no ha aumentado, porque la cantidad de roca dura es mucho menor, y mayor, por lo tanto, la de los terrenos fáciles de excavar: afirmacion razonable si se tiene en cuenta las proporciones respectivas de aquellas clases de terreno, adoptadas en el presupuesto de la Comision y la gran diferencia de precios asignados á sus excavaciones. La compañía estima asimismo que la travesía del Canal durará aproximadamente 10 horas, admitiendo una velocidad media de 7 á 8 kilómetros por hora, á lo que hay que añadir los 20 ó 25 minutos, por lo menos, necesarios para el paso de su esclusa, siempre que sea preciso utilizarla, y el tiempo que puede perderse por el cruce.

Tal es el proyecto cuya construcción ha comenzado, pero que en algunas partes esenciales no es definitivo; más adelante expondremos las modificaciones que se han propuesto bajo el supuesto de que el Canal sea á nivel, refiriéndose las principales al problema más importante de la derivacion del río Chagres, y las que tienen por objeto aminorar otra de las

grandes dificultades de esta colosal obra , esto es , la gran trinchera á través de la cordillera central.

Aceptadas las condiciones generales de este trazado , la línea que se ha elegido como eje , ¿es la mejor posible? ¿No se podría , alterándola en algunos puntos , disminuir el volumen de las excavaciones? No nos atrevemos á asegurar lo: sitios hay , tales como el cerro próximo á Bohío Soldado , en el cual parece hubiera sido posible evitar en parte la gran trinchera de 53 metros de cota máxima , abierta en roca , para lo cual bastaría , como es fácil ver en el plano , separar un poco el eje hacia la izquierda hasta Buena-Vista , contorneando el cerro con una curva de 2500 metros de radio , aunque fuese preciso desviar en un corto trayecto la vía férrea , cerca de la Quebrada Honda . La misma observación puede hacerse en el paso de la divisoria , donde tal vez , desviando un poco el trazado hacia el ferrocarril con pequeña variación de los radios de las curvas dentro de los límites adoptados , se hubiese conseguido disminuir 6 ó 7 metros la cota máxima de trinchera en el eje , amirando por consecuencia el desmonte del cerro Culebra , y la altura á que ha de llegar el talud , sin aumentar gran cosa el del cerro opuesto , de mucha menor importancia ; mas teniendo en cuenta las circunstancias especiales de esta grandiosa obra , no hay que olvidar que cuando á principios de 1881 comenzaron los trabajos preparatorios en el istmo , se carecía de un plano exacto y detallado del terreno , y que los estudios para su formación no podían llevarse con la conveniente rapidez ni extenderse á una zona de suficiente anchura , porque la poderosa vegetación de aquella comarca , de la que no es posible formarse cabal idea en nuestro continente , hace necesario la apertura de una trocha preliminar , empresa nada fácil , aun para llevar á cabo un ligero reconocimiento ; al mismo tiempo era preciso dar principio cuanto ántes posible á los trabajos de excavación para satisfacer la impaciencia de los que en la obra han comprometido sus capitales , que desean ante todo conocer resultados positivos de la inversión de estos fondos ; si á esto se añade los frecuentes cambios de personal facultativo que las enfermedades , entre otras causas , motivan ; la falta de conocimientos suficientes y hasta la incompetencia absoluta de gran parte del subalterno , que sólo ha ido á aquellas inhospitalarias regiones para conseguir una ganancia á la que en su

país no podía aspirar; la inclemencia del clima y tantas otras circunstancias, de disculpar es que el trazado tenga algunos ligeros lunares que en todo caso no han de ser de gran monta, si se compara el exceso de excavaciones á que pueden dar lugar con el enorme volumen total y con el crecido coste de las obras de derivacion.



RESEÑA

DE LOS TRABAJOS PREPARATORIOS Y DE LAS PRIMERAS OBRAS REALIZADAS.—ORGANIZACION ACTUAL DE LOS TRABAJOS.—ESTADO DE ÉSTOS Á FINES DE 1886.—NUEVAS VARACIONES INTRODUCIDAS Ó PROPUESTAS EN EL PROYECTO. (1)

Al hacer Mr. de Lesseps su primera visita al istmo americano, acompañado de la comision técnica, quiso señalar de un modo solemne la toma de posesion del terreno, y afirmar su confianza en el futuro éxito de la empresa; á este fin, el 10 de enero de 1880 á las nueve de la mañana, con el auxilio de los aparatos eléctricos del aviso francés *Le Hussard* se dió fuego á un barreno practicado en un montículo de roca situado dentro del trazado del Canal, á unos 500 metros del punto culminante de la Culebra, en la vertiente del Pacífico, presenciando la operacion, además del referido Mr. de Lesseps, el obispo de Panamá, el delegado del gobierno central de Colombia, Dr. Antonio Ferro, el Presidente del Estado Sr. Lebrun, el cónsul de Francia en Panamá y un gran número de personas invitadas al acto. Nada se hizo, sin embargo, en el istmo en todo el año 1880, y sí en Europa, donde se allegaban los fondos necesarios, y se constituía en París la compañía universal del Canal interoceánico. Realizado esto, y confiada que fué por el conde de Lesseps, para ganar tiempo, á los contratistas franceses Mrs. Couvreux y Hersent, á modo de ensayo, la ejecucion de los primeros trabajos, tal y como la comision técnica internacional los había previsto, en tanto que otra comision superior consultiva se había reunido en París para examinar detenidamente, desde el punto de vista técnico, todas las cuestiones relativas á las obras, y fijar la marcha que en éstas debía seguirse; el 5 de enero de 1881 partió de Francia la pri-

(1) Capítulo VII de la obra.

mera expedicion, compuesta de un numeroso personal á las órdenes de Mr. Armand Reclus, agente superior de la compañia, en la que iba Mr. Gaston Blanchet en calidad de representante de los citados contratistas, y de director general de los trabajos; á cuya expedicion siguieron otra y otras, llegando á reunirse en el istmo un total de 287 europeos.

La posicion de Mr. Blanchet, con respecto á la del agente de la compañia no estaba suficientemente definida, debido, sin duda, á las condiciones especiales del contrato hecho con Mrs. Couvreux y Hersent, que tenia algo de vago, como no podia menos de suceder en los comienzos de una empresa de esta índole, en que quedaba mucho por decidir. Segun aquél, los trabajos debian realizarse en dos periodos: el primero de ellos, llamado de organizacion, duraria dos años, transcurridos los cuales, la compañia, de acuerdo con los contratistas, fijaria los precios unitarios definitivos para la ejecucion, y serian los que hubiesen de regir en el segundo periodo; fijandose en la suma de 500 millones de francos el importe total de las obras que debian llevar á cabo los repetidos contratistas, reducidas á las indispensables para abrir el Canal de uno á otro mar, dejando todos los demas trabajos que se consideraban como accesorios, para despues de hallarse establecido el tránsito de los buques.

La tala y desbroce del bosque, los estudios finales, y las primeras instalaciones necesarias, eran las operaciones á que debia dedicarse desde luego el personal llegado al istmo, dividiéndose para ello en tres secciones encargadas respectivamente de los servicios de estudios, de trabajos, y médico, todas inspeccionadas por el jefe superior Mr. Reclus, y bajo la dirección inmediata la primera del ingeniero colombiano D. Pedro Sosa, con residencia en Panamá, y á cuyo cuidado estaban tambien la oficina central para los trabajos de gabinete y un cierto número de cuadrillas para las operaciones del campo; la segunda, dirigida tambien por otro ingeniero, y encargada de realizar los trabajos; y la tercera á las órdenes de un profesor médico, que tenia como auxiliares otros ocho, un farmacéutico jefe y los ayudantes y material necesario para las instalaciones sanitarias de su cometido.

La elección del punto de residencia para la administración central no podía ser dudosa: la ciudad de Colón á orillas del Atlántico, tan favorable co-

mo punto de llegada de las procedencias de Europa, y estacion de partida de la linea férrea, era tristemente conocida por su insalubridad; en el interior del istmo no se encontraban más que algunas rancherías de indígenas, apenas suficientes para dar albergue al personal encargado de las primeras exploraciones, y no quedaba por consiguiente disponible, por decirlo así, más que Panamá, que con el aspecto de una poblacion de importancia, disfrutaba de mejor reputacion como salubre y ofrecía á los empleados los recursos necesarios y comodidad relativa en una fonda confortable, hasta cierto punto, á la vez que tenía muy fácil comunicacion con Colon por el ferrocarril. La eleccion, pues, de Panamá, para residencia de la administracion, no parece desacertada, pero dados los modestos recursos con que contaba la naciente compañía, tal vez hubiera sido preferible, económicamente hablando, que en lugar de establecerse en la misma ciudad, sometiéndose sin defensa á todas las exageradas exigencias de los habitantes, lo hubiese hecho en la zona suburbana, en Playa Prieta, por ejemplo, construyendo poco á poco un barrio propio, análogo al que luego construyó en Colon, que embelleciendo las cercanías de la estacion hubiese producido no despreciables economías á los fondos sociales.

Acordado ya fijarse en el interior de la poblacion, comenzóse por utilizar diversos locales poco apropiados á su nuevo destino, y como los diferentes servicios iban cada día en aumento, bien pronto se encontraron diseminados en toda la ciudad, haciéndose sentir imperiosamente la necesidad de agruparlos en un mismo edificio, por lo que se acordó adquirir el gran hotel de Panamá, en el que se hicieron las obras más necesarias al objeto, segun más adelante indicamos.

Para poder emprender los trabajos con un plan fijo, era necesario, ante todo, levantar un plano del terreno en que había de desarrollarse el trazado del Canal, puesto que la compañía no poseía más que uno en escala de $\frac{1}{20.000}$ presentado por Mrs. Wyse y Reclus al congreso de 1879, el cual había sido formado por ellos con auxilio del de Garella, en escala de $\frac{1}{250.000}$, del de Moritz Wagner en la de $\frac{1}{200.000}$, del de Thomas Harrison en la de $\frac{1}{96.000}$ publicado en Jamáica, y en el que se hallaba el trazado del ferrocarril, y con los da-

tos sacados del plano original de esta línea férrea, hecho por cierto algo á la ligera, el cual, extendiéndose en una zona de dos ó tres kilómetros de anchura, comprende los ríos Chagres, Obispo y Grande, y por fin con los que por sí mismos pudieron recoger en el terreno, donde levantaron gran número de perfiles transversales, principalmente en aquellas secciones en que el trazado del Canal no estaba próximo al de aquella línea de comunicación. En este plano á que nos referimos, se indicó el trazado del Canal propuesto por los autores del proyecto aceptado por el Congreso, con las modificaciones introducidas por la comisión técnica que visitó el istmo.

Inútil es hacer constar que la exactitud de este documento dejaba mucho que desear, siendo por otra parte su escala demasiado reducida para determinar con visos de acierto el trazado más conveniente, punto de partida de los estudios definitivos.

Para el buen éxito de la operación, había que seguir uno de los dos sistemas: ó rehacer completamente el plano en una cierta extensión con el auxilio de operaciones topográficas, y en este plano estudiar de nuevo el trazado del Canal, ántes de replantearlo, procedimiento lógico en verdad, pero que en el istmo presentaba el gran inconveniente de hacer esperar mucho tiempo, y de exponer el personal á las fatigas y á los peligros de un trabajo constante en pleno bosque vírgen, á cuyo medio de operar se inclinaba Mr. Reclus; ó bien como opinaba Mr. Blanchet, teniendo en cuenta que para efectuar las operaciones era necesario disponer de una ancha zona de bosque desmontado, y que el aspecto del país y los estudios anteriores indicaban suficientemente el camino que debía seguirse, aplicar lo mejor posible al terreno el trazado aproximado, haciéndole pasar por los puntos obligados que indicaba el plano y cortar el bosque á derecha é izquierda, consiguiendo de este modo una zona libre de vegetación en la que muy probablemente estaría comprendido el eje definitivo, y en la que sería fácil hacer todos los estudios necesarios, establecer caminos, campamentos sanos y bien aireados, y vías para empezar las excavaciones.

Esta segunda idea, que fué la que prevaleció, aunque muy práctica, no dió el resultado que se esperaba por no ejecutarla tal como fué concebida: la anchura de la gran trocha, que se pensó en un principio fuese de 100 metros,

dimension apenas suficiente, se la redujo despues á 50, luego á 25, y finalmente á 10; los encargados de la operacion encontraban á veces una prominencia del terreno donde el plano indicaba una depresion, la cual podían haber buscado á derecha é izquierda ensanchando la trocha, pero no ordenándoseles semejante cosa, variaban de direccion y continuaban tanteando por el bosque. La que debía haber sido, pues, una gran trocha, quedó reducida á los límites de un simple sendero en forma de linea quebrada, y sirvió bien poco para la determinacion del eje exacto, siendo aún ménos útil como vía de comunicacion y absolutamente nada como medio de saneamiento. Posteriormente, cuando se ha marcado definitivamente el eje del Canal, y se ha desmontado una faja de 100 metros á cada lado, se ha podido observar que la antigua trocha está situada, en casi todo su trayecto, dentro de esta zona, de manera que si desde el principio hubiese tenido la suficiente anchura, se hubieran facilitado extraordinariamente los estudios topograficos.

De todo esto se deduce que á pesar de que la trocha costó muy cara, no prestó servicio alguno, sinó que por el contrario, absorbiendo en su ejecucion un personal numeroso, no dejó á la compañia los medios de accion necesarios para realizar de una manera conveniente el difícil problema del levantamiento del plano de aquella region.

Lo más exacto hubiese sido recurrir á una triangulacion con auxilio de la que hubiesen quedado fijas de posicion las cúspides principales que se encuentran desde Colon á Panamá, con auxilio de la que el levantamiento del detalle hubiese sido cosa fácil y hacedera; pero esta operacion, que hubiese exigido la ascension á las cumbres y á los cerros, hubiera invertido mucho tiempo y reclamado un numeroso y capaz personal, del que ni se podía ni se quería disponer. Por estos motivos, aun á riesgo de perder en exactitud, se simplificó el sistema, reduciéndolo al levantamiento de una sola linea de base entre los dos puntos extremos, y se refirieron á ella todos los estudios de detalles. Es indudable que si la trocha, preliminarmente abierta, hubiera tenido buenas condiciones para dirigir por ella largas visuales, ninguna linea hubiera sido preferible para elegirla como base; pero como no sucedía así hubo que aceptar la única zona libre de vegetacion que existía en el istmo, que era la explanacion del camino de hierro, la que á pesar tambien de ser

muy sinuosa, hubiera servido para el objeto de haber seguido un método en el que no hubiera habido la acumulacion de errores, difíciles de determinar, á causa de las condiciones del terreno. Este método, reducido sencillamente á una pequeña triangulacion en la que los vértices hubiesen sido además de los puntos tomados sobre la línea férrea, otros elevados y visibles desde tres consecutivos de aquéllos, no se siguió, sinó que se determinó la base, midiendo desde Colon hasta Panamá las 254 alineaciones rectas de que se componía y los 253 ángulos que formaban entre sí; operación que aunque ejecutada, como lo fué, con gran cuidado, empleando cintas de acero, teodolitos de gran precision y buen número de comprobaciones, ni podía aceptarse como exacta en 73 kilómetros de desarrollo, ni casi como aproximada, ni debió nunca seguirla quien conociera siquiera los métodos geodésicos, mucho menos cuando por no tratarse de un polígono cerrado no se podían ni aproximadamente conocer los errores acumulados.

Despues de realizado este rudimentario trabajo se organizaron cuadrillas para levantar el plano de la zona de terreno, que segun todas las probabilidades había de atravesar el Canal, estando cada una compuesta de un jefe, uno ó dos operadores, uno ó dos ayudantes y encargados de las cadenas, varios portamirras, un cierto número de peones para la apertura de trochas y los ordenanzas, cocineros y demás dependientes necesarios para el servicio del campamento que había de constituir todo este personal. En ciertas cuadrillas de mayor importancia, había además un empleado encargado de la contabilidad y de la organización del campamento, miéntres que en las demás el jefe hacía sus veces y era tambien el cajero para los gastos indispensables; la tarea de estos últimos resultaba, por consecuencia, muy penosa, así es que en muchos casos descuidaron sus deberes técnicos por falta de fuerzas morales ó físicas, y hasta hubo varios que sucumbieron al exceso de fatiga.

Las operaciones topográficas que estas cuadrillas tuvieron á su cargo, se redujeron á radiar á uno y otro lado de la base de operaciones un sistema de líneas rectas ó quebradas, dirigidas á juicio de los jefes de aquéllas, con el objeto de obtener el mayor número de puntos notables con el minimum de recorrido. Una vez marcada así la dirección de los perfiles transversales, varios

peones indígenas, á las órdenes de un capataz, atacaban el bosque vírgen en la alineacion elegida que se marcaba con jalones, abriendo una trocha, que aun cuando permitía el paso del rayo visual, la marcha por élla era muy difícil á causa de los troncos de árboles cortados á unos 0,50 metros de altura, y de las ramas y lianas amontonadas en el suelo. El uso de la cadena dicho se está que no podía dar resultados, ni aproximados siquiera, á no haber desbrozado el camino, y hasta hubiese sido peligroso, porque hubiera exigido meter las manos por entre aquellas ramas, cubiertas muchas de espinas, en las que abundan insectos y á veces reptiles venenosos, cuyas mordeduras son en ocasiones mortales y siempre muy molestas. Por estas razones las cuadrillas no hicieron uso más que del taquímetro.

La falta tambien de buenos capataces al empezar los estudios, retardaba el trabajo, porque los operadores no podían vigilar la ejecucion de las trochas, algunas de las cuales mal dirigidas era preciso abandonar; pero posteriormente varios negros é indios adquirieron gran práctica, y hasta por sí mismos elegían en muchos casos la direccion más conveniente, con arreglo á la configuracion del terreno, para determinar sus diversos accidentes.

A pesar de la rapidez de las operaciones taquimétricas y de la práctica que llegaron á adquirir los operadores, las dificultades del terreno, lo debilitante de la temperatura, las abundantes lluvias, que como ya hemos dicho duran una buena parte del año, y las enfermedades que se desarrollaban, tanto más cuanto más deficiente era el servicio médico, fueron causas que hicieron que estos estudios marcharan con gran lentitud. Para tener idea de los resultados que era posible alcanzar, indicaremos que una cuadrilla compuesta, como hemos dicho, de un personal de tres ó cuatro empleados y 10 ó 12 hombres de servicio, no pasaba en un mes de hacer por término medio de 8 á 10 kilómetros de trocha, comprendida la apertura y la toma de datos, de manera que teniendo en cuenta que durante aquel período de tiempo tenía que haber repetidas paralizaciones por causa de lluvias, de enfermedades y demás contingencias, puede deducirse que en un día bien empleado no se llegaba á hacer por aquel personal ni un kilómetro de trabajo. El precio á que éste salió, por término medio, fué el siguiente:

Tres empleados á 800 francos (término medio) al mes. . . .	2.400
Quince peones á 5 francos de jornal laborable, 25 días. . . .	1.875
Total.	4.275

Lo que da 427,50 francos por kilómetro, sin incluir los gastos generales y accesorios, con los que puede admitirse como cifra redonda, tal vez inferior á la verdadera, la de 500 francos.

Reunidos en las oficinas de Panamá, á fines de 1881, los datos tomados por las distintas cuadrillas, se procedió á la formacion de los planos en escala de $\frac{1}{5,000}$, para estudiar con su auxilio el trazado definitivo del Canal. Posteriormente, cuando se ha podido disponer de un personal capaz, se han enlazado con grandes líneas de triangulacion las regiones estudiadas por las referidas cuadrillas, con objeto de tener mayor seguridad en la bondad de los resultados obtenidos.

Trazado sobre el plano el eje, aunque no en su totalidad, en tanto que los sondeos que se estaban ejecutando no dieran á conocer la naturaleza del terreno, se empezó su replanteo á principios de 1882, eligiendo otra vez como base conocida la línea del camino de hierro, y abriendo préviamente con gran cuidado trochas indispensables de 10 metros de ancho. Una vez realizado esto, en la parte definitivamente fijada, se dió comienzo al desmonte del bosque en una anchura de 200 metros próximamente, tomando despues perfiles transversales cada 20 metros para determinar el volumen de la excavacion, y como había trozos en que el eje no podía aún marcarse, se partió para fijar los kilómetros de un punto intermedio situado cerca de Matachin, asignándole el número que aproximadamente le correspondía por su posición en el istmo, por cuya causa ha resultado despues que el *cero* no coincide exactamente con el origen del Canal, pero no se halla más que á unos 200 metros hacia el interior.

Los desmontes en grande, confiados á cuadrillas especiales que no tenían para qué ocuparse de las cuestiones técnicas, ó á contratistas que á ellos se dedicaron, resultaron por término medio al precio de 1500 francos la hectárea, comprendido en este precio el apeo de los árboles corpulentos y el desbroce total del terreno, trabajo mucho más completo que el practicado por

las cuadrillas de operaciones en las trochas de estudio. En los terrenos libres de vegetacion la compañía dió á destajo á sus empleados el levantamiento de los perfiles transversales definitivos al precio de 200 francos el kilómetro, llegando á hacerse hasta dos kilómetros diarios por término medio, y realizando por consiguiente los destajistas beneficios casi cuantiosos, puesto que los gastos de personal apenas debían pasar diariamente de 150 francos. Al comparar estos resultados, con los que ántes hemos expuesto, bien se comprende cuán ventajoso hubiese sido desde un principio dividir el trabajo, destinando parte del personal á la tarea sencilla de limpiar el terreno, para que la otra llevase despues á cabo las operaciones técnicas, con la facilidad que proporciona un espacio descubierto.

Además de las cuadrillas destinadas á los estudios del trazado propiamente dicho, otra análoga se ocupó en levantar el plano del terreno en que había de construirse la presa, otra reconoció el curso superior del Chagres, y otra tercera estuvo encargada de los estudios hidrográficos de las desembocaduras del Canal en los dos mares, con cuyo objeto, principiando por el Atlántico, efectuó la triangulacion y sondeos de la bahía de Limón, determinando tambien las corrientes, las mareas y recogiendo cuantos datos podían ser de utilidad, trasladándose acto seguido el personal á Panamá para realizar en su rada idénticas operaciones. El establecimiento de las estaciones meteorológicas, de que luégo hablaremos, permitió tambien obtener noticias exactas y continuas de las temperaturas, presiones barométricas, estado higrométrico, etc., etc.

Los trabajos de la apertura de la trinchera dieron principio cerca de la aldea de Emperador, inaugurándose el 21 de enero de 1882. Ya por entonces se habían empezado tambien á efectuar los sondeos de que en otro capítulo nos ocupamos con extensión, y á mediados del mismo año quisieron aprovecharse los pozos de sonda para que sirvieran como jalones, que en todos casos, y aun despues de que se fueran quitando capas de terreno, determinarán el eje del Canal. Para ello se resolvío que, á excepcion hecha de los lugares en que fuera de necesidad conocer la naturaleza del terreno, todos los sondeos se efectuarán en el referido eje, ocupando los puntos kilométricos y los extremos y medios de las curvas, y se introdujeran en los pozos á medida que

se fuese terminando su estudio, tubos viejos de gas, unidos entre sí, para que formando un gran piquete que llegara hasta la solera del Canal no hubiese necesidad de replantear su eje durante toda la excavacion. El sistema, que no puede negarse hubiese sido ventajoso, no se siguió, sin embargo, no sabemos por qué razones.

No contándose en el istmo de Panamá con los recursos necesarios para las obras, era preciso importarlos de Europa ó de los Estados Unidos, y por consecuencia se hacía indispensable elegir convenientemente un punto en la proximidad de la zona del Canal para desembarcar el material de todas clases, no pequeño, necesario en trabajos de tal importancia, clasificarlo y montar la maquinaria ántes de entregarla á las secciones en que debía funcionar: había, pues, que disponer de un puerto con instalaciones marítimas é industriales, muelles, almacenes y talleres, y con población en las cercanías para albergar el personal que este centro de trabajo habría de requerir. La elección de este puerto fué la primera preocupacion del jefe del servicio de trabajos desde su llegada al istmo en enero de 1881. Colon, tan cercano á una de las bocas del Canal, era á primera vista el lugar más indicado por ser punto de escala de varias líneas de vapores procedentes de Europa y de Nueva-York, y la estacion de partida del camino de hierro que atraviesa el istmo, y por contar con muelles de desembarque bastante bien establecidos para poner en fácil comunicacion los buques y la vía férrea; pero examinando más detenidamente la cuestión, se reconoció que casi no debía contarse con los seis muelles existentes por estar uno de ellos, el de propiedad de la compañía del ferrocarril de Panamá, casi inservible en aquél entonces, y pertenecer los otros cinco á las diversas líneas regulares de vapores, los que teniendo días fijos de llegada y salida, sólo en los intermedios los dejan libres, y aun en éstos hay que efectuar la descarga con celeridad y desocuparlos transportando el material á otra parte para dejarlos á disposicion de otras mercancías. Todas estas razones, bien pensadas, hicieron que á la compañía del Canal, que no disponía de muchos ni pocos almacenes para depositar el considerable material que recibía, le ocurriese comprar á la del ferrocarril el muelle núm. 5 de su propiedad, y repararlo para su uso exclusivo, con lo que si bien se resolvía en parte la dificultad, quedaba en el mismo estado la cuestión en lo rela-

tivo á los almacenes, talleres y viviendas para el personal. La isla de Manzanillo por otra parte, no ofrecía tampoco terreno á propósito para el establecimiento de todas éstas construcciones, puesto que la parte ménos pantanosa de la costa O. está ocupada por la ciudad, la vía férrea y las instalaciones marítimas, y la del N., la más agradable de la isla, no presenta más que una faja muy estrecha entre el mar y las cenagosas charcas del interior, que ya estaba ocupada en su mayor parte por el barrio norte-americano, quedando á mucha distancia del muelle núm. 5 la pequeña extensión que allí podía aprovecharse.

Como en el interior de la isla ni remotamente podía pensarse en hacer construcción de ninguna clase, y por otro lado su tan expandida reputación de insalubridad, contribuía no poco á considerar inconveniente toda instalación en ella, Mr. Blanchet quiso resolver el problema, proponiendo que á falta de puerto de mar se organizase uno fluvial en el pueblecillo de Gatun, que hallándose rodeado de colinas bastante elevadas podían fundarse esperanzas de buenas condiciones higiénicas, y no estaba situado más que á 9 kilómetros de Colón, por la línea férrea, y á 14 de la embocadura del río Chagres. En este sitio, pues, y á orillas del río, consideraba conveniente establecer el puerto con sus dársenas y sus talleres, y en lo alto de las colinas las habitaciones necesarias, núcleo de las que después se irían agregando hasta formar un centro de población que bautizó *á priori* con el nombre de «Cité de Lesseps».

La elección parecía realmente acertada; el cerro en que habían de elevarse las edificaciones está situado á la derecha del río, enfrente de la aldea india que se encuentra en la orilla izquierda; el camino de hierro pasa por su pie, y el futuro Canal no dista de aquella elevación más de 200 á 300 metros, teniendo además el río una profundidad media entre este punto y el mar de siete á ocho metros, y aunque el fondo en la barra no pasa de cuatro metros, podía aumentarse éste y sostenerlo constantemente por medio de una draga en un canal de entrada, ó dejarlo así, puesto que había de bastar para el paso de muchas embarcaciones que no tienen calado mayor, como son chalanas, remolcadores y demás de servicio constante en las obras.

Aceptada la idea, los trabajos comenzaron rápidamente, se desmontó la

cúspide de la colina, formando una planicie en la que como por encanto se elevaron numerosas construcciones, comenzándose tambien allí el montaje del primer material de excavacion; pero como quiera que las esperanzas que se habían fundado sobre la bondad de su clima salieron fallidas, bien fuera porque realmente no eran las mejores sus condiciones, bien porque los primeros agentes allí enviados se alojaron unos en los bohíos de la aldea, otros en barracones sin terminar, y todos se hallaban faltos de las relativas comodidades que proporcionaban las fondas de Colon, el hecho es que se declaró entre ellos el paludismo, con fuerza tal que muchos fueron víctimas de él, y los demás se encargaron de cundir el pánico y hacer que se declarase á Gatun más insalubre que Colon y se echase al montón del olvido el proyecto de Mr. Blanchet con su puerto, instalaciones y demás, quedando sólo la idea del recuerdo de Lesseps con su ciudad, cuyos cimientos, ya sentados, es fácil sean la base, en época no lejana, de una poblacion de importancia.

Entre Gatun y Colon no hay más que un terreno pantanoso, y aguas arriba de aquella aldea el Chagres corre tan lejos del camino de hierro que no había que pensar en trasladar el puerto á punto ninguno del interior del istmo; había, pues, que volver á Colon y pensar de nuevo en la creacion de un puerto independiente y de terrenos propios para todas las instalaciones. Mr. Hersent, considerando que el punto de partida del Canal se había fijado en el brazo de mar que separa la isla de Manzanillo de la costa del istmo, concibió y presentó el proyecto de terraplenar la playa pantanosa, situada entre el camino de hierro y el río Folk, al SO. de la isla, y áun ganar cierta extension al mar, avanzando en la bahía de Limon un dique destinado á proteger el puerto futuro contra los fuertes vientos y las gruesas marejadas del N. al NO., para sobre él construir todas las dependencias necesarias. Segun asegura Mr. Wyse en su obra sobre el Canal, la idea de este terraplen, que recibió el nombre de «Christophe Colomb», fué debida al agente superior de la compañía Mr. Armand Reclus. Sea de ello lo que quiera, desde que se decidió su construccion, toda la actividad de los trabajos se dirigió en aquella parte á la terminacion pronta de esta obra, que llegará á ser con el tiempo el Port-Said americano.

La construccion del terraplen había de durar demasiado tiempo para que

los trabajos de recepcion y montaje fueran aplazados hasta que pudiera utilizarse, ni aun en parte, así es que fué preciso comprar y alquilar diversos terrenos de pequeña extension, diseminados en la parte habitable de la isla, estableciendo de este modo, en la punta NO., cerca del faro, un grupo de construcciones que comprendía la residencia administrativa del servicio de Colon, las oficinas, algunas casas de empleados, un tinglado para el montaje de las locomotoras, un taller para las operaciones más necesarias y un aserradero, evitando de este modo recurrir en la mayoría de los casos á los establecimientos y talleres del ferrocarril, que en un principio prestaron su concurso útil pero costoso á la compañía del Canal. Entre los muelles 4 y 5 se instalaron tambien gradas para el montaje de las dragas y chalanas, y al S. del núm. 6 otra para armar el ponton-cábrria de 40 toneladas de fuerza. Los almacenes provisionales se situaron al S. de la ciudad, en un terreno tan poco consistente que se les veía hundirse miéntras se estaban construyendo. Por ultimo, diversas casas del pueblo mismo se utilizaron para oficinas, pequeños almacenes y esas mil dependencias necesarias á una empresa como la de que se trata.

Esta organizacion provisional, cuyo período dejó en la historia del Canal recuerdos bastante tristes y que demuestran la falta de unidad de pensamiento por un lado, y por otro la de estudio detenido del asunto, ocasionaba grandes molestias á los empleados, á quienes obligaba á frecuentes idas y venidas, tan fatigosas en aquel clima, y era origen de sensibles é importantes pérdidas de tiempo.

Durante la primera época todos los servicios que se hacían en Colon, y que se reducían á las obras propiamente dichas, los talleres, el material y los almacenes estaban á las órdenes de un solo jefe, quien dada la importancia de cada uno de ellos, resultaba muy recargado de trabajo, además de tener esta organizacion el inconveniente de dejar en manos de aquél la dirección de los talleres y almacenes que habían de suministrar el material á todas las secciones del istmo, y era de temer atendiese con mayor asiduidad á las que de él dependian en la ejecucion de los trabajos, con perjuicio de las demás: para evitar esto se resolvio suprimir la jefatura de Colon y dividir todos los servicios en tres secciones independientes denominadas de trabajos, talleres

y material y almacen general. Este último procuró la compañía abastecerlo de todo lo necesario, no solamente para los trabajos, sino tambien para la vida material de los empleados, proveyéndolos de productos alimenticios, muebles, ropa de cama y de servicio y demás elementos necesarios, que se entregaban á los empleados por su valor unos, y otros con la obligacion de devolverlos en buen estado de uso cuando abandonaban las obras. Lesseps, aunque opuesto en principio á este sistema, que hacía una desastrosa competencia al comercio local, la toleraba en la práctica porque de este modo podía el personal proporcionarse, con baratura relativa, todos los objetos de primera necesidad, sin que se les explotase por los comerciantes establecidos en el país con este único fin.

El servicio de los talleres tenía á su cargo tambien la recepcion de la maquinaria que llegaba procedente de Europa ó de los Estados Unidos, y su montaje, ántes de entregarla á las distintas secciones: la expedicion del material encargado por la compañía, bajo la direccion de Mrs. Couvreux y Hersent, estaba bastante retrasado á fines de 1882, así es que para esta fecha solamente se habían recibido en Colon 4 dragas de 60 caballos, 2 desembarcaderos flotantes, el material de servicio, compuesto de 3 remolcadores, 4 chalupas de vapor, 6 gánguiles, chalanas de transporte, alijadores y otras embarcaciones menores; 1 ponton cábria de 40 toneladas y otros 2 de menor potencia, 10 excavadoras, 16 locomotoras, unos 500 vagones de 3, 4 y 6 metros cúbicos de capacidad, plataformas, furgones, etc.; 200 vagonetas Decauville, 2000 carretillas, cangrejos y carros, 15 kilómetros de vía Decauville de 0,50 metros de ancho y 25 de vía normal de 1,515 metros, además de los útiles necesarios para los talleres, y de los locomóviles, máquinas semitiñas, bombas, martinetes de vapor, grúas, tornos, etc.; todo lo que se montó en Colon y una pequeña parte en Gatun, exigiendo un trabajo considerable, tanto por la importancia y complicacion de algunos aparatos, como por el número de los que había que armar. El resto del material encargado, en el que figuraba una draga marina de 280 caballos, en construcion, 2 gánguiles de vapor, otros 2 desembarcaderos flotantes, varias excavadoras, algunas más locomotoras y vagones, llegaron posteriormente.

El terraplen de Christophe Colomb, de unas 30 hectáreas de superficie,

fué la primera obra emprendida con actividad en el istmo: su construcción debía absorber 236.000 metros cúbicos de tierras; mas aunque hubiese sido ciertamente ventajoso aplicar á este trabajo los productos de las excavaciones que debían ejecutarse para la apertura del Canal y de los dragados del puerto, como en toda la zona próxima á Colón se componían estos desmontes de fangos y de rocas madrepóricas en formación, se podía temer su nociva influencia en la salud del personal si se los hubiese expuesto á la acción del sol en toda la extensa superficie destinada á las habitaciones y á los talleres. Por otra parte, el material para las excavaciones en seco, estuvo disponible con anterioridad al del dragado, y con objeto de aprovecharlo lo que se hizo fué buscar en la proximidad del terraplen terrenos suficientemente secos y compactos, pero fáciles de excavar, que pudieran desmontarse, eligiendo para ello las lomas del Mono, situadas cerca de la línea del ferrocarril, á 1200 metros de la isla de Manzanillo, las cuales se elevan unos 15 metros sobre el nivel del mar y están compuestas de arcilla compacta. El desmonte de éstas se comenzó á mano por varios puntos á la vez, estableciéndose además dos excavadoras Couvreux, á las que se agregaron á principios de 1883 otras dos americanas, aunque jamás, y por diversos entorpecimientos, trabajaron las cuatro á la vez. Para transportar los productos de la excavación al terraplen se utilizó en un principio la línea férrea, pero en vista de los obstáculos que siempre ponía la compañía propietaria de esta vía para el movimiento de los trenes de transporte, se decidió la del Canal, en junio de 1882, á establecer una segunda vía al lado de la existente, gracias á la que fué posible dar á los trabajos toda la actividad necesaria hasta el punto de verificar seis meses después un transporte mensual de 15 á 20.000 metros cúbicos.

Para la escollera que había de proteger el contorno exterior del terraplen de la acción de las olas, no se encontraron materiales en la loma del Mono, y fué preciso explotar una cantera en la punta Kenny's Bluff, orilla O. de la bahía de Limón, llevando la piedra que se extraía en grandes barcazas, conducidas por remolcadores.

La explotación de esta cantera estuvo primero á cargo de destajistas americanos, pero se tuvo que rescindir el contrato por falta de cumplimiento en sus compromisos, lo que también había sucedido en las excavaciones de la

loma del Mono. Cuando la compañía la explotó por administracion, llegaron á sacarse y transportarse mensualmente 1200 metros cúbicos de cantos de grandes dimensiones, que aunque no parezca excesiva cantidad, hay que tener en cuenta las dificultades del embarque y conducción.

Al mismo tiempo que avanzaba la formacion del terraplen, se construía en el lado interior, protegido por el dique ó espigón en que aquél termina, un muelle de madera para el atraque de los buques, de 135 metros de longitud y 12,50 metros de anchura, establecido sobre 270 pilotes distribuidos en 54 filas transversales de 5 pilotes cada una, espaciadas 2,50 metros entre sí. Los pilotes, provistos de azuches y recubiertos con hojas delgadas de cobre para preservarlos de los ataques del teredo, se hincaron hasta el rechazo absoluto, resultando con una entrega de 8 á 9 metros, con todo lo que se consiguió dar á la construcción garantías de duración y solidez. Con posterioridad fué cubriendose este muelle para poder dejar en él, al abrigo de la intemperie, las mercancías desembarcadas. También se comenzaron á levantar otras edificaciones de que luego hablaremos, y á establecer una vía de comunicación con el muelle número 5 de Colón, sirviendo la de transporte de las tierras para el empalme con la línea general de Panamá.

Los dragados, que también dieron principio en esta época, tenían por objeto inmediado permitir el atraque de los barcos á lo largo del terraplen en construcción, consiguiendo un calado de 5 á 8 metros y practicar un paso para conducir el material que debía trabajar en las tierras para la apertura del Canal. La frecuencia y violencia con que la marejada se hacía sentir en el brazo de mar que había de profundizarse, retrasó mucho esta operación en espera de que el dique pudiera dar abrigo al material: por esta causa también se encargó la draga marina, en sustitución de la que, é ínterin llegaba, sólo trabajaban las de 60 caballos auxiliadas por insuficiente número de gánguiles, en las épocas de calma, y al resguardo del dique á medida que avanzaba. En todos aquellos puntos en que se tropezaba con bancos madre-póricos que detenían los trabajos del dragado, se colocaron cartuchos de dinamita para disgregarlos en parte, permitiendo entonces que los extrajesen los cangilones, operación al parecer sencilla, pero que hacía perder mucho tiempo á las dragas. Para conseguir mayor efecto y para cortar el terreno de

un modo más regular en la zona cerca del terraplen (puesto que no convenía desagregar el fondo en que éste había de insistir) se aplicaban barrenos en vez de la dinamita que se usaba en los demás puntos.

El establecimiento del hospital central de Panamá, fué otra de las instalaciones que se emprendieron en esta época: de él hablarémos con detalle en el capítulo correspondiente.

Tal era el estado de los trabajos al fin de 1882, terminados los dos años que comprendía la organización: ántes que este período transcurriera, en junio de 1832, presentó Mr. Reclus la dimisión de su cargo, reemplazándole interinamente Mr. Verbrugghe, infatigable explorador de América, y poco después en propiedad Mr. Richer, capitán de navío. El fallecimiento de Mr. Blanchet, ocurrido en setiembre del año anterior, había ya motivado que al mismo Mr. Verbrugghe le fuese confiado su puesto.

Tambien al terminar el repetido plazo de dos años, los contratistas Mrs. Couvreux y Hersent, de acuerdo con el consejo superior de la compañía y fundados en la experiencia adquirida, manifestaron que como el principal objeto era terminar el Canal lo más pronto posible, no podía una sola empresa constructora dar cima á la obra, en la situación en que se encontraban los trabajos, en el período prefijado de seis años á contar de aquella época y que era necesario sustituirla por la acción combinada de otras varias. Desde entonces, parece que tan reputados contratistas dejaron en absoluto toda intervención en las obras, pues sus nombres no vuelven á aparecer en las reseñas periódicas que del avance de aquéllas se publican; circunstancia que hace presumir cuán grandes debieron ser las dificultades con que debieron tropezar en el istmo, cuando en tan poco tiempo desistieron de la idea emitida al visitar aquella región con Mr. de Lesseps, de hacerse cargo de toda la construcción. Estas dificultades están confirmadas tambien por el hecho de que en el período que ellos llamaron de organización, aunque en absoluto y teniendo en cuenta las desfavorables condiciones de la comarca no puede decirse que se hizo poco, todo ello distaba bastante de ser lo que se habían propuesto, puesto que ni el eje del Canal estaba marcado en toda su longitud, ni los estudios geológicos se hallaban adelantados, ni había servicio alguno en completo estado de organización.

A mediados de 1882 había ultimado ya la compañía del Canal dos nuevos contratos para la ejecución de una parte de los dragados en las dos vertientes: el primero, adjudicado á Mrs. Huerne, Slaven & C.º, de San Francisco, comprendía la realización de aquel trabajo desde el nuevo puerto de Colon, donde segun hemos dicho operaban ya las dragas de la compañía, hasta Gatun, imponiéndoles como principales condiciones que los contratistas, debiendo servirse de material de su propiedad, habían de empezar el trabajo en el mes de agosto de 1882, y estar en plena actividad transcurridos que fueran tres meses despues del comienzo, comprometiéndose, á partir de diciembre del mismo año, á extraer 9000 metros cúbicos por día; que la apertura del Canal debía efectuarse en tres períodos sucesivos, dando á la excavación en el primero 25 metros de anchura en la superficie del agua y 2,50 metros de profundidad bajo ésta, para asegurar una rápida comunicación entre Colon y Gatun, aumentándose en el siguiente esta profundidad hasta 4,50 metros, y llegándose en el tercero á las dimensiones prefijadas en aquel entonces, esto es, 50 metros de ancho en la línea de agua, 22 en el fondo y 8,50 metros de profundidad bajo aquel nivel; que el primer período debería durar un año á partir del día en que debían principiar los trabajos, y los otros dos años y medio á contar desde la misma fecha; y que el precio del metro cúbico del dragado, hasta la cifra total de 6 millones, sería de 1,50 francos, reduciéndose á 1,25 para todo el volumen que excediese de aquella cantidad; todo en el supuesto de que al terreno no exigiese el empleo de explosibles, pues en este caso se harían ajustes especiales para su excavación.

La mayor parte de estas condiciones no se cumplieron por la sociedad contratista: la primera draga no sólo no empezó á funcionar en agosto de 1882, sinó que ni siquiera llegó á Colon hasta abril del año siguiente, y en cuanto al período de plena actividad, en el que debían emplearse tres dragas, ni dió comienzo en el diciembre prometido, ni produjo en tiempo alguno la excavación los 9000 metros cúbicos que por su compromiso se obligaban á extraer por día.

Las dimensiones dadas á las dragas impidieron tambien que la apertura del Canal se efectuara por partes en los tres períodos indicados, circunstancia que indudablemente tenían prevista los contratistas, porque empleando

mecanismos con los que y con relativa facilidad podían excavar de una vez el Canal en toda su anchura, se libraban de tener que operar en un cauce estrecho, en donde la circulacion del material de la compañía estorbaría de hecho el movimiento de las dragas; en cambio la comunicacion rápida que aquélla, con muy buen acuerdo, se proponía establecer entre Colon y Gatun, quedaba como una esperanza más defraudada.

La segunda contrata, firmada en 30 de agosto de 1882, con la compañía mercantil franco-americana (*Franco-American Trading C.^o*) de los Estados Unidos, se refería al dragado de la parte del Canal comprendida entre Pedro Miguel, kilómetro 60, y La Boca, kilómetro 68, calculándose en ella un volumen de 3.816.000 metros cúbicos de materiales, que deberían extraerse y depositarse á 15 metros de la arista superior de las márgenes del Canal, al precio de 1,47 francos la unidad.

Seis meses despues de la fecha del contrato, es decir, el 1.^o de abril de 1883, debía comenzar el trabajo y alcanzar su plena actividad con la extracción de 4000 metros cúbicos por día tres meses más tarde, siendo el plazo fijado para la excavacion del cubo total el de tres años, ó lo que es lo mismo, que debía terminarse en abril de 1886.

Tambien aquí todo fueron ilusiones. La primera draga del sistema de cuchara no empezó á montarse en la estacion de rio Grande hasta fines de 1883, funcionando, con otra que se armó inmediatamente despues en el referido rio no con tan mal resultado, entre otras causas por la falta de calado que de ordinario había y por los medios tan poco prácticos ideados para la descarga de los fangos, que solamente pudieron operar en un cortísimo trayecto, abandonándose en seguida los aparatos y las obras.

Durante el período de organizacion, la comision superior consultiva estudiaba el plan definitivo con arreglo al que debían llevarse á cabo las obras, inclinándose, cada vez más, bajo el doble punto de vista técnico y de explotacion futura, á la idea aceptada por el congreso internacional de terminar lo más completamente posible la construccion del Canal ántes de inaugurarlo. El plan redactado, que sirvió de guía para el comienzo de las obras y del que una parte ya se había pretendido poner en ejecucion ó ejecutado en el primer período, fué el siguiente:

1.^o Dragado á lo largo del Canal de un cauce de servicio entre Colon y Gatun, en una longitud de 10 kilómetros.

2.^o Establecimiento de un terraplen en Colon para la instalacion de talleres, almacenes, gradas de montaje y de reparacion, abrigos para el material móvil, oficinas y habitaciones, con un dique de defensa y un muelle de atraque para los buques que llegasen cargados del material de obra y demás suministros.

3.^o Ejecucion en un lugar conveniente de las excavaciones en seco necesarias para la construccion del terraplen.

4.^o Establecimiento de los medios necesarios para la excavacion en seco en varios puntos del macizo montañoso de la Culebra en medio del istmo y en los alrededores, comenzando así la apertura de la gran trinchera, y permitiendo á la vez el estudio de la naturaleza de los terrenos y las pendientes que habían de darse á los taludes, aprovechando tambien los primeros productos de las excavaciones para establecer las vías por las que se habían de conducir despues todos los demás para la erección de la gran presa de Gamboa.

En febrero de 1883, se nombró al ingeniero jefe de puentes y calzadas Mr. Dingler, director general de los trabajos, suprimiéndose algunos meses despues la agencia superior de la compañía, cuyas facultades asumió aquel mismo señor. Ya indicamos en el capítulo V, las bases que para la ejecucion de las obras presentó á la comision superior consultiva despues de una permanencia de tres meses en el istmo, bases que fueron totalmente aprobadas y que debieron ponerse en práctica en la campaña de 1883 á 1884, para lo que volvió á Panamá Mr. Dingler el mismo año, permaneciendo al frente de su destino hasta mediados de 1885, en cuya época tristísimas pérdidas de familia allí sufridas le obligaron á presentar la dimisión de su cargo. El tambien ingeniero de puentes y calzadas Mr. Hutin, subdirector entonces, le reemplazó en el mes de setiembre, siendo á la vez sustituido á principios de 1886 por su malogrado colega Mr. Leon Boyer, quien continuaba de director de los trabajos durante nuestra visita á las obras.

En 1883, especialmente desde que el Sr. Dingler á fines del año emprendió los trabajos despues de un período de reposo relativo, con arreglo á las

bases por él propuestas, se aumentó poco á poco el número de las nuevas contratas, ménos importantes que las dos celebradas en 1882 que ya conocemos, pasando así del extremo de entregar el monopolio del trabajo á unas solas manos al opuesto de dividirlo de un modo exagerado de tal manera, que á principios de 1885 se contaban 16 contratistas, entre los que había colombianos, franceses, holandeses, ingleses, italianos, norte-americanos, suecos y suizos, los que debían hacer la excavacion de 70 millones de metros cúbicos á terminar en los años 1885, 86 y 87.

Para la extraccion del volúmen restante hasta la total apertura del Canal, se pensó en hacer nuevas contratas ó en encomendársela á los mismos, terminados que fueran sus primeros compromisos. Los 240 millones de frances, próximamente, que representaban los ya firmados, estaban repartidos entre las diversas nacionalidades del siguiente modo: 90 millones se habían adjudicado á una sociedad anglo-holandesa, 65 á franceses, 55 á los americanos y el resto, en relativamente pequeñas partidas, á los de los demás países. La primera y más importante de aquéllas correspondía á la excavacion de 13 millones de metros cúbicos en la Culebra, parte culminante de la divisoria, en donde la referida sociedad anglo-holandesa debía descender hasta la cota 50, proponiéndose despues de octubre de 1886, en que debía terminar la obra encomendada, tomar á su cargo la excavacion total de la gran trinchera en toda aquella parte. A principios del año 1886 el número de contratistas se había elevado ya á 27.

Antes de citar las nuevas empresas entre las que se nos dijo se había repartido últimamente el total de las excavaciones que comprende la apertura toda del Canal, dirémos con respecto al sinnúmero de las que se han venido sucediendo en los cuatro últimos años, que las condiciones á que se las sometía por los contratos, que no nos ha sido dable conocer en detalle, debían ser fáciles de eludir, y las garantías que es de creer prestáran no habían de ser de gran importancia, pues no sabemos que ninguna de ellas, á pesar de su número, haya cumplido su compromiso, lo que es tanto menos disculpable para la compañía, cuanto que, segun parece, una de las cláusulas del pliego de condiciones daba á su director general el derecho de intervenir con sus propias máquinas y personal una contrata cualquiera, ya fuera para

reemplazarla, ya para auxiliarla en su trabajo si éste no seguía la marcha de avance proporcional al tiempo transcurrido.

Sin entrar á hacer las censuras que tal vez merezca el método, el hecho es que la compañía se hallaba en presencia de multitud de contratistas no siempre con los recursos necesarios, los cuales encargados de partes relativamente pequeñas se estorbaban á veces mútuamente, sobre todo en el transporte de los desmontes, dándose el caso tambien de que en un mismo trozo había varios, cada uno para una especialidad y por consiguiente superditados entre sí para el servicio; y por si esto no fuera bastante, aún sucedía que cada uno de los contratistas que podemos llamar principales repartía la obra entre otros muchos destajistas de ménos responsabilidad aún que ellos. Por otro lado, la compañía ejecutaba por administracion un gran número de trabajos, preparatarios unos para los que habían de hacer las empresas, y otros de trozos que se había reservado ó no habían querido tomar aquéllas, ademas de que estaba obligada á transportar y montar el material en el punto de obra.

Cualquiera comprenderá que sistema tan complicado había de producir en los trabajos una lentitud y una dificultad de inspeccion y de deslinde de derechos y deberes que muy pocas veces, de haberse querido, se hubiera podido depurar la responsabilidad de cada uno. Si á esto se añade que muchas contratas se abandonaron ó rescindieron, sustituyéndolas unas veces nuevas empresas y otras la administracion, no hay que extrañar que á principios de 1886 las obras estuvieran realmente atrasadas.

La administracion de Panamá parece trataba desde algún tiempo ántes de remediar este estado de cosas, pero no estaba en su mano la elección de los contratistas, y aquéllos cuyos antecedentes y medios pecuniarios les permitían ocuparse de vastas empresas, no se aventuraban á tomar parte en la que nos ocupa, tanto por la incertidumbre que sobre ella se abrigaba, como por las desfavorables noticias exparcidas sobre la insalubridad del istmo. A principios de 1886 logró la compañía, segun ha declarado, tener confiadas la casi totalidad de las obras necesarias para la apertura del Canal á seis sociedades de arraigo y respetabilidad, las cuales, así como los trabajos á cada una de ellas encomendados y las fechas de su terminacion con arreglo á sus con-

tratos, indicamos en el siguiente cuadro, que se nos facilitó por la dirección facultativa, y se ha publicado también en algunas de las memorias y folletos que sobre el istmo han visto últimamente la luz.

Contratas.	Metros cúbicos.	Fecha de la terminación.
1. ^a —Am. Contracting and Dredgin C. ^o (Compañía americana de dragados, ó Slaven y C. ^a).—Dragados des- de el kilómetro 0 al 26,30.	15.000.000	17 Enero 1889
2. ^a —Jacob. Excavaciones en seco y bajo el agua que no estén comprendidas en la anterior contrata ó no pue- dan efectuarse con el material que tiene. Entre Colón y el kilóme- tro 23,465 incluido el puerto nuevo.	2.000.000	14 Diciembre 1888
3. ^a —Barbaud, Vignaud, Blanleuil et C. ^e Excavaciones desde el kilómetro 26,30 al 44, obras de fábrica y to- das las accesorias precisas para la apertura del Canal marítimo, de- rivaciones del Chagres y demás corrientes de agua y desviaciones del camino de hierro.	20.000.000	1. ^o Enero 1889
4. ^a —Société des travaux publics et cons- tructions (Sociedad de obras pú- blicas y construcciones). Excava- ciones y ejecucion de todas las obras necesarias para el Canal des- de el kilómetro 44 al 53,600, así como los trabajos inherentes á la construcción de la gran presa del Chagres y las derivaciones de las corrientes fluviales.	28.000.000	1. ^o Julio 1889
5. ^a —Cutbill, De Lungo, Watson et Van Hattum (Sociedad anglo-holan- desa). Excavacion de la gran trin- chera de la Culebra, desde el kiló- metro 53,600 al 54,400.	20.000.000	1. ^o Julio 1889
6. ^a —Baratoux Letellier et Lillaz. Excava- ciones en el resto de la línea y		
<i>Suma y sigue.</i>	85.000.000	

Contratas.	Metros cúbicos.	Fecha de la terminacion.
<i>Suma anterior</i>	<i>85.000.000</i>	
dragados en la rada de Panamá, kilómetro 55,40 al 74; parte no contratada de la derivacion del río Grande, obras de tierra y fábrica necesarias para la construccion de la esclusa de Corozal y sus depen- dencias, de la presa provisional de la Boca y del puente giratorio de Pedro Miguel; establecimiento de una vía férrea en la region com- prendida entre Corozal y la Boca para la explotacion de las canteras y el servicio de los trabajos de la esclusa.	16.000.000	31 Diciembre 1888

Total. 101.000.000

La compañía americana de dragados, antigua sociedad Huerne, Slaven et C.º, de cuyo contrato ampliado despues ya hemos hablado, es una empresa esencialmente americana con un capital de 2 millones de dollars y que ha ejecutado numerosos trabajos en su país. Mr. Jacob, contratista francés, ha llevado á cabo dragados importantísimos en Francia y en España, y construido varias líneas férreas en Italia.

La casa Barbaud, Vignaud, Blanleuil et C.º tambien ha construido muchos ferrocarriles, diversos canales y otras obras hidráulicas en Francia.

La sociedad anónima de obras públicas y construcciones, con un capital social de 3 millones de francos, ha tenido á su cargo la construccion de varios tranvías y un ferrocarril en Francia, y la línea del río Grande en el Brasil.

Mrs. Cutbill, De Lungo, Watson y Van Hattum, han tenido la contrata de muchas obras, entre las que se cuentan varios caminos de hierro en Venezuela y el Brasil y una parte del canal marítimo de Amsterdam. Esta compañía, que es la antigua anglo-holandesa que se había encargado de la ejecucion de una parte de la gran trinchera hasta la cota 50, ha ampliado su contrato á voluntad de la compañía del Canal, evitando así las dilaciones consiguientes al cambio de empresa para proseguir las obras.

Por último, Mrs. Baratoux, Letellier et Lillaz, han llevado á cabo en Francia la ejecucion de algunas vías férreas, diversas obras en el mar y un gran número de trabajos de importancia é índole distinta.

Hacemos estas indicaciones para dar á conocer la respetabilidad de las seis empresas y los poderosos medios de accion de que disponen, tanto por la práctica adquirida en numerosas obras de entidad, como por lo que en sí representan los recursos con que cuentan. De sus contratos, únicamente tenemos noticias exactas en lo que se refiere á la fecha de terminacion de las obras y á las garantías que han dado para su ejecucion, en las que por cierto se observa una gran falta de uniformidad de criterio, que tal vez se explique en los pliegos de condiciones que no conocemos: suprimimos, pues, comentarios que estarían faltos de base y damos á continuacion nota del importe de aquellas para cada contrata.

CONTRATAS.	Depósito primitivo. —	Cantidad reteni- da al efectuar los pagos 10 por 0%.	Total garantía. —
	Francos.	Francos.	Francos.
Sociedad americana de dragados . . .	500.000	300.000	800.000
Jacob	150.000	»	150.000
Barbaud, Vignaud et Blanleuil . . .	2.000.000	1.000.000	3.000.000
Sociedad de obras públicas y cons- trucciones	2.000.000	6.000.000	8.000.000
Cutbill, De Lungo, Watson y Van Hattum	1.200.000	»	1.200.000
Baratoux, Letellier et Lillaz	2.000.000	2.000.000	4.000.000

De los precios de las diversas unidades de obras, poco hemos podido averiguar: el malogrado contratista Mr. Lillaz (1) nos aseguró que la compañía les pagaba el metro cúbico de dragado á 0,95 de peso colombiano, ó sean 4,18 francos, calculando el peso al cambio corriente en el país de 4,40 francos, mientras que al contratista americano Slaven se le ha adjudicado la misma clase de obra en la vertiente del Atlántico á 1,50 francos solamente; extraordinaria diferencia que nos parece muy exagerada, aún teniendo en cuen-

(1) Falleció víctima del clima en el verano de 1886.

ta que los primeros se verifican en la rada de Panamá, transportando los productos á gran distancia en gánguiles de vapor, y los segundos se llevan á cabo en el interior del istmo depositando los sedimentos en las orillas con el auxilio de largos tubos conductores. Débese en justicia tener en cuenta que los gastos de desbroce y preparacion del terreno, así como los de construcion de caballeros para contener los sangos depositados, aumentan el precio de la obra hecha por la casa Slaven en un tercio, haciendo subir la unidad á 2 francos. Los dragados de la derivacion del Chagres, cercana á Gatun, se contrataron á 2,50 francos el metro cúbico.

El precio medio de las excavaciones en seco nos aseguraron tambien que variaba de 1,50 á 2 pesos el metro cúbico, ó sea de 6,60 á 8,80 francos: en la seccion de la Culebra resulta por el contrato á 8 francos, siendo de suponer que varíe el precio con la naturaleza del terreno y que se haya hecho una clasificacion que sirva de fundamento á las valoraciones de la obra ejecutada, por cuya razon y no conociéndola, no prestamos entero crédito á los datos que con alguna dificultad, sin comprender la causa, pudimos adquirir sobre el terreno.

A excepcion de las dragas que utiliza la compañia Slaven y de las 30 nuevas excavadoras que han comenzado á adquirir, segun se nos indicó, los contratistas de la seccion de la Culebra, todo el material empleado en el istmo pertenece á la compañia del Canal, que lo facilita á las diversas empresas mediante el pago de un alquiler especificado en los contratos, que por término medio es de 7 por 100 de su valor, quedando tambien á cargo de aquella propietaria el montaje y las grandes reparaciones que haya que hacer en él.

Parece por lo que acabamos de decir y por los buenos propósitos que repetidamente ha hecho la compañia, que las seis importantes casas constructoras que hemos indicado son las únicas que realizan en la actualidad las obras; pero no es así, pues independientemente de algunos trabajos que por su naturaleza se prestan mejor á que se ejecuten por administracion, se cuentan lo menos otros 22 contratistas, pudiendo citarse como unos de los principales entre éstos á Mrs. Artigue y Sonderegger, encargados de las excavaciones entre los kilómetros 23,465 y 25,900, los cuales comprenden un volú-

men aproximado de 1.400.000 metros cúbicos. La fecha de su terminacion está subordinada á la premura con que se le facilite por la compañia el material necesario. Otros contratistas tienen á su cargo los movimientos de tierras precisas para las derivaciones, y el resto ciertas obras especiales, entre las que se cuentan la desviacion del ferrocarril, la dársena que cerca de la loma del Mono ha de construirse para reparaciones, la carretera de Panamá á la Boca y otros mil trabajos de menor entidad.

Esto bien á las claras indica que aún no se ha llegado á dar al trabajo la organizacion hacia que tendia la compañia al distribuir la mayor parte de las obras entre un corto número de grandes empresas; ni se llegará tampoco miéntras no desaparezcan esa numerosa pléyade de contratistas, que incrustados, por decirlo así, algunos de ellos en las zonas en que operan aquéllas, han de entorpecer con su presencia los trabajos en muchos casos, y en todos han de dar origen á los inconvenientes que una larga y fatal experiencia ha puesto de manifiesto. Dícese que varias de ellos terminan pronto sus tareas, pero todavía quedarán un gran número y en casi nada variarán las circunstancias. No dudamos que la compañia ha de procurar cuanto ántes posible reducir el número de contratas al extictamente indispensable y así nos lo manifiesta su presidente director Mr. de Lesseps en carta que tenemos á la vista; pero es muy sensible que en una obra de tal importancia, en donde el primer elemento de éxito es una buena organizacion de los trabajos, se haya incurrido en tantos y tan repetidos errores.

No queremos pasar por alto que á mediados de 1886, la sociedad anglo-holandesa encargada de la sección de la Culebra, se unió á los contratistas franceses Mrs. Artigue y Sonderegger, que ántes hemos citado, para ejecutar su trabajo, modificacion que ocasionó algun retraso en las obras por la nueva organizacion que hubo que darles, pero que en nada alteró, segun creemos, el contrato primitivo con la compañia.

Digamos ahora algunas palabras sobre la organizacion directiva y administrativa en el istmo, tal como se halla establecida en la actualidad, pues las variaciones que ha ido experimentando la primitiva que ántes expusimos, á medida que el estado de las obras lo ha requerido, no son de gran interés.

Todos los trabajos técnicos y de administracion se hallan divididos en

oncse negociados, seis de ellos encargados de la parte burocrática y los cinco restantes de la ejecutiva, recibiendo unos y otros el nombre de divisiones, y á las órdenes todos del director, jefe superior y representante de la compañía.

Las divisiones ó negociados son:

Divisiones burocráticas.

- 1.^a Secretaría y asuntos generales.
- 2.^a Oficinas técnicas.
- 3.^a Contabilidad general y cajas.
- 4.^a Material y suministros.
- 5.^a Talleres.
- 6.^a Transportes y operaciones marítimas.

Divisiones de ejecucion.

Divisiones.	Trayecto que comprenden.	Secciones en que se hallan divididas.	Contratistas principales.
1. ^a , de Colón . . .	Desde Colón hasta el kilómetro 26,350.	Cristophe Colomb. Gatun. Bohio Soldado.	Slaven et C. ^a , Jacob.
2. ^a , de Gorgona . . .	Desde el kilómetro 26,350 al kilómetro 44,000. . . .	Tabernilla. San Pablo. Gorgona.	Barbaud, Vignaudet Blanleuil.
3. ^a , de Emperador . . .	Desde el kilómetro 44,000 al kilómetro 53,600. . . .	Matachin. Obispo. Emperador.	Sociedad de obras públicas y construcciones.
4. ^a , de Culebra . . .	Desde el kilómetro 53,600 al kilómetro 55,400. . . .	Culebra.	Sociedad anglo-holandesa.
5. ^a , de Panamá . . .	Desde el kilómetro 55,400 al fin.	Paraiso. Corozal. La Roca. Panamá.	Baratoux, Letellier et Lillaz.

En la sección de Panamá están comprendidos los hospitales y los inmuebles.

Al frente de cada una de las divisiones burocráticas se halla un jefe del servicio, y un ingeniero está encargado de cada una de las de ejecución para inspeccionar los trabajos que hacen los contratistas y dirigir los que se ejecutan por administración, estando á sus órdenes todos los jefes de las secciones que comprende la división respectiva.

Arduo problema ha sido el del reclutamiento del personal necesario, compuesto de ingenieros, jefes de los servicios administrativos, médicos, ayudantes y demás empleados, y de un verdadero ejército de obreros en un país de escasísima población, desprovisto de cuanto hace la vida fácil y agradable, donde la menor imprudencia ó el más pequeño olvido del régimen adecuado puede pagarse con la muerte y al cual había valido una fúnebre reputación la construcción del ferrocarril de Panamá. En su principio, gran parte del que se reunió estaba compuesto de aventureros y de gente que desconocían por completo los trabajos en que habían de ocuparse, lo cual, como es de suponer, daba origen á desplorables consecuencias, pero poco á poco se ha ido depurando y aún cuando mucho queda que hacer en este sentido, se ha entrado de lleno en el buen camino, y en él con perseverancia se llegará al fin apetecido.

Una parte del personal existente ha trabajado ya en comarcas lejanas, en el istmo de Suez, en el Senegal y en varios países de América, circunstancia que también concurre en el que han llevado allí las empresas recientemente encargadas de las obras y que es tanto más de aplaudir cuanto que representa ese solo hecho una garantía de buen éxito por la inamobilidad en que se traduce.

Los empleados al servicio de la compañía son de dos clases, de plantilla y temporeros: los primeros son aquellos á quienes se les asigna un sueldo fijo, se les conceden licencias regulares con gastos de viaje y se les indemniza en caso de no ser necesarios sus servicios; los temporeros, por el contrario, son los que se toman en el país mismo, sin compromiso alguno y á los que se les puede despedir sin abono de perjuicios.

El personal de la compañía se componía en fin de febrero de 1886, de

670 europeos, de ellos 318 de plantilla y 352 temporeros: de los primeros, eran franceses 278 y de los segundos 252, de manera que en total había 530 de esta nacionalidad, siendo de otras muy varias todos los demás, entre los que había algunos, aunque pocos, españoles. El sueldo medio mensual de los de plantilla es de 236,18 pesos colombianos, ó sean 1039 francos, y el de los temporeros 125,51 pesos, ó 562 francos próximamente, resultando una media general de 180,82 pesos ó 795 francos.

El número de obreros empleados en el istmo en enero de 1886, fué por término medio de 14605, de los que 10194 estaban al servicio de los contratistas y 4411 al de la compañía, comprendiendo en este número 1043 que se hallaban ocupados en los talleres. Las secciones en que los contratistas tenían reunidos más brazos eran: la Culebra, en que trabajaban 1899 hombres; Emperador, en que había 1991; Obispo, 1029, y Colon, 1052. Los obreros de la compañía están dedicados en Cristóbal Colón y en Gatún al servicio de las oficinas y de los almacenes, á la conservación de las dragas, gánguiles y embarcaciones de servicio; á la descarga y demás operaciones del puerto, y en fin, á la conservación y policía de los campamentos y á algunos trabajos preparatorios; en las demás secciones están encargados del servicio de las oficinas, de la conservación de las embarcaciones, vías de comunicación y campamentos y de todas las operaciones técnicas, replanteos y levantamiento de planos y perfiles.

Pocos obreros han podido encontrarse en la comarca: los indígenas han servido principalmente para la apertura de trochas y para la tala y desbroce del bosque, operaciones que ejecutan con suma destreza; los cartageneros de Indias, más fuertes y trabajadores, tienen la misma habilidad y se han podido habituar á la ejecución de las obras de tierra, especialmente cuando las máquinas realizan el trabajo principal.

No pudiendo reunir de estas procedencias mas que un exiguo número de operarios, ha sido preciso desde el comienzo de las obras hacerlos venir de puntos más lejanos, atraídos por la promesa de jornales subidos: hé aquí el número de ellos, negros en su mayoría, importados en todo el año 1885, con expresión de su origen:

De Jamaica	9005
» Barbadas.	1344
» Martinica.	800
» Nueva-Orleans.	542
» Santa Lucía.	495
» Cuba.	275
» Venezuela.	272
» Cartagena de Indias.	142
<i>Total.</i>	<i>12.875</i>

Como se vé, Jamáica y las Barbadas son los países que dan mayor contingente de obreros, los cuales son robustos y están muy habituados al trabajo, así es que pueden dedicarse á toda clase de faenas, siendo los de aquella primera isla los que se consideran como mejores entre todos los que van, y los peores los colombianos, entre otras causas por su carácter levantisco.

A pesar de esta diversidad de nacionalidades no son frecuentes las revueltas y riñas: para cortarlas y reprimirlas cuando ocurren, ha organizado la compañía un servicio de policía que asegura el orden y la limpieza en los campamentos.

La libertad de cultos es completa en el istmo, pero casi es nula la observancia de ninguna religión.

El jornal de los obreros en los movimientos de tierra es por término medio de peso y medio colombiano ó sean 6,60 francos; los que tienen un oficio, carpintero, mecánico, etc., ganan con relación á su habilidad de 2 á 2,50 pesos diarios; pero algunos contratistas pagan el trabajo á destajo y entonces llegan los primeros hasta sacar 3 pesos diarios.

Para los dragados de la rada de Panamá, se encuentran en las dotaciones de las dragas y embarcaciones menores gran número de griegos é italianos, que hicieron su aprendizaje en esta clase de trabajo en la rectificación del Danubio, ejecutada por los contratistas Couvreux y Hersent. Los jornales que gana la tripulación de cada draga marina y de los gánguiles de vapor (que damos como ejemplo de lo que se pagan allí estos servicios) son los siguientes:

DRAGA MARINA.

	Pesos diarios
1 jefe de dragados	6
1 subjefe	5
1 maquinista-jefe	8
2 id. subalterños á 5 pesos.	10
2 fogoneros á 4 id.	8
10 marineros á 3 id.	30

Total. 67

Igual franco. . . . 294,80

GANGUIL DE VAPOR.

	Pesos diarios
1 capitán	6
2 maquinistas á 5 pesos. . .	10
2 fogoneros á 4 id.	8
10 marineros á 3 id.	30
1 piloto á 5 id.	5

Total. 59

Igual franco. . . . 259,60

Las horas de trabajo al día son diez: de 6 á 11 de la mañana y de 1 á 6 de la tarde, á excepcion de los domingos, dedicados únicamente á algunas reparaciones del material. Los pagos se efectúan por quincenas, en moneda colombiana, descontándose á cada obrero la parte correspondiente al tiempo que por falta voluntaria, por enfermedad ó por alguna circunstancia ó accidente del tiempo que haya obligado á suspender las obras, ha dejado de trabajar. Efectuándose esta operacion los domingos, es casi costumbre general que los obreros no vuelvan al trabajo hasta el mártes siguiente.

No se ha establecido en el istmo ninguna caja de ahorros, así es que el dinero sobrante despues de pagadas las deudas contraídas en los quince dias transcurridos desde el último pago, vá á parar á las tiendas de bebidas espirituosas. El gobierno de Jamaica ha remediado en lo que le ha sido posible esta omision, encargándose de recibir y trasmisitir á sus familias las economías que logran reunir sus naturales, asegurándosenos que son en gran número los que aprovechan tan sencillo medio de giro para enviar á su país los no muy abundantes ahorros que de los jornales que cobran les permite realizar la carestía de la vida en el istmo. Esto ha contribuido tambien en gran manera á popularizar entre ellos las obras del Canal y á facilitar el reclutamiento de trabajadores entre sus compatriotas, con tanto mas motivo cuanto que el jornal que ganan en las plantaciones de Jamaica es solamente de un chelin.

La mayor parte de los trabajadores se alojan por grupos de 30, en barracones construidos por la compañía ó por los contratistas, que se les facilitan gratuitamente, siendo de su cuenta la alimentacion. La compañía no tiene

ahora establecidas cantinas, pero ha construido los locales en que se hallan instaladas en varias secciones y los ha arrendado á los dueños de los establecimientos que los explotan, con la condicion de que el precio que lleven á los empleados de distintas categorías y á los obreros por su manutencion, no exceda de los marcados en una tarifa especial, habiendo además de esto provision abundante en el istmo de todos los artículos necesarios á la vida, así es, que cualquiera puede allí satisfacer sus gustos según su nacionalidad y costumbres. Los chinos han monopolizado casi por completo la venta de productos alimenticios al por menor, á la que tambien se hallan dedicados bastantes alemanes é italianos, pero predominan tanto en número aquéllos, que puede asegurarse no bajan de 6000 los hijos del Celeste imperio que se hallan establecidos en Panamá, Colón y demás centros de poblacion, ocupados únicamente en el comercio, realizando muy buenas ganancias é inspirando tal confianza á los negros, que muchos les hacen depositarios de sus economías. La experiencia adquirida en la construccion del ferrocarril de Panamá, ha hecho en cambio que para la del Canal no haya querido recurrirse al trabajo de los chinos.

Los muchísimos comerciantes de todas clases y procedentes de todos los países que, en virtud de la libertad de comercio y franquicia de los puertos extremos estipuladas por el convenio celebrado con el gobierno de Colombia, parece que debian ser una garantía de que los artículos de consumo diario no adquiriesen precios fabulosos, mas se ponen de acuerdo entre sí, y con el afan de lucro consiguen que se mantengan lo suficientemente elevados para que en una mala alimentacion consuman los obreros casi todo su jornal (1),

(1)	La libra de patatas cuesta.....	0,50 francos
	Un pan de 350 gramos.....	0,50 »
	La libra de carne de vaca.....	2,50 »
	La id. de id. de carnero.....	4,00 »
	La docena de huevos.....	5,00 »
	Dos cebollas.....	0,50 »
	Un pollo.....	7,00 »
	Un conejo.....	10,00 »
	El lavado de una camisa.....	2,50 »
	El id. de un par de calcetines.....	0,25 »
	El id. de un pañuelo.....	0,25 »

y así todo lo demás.

así es, que la compañía, que cada vez tiene más facilidades para dedicarse á nuevas atenciones, organizando como van estando los demás servicios, debía pensar en el establecimiento de uno nuevo de alimentacion de los operarios, ó facilitar la formacion de una sociedad cooperativa, que redundará en beneficio de sus empleados y hasta en el suyo propio, puesto que podría rebajar algunos sueldos altos.

Entremos ahora en el exámen de todas las edificaciones que la compañía ha hecho construir ó reparar para establecer en ellas las oficinas, alojamientos de empleados y obreros, talleres, almacenes, estaciones meteorológicas, etc.

Ya hemos dicho que para establecer la administracion central en el istmo adquirió por la suma de un millon de francos próximamente el Gran hotel de Panamá, vasto edificio aislado, cuya disposicion interior, que permitía á los viajeros gozar del aire y del espacio suficientes tan necesarios en aquel clima, podía adaptarse sin grandes cambios á las necesidades de su nuevo destino. En el piso bajo se dejaron á los empleados para que pudieran fundar un círculo de recreo, el local que ántes estaba destinado á café y que había sido tambien el centro de reunion y de negocios de los comerciantes y personas notables de la ciudad, el comedor, las cocinas y demás accesorios indispensables; en el primer piso se instaló el servicio de los trabajos, destinándose el gran salon para oficina técnica, las piezas laterales para despachos del director general y de otros jefes, y los demás cuartos distribuidos según era preciso, para oficinas de contabilidad, sondeos, arquitectura, archivo, etcétera; en el segundo piso, cuya disposicion es casi la misma, á excepcion del gran salon, se estableció el servicio de la agencia superior, el sanitario, las oficinas de lo contencioso y algunas otras de menor importancia; y por ultimo, en el piso superior se han habilitado algunas habitaciones para el personal encargado del cuidado y limpieza del edificio.

Es indudable que el antiguo Gran hotel, por su disposicion simétrica y sus fáciles comunicaciones interiores, responde al objeto para que lo adquirió la compañía, pero no puede negarse que el precio á que se pagó fué exageradamente caro, y que de extensión suficiente por ahora es probable no baste cuando más adelante, por el desarrollo que han de tomar las obras, haya que ensanchar las oficinas y llevar algunas á otros edificios, dispersando de

nuevo los servicios. Su situación en el punto más céntrico de la población es motivo de que todos los empleados tengan que vivir en los barrios próximos, en que los alquileres son carísimos, si no quieren tener que exponer su salud recorriendo varias veces al día distancias largas, muy penosas y perjudiciales en clima tan cálido. Para indemnizarles en parte de este gasto, la compañía abona á cada uno de sus empleados á quienes no dá casa, una gratificación que varía del 12 al 25 por 100 de su sueldo, según la categoría y familia que tiene; pero este abono, además de que no suele bastar, está muy mal entendido, pues tomando para nuestros cálculos un término medio de 15 por 100 y un valor para el sueldo de 12.000 francos, resulta que aquél asciende á 1800 francos anuales, y aceptando que la duración de las obras como dice la empresa sea de ocho años, plazo inferior al que realmente tendrán, cada empleado costará 14.400 francos por concepto de casa, miéntras que la construcción de un edificio conveniente y propio en la zona suburbana, si en esta hubiesen estado también las oficinas, hubiese costado la mitad de esta suma, y mucho menos de la mitad de lo que costó el Gran hotel otro edificio central y desahogado para la administración, quedando después uno y otros como propiedades inmuebles de la compañía, con valor real y efectivo y constituyendo un barrio alegre é higiénico.

Ya hemos indicado dónde se alojaban en Colón los empleados de la compañía del Canal que por las atenciones de sus cargos tienen que residir en aquella ciudad, en tanto que no se terminaron las casas que con este objeto se estaban edificando en Christophe Colomb. Estas se elevaron á lo largo de la parte curva del terraplen del lado del mar, hallándose dispuestas en dos filas, de tal modo que cada casa de una de ellas está situada enfrente del espacio que separa dos de la otra, con lo que se consigue que la brisa del Océano bañe por igual á todas ellas. En las dos calles que forman, de 15 metros de anchura cada una, se han plantado dos filas de palmeras y se las ha dotado de cunetas laterales para el curso de las aguas de lluvia y de otras tajeras para las domésticas y fecales: de aquéllas, la exterior limitada en uno de sus lados por la coronación de la escollera que protege el terraplen, forma un agradable paseo á orillas del mar; y la comprendida entre las casas, que se la conoce con el nombre de Charles Lesseps, en recuerdo de la visita que el hijo

del presidente de la compañía hizo al istmo en 1883, es de muy pintoresca apariencia, pareciendo imposible que una y otra con abundante dotacion de agua que circula por cañerías y se recoge en fuentes públicas y con la limpieza é higiene de que en ellas se hace gala, estén tan próximas al inmundo barrio, centro primitivo de la ciudad de Colón.

Las casas en tan bello barrio son de tres tipos para 1, 2 ó 4 empleados: las más pequeñas, de un solo piso, comprenden dos piezas, una cocina y un colgadizo ó sotechado al frente; el segundo tipo, formado de dos casas como las anteriores adosadas, ocupa una extension superficial de 12,38 metros de largo por 8,44 metros de ancho, en el que está comprendido el sotechado ó galería del frente, al que se le ha dado 2,44 metros de anchura, siendo las dimensiones de las piezas principales 3×4 metros; las del tercer tipo son las mismas que las del segundo, con un piso superior de análoga distribucion, semejanza que es muy cómoda pues permite aumentar á voluntad el número de piezas de una vivienda, asignándole dos, cuatro ó ocho de éstas según la categoría ó familia de los empleados. Las casas son de madera y las cubiertas de fieltró con una ligera capa de arena, materiales que en aquel clima son preferibles al zinc, que es el usado exclusivamente en las de Colón; la construccion se levanta sobre pilares de ladrillo ó pilotes de un metro de altura para evitar los perniciosos efectos de la humedad y la absorcion de los miasmas del suelo, y para facilitar á la vez la ventilacion del espacio que ocupan.

Cerca de la extremidad del terraplen, á continuacion de las casas de los empleados y de otras semejantes destinadas á oficinas, se han construido dos grandes chalets, tambien de madera, convenientemente dispuestos para que la brisa del mar los refresque y ventile, á los que se ha dado el nombre de *La Residencia* y el destino de alojar á Mr. Lesseps y alto personal de la compañía cuando visita las obras, y de ordinario á la administracion general de aquélla, ingenieros y empleados superiores de la misma. Su coste se nos ha asegurado ascendió á 80.000 pesos, suma cuantiosa que nos parece algo exagerada, pero que aunque así sea y el importe de tales construcciones haya sido solo de 50 ó 60.000 pesos, no nos parece prudente se hayan invertido en edificios tan lujosos, de muy dudosa utilidad y de necesidad completamente nula.

Delante de ellos, en la punta del terraplen que se prolonga para formar la boca del Canal y ocupando el centro de un precioso jardín á la inglesa, se levanta sobre un pedestal un grupo en bronce formado por Cristóbal Colón presentando al viejo mundo á la joven América, representada por una graciosa india de formas muy correctas (1).

Un gran número de construcciones de madera, convenientemente separadas para evitar la propagación de un incendio, se han levantado además en el terraplen, resintiéndose sin embargo en su distribución de la falta de un plan de conjunto, lo que sin duda es debido á que se han ido estableciendo á medida que lo han exigido las necesidades del servicio que llenan, y al mismo tiempo que avanzaba la formación del terraplen que las sustenta. De entre estas instalaciones citaremos los almacenes, en los que se encuentran en gran cantidad todos los pertrechos necesarios y las piezas de repuesto, los talleres de que luego hablarémos y las que para la guarda y material tiene el bien organizado servicio de incendios, que dispone de bombas de vapor americanas de los mejores modelos y de un cuerpo de bomberos que forma parte del que se destina á la vigilancia y seguridad del barrio.

En toda la zona que atraviesa el Canal se han construido también muchos edificios para el alojamiento de los empleados y obreros, en sitios elegidos convenientemente, teniendo en cuenta la salubridad, la proximidad á las obras y á la línea férrea, y la fácil ventilación. Las casas que se destinan á los empleados y oficinas son de madera de variados tipos, con uno ó dos pisos descansando sobre pilotes, y con anchos sotachados y espaciosas galerías cubiertas que las rodean, para que preservando á las habitaciones interiores de los ardores del sol, ofrezcan á la caída de la tarde puntos de agradable estancia, en donde apenas se dispone de otro entretenimiento que el tra-

(1) Este grupo, regalado en 1860 á los Estados Unidos de Colombia, que presidía el general Mosquera, por la entonces emperatriz de los franceses Eugenia, en recuerdo de que su padre, el conde del Montijo, era descendiente directo de uno de los compañeros de Hernán Cortés y que la bahía de Naos fué el primer fondeadero de Colón en el continente, fué construido por un famoso escultor milanés, y permaneció muchos años casi enterrado en el fango, hasta que un decreto reciente del gobierno colombiano autorizó su erección en el sitio que hoy ocupa, donde se halla desde el 21 de febrero de 1886, en cuyo día se inauguró el monumento con la mayor solemnidad por el conde de Lesseps.

bajo. Con el mismo objeto, pequeños jardines, algunos muy bien cuidados y con multitud de flores y abundancia de plátanos, cocoteros y palmas, se han establecido en la parte anterior de muchas de aquellas, dándoles el aspecto de quintas de recreo.

Las poblaciones de obreros ya hemos dicho que están formadas de barracones de un solo piso de madera y modelo uniforme, pintados de azul ó de gris, elevados del suelo por pilares de ladrillo de 0,75 á 1 metro de altura, con cubiertas metálicas, muy inconvenientes en aquel clima, pues los convierte en verdaderos hornos, y cuya adopción sólo se explica por la economía con que dichos barracones se adquieren en los Estados Unidos de Norte América y por que los ocupan negros que de Jamáica y la Barbada vienen acostumbrados á habitar en sitios bastante peores, pero ni la segunda razón es moral, ni la primera se aviene con los gastos que se hacen en muchas otras cosas. El mobiliario se compone de cuatro filas de tarimas ó camastros, una contra cada pared longitudinal y dos en el centro con las cabeceras en contacto, los cofres y baules, propiedad de los que los habitan y un pequeño número de utensilios indispensables. Un pasillo en cada extremo y otro en el medio en correspondencia con seis puertas, aseguran la fácil circulación de los 30 ó 32 individuos á que está destinada cada vivienda, resultando bastante bien ventilada y estando generalmente limpia. Para facilitar el curso de las aguas pluviales y las de limpieza, se han abierto en todos los campamentos una red de cunetas bien entendida que evitan los estancamientos próximos á las habitaciones, y son por consiguiente verdaderos elementos de salubridad.

Por lo que acabamos de decir, bien se comprende que cada campamento y muy especialmente los que se hallan próximos á un gran centro de trabajo, constituye una verdadera población provista de cuanto exige toda aglomeración de individuos, no faltando en alguno de ellos, como por ejemplo el de Gorgona, una iglesia católica y su templo protestante, y en otros, como el de Bohio Soldado, un circo para espectáculos públicos. En cambio, y esto es bien sensible, el agua con que se cuenta en la mayoría de ellos para todos los usos es escasa y mala, pues procede de pozos ó de la recogida, no en buenas condiciones, de la de lluvia. La que se usa para la alimentación de las máquinas en los puntos de ataque de las obras y que se almacena en grandes

depósitos de palastro es de la misma procedencia ó de los ríos en los sitios en que los hay y es posible su elevación con bombas ordinarias.

El taller, que segun ya dijimos se instaló en Colón en un principio, fué pronto insuficiente para el servicio, por lo que la compañía pensó en la construcción de uno solo de grandes dimensiones para el montaje y la reparación del material, pensando primero establecerlo en la misma ciudad; pero por un lado su insalubridad en ciertas épocas del año y por otra el encontrarse hacia el centro del istmo la región en que han de emplearse mayor número de aparatos, fueron causas bastantes para que se considerase preferible la creación de tres talleres principales, dos en Colón y en La Boca, como extremidades del Canal, y el tercero, el más vasto y completo, en Matachín bajo hacia el medio del mismo. De esta manera se evitan los transportes de la maquinaria armada á grandes distancias, y en el caso de que una epidemia obligára á evacuar temporalmente uno de los talleres, siempre podría disponerse de otros dos para proseguir los trabajos.

Los talleres de Colón establecidos en el terraplén se componen:

1.^º De un taller central de 962,50 metros cuadrados de superficie, provisto de los útiles necesarios para el ajuste y las reparaciones de máquinas. En él trabajan 49 operarios.

2.^º De un taller de montaje, llamado del Folk's river, de 1536 metros cuadrados de superficie, con grúas, tornos, forjas, locomóviles y las máquinas útiles necesarias. Ocupa 164 operarios, de los que 30 son mecánicos, y en él se habían montado en el trimestre anterior á nuestra visita 4 locomotoras y y reparado 11, además de 80 vagones de transportes, algunas grúas y otros aparatos.

3.^º De un taller de material flotante, destinado especialmente como su nombre lo indica, á la reparación de las dragas, gánguiles y demás embarcaciones y aparatos flotantes. Su superficie es de 1300 metros cuadrados y emplea 100 obreros.

4.^º De un depósito de locomotoras, de 600 metros cuadrados de superficie.

5.^º De un gran aserradero mecánico, de 1600 metros cuadrados, en el que se ocupan 21 operarios.

Y 6.^º De un taller de construcción de bloques artificiales de hormigón.

Los talleres de Matachin bajo están constituidos por:

1.^º Un taller central de 1350 metros cuadrados de superficie, que dispone de una fuerza de 50 caballos-vapor, en el que se habían montado en el último trimestre 8 locomotoras, además de haberse hecho algunas otras reparaciones y trabajos.

2.^º Un taller de montaje y modelos, de 435 metros cuadros de superficie, en el que trabajan 35 hombres, de los que 19 son carpinteros.

3.^º Una fundición, de 390 metros cuadrados de superficie, que produce mensualmente unas 6 toneladas de hierro fundido y 100 kilogramos de bronce. En ella pueden fundirse piezas hasta de 15 toneladas de peso, y su instalación permite obtener el triple de su producto actual. Los operarios son en número de 12.

4.^º Un gran tinglado para el montaje de locomotoras y vagones, de 975 metros cuadrados de superficie, en el que se ocupan 55 obreros. Durante el último trimestre de 1886, se han reparado 13 locomotoras franco-belgas y americanas, 210 vagones de transporte y 2 grúas, y montado 8 locomotoras, 250 vagones y 6 grúas. En caso de necesidad pueden montarse de 1000 á 1500 vagones por trimestre.

5.^º Un depósito de locomotoras, de 970 metros cuadrados.

6.^º Un tinglado para combustibles.

En estos talleres se han llegado á reunir 350 obreros.

Anexos á ellos, lo mismo que á los de Colón, se encuentran grandes almacenes provistos de no escasa cantidad de materiales y piezas de recambio.

Los talleres de la Boca, que son los más pequeños, tienen un carácter mucho más especial y están principalmente destinados al montaje y reparación de las dragas y del material á su servicio. Se componen:

1.^º De un taller central de 600 metros cuadrados de superficie, en el que se ocupan 51 operarios y se dispone de un motor de 25 caballos.

2.^º De un taller de carpintería, de 120 metros cuadrados de superficie, en el que trabajan 7 hombres.

3.^º De un taller de montaje de la maquinaria de las dragas, con 19 obreros.

4.^º De un taller de montaje de los pontones de las dragas, comprendiendo

dos gradas, divididas por las filas de apoyos de las armaduras en seis partes de 12,5 metros de ancho cada una, por 45 metros de largo. Este taller ocupa 325 obreros y en él se estaban armando 4 dragas cuando lo visitamos.

Los tres grupos de talleres están puestos en comunicacion por medio de ramales, con la linea férrea de Panamá.

Con objeto de proceder rápidamente y sin grandes gastos de transporte á las reparaciones ligeras, ha decidido la compañía establecer además otros nueve talleres de sección, de reducidas dimensiones; de ellos, cuatro están ya funcionando en Bohio Soldado, Gorgona, Emperador y Culebra, otro en construccion en Tabernilla y los cuatro restantes, sin instalar aún, se propone establecerlos en San Pablo, Obispo, Paraíso y Corozal. Su construcción ni su maquinaria tienen nada de notable, por lo que excusamos entrar en sus detalles.

Para terminar con las instalaciones fijas, por decirlo así, del istmo, sólo nos resta hablar de las estaciones meteorológicas, ya que á los hospitales les hemos dedicado un capítulo aparte. Aquellas son tres, situadas, la primera en las costas del Atlántico, en Colón; la segunda en Gamboa, próxima al río Chagres, y la tercera en la isla de Naos, en la rada de Panamá. Las tres cuentan con los aparatos necesarios para hacer toda clase de observaciones meteorológicas, á los que se han agregado en las marítimas mareógrafos, cuyas indicaciones son de gran utilidad para proyectar con conocimiento de causa las obras que han de ejecutarse, y para resolver en definitiva el importante problema de la necesidad ó inutilidad de la esclusa de marea del lado del Pacífico.

En el observatorio de Gamboa, situado en la orilla izquierda del río á 30 metros sobre el nivel del mar, se halla establecido un fluviógrafo, que dá á conocer las fluctuaciones del nivel del Chagres, precisamente en la proximidad del sitio en que se ha proyectado la presa, y por consiguiente en el lugar más importante para determinar las avenidas ántes de decidir la construcción de tan colosal obra. En otra estación de menor importancia establecida en Bohio Soldado, se anotan tambien las variaciones del nivel del río, cuyas indicaciones, unidas á las del fluviógrafo de Gamboa, sirven para fijar el régimen de corriente de tan variable caudal. Al servicio de cada estación se en-

cuentra el personal necesario, que constantemente anota las observaciones que hace, de las que hemos dado en el capítulo III, un resumen correspondiente al año 1885. Por este medio se ha llegado á un conocimiento bastante completo del clima, mareas y demás datos tan indispensables en una obra de la índole del Canal.

Concluirémos con las edificaciones construidas en el istmo, indicando que su número asciende á más de 2000, comprendidas las poblaciones, las casas de los empleados y de la administracion, los hospitales, talleres y almacenes, y que el espacio cubierto por todas ellas es de 224.865 metros cuadrados.

Vámos á entrar ahora á examinar la manera cómo se llevan á cabo los trabajos, cuál es su organizacion y el estado en que se encuentran, para cuyo estudio recorrerémos el trazado del Canal á partir de Colón, deteniéndonos en cada una de sus secciones.

SECCION DE CHRISTOPHE COLOMB. *Longitud 4760 metros.*—En esta sección se han realizado ó están en vías de ejecucion tres obras principales, además de otras accesorias de que luego hablarémos. Aquellas son: el terraplen tantas veces mencionado; la excavacion del puerto nuevo de Colón y de un trozo del Canal marítimo, que mide una longitud de 4760 metros, y la apertura de una parte del de derivacion de la orilla izquierda del interoceánico, suponiendo el origen de éste en el Atlántico.

El terraplen, en el que hasta ahora se han invertido 236.000 metros cúbicos de tierra, ocupa una superficie de 30 hectáreas próximamente, ganadas parte á un suelo muy bajo y pantanoso, y parte al mar hasta profundidades de 8 metros. La extencion principal se halla terminada, pero aún se continua terraplenando en algunos sitios.

Con detalles hemos ya hablado del objeto de esta obra y del espigón con que termina, así como de los materiales que han entrado en su construcción; tambien hemos mencionado los numerosos edificios sobre él levantados y sólo nos falta decir que se han establecido diversas vías férreas, que ponen en comunicacion los talleres, almacenes y demás instalaciones, tanto entre sí como con el ferrocarril, el muelle de Colón número 5 y los dos de madera situados en el lado interior del espigón. Estos últimos han sido construidos por la compañía para el desembarque del material y carbones, y con el ob-

jeto de que puedan atracar á ellos grandes buques, se ha dragado el fondo en su proximidad hasta obtener un calado de 9 metros.

Todas las excavaciones nacessarias para la formacion del nuevo puerto de Colon y para la apertura del trozo del Canal marítimo correspondiente á esta seccion, pueden ejecutarse por medio de dragas, auxiliadas por explosibles para disgregar las rocas sumergidas que se encuentran en algunos puntos. Como queda indicado dos contratistas, Slaven y Jaccob, han tomado á su cargo estos trabajos, lo que no está exento de inconvenientes, pues teniendo que operar en la misma zona, pueden originarse dificultades en la práctica: corresponde á la primera la excavacion completa del Canal áun á lo largo del futuro puerto, y por consiguiente la mayor parte del trabajo, y á la segunda los demás dragados necesarios para formar aquél y cuantos no puedan realizarse con el material de que aquélla dispone, tanto en la entrada del Canal expuesta á la accion de la marejada como en el interior, en que no pueda emplearse el de Slaven por ser muy voluminoso. Dos dragas del tipo Hércules, propiedad de este último contratista, operaban en esta seccion en la época de nuestra visita, de las que una pasó en el mes de junio siguiente (de 1886) á la sección de Gatun, y la otra entró en reparacion, en la que se invirtieron tres meses, sin que en todo este período ejecutase trabajo ninguno en la primera sección la contrata americana.

Para el servicio de estas dragas se emplean, según las circunstancias, gánguiles ó bien se usa el largo tubo conductor que llevan, por medio del que se depositan los sedimentos en las orillas formando los malecones de defensa.

El contratista Jacob usa material propiedad de la compañía, compuesto en esta sección de una draga marina de 250 caballos, otra fluvial de 180 y dos de las primitivas de 60, d' las que tan solo trabaja una miéntras que la otra se repara; además cuenta con algunos desembarcaderos flotantes, tubos conductores, gánguiles de vapor y ordinarios, aquéllos para verter las tierras mar adentro, fuera de la accion de la corriente, y éstos para su transporte á menores distancias, según los casos.

Si bien el puerto nuevo de Colon ha de tener 2500 metros de longitud por 500 de anchura, según se vé en la lámina correspondiente, en la actualidad sólo se trata de excavar un cauce en toda su longitud, cuya orilla dere-

cha sea la definitiva del puerto y que se enlace con el Canal propiamente dicho.

Los trabajos hasta fin de 1886 ejecutados, permiten la navegacion desde la bahía de Limón hasta el kilómetro 4,600; la anchura de la zona dragada al nivel del agua es en la entrada del futuro puerto de 200 metros, reduciéndose poco más adelante á unos 80 y variando de 40 á 45, anchura definitiva, en parte del puerto y en el trozo del Canal que comprende esta sección. La profundidad alcanzada, muy variable, es por término medio de 6 metros en la zona correspondiente al puerto, llegando en algunos puntos á 7 y aun á 9: en el Canal propiamente dicho, es en su mayor parte de 4, pero tambien se encuentran trozos dragados á 5 y 6 metros. En el río Folk y en la porción de la bahía de Limón en que desemboca, se han efectuado dragados, despues de haber formado un ancho canal en el medio, para lograr la profundidad de 9 metros, conseguida en bastante extensión.

El Canal se ha excavado casi siempre de una vez en toda su anchura, gracias á la facilidad con que efectúan sus evoluciones las dragas americanas, haciendo esta operación por pasos sucesivos del aparato, del mismo modo que se ensancha el cauce cuando es necesario.

Para hacer desaparecer un macizo de roca encontrado en el camino que habían de seguir las dragas, se recurrió sin resultado satisfactorio á voladuras submarinas, y despues (para evitar pagar á los contratistas el exorbitante precio de 40 ó 50 francos por metro cúbico que exigían por la operación) á aislar las rocas con ataguías insumergibles, construidas con las tierras procedentes de las capas superiores, y manteniendo el interior en seco con auxilio de bombas de agotamiento, desmontar y extraer la roca por medio de planos inclinados, realizándose este trabajo por contrata al precio de 6,42 francos el metro cúbico sin agotamientos y de 7,04 comprendiendo éstos.

En el kilómetro 12,30 y en el trayecto que media entre los 3,200 y 3,600 se han encontrado tambien bancos de toba no muy dura, cuya roca se desagrega abriendo en ella, con una sonda de diamante (*Diamond drill*) colocada en una chalana, una fila de barrenos, en cada uno de los cuales se introduce un cartucho de dinamita que produce con su explosión el efecto deseado: la draga marina ataca luego el terreno quebrantado y removido, avan-

zando acto seguido la chalana con la sonda para repetir la operacion, que se realiza de una manera sumamente sencilla.

En la orilla derecha del Canal excavado en el futuro puerto, que es la definitiva de éste, se mantiene el talud en los puntos en que es necesario, hasta una altura de 2,50 á 3 metros con dobles filas de pilotes y faginas, operacion que no se hace precisa en la orilla izquierda por su menor elevacion. Tambien se ha emprendido el arreglo del caballero que forman las tierras vertidas y la construccion de algunos trozos de malecon para sostenerlas del lado del Canal, en los kilómetros 1 y 2. Esta ultima obra se ha encomendado á un destajista.

La derivacion de la orilla izquierda del Canal que debe conducir al mar las aguas del Chagres, ha de tener, como ya indicamos, desde Gatun hasta la Boca grande, al E. de la isla de Manzanillo, 8 kilómetros de longitud, 40 metros de anchura definitiva y 3 de profundidad mínima. Hasta ahora una draga americana ha excavado un trozo de unos 650 metros á partir de la desembocadura, de ellos 250 en el mar con la profundidad de 5,50 metros y 400 en tierra con la de 3,50 por 30 de ancho, vertiendo los productos por los tubos conductores en las dos orillas para formar caballeros de defensa, que se elevan ya un metro aproximadamente sobre el nivel del agua, y que una doble estacada ha contribuido á consolidar. La derivacion se detiene en su encuentro con la loma del Mono, colina de arcilla gris resistente que los brennos desagregan, descomponiéndola despues los agentes atmosféricos; una vez efectuado el desmonte en seco hasta la capa de marga que se halla 4 metros bajo el nivel del agua, podrá continuarse el trabajo con las dragas, atacando el terreno por la Boca y por Gatun, á cuyo fin se llevará otra draga á este punto por el río Chagres. El contratista Mr. Pappadopoulo, encargado del desmonte de esta loma, ejecutado con herramientas ordinarias, ocupa de 160 á 200 obreros y llega á extraer unos 6000 metros cúbicos de roca al mes, habiéndose dado últimamente mayor impulso á las obras por el establecimiento de algunas vías de ancho normal para poder servirse del material correspondiente de transporte. En lo alto de la colina se halla construida la poblacion de obreros, en un todo análoga á las demás, en la que se albergan los que se emplean en estos trabajos.

Entre las obras accesorias que se realizan en esta sección, citaremos la dársena para reparaciones y conservación del material flotante, que en comunicación con el Canal marítimo por otra de 17 metros de anchura y 6 de profundidad, se ha excavado en la proximidad de la loma del Mono con un fondo normal de 5 metros, y con las obras de fábrica necesarias para recibir las puertas; el establecimiento de un depósito de agua en la misma loma, que ya ha empezado á utilizarse; la construcción de un nuevo almacén, que ha exigido el terraplenado de una pequeña extensión; la reparación total por contrata del muelle de descarga núm. 5, propiedad de la Compañía, que quedó totalmente destruido por el incendio de Colón, y en el que después de reparado se han establecido grúas y las vías necesarias para ponerlo en comunicación con el ferrocarril de Panamá y con el terraplen; la construcción, terminada en noviembre último, de otro muelle en el río Folk, llevada á cabo por la sociedad de obras públicas para su servicio; la instalación de un taller de bloques de hormigón, en donde por cuenta de un contratista se han fabricado 580 de un metro cúbico, de los que en mayo de 1886 se habían sumergido, por administración, 217 para defender el morro del terraplen; el camino que pone en comunicación el barrio de Christophe Colomb con la parte terraplenada del río Folk, donde han de establecerse nuevas edificaciones; una fuente para aprovechar el manantial potable descubierto cerca de la cantera de Kenny's bluff; un depósito de dinamita á orillas del Canal en el kilómetro uno, y otros muchos trabajos de menor y secundaria importancia.

Las canteras de Bohio Soldado, explotadas de continuo, suministran piedras de grandes dimensiones, que se emplean en la escollera del terraplen y otras pequeñas que se aprovechan para la construcción de la dársena de reparaciones y en los bloques de hormigón. De las canteras de la loma del Mono se saca también piedra utilizable para balasto y para afirmado, y tierra que se emplea en los terraplenes. Por último, los obreros de la compañía llevan á cabo varios trabajos, tales como el suministro del agua necesaria á las locomotoras y demás máquinas de talleres, consumo de los campamentos, colocación y cambio de vías, y carga y descarga de todo el material de la sección.

SECCION DE GATUN. *Kilómetros 4,700 al 16,200.—Todas las excavaciones*

de esta sección pueden ejecutarse con dragas, á excepcion de un trozo que forma parte de las colinas de Mindi, en que es necesario extraer roca, cuya obra se realiza por administración por haberse rescindido la contrata que la tenía, é interin se hace cargo de ella la empresa Jacob, que es á la que corresponde segun los últimos compromisos contraidos.

La casa Slaven dispone en esta sección de cinco dragas del tipo *Hércules*, provistas todas hasta hace poco de un simple tubo conductor, ménos la que se denomina *City of New-York*, que por ser la más moderna y poderosa lo lleva doble, cuya mejora se ha introducido despues en otros dos aparatos. Las reparaciones que á menudo necesitan éstos, hacen que sea muy frecuente el que sólo trabajen tres de ellos.

El contratista Jacob no tiene para su servicio mas que una sola draga de 60 caballos, con el material de transporte correspondiente; esta, por ser de las primeras enviadas al istmo exige constantemente reparaciones que ocasionan la detencion del trabajo, pues no la reemplaza la cuarta draga del mismo tipo, que parece ser la llamada á hacerlo, no sabemos si por hallarse en completo estado de inutilidad ó por otra causa que desconocemos.

La apertura del Canal comprende, como vemos, dos trabajos distintos, el desmonte en roca en las colinas de Mindi y el dragado en todo lo demás del trayecto correspondiente á esta sección. Realmente aquella colina es lo que en la actualidad se opone al libre transporte, entre Colon y Gatun, del material empleado en las obras, siendo de 1200 metros próximamente la distancia que separa los dos trozos del Canal dragado.

No todo el macizo, sin embargo, deberá atacarse en seco: en la parte central de unos 800 metros podrán emplearse las dragas cuando desaparezcan las masas extremas, compuestas de una toba dura recubierta de arcilla, que haciendo el oficio de ataguías imposibilitan por ahora la entrada del agua. El trozo del lado de Colon, de unos 200 metros, ha comenzado á desmontarse, pero ha habido que detener los trabajos; en el de Gatun, poco más largo, están las obras en plena actividad, habiéndose desmontado totalmente toda la colina, cuya altura era de 16 metros, y continuado la excavacion á brazo ó con el auxilio de barrenos, principalmente en la parte más lejana de la entrada del Canal hasta la profundidad de 3 metros bajo el nivel del mar, con 10 me-

etros de anchura de trinchera. Los productos de la excavacion se han transportado y transportan con el auxilio de vagonetas Decauville, que ruedan sobre cuatro planos inclinados de suave pendiente, hasta el bosque cercano, situado á unos 500 metros de distancia. El arrastre de las vagonetas sobre dichos planos, que (dicho sea de paso) se hallan situados á ambos lados de la zanja, se obtiene con el auxilio de tornos movidos por locomóviles, cada una de las cuales puede hacer subir hasta 18 vagonetas cargadas. Para los agotamientos de las aguas que se acumulan en la trinchera por filtracion, se usan bombas centrífugas ordinarias.

El contratista que rescindió los trabajos del trozo de Mindi, llegó á emplear dos excavadoras, que abandonó de mala manera en el borde de una zanja abierta en terreno fangoso, de donde costó grandísimo trabajo sacarlas á los agentes de la compañía.

A partir de la loma de Mindi desde el kilómetro 6 próximamente, se encuentra de nuevo el Canal con su anchura definitiva de 40 metros en la superficie del agua y 4 metros por término medio de altura de ésta, llegando á 6 en algunos puntos, cortando por primera vez al Chagres y siguiendo por detrás del pueblo indio de Gatun hasta el kilómetro 10, no sin haber atravesado por segunda vez el río. Las dragas americanas han abierto este trozo de Canal de una vez en toda su anchura, pero para alcanzar la profundidad indicada han sido necesarios sucesivos y repetidos pases de los aparatos. La naturaleza arcillosa de las márgenes, que se elevan á 2,50 ó 3 metros, hace que se endurezcan bajo la acción del sol y del agua, quedando por sí mismas con gran resistencia, que aún se ha aumentado con la protección que les dan las estacadas puestas en muchos sitios.

Por el lado de Gatun han continuado avanzando una ó dos dragas desde el kilómetro 10, habiendo llegado al 12,50 con el ancho normal del Canal y una profundidad de 3 y aún 4 metros en algunos trozos. Al mismo tiempo que esto se verificaba, aprovechando la corriente del Chagres, se condujeron dos dragas hasta el rancho indígena Caimito, donde el río vuelve á encontrar al trazado del Canal en el kilómetro 15,20, de las cuales la primera comenzó su trabajo con dirección á Gatun yendo al encuentro de las que funcionan del lado de este pueblo, y habiendo llegado ya al kilómetro 13,500, después

de excavar el Canal con toda su anchura en la superficie del agua y una profundidad de 3 metros bajo el nivel de aquélla en casi todo el trozo.

La loma de la Dinamita, macizo de roca que aparece en el kilómetro 13,400 y que la draga se apresta á atacar, es el obstáculo que se eleva entre la parte dragada y la que lo está del otro lado, habiendo sido ya en parte desagregada la roca satisfactoriamente, con el auxilio de 200 barrenos, y empezado la draga á abrirse camino con facilidad relativa al través de ella, extrayendo los fragmentos de piedra. En el kilómetro 10, donde tambien se ha encontrado roca debajo de una capa ya dragada, ha sido preciso recurrir del mismo modo al empleo de materias explosivas.

La segunda draga que llegó á Caimito, la *City of New-York*, es el más potente aparato americano que trabaja en las obras y comenzó á hacerlo en enero de 1886, marchando hacia la sección tercera á través de un terreno que se elevaba en algunos puntos 5,50 metros sobre el nivel del agua, y ha llegado al kilómetro 16,50 más allá de un nuevo encuentro del río, abriendo una trinchera de la anchura aproximada que debe tener en la superficie del agua y una profundidad bajo ella de 3 metros en la primera parte y 2 en el resto.

De todo lo que acabamos de decir se deduce en resumen, que á fines de 1886 podía navegarse con calados variables de 3 á 5 metros y en algunos trozos con 7 y 7,50 en 13 kilómetros de los 16 primeros, á partir de Colon.

El último trozo de la derivacion de la orilla derecha del Canal, conocida con el nombre de derivacion del Trinidad, afluente del Chagres, ha sido terminada por contrata en noviembre de 1885, habiéndose empleado en la excavacion las dragas de 60 caballos de la compañía, que han abierto un canal de cerca de 2 kilómetros de longitud y 35 metros de anchura por 2 de profundidad media, que une las dos extremidades de la pronunciada curva que forma el río en Gatun. La derivacion de la orilla izquierda ó del río Gatuncillo, agua-arriba de Gatun, está á cargo del contratista Slaven, que ha dragado ya este Canal, empleando uno ó dos aparatos, en una longitud de 2350 metros con 35 de anchura y hasta 3 de profundidad. En abril de 1886 comenzó Jacob con una draga de 60 caballos el trozo de derivacion de la orilla izquierda, comprendido entre Gatun y la loma del Mono, atacando el terreno

por el Chagres en la proximidad de la aldea de aquel nombre; habiendo servido la misma draga á este contratista para auxiliar á Slaven en los casos en que se necesitaba un aparato menos voluminoso que los americanos. También por la misma época se habían comenzado á ejecutar los trabajos necesarios para permitir á una draga *Hércules*, una vez desmontada que sea la toba que aparece en el eje del Canal entre los kilómetros 32 y 36 que dificulta su paso, remontar el río Mindi y excavar la derivación desde el puente del ferrocarril sobre este último río hasta la loma del Mono. En setiembre del mismo año se ha conducido por el Chagres una draga americana á Palo Horqueta, cerca del kilómetro 17, para comenzar á atacar la derivación de la izquierda, trabajo que emprendió marchando hacia Gatun. Otra draga de la misma contrata comenzó á la vez y terminó en noviembre el trozo de derivación del Trinidad, agua-abajo de este río, entre los kilómetros 15 y 16 del Canal marítimo, suspendiendo para esto los dragados de la loma de la Dinamita por falta de material suficiente.

Por administración se ejecutan además otras obras, tales como el desbroce y la preparación del terreno delante de las dragas americanas; los caballeros, en los puntos en que son necesarios para sostener los sedimentos vertidos por los tubos conductores de las dragas, y otras diversas.

El campamento de obreros se halla establecido en un cerro bastante elevado en la márgen derecha del Chagres, enfrente del pueblecillo de Gatun y en la proximidad de la *Cité de Lesseps*, cuyas edificaciones unas sirven de morada á los empleados, y otras están ocupadas por las oficinas.

SECCION DE BOHIO SOLDADO. *Kilómetros 16,200 al 26,300.*—Además de los dos contratistas, tantas veces citados, que realizan las excavaciones de las dos primeras secciones, otros cinco tienen á su cargo los trabajos que han de ejecutarse en la tercera, siendo entre estas contratas la de más entidad actualmente la de Artigue y Sonderegger, que comprende el desmonte del primer obstáculo de verdadera importancia atravesado por el Canal, que es el cerro de Bohio Soldado, formado por una brecha volcánica compacta y dura, cuya altitud en el eje de la ría es de 54 metros.

En esta sección, en la que el terreno es más elevado que en las precedentes, hay que llevar á cabo dragados en una gran extensión, desmontes en

seco susceptibles de ser atacados con excavadoras, y grandes voladuras de rocas.

Si comenzamos á examinar el estado actual de los trabajos á partir del origen de la sección, encontramos en primer lugar que por administración se ejecuta el desbroce y preparacion del terreno desde el kilómetro 17,50 al 18,10, para que la gran draga *City of New-York* pueda continuar operando en su marcha de avance. Hasta el kilómetro 22 se encuentran terrenos dragables, á excepcion de las lomas de Vamos-Vamos que aparecen en el kilómetro 20, en donde ha de desmontarse en seco un volumen de 150.000 metros cúbicos de roca para que continúen despues las dragas. El desmonte, que es objeto de una contrata, llegó á atacarse por seis puntos distintos empleando material de vía estrecha para los transportes, pero con objeto de dar más actividad á los trabajos se piensa en establecer vías anchas.

A partir del kilómetro 20, la elevacion de las orillas no permiten el empleo del tubo conductor de las dragas y será, por lo tanto, necesario verter los sedimentos sobre el terreno con el auxilio de bombas centrífugas.

El contratista Tanguy se ocupa en el desmonte del kilómetro 22 al 23, donde hay otro macizo de roca, empleando para ello dos excavadoras Osgood y vagonetas Decauville, y proponiéndose en lo sucesivo sustituirlas por material ordinario de vía ancha para los transportes, con objeto de que la zona comprendida entre los kilómetros 22 y 24, poco elevada, quede pronto con la cota conveniente para que puedan funcionar las dragas.

La contrata Artigue y Sonderegger comprende el resto de la sección desde Peña Blanca, y emplea por término medio 325 obreros, siendo su trabajo más importante la trinchera en Bohio Soldado, cerro que ya hemos dicho tiene de máxima cota sobre el nivel del mar 54 metros y se eleva 35 sobre la llanura, y que ha de desmontarse en seco hasta el fondo del Canal. Como este cerro está á distinto lado del Chagres que la vía férrea de Panamá, para transportar por esta línea el material necesario á obra de tal consideracion era preciso que la vía de empalme atravesara aquel río, bien por el puente de Barbacoas, á más de 11 kilómetros agua arriba del centro del trabajo, no estando por consiguiente en relacion los servicios que había de prestar el ramal con el coste de su construccion ó bien el cruce se efectuára

por un punto próximo á Bohio Soldado, que fué la solucion elegida, pensándose para ello en establecer un puente primero, y despues, en vista de las importantes crecidas del Chagres, en instalar la barca de paso que en el capitulo IX describimos. Sin embargo de que así se hizo, se volvió posteriormente á la idea primitiva y se estableció un puente, que en noviembre de 1885 fué arrastrado por las aguas y sustituido de nuevo por la barca.

En cuanto este ramal de vía atraviesa el río, se dirige al lugar de los trabajos, dividiéndose en otros dos principales, de los que uno vá á los talleres compuestos de cuatro barracones y el otro al punto de obra. En dichos edificios, levantados como es natural en un terreno llano ó poco elevado, se hallan los talleres de reparacion y de sección, almacen de ésta y depósito de locomotoras.

Al empezar la excavacion en el cerro de Bohio Soldado, hubo que elegir el sistema más conveniente para llevarla con rapidez y economía: no se trataba en este caso de desmontar pequeñas lomas aisladas, que ofrecen numerosos puntos de ataque, pero á las cuales es difícil aproximarse con la vía ancha, cuyas curvas y pendientes tienen límites obligados y por consiguiente exigen el empleo del material Decauville ó otro análogo; tampoco se presentaba el caso de un terreno llano y de fácil acceso, en los que para excavaciones de importancia se establecen, sin invertirse en ello tiempo desmedido, vías anchas; pero sí puede decirse que el desmonte del cerro que nos ocupa participaba de los dos casos citados, pues por su elevacion y sus laderas escarpadas se prestaba mal al establecimiento de grandes vías y la circulacion de voluminoso material de excavacion y transporte, y por la importancia del cubo de desmonte que había que sacar no podía esperarse atacarlo de una manera rápida y eficaz con vagonetas cargadas con la pala y por el trabajo directo del hombre. Hubo pues que buscar una tercera solucion y esta fué la que proporciona el método inglés. Consiste este sistema en abrir una galería por el eje de la trinchera que se trata de excavar y establecer en ella las vías de transporte, practicando despues pozos ó chimeneas verticales en forma de embudos que bajan hasta la galería desde la superficie del terreno, por donde los obreros arrojan los materiales, productos de los desmontes, que caen en los wagones colocados en la galería debajo de aquéllos.

Esta importante trinchera ha de tener una longitud de 700 metros próximamente y está comprendida su parte más profunda entre los kilómetros 24 y 24,300. Los trabajos se verifican á alturas diferentes, formando cuatro pisos de 8 metros de elevacion cada uno, el primero de los cuales se encuentra á 12 metros sobre el nivel del mar. El sistema que se emplea para desagregar la roca se reduce á practicar cinco galerías horizontales en toda la anchura de la trinchera, que penetran 10 ó 12 metros en el espesor del macizo, cargándose cada una de ellas con 160 kilogramos de dinamita, ó sea un total de 800 kilogramos de esta materia repartidos en el frente: verificada la explosion simultánea en los cinco hornillos, mediante una batería eléctrica, se obtiene un volúmen de desmontes que exige un mes para su transporte empleando 20 wagones ordinarios y 30 cargadores negros, á cada uno de los que corresponde un trabajo medio de 16 metros cúbicos por día. De este modo se ha rebajado ya todo el terreno hasta la cota 36 y queda un volúmen poco importante superior á la 28. El túnel por donde vá la vía férrea que empalma con la de descarga está abierto en la cota 8.

En el trozo restante de la sección, desde el kilómetro 24,50 al 26,30, á cargo del mismo contratista, se ha preparado el terreno para hacer posible el empleo de grandes aparatos, ejecutando estas primeras operaciones á brazo y el transporte con el material Decauville, método que tambien se ha seguido en todas las demás secciones. Así se ha conseguido instalar dos excavadoras y el material de vía ancha necesario, con cuyos medios se ha llegado á la cota 6 desde el kilómetro 25,3 al 25,8.

Para continuar los trabajos sin que las aguas invadan el terreno mientras no es posible el empleo de dragas, á uno y otro lado del cerro van á construirse los diques de defensa que marca el proyecto.

La poblacion de obreros se halla muy bien situada en la ladera del cerro expuesta al N., á una altitud que varía de 25 á 50 metros, elevacion que tiene el inconveniente, pequeño si se le compara con las buenas condiciones de salubridad que proporciona, de hacer necesaria una instalacion costosa de bombas y tuberías para abastecer de agua las habitaciones. Al otro lado del río, junto á la aldea de Bohio Soldado, hay tambien edificaciones de la compañía, destinadas á algunos empleados y obreros.

En todas las derivaciones de esta sección se trabaja con más ó menos actividad: el contratista Gay, que opera en el kilómetro 20, ha comenzado á excavar la derivacion de la orilla derecha próxima á este punto; Jacob dió principio en mayo de 1886 al trozo de la orilla izquierda comprendido entre Peña Blanca y el Chagres, cerca de Bohio Soldado, empleando material pequeño primero é instalando últimamente una excavadora. En setiembre ha emprendido tambien el trozo de la orilla derecha desde Peña Blanca á Vamos-Vamos.

La contrata Nercam comprende la derivacion de la orilla derecha desde el kilómetro 23 al 26, que se ha comenzado en junio último atacando el trayecto por tres puntos á la vez, para lo que se han levantado en Buena-Vista algunos barracones para los obreros, por cuenta de la empresa. Por ultimo, la de Trottet tiene á su cargo la derivacion del río Agua Salud, orilla izquierda, que se encuentra bastante adelantada. Para los transportes se usan las vagonetas Decauville, pero para librarse de los productos de los desmontes con más facilidad se comenzó á establecer una presa en el Agua Salud, con objeto de que aumentando la velocidad de la corriente, ésta los arrastrase hasta el Chagres y de aquí por las crecientes de éste fuesen á parar al Atlántico, al mismo tiempo que los descargados por los contratistas en varios puntos del último río. Una súbita crecida del Agua Salud, que ha destruido por completo la presa, ha obligado á renunciar á procedimiento tan expedito, que tampoco hubiera podido seguirse cuando los trabajos de derivacion hubiesen adelantado.

Las fuertes lluvias y las avenidas del río dificultan y aun paralizan el trabajo en casi todos los puntos de esta sección, exceptuado el cerro de Bohio Soldado, como sucede en gran parte de la zona en que se llevan á cabo las obras. De la cantera de Bohio Soldado, situada á distinto lado del río que el cerro, extrae la compañía, como hemos dicho, piedra para las obras de Colon y de Panamá.

SECCION DE TABERNILLA. *Kilómetros 26,300 al 34,460.*—La llanura de Tabernilla, formada por los aluviones del Chagres, tiene una longitud de 5 á 6 kilómetros y está situada á una altura media de 12 metros, siendo el sitio que por sus especiales condiciones se ha escogido para establecer la gran

estacion central, apartadero único del Canal. En toda la region que se extiende desde cerca de Buena-Vista al puente de Barbacoas, en donde está comprendido el referido llano, han de hacerse las excavaciones en seco hasta tanto que el desmonte llegue á la profundidad necesaria para que sea posible continuarla con las dragas, las que empezarán su trabajo atacando el terreno desde el Chagres. El gran volumen que ha de desmontarse en seco, y la relativa facilidad que ofrece la llanura para instalar grandes aparatos, hacen conveniente y aún necesario el empleo de poderosas excavadoras y el de transportadores para depositar directamente las tierras á ambos lados, formando los diques de defensa, siendo por consiguiente el lugar más indicado para que operen las voluminosas y potentes excavadoras Le Brun, ya que tambien la zanja del Canal es de superior anchura á la del resto del trayecto.

Esta sección se encuentra mucho más atrasada que las anteriores, pudiendo decirse que no han comenzado hasta principios de 1886, cuando los contratistas Vignaud, Barbaud y Blanleuil se encargaron de ellos, emprendiéndose entonces el desbroce y la preparación y establecimiento de las vías necesarias para el transporte de todo el material y para el empleo de todas las excavadoras. En octubre del año próximo pasado (1886) funcionaban ya, en el trozo comprendido entre los kilómetros 26 y 29, dos excavadoras y se pensaba establecer otra tercera terminada que fuese su vía. En el kilómetro 29, donde el Canal corta al río Chagres, se instaló una grada para el montaje de una draga de 180 caballos, destinada á atacar desde el río la parte de terreno próximo á las orillas; pero un accidente ocurrido al ser botada en octubre último impidió que esta operación diese un resultado satisfactorio, siendo necesario reparar los desperfectos sufridos por el aparato, ántes de repetir el lanzamiento.

A partir del referido kilómetro 29 se encuentra la parte principal del llano de Tabernilla, que no lo atraviesa el río hasta el kilómetro 33. Cuando visitamos esta sección trabajaban en el kilómetro 31 dos excavadoras Weyher, desmontando bajo el nivel de la vía y vertiendo los productos para formar los caballeros á una distancia de unos 60 metros de la excavación por medio de transportadores, pensándose entonces reemplazar aquéllos aparatos por los más poderosos recientemente adquiridos de Demange y Satre,

En el mes de mayo se comenzó á atacar el terreno en el kilómetro 32 con una excavadora Weyher, desmontando sobre el nivel de la vía segun lo reclamaba la disposicion de la excavacion que ya había sido empezada, teniendo á su servicio el número necesario de wagones ordinarios de transporte arrastrados por locomotoras.

Para dar actividad á los trabajos, se terminó en setiembre la instalacion de dos grandes excavadoras Le Brun, en los kilómetros 30,50 y 31,50, que servidos por transportadores comenzaron á funcionar en el mes siguiente, y segun nos indicaron los ingenieros de la sección, se pensaban emplear hasta diez excavadoras de las modernas en el llano de Tabernilla, cada una de las que dá por término medio, como veremos en el capítulo correspondiente, 1000 metros cúbicos de desmonte por día de diez horas, creyendo que de este modo se terminarán los trabajos de la sección en tres campañas, de las cuales la primera, que ya ha transcurrido, la destinaban á concluir las instalaciones de vías necesarias para la maniobra de las excavadoras, y al establecimiento de éstas á fin de que empezáran á operar; la segunda á ejecutar las excavaciones en seco, y la tercera á terminar totalmente la trinchera por medio de dragas.

Los trabajos de las derivaciones están estudiados todos y desbrozado el terreno en la mayor parte de la extension que han de ocupar, corriendo á cargo de un contratista el trozo de la orilla izquierda del Canal, desde muy cerca del origen de la sección hasta el kilómetro 28, en el que ya está empezada la excavacion é instaladas las vías para el material grande y el de Decauville, que es el que se ha empleado hasta hace poco.

Los contratistas Sosa y Diaz han emprendido la ejecucion del trozo que se extiende entre los kilómetros 26 y 29, orilla derecha, pero aún no se ha hecho mas que talar y quemar el monte, como tambien sucede con el que parte del río Chagres, cerca del puente de Barbacoas, y termina en su afluente el Frijoles grande, cuyo trozo se halla á cargo de un tercer contratista, que ha de emprender la excavacion muy en breve, empezada como ya lo está la instalacion de las vías portátiles de transporte. Tambien se han hecho ya los estudios de la parte del curso del río Frijoles comprendida entre su confluencia con el Chagres y el trozo de derivacion útimamente citado, para

aprovecharlo como Canal lateral de la izquierda, y los definitivos del trozo de derivacion entre los kilómetros 33 y 36 en la orilla derecha, habiéndose en uno y otro empezado ya los trabajos preliminares de apertura.

Algunas otras obras de menor importancia se han ejecutado tambien por administracion, entre las que se cuenta el arreglo de un camino entre Tabernilla y San Pablo, el saneamiento del terreno en que se halla el campamento, la construccion de un embarcadero en el Chagres para el servicio de los trabajos, y el desbroce de una gran zona del terreno que ha de ocupar el Canal.

Junto á la estacion del camino de hierro se está construyendo un taller de sección y ya se halla terminado el que se destina para montaje de locomotoras, excavadoras y demás máquinas, habiendo cerca de ellos mucho material en depósito y notándose principalmente gran número de carros para transportes. Ademas del campamento de obreros establecido no lejos de estas edificaciones, los contratistas de las derivaciones han levantado algunos otros barracones en la proximidad de los trabajos.

SECCION DE SAN PABLO. *Kilómetros 34,460 al 37,440.*—Esta sección comprende dos partes distintas separadas por el Chagres, que en la primera corre á la izquierda del Canal; miéntras que en la segunda vá por la derecha, siendo la altitud del terreno variable entre 12 y 45 metros. Los trabajos para la ejecucion del Canal han de realizarse tambien en dos períodos, debiéndose excavar en seco en el primero de ellos toda la porcion del terreno situado encima de las crecidas medias del río, lo que corresponde en San Pablo aproximadamente á la cota 15, y en el segundo lo demás, que puede subdividirse en otros dos, correspondiendo á uno la capa de 5 ó 6 metros de espesor que hay hasta el nivel del río en el estiage y que deberá desmontarse con el auxilio de excavadoras trabajando bajo el nivel de la vía, y al otro el resto, que se ejecutará con las dragas hasta llegar al fondo del Canal, siendo ventajoso hacerlo de modo que en la excavacion no se eleve demasiado el agua, porque obligaría á operar á gran profundidad.

En las partes de roca dura parece sería ventajoso trabajar en seco hasta la mayor profundidad posible, lo que podría hacerse siguiendo el sistema adoptado en la loma de Mindi; pero como los agotamientos llegarán á adquirir gran importancia en la estacion lluviosa y ha de ser necesario en la mayoría

de los casos dar mucha pendiente á los planos inclinados de transporte por la falta de espacio, resultará preferible sin duda, cuando la roca no sea de gran dureza, desagregar los bancos por medio de la dinamita, extrayendo despues los fragmentos con dragas, como se hace en la primera seccion.

Los trabajos preparatorios que ha habido que realizar en cada uno de los dos trozos de la seccion han sido de diversa importancia á causa de su distinta posicion con respecto al camino de hierro, pues miéntras que en el primero se hallan al mismo lado del Chagres y ha sido empresa fácil transportar el material al pié de obra, por el establecimiento de un ramal de enlace con la vía férrea y por el de otro en retroceso descargar los desmontes en los terrenos bajos próximos al puente de Barbacoas, en el segundo ha sido preciso construir una línea especial que empalma con la de Panamá ántes del referido puente y sube á lo largo de la orilla derecha del río hasta llegar á la zona que ha de excavarse, de donde parte la vía de descarga á los barrancos cercanos.

La ejecucion de las obras del primer trozo de esta seccion corresponde en la actualidad á la contrata de Mrs. Vignaud, Barbaud et Blanleuil, quienes los han cedido al contratista que anteriormente los llevaba á cabo. Los del segundo trozo continúan por cuenta de Mrs. Metivier et Rochet, que tambien ántes los tenian.

El estado de adelanto en que se hallan unos y otros es el siguiente: A partir del origen de la seccion, en el kilómetro 34,600, á orillas del Chagres, se está construyendo una grada para el montaje de una draga de 180 caballos, que ha de comenzar en ese punto el ataque del terreno, hallándose ya terminada la vía de comunicacion con la linea de Panamá.

En las excavaciones en seco que se ejecutan entre los kilómetros 35 y 35,900 primer trozo, donde el terreno fácil de excavar es más elevado, se encuentran cinco puntos de ataque á mano servidos por material Decauville, y una gran zanja que ha de prolongarse hasta el río, á lo largo de la cual operan dos excavadoras desmontando bajo el nivel de la vía y vertiendo los productos en wagones ordinarios. Para el transporte de aquéllos y su descarga á orillas del Chagres, ha sido preciso establecer un paso inferior al ferrocarril, construyendo un puente para la vía de Panamá en la zona de los trabajos, que quedó terminado en enero de 1886.

Las obras del segundo trozo son de más importancia: el Canal corta dos lomas, de las que la primera llamada loma Grande se eleva 45 metros, y la segunda loma del Mamey 40 metros sobre el nivel del mar, estando ambas separadas por una quebrada ó arroyo que el eje del Canal encuentra á la cota 14.

A principios de 1886 se comenzó la construcción de la vía de acceso de que hemos hablado, que empalma con la general en la proximidad del puente de Barbacoas, al mismo tiempo que se establecía otra segunda vía á la derecha del Canal para poner en comunicación los diferentes puntos de ataque de las lomas, permitiendo á la vez el transporte del material grande desde la del Mamey hacia Panamá. En agosto se terminó la construcción de un muelle en la orilla derecha del Chagres, al fin de la sección, para el servicio de los contratistas Metivier y Rochet.

En los desmontes de la parte superior de la loma Grande, queda aún por excavar de la cota 45 un macizo de unos 80 metros, habiéndose abierto en cambio á uno y otro lado de la loma, dos zanjas que limitan la zona que ha de ocupar el Canal, en las que operan desde abril del referido año dos excavadoras Osgood, servidas por material de transporte ordinario. En la parte del lado de San Pablo, de cota 15, se está abriendo una tercera zanja de 3 metros de profundidad, para un nuevo ataque, encontrándose una roca arenisca poco compacta y fácil de desagregar con barrenos, que es lo que constituye la mayor parte del terreno.

En la loma del Mamey hay que desmontar una roca arenisca, dura en algunos puntos, efectuándose la operación por capas de 5 metros de altura, empleándose para los transportes material ordinario del lado de Colón, y Deauville del de Panamá, que va á sustituirse por el primero terminada como ya lo está la vía de acceso. En esta segunda loma no queda por desmontar de la cota 40, que como hemos dicho es la superior, mas que una pequeña porción, estando la zona comprendida entre ella y el río nivelada á la cota 12, desde cuya altitud comienza el ataque, que efectúan los contratistas únicamente citados por cuatro puntos distintos con material grande, y por otros doce con material pequeño.

Un nuevo contratista ha tomado á su cargo la ejecución de las dos deri-

vaciones, habiéndose terminado en la de la orilla derecha, desde el kilómetro 34,50 al 36, la tala del bosque y la quema del monte bajo, y levantándose dique para impedir inundaciones y poder continuar fácilmente los trabajos; y en la izquierda, desde San Pablo á Mamey, comenzado la misma operación, disponiéndose á proceder inmediatamente á las excavaciones.

El campamento de San Pablo, uno de los de más pintoresco aspecto del istmo, se halla establecido en lo alto de una colina bañada por el río, formando sus casas un cuadrado, en cuyo centro se ha dejado una explanada cubierta de césped y plantada de grandes árboles. En la otra orilla del río se ha levantado otro campamento para los obreros que trabajan en el segundo trozo de esta sección; y en la proximidad de las derivaciones se han establecido también algunos barracones, á pesar de lo cual aún escasean las viviendas y se va á proceder á construir algunas más. El taller de sección va también á instalarse en breve.

SECCION DE GORGONA. *Kilómetros 37,440 al 42,000.*—En gran parte de esta sección se separa el Canal muy poco del lecho del Chagres, así es que un volumen considerable de las excavaciones puede extraerse con las dragas, siendo los numerosos puntos en que el Canal corta al río otros tantos puntos favorables para el establecimiento de aquellos aparatos, que pueden empezar á atacar el terreno, cuyo nivel en las orillas es muy poco superior al del río, al mismo tiempo que se realiza el desmonte en seco en las pequeñas prominencias que encuentra el trazado de aquél, las que ninguna tiene una altitud superior á 25 metros.

Las excavaciones del Canal marítimo están encomendadas á dos empresas, de las que una es la ya conocida de Mrs. Vignaud, Barbaud y Blanleuil, quienes trabajan desde el origen de la sección hasta el kilómetro 38,800, donde el río corta al Canal, y desde el 40 al 42; y la otra la de Mr. Beveraggi, que se ocupa de la parte intermedia ó sea desde el kilómetro 38,800 al 40.

En el mes de setiembre último se han comenzado en dos puntos las excavaciones del primer trozo entre los kilómetros 37,44 y 37,74 y entre los 38,40 y 38,64, haciendo uso del material pequeño, al mismo tiempo que se emprendieron los trabajos de instalación de una grada á orillas del río para el montaje de una draga.

El trayecto del contratista Beveraggi está dividido en dos partes por el río: la primera, comprendida entre los kilómetros 38,80 y 39,34, se halla del mismo lado que el ferrocarril, lo que facilitando el transporte del material ha sido causa de que los trabajos se encuentren más adelantados que en la segunda: tres ataques á mano en la cota 12, servidos por vagonetas Decauville, cuyas vías se hallan dispuestas en abanico, hacen avanzar el desmonte. A la segunda parte del trozo del kilómetro 39,50 al 40, separada del ferrocarril por el Chagres, se transporta el material pequeño, necesario para comenzar las excavaciones, con el auxilio de un cable metálico amarrado en un punto elevado de una colina en la orilla izquierda del río, y otro á inferior altura en la derecha, que sirve para que colgado de una polea pase de uno á otro lado, por su propio peso, cuanto material se necesita.

El contratista que anteriormente trabajaba en la parte de esta sección que aun nos falta que recorrer, ha sido de nuevo encargado por Mres. Vignaud, Barbaud et Blanleuil para que continúe las excavaciones, habiéndose emprendido en cada uno de los tres trozos en que el río divide la zona total, los que se les conoce con los nombres de Juan Grande, el Recodo chico y el Gran recodo, comprendiendo el primero desde el kilómetro 40 al 40,700, el segundo desde éste al 41,200, y el tercero del 41,200 al 42.

En Juan Grande se ataca el terreno en diversos puntos á altitudes que varían de 11 á 18 metros, realizándose los transportes en vagonetas Decauville, de las que se dispone en gran número; en el Recodo chico se desmonta á las cotas 15 y 13 empleándose el mismo material, y en el Gran recodo, donde los trabajos tienen mayor importancia, se emplean dos excavadoras Evrard, desmontando una el terreno sobre el nivel de la vía y avanzando hacia la orilla derecha del Canal, y excavando otra bajo dicho nivel y marchando hacia la orilla izquierda. Material ordinario se halla al servicio de estos aparatos grandes y otro Decauville para los diversos ataques á mano, que se ejecutan á cotas variables de 11 á 16 metros.

En la extremidad del trozo de Juan Grande, del lado de Panamá, se ha establecido una grada en la que se está montando una draga de 180 caballos de fuerza, que muy en breve se botará al agua, habiéndose tambien comenzado la construcción de otra grada en sitio próximo con igual objeto.

En casi todos los trozos de las derivaciones comprendidos en esta sección se ha dado principio á los trabajos: por contrata especial se ejecuta con actividad el de la orilla derecha desde el comienzo de la sección hasta Mamey, habiendo sido preciso para poder descargar en el Chagres los desmontes de la parte que se encuentra al otro lado del ferrocarril de Panamá, emprender la construcción de un puente que permita lo crucen las vías de transporte.

De la contrata general de Vignaud etc., forma parte la derivación de la orilla derecha que vá del río Caravalli al Culo-seco, cuyos trabajos también avanzan. El trozo de Matachin á Caravalli vá á comenzarse, y en la orilla izquierda se está trabajando por contrata en la derivación de San Pablo á Juan Grande, segun ya dijimos en la sección anterior, empleando material Decauville. También se ha dado principio en el mes de octubre á atacar activamente por sus extremos el trozo del Recodo chico y emprendido las obras de desviacion del ferrocarril de Panamá cerca de Mamey, en el corto trayecto en que es necesario hacerla.

En la proximidad de la aldea indígena de Gorgona, se ha establecido el campamento central de obreros, así como las casas del jefe y de los empleados, taller de sección, almacenes, oficinas, telégrafo, etc., y también una iglesia católica y un templo protestante.

Este punto es uno de los más saludables del istmo, circunstancia que unida á que se halla próximo á los importantes talleres centrales de montaje y reparación de Matachin, así como á la de que la configuración del terreno se presta fácilmente á ello, hace presumir que Gorgona y sus alrededores ha de adquirir en el curso mismo de los trabajos, y en época no lejana, una gran importancia. Además de este centro de viviendas y para el uso de los operarios del contratista Beveraggi se han construido algunos barracones en la proximidad del trozo en que trabaja.

SECCION DE MATACHIN.—*Kilómetros 42 al 45.* Las muchas sinuosidades del río dividen también en tres trozos esta sección: los dos primeros desde el kilómetro 42 al 44, forman parte de la contrata Vignaud, que termina con ellos, y el tercero llamado trozo de Santa Cruz, por encontrarse en la proximidad del cerro de este nombre, está á cargo de la sociedad de obras públicas que ejecuta la mayor parte de los trabajos de las dos secciones si-

guientes, incluyéndose por esta razon este último trozo en la actualidad como formando parte de la sección del Obispo.

En el primero de los tres citados, las excavaciones son de menor importancia que en los otros dos, por la menor altitud del terreno, motivo por el cual su desmonte no se empezó hasta julio del año anterior (1886), habiéndose desde entonces llevado á cabo con gran rapidez la instalacion del material Decauville necesario. En el segundo trozo atraviesa el Canal un cerro que se eleva 50 metros sobre el nivel del mar, pero que es fácil de desmontar al menos en gran parte de su altura, por estar formado por una arcilla que pueden atacar las excavadoras, y al que ha podido transportarse el material sin ninguna obra especial, puesto que la zona que ha de excavarse no se encuentra separada del ferrocarril por el río, bastando el establecimiento de un ramal que empalma con la línea general. El desmonte del cerro se efectúa por ambos lados, habiéndose establecido en la falda de agua-arriba tres puntos de ataque á las cotas 16, 22 y 27, valiéndose de material pequeño, y en la de agua-abajo cinco con el mismo material, situados á altitudes comprendidas entre 14 y 22 metros, y dos con excavadoras que trabajan bajo el nivel de la vía que se halla á la cota 16. Las tierras se descargan en el Chagres y en los barrancos próximos.

El material que se emplea en este trozo se compone de dos excavadoras, cinco locomotoras, 80 wagones ordinarios y 160 vagonetas Decauville.

En un principio, con objeto de reconocer detalladamente el terreno húllero, cuya existencia habían dado á conocer los sondeos, se practicaron en este cerro dos galerías á la cota 25, una por el eje del Canal y la otra perpendicular á él, trabajo que no ha podido utilizarse para facilitar la apertura de la trinchera, como hubiera sucedido proyectando las galerías á un nivel inferior que permitiera emplear para el desmonte el método inglés, muy aplicable á este caso.

El mismo contratista ha comenzado en agosto la derivación de la orilla izquierda desde la quebrada Carga Plata, donde tiene su origen este Canal, y vá tambien á comenzar la de la orilla derecha.

El trozo de Santa Cruz, que aun nos queda que examinar en esta sección, se halla separado del camino de hierro por el Chagres, por lo que ha sido

necesario construir un puente de barcas para el paso de material, y una pasadera suspendida para comunicar á Matachin con la zona de los trabajos: la instalacion de este puente ha sido tanto más precisa, cuanto que en su proximidad se proyecta levantar la presa de Gamboa, importantísima obra para cuya construccion interesa facilitar lo más posible la comunicacion con la línea de Panamá.

La naturaleza del terreno que ha de atravesar el Canal, análoga á la del trozo anterior, permite llevar á cabo los desmontes con el auxilio de excavadoras: tres de las que operan entre los kilómetros 44,3 y 44,6, que es la parte más elevada quitando la capa de terreno desde la cota 16 á la 20, de tal modo que la excavacion avanza paralelamente al eje del Canal y procurando dirigirlo hacia el lado izquierdo, donde el talud ha de cortar al terreno á mayor altura de 30 metros, que es la cota que tiene en el referido eje. Las tierras, transportadas en wagones ordinarios, se descargan en el Chagres en el kilómetro 44.

Sobre la explanada que se ha formado en la cota 20, se han organizado tres puntos de ataque á mano servidos por material Decauville, en los que se desmonta hasta la cota 22, trabajo que no sufre interrupcion porque las avenidas del río, que casi rodea esta parte, no inundan el terreno hasta aquella altura, como lo hace donde trabajan las excavadoras, impidiendo con frecuencia la maniobra de estas máquinas.

Ya hemos indicado que la obra más importante que hay que ejecutar en esta sección, es la colossal presa de Gamboa que aún no está comenzada y sigue en tela de juicio, aunque se prosiguen los estudios para determinar la situación más favorable y proyectarla definitivamente si así se acuerda. Los numerosos sondeos practicados, que aún se continúan, han dado á conocer que en el lecho mismo del Chagres, en una anchura de 200 metros proximamente, se encuentra la roca á una profundidad de 12 á 15 metros y aún superior bajo el fondo, estando recubierta de un depósito de acarreo, mientras que á ambos lados, en las faldas de los cerros, aparece en la superficie ó está ligeramente cubierta de tierra; la presa podrá, pues, apoyarse lateralmente en la roca, pero en la parte inferior será preciso establecer un cimiento de mampostería hasta el terreno firme, para cuya construccion se ha pensado recu-

rrir al empleo del aire comprimido. Este método, mucho más costoso, difiere radicalmente, como se vé, del que indicamos en el capítulo V, pero ni uno ni otro han pasado hasta ahora de la categoría de métodos aplicables, sin aceptarse ni estudiarse detenidamente ninguno de ellos. Para facilitar los trabajos se ha desbrozado el terreno en gran parte de la extensión necesaria.

Ya hemos dicho repetidas veces que los talleres principales se hallan establecidos en la proximidad de Matachin, muy cerca del kilómetro 43 del Canal, con fácil comunicación con la línea de Panamá y por consiguiente con todos los puntos de obra.

El campamento de obreros y demás edificaciones de la sección, se hallan establecidos cerca de Matachin y de los talleres y á corta distancia de la aldea de Gamboa, y unidas con la zona que ha de ocupar el Canal por un buen camino carretero, se levantan dos casas, habitadas por el personal encargado de los estudios de la presa.

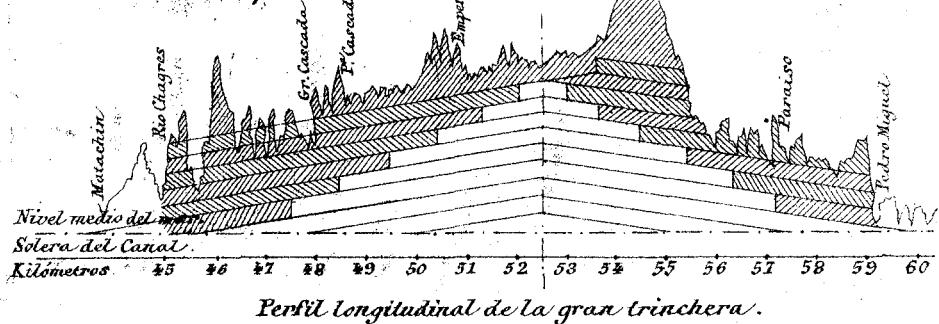
SECCION DE OBISPO.—*Kilómetros 45 al 48,650.* En el kilómetro 45 abandona el trazado el valle del Chagres y entra en el de su afluente el Obispo, comenzando la gran trinchera, que tiene 14500 metros de longitud, en la que hay que desmontar el enorme volumen de 600 millones de metros cúbicos.

Para llevar á cabo la apertura completa del Canal con economía de tiempo y de dinero, es necesario tener presente que en tanto quede por desmontar una porción cualquiera de esta gran trinchera, por pequeña que sea, todas las sumas invertidas en las excavaciones de los valles inferiores serán capitales consumidos en una obra momentáneamente improductiva, y al precio del metro cúbico de desmonte en este último macizo habrá que acumularle los intereses de todas las sumas gastadas hasta entonces; por consecuencia será ventajoso no apresurar demasiado el trabajo en los puntos bajos del istmo, más fáciles y rápidos de excavar, y sí hacerlo en la gran trinchera, en donde el volumen que hay que mover en una longitud relativamente corta es muy grande. Para ello será preciso repartir los ataques del macizo de manera que se obtenga el mayor número posible, en que se trabaje simultáneamente con actividad y economía, conforme lo propusieron los reputados contratistas Couvreux y Hersent al encargarse de la totalidad de las obras del Canal, realizando el desmonte por capas superpuestas que tengan su origen

en el terreno natural, para que el ataque pueda comenzarse al mismo tiempo y no haya necesidad de esperar para la extraccion de una de ellas á que la superior se halle desmontada. En la adjunta figura 1.^a ponemos de manifiesto

Vertiente del Atlántico.
Valle del Río Oñís por.

Fig. 1^a. Culebra. *Vertiente del Pacífico.*
Valle del Río Grande.



este sistema: las excavaciones empezaron en las vertientes del Atlántico y del Pacífico en todos los puntos del terreno cuyas altitudes varían en 5 metros y se deben continuar en cada uno de ellos de manera que si marchan en todos con regularidad, se mantendrán las mismas distancias, encontrando siempre delante un frente de ataque de altura constante, descubierto por las excavaciones del piso superior: los escalones en que se transforma la superficie del terreno deben tener sus huellas con una inclinacion de 0,003 por metro lo menos, para facilitar la salida de las aguas y el transporte de las tierras, y se cortarán en un plano de simetria situado entre los kilómetros 52 y

53, un poco ántes del cerro de la Culebra. El macizo superior de este cerro, todo él del lado del Pacífico, dicho se está que se debe atacar por esta vertiente, para dejar descubiertas las capas que se hallan debajo de él y permitir que su desmonte marche sin retraso con relacion á los del Atlántico.

El grueso de 5 metros que se ha asignado á las capas de ataque ha obedecido á la necesidad de subordinar sus dimensiones á las de las excavadoras que han de hacer el desmonte y á que las vías en que trabajan tengan la suficiente longitud para que no haya que moverlas constantemente. El método que en la operacion se sigue es sencillísimo: se empieza por abrir una zanja de anchura suficiente para la instalación de la vía de la excavadora y la de los wagones, emprendiendo inmediatamente aquel aparato el ensanche de ella, en tanto que se continua (figura 2.^a) el desmonte por su extremo para hacerla avanzar hasta que se pueda establecer un segundo aparato, que á su vez ensancha tambien la zanja y así sucesivamente. Cuando el terreno es de roca, no se altera la disposicion general, pero se sustituyen á las excavadoras gruas locomóviles destinadas á cargar las piedras en los wagones, y la excavacion lateral se reemplaza por el desmonte hacia el extremo de las vías, á fin de que los desprendimientos ocasionados por las voladuras no interrumpan la circulacion de los trenes.

El desmonte de la capa siguiente, que se hace del mismo modo, sigue al otro á alguna distancia, avanzando la zanja en la parte ya ensanchada de la excavacion superior, resultando de este método en el conjunto de los trabajos tantas secciones de ataque como puntos hay en el perfil longitudinal que tengan 5 metros de diferencia de cotas, y en cada sección se puede desmontar el terreno en tantos sitios diversos, cuantos sean los que permitan la instalacion de la vía de una excavadora con la de transporte correspondiente en toda la anchura de la zona.

Para que la conduccion de los materiales desmontados á los puntos elegidos como vertederos pueda efectuarse, es preciso detener las excavaciones en cada una de las capas al llegar al origen de la de encima, para que quede lateralmente una banqueta, que á la vez que permite el paso de las vías de esta capa, sirva tambien para dejar salida á sus aguas.

Siguiendo este sistema general, es cierto que se imponen grandes distan-

cias de transporte á los desmontes de cada capa, principalmente en la vertiente del Atlántico, puesto que han de extraerse por el punto de encuentro con el terreno natural; pero esto, si ha de construirse la gran presa de Gamboa, siempre sería necesario, pues habrá que invertir en ella todos aquellos productos. Los que se obtienen de los desmontes superficiales y los de las capas superiores, pueden descargarse, y así se hace, en los barrancos próximos, ó sirven para formar los terraplenes en los alrededores de las zonas de trabajo, sobre los que se elevan las edificaciones de la compañía. Los que en el porvenir se obtengan procedentes de las capas inferiores que descienden en las extremidades de la gran trinchera á un nivel inferior al de los valles de los ríos Chagres y Grande, y como para la época en que se dé principio á sus desmontes, deben encontrarse muy adelantadas las excavaciones de ambos valles, podrá dárseles salida por las porciones del Canal adyacentes, de donde con el auxilio de dragas, desembarcaderos flotantes ó transportadores, se descargarán en las orillas, ó recurriendo á rampas en zig-zag que suban hasta el terreno natural, si aquellos medios fuesen insuficientes. El Canal propiamente dicho se excavará, por último, segun la naturaleza del terreno, ya sea con dragas ó ya empleando ataguías para desmontar la roca en seco cuando no se la pueda desagregar bajo el agua.

Para seguir la marcha que acabamos de indicar, es necesario gran cuidado en la organización de los trabajos si ha de conseguirse que los ataques á diversas alturas avancen con una regularidad suficiente para que ninguno de ellos se deje alcanzar por el que le sigue, ni se aproxime demasiado al que le precede, procurando tambien que las aguas de cada capa no invadan las inferiores, causando perjuicios á los trabajos, y teniendo presente, por último, de que las banquetas por donde circulan los trenes de transporte han de quedar reservadas al realizar las excavaciones de una capa distinta de la que realmente las utiliza para sus obras.

Los contratistas Mres. Couvreux y Hersent calcularon el plazo necesario para la ejecucion de la gran trinchera valiéndose del método explicado, fundándose en que si el trabajo de tres meses representa el avance de cada capa sobre la que sigue y hay que excavar doce de estas, la última podrá estar terminada tres años despues que la primera; y si el desmonte de una capa de

2.500.000 metros cúbicos, por término medio, puede realizarse, según los datos adquiridos, en dos años, se necesitarían cinco para la excavacion de la gran trinchera.

Hechas las consideraciones generales á que se prestan las obras necesarias para la apertura de la gran trinchera, pasémos á examinar el estado de los trabajos en cada una de las secciones que la componen, empezando por la primera ó sea la del Obispo. El terreno es en ella extraordinariamente accidentado, lo que facilita la instalacion de numerosos puntos de ataque en las laderas de los diversos cerros, desmontándose ya sea con herramientas ó con explosivos, puesto que las rocas duras se encuentran cerca de la superficie; pero como en muchos de ellos el volúmen que ha de extraerse es de ligera importancia, de aquí que sea necesario valerse en estos casos de material pequeño.

Los desmontes de esta sección, en los que abunda la roca, son los que se pensó emplear con preferencia para la construccion de la gran presa, á causa de la menor distancia á que de su emplazamiento se halla; pero siendo insuficientes, con tanto más motivo cuanto que los extraídos hasta el día se han vertido en los barrancos próximos ó en puntos convenientes á las orillas del Chagres, por no haberse dado principio á la construccion de la presa, se hace necesario que pasen por esta sección los materiales procedentes de las otras, para lo que se pensó primero en establecer una vía general en una banqueta reservada á la altura conveniente, y después se ha decidido construir la línea en una parte fuera de la zona del Canal, cuya obra se ha comenzado y ejecutado en la sección que nos ocupa en una longitud de 600 metros, de los que en 200 se ha sentado ya la vía.

Los obstáculos principales que el Canal ha de encontrar en este trayecto, son: la loma de Gamboa que avanza como una cuña entre los ríos Chagres y Obispo, presentando la cota máxima de 45 metros en el eje de la trinchera y el cerro Corosita, que se eleva muy cerca del kilómetro 46 á 71 metros en aquella línea, estando formado el núcleo de una y otra de roca arenisca.

Actualmente dos contratistas distintos llevan á cabo los trabajos de esta sección, de ellos Mr. Bona está encargado del desmonte hasta la cota 20 del trozo comprendido entre el kilómetro 45 y el 45,850, y la sociedad de

obras públicas y construcciones que desde marzo del año último ha tomado por su cuenta la totalidad de las excavaciones, á excepcion de la parte que corresponde al contratista anterior.

Para desmontar la loma de Gamboa es necesario recurrir á la voladura de la roca, que se hace en grandes masas ó con el auxilio de barrenos ordinarios. Como ejemplo de lo primero podemos citar la que tuvo lugar el 26 de febrero de 1886, en presencia de Mr. de Lesseps, que produjo la remoción de un volumen de 30.000 metros cúbicos de roca en fragmentos, alguno de los cuales llegó á tener hasta 100 metros cúbicos, habiéndose invertido en la operación unos 25.000 francos. He aquí como se llevó á efecto aquélla: el frente de ataque presentaba una anchura de unos 55 metros y una altura máxima de 23, puesto que la loma se elevaba entonces á 43 metros y el desmonte llega hoy á la cota 20; tres galerías horizontales-normales á este frente y distantes 15 metros entre sí, se practicaron á la cota 23 con una sección de un metro cuadrado y una longitud de 18 metros cada una, en cuyos extremos se hicieron pequeños recodos para formar los hornillos. La carga de éstos se calculó teniendo en cuenta que la disgregación excesiva de la roca debía evitarse, tanto para que la proyección de los fragmentos no se efectuase á mucha distancia, empleando de un modo inútil y con peligro la fuerza de expansión del compuesto, como para que luego no hubiese dificultad en el empleo de las grúas para la carga en las plataformas por la mucha división de los materiales. En virtud de esto se adoptó para explosivo la mezcla de dos partes en peso de dinamita y una de pólvora de mina, y se hizo uso de la fórmula

$$C = R^2 G K$$

en la que C representa la carga que se busca, R el radio de mínima resistencia, G un coeficiente práctico de dureza que variaba allí de 1 á 1,25 y para el que, con mal acuerdo, se adoptó el valor 2, y K una constante de valor 0,18.

La carga total se compuso de 2500 kilogramos de dinamita, distribuidos en paquetes que se colocaron en capas horizontales, y de 1250 kilogramos de pólvora en grano de $2\frac{1}{2}$ milímetros de diámetro, con los que se llenaron los intersticios que entre aquellos paquetes y capas quedaron; el ataque en la

parte superior se hizo con sacos de arena, y en dirección de la galería con un macizo de mampostería de cemento de 10 metros de longitud. La explosión simultánea en los tres hornillos se produjo por la electricidad, pero para prevenirse de cualquier accidente se habían colocado en el interior de los tubos de hierro de 0,025 metros de diámetro, por donde iban los alambres, tres mechas ordinarias que terminaban en el centro de las cargas, á las que se les dió fuego con anterioridad.

Los desmontes de la loma de Gamboa se llevan á cabo tanto del lado de Colón como del de Panamá, á partir de la cota 20, á cuyo nivel se hallan establecidas las vías ordinarias de transporte, efectuándose la carga directa en los wagones en la primera vertiente á brazo, y en la segunda, donde tuvo lugar la voladura citada, con el auxilio de cuatro grúas móviles de vapor de 5 toneladas de fuerza, las que dispensan del trabajo previo de dividir los grandes bloques en fragmentos. En las cotas 25, 28 y 30 y á ambos lados del Canal y del cerro, se han establecido también diversos puntos de ataque, servidos por material Decauville, para continuar el desmonte hasta la cota 25, desde la que ya se sigue como hemos dicho se hace en los dos extremos de la trinchera.

Una de las vías Decauville, situada en la cota 25, conduce á dos descargaderos de 3,50 metros de altura, elegidos á los dos lados del Canal, por debajo de los que pasan los wagones de vía ancha, que reciben los materiales arrojados por las vagonetas: esta combinación de las dos clases de material acelera los transportes y produce economía cuando se trata de una distancia larga. Los desmontes procedentes de uno de los ataques de la falda de la derecha del cerro en la cota 30, se vierten en el lecho del río Obispo, cuyas aguas los arrastran al Chagres y las de éste al mar.

La excavación hasta la cota 20 se continúa asimismo á ambos lados del cerro, hallándose bastante adelantada, hasta el punto de que de los 500.000 metros cúbicos que debe extraer el contratista había ya sacado á fines de 1886, 440.000.

A cargo de la sociedad de obras públicas están diversos puntos de ataque entre los kilómetros 45,850 y 48,650, extremo de la sección, empleándose en seis de ellos material grande y en los trece restantes Decauville; los

más importantes de los primeros son los del cerro de la Corosita y los de las Cascadas, y los de los segundos el de la cota 30 entre los kilómetros 46 y 46,10, y el de la 35 entre los 47,500 y 47,600, pudiendo distribuirse por su situación todos ellos en cuatro centros principales de trabajo.

El cerro de la Corosita, cercano al Bajo Obispo, situado entre los kilómetros 46 y 46,400, se desmonta también por las dos vertientes: en la del N., donde el trabajo se halla más avanzado, los vagones ordinarios circulan por el fondo de la zanja á la cota 30, y por otras vías establecidas á las cotas 35 y 40; el Decauville, que se sustituye por el ordinario á medida que las excavaciones avanzan, se halla instalado en los picos superiores, cotas 45, 50 y 55, donde las vías de este sistema forman una red importante que permite dar actividad á las obras. En la vertiente S. se cuentan cuatro ataques con material ordinario, dos en la cota 39 y otros dos en las 35 y 40, y varios con Decauville á niveles superiores. El hecho de ocupar un ancho espacio el piso de cota 40 hace que se reduzca mucho la importancia del superior de cota 45, que el de cota 55 esté próximo á desaparecer, y que el de cota 60 haya desaparecido por completo.

La primera aplicación de una pequeña locomotora de 4 toneladas para la tracción de trenes de vagonetas Decauville, en reemplazo de los obreros que de ordinario las conducen, se hizo en la falda S. del cerro de la Corosita: la vía estrecha, que empieza en la cota 45, formada con carriles gruesos, dió un rendimiento superior en $\frac{2}{3}$ al que se obtenía ántes del cambio de motor. En el mismo cerro se han hecho también ensayos de algunas perforadoras de percusión, tratándose de hacer funcionar dentro de poco otras muchas, para lo que ya se han instalado dos generadoras, capaces cada una de alimentar seis de aquellos aparatos, instalados uno en la cota 40, lado izquierdo y vertiente N. del cerro, y otro á la 50, lado derecho y vertiente S. Como en las pruebas hechas con tres de dichas máquinas se ha reconocido que el vapor no producía todo el efecto que debía esperarse, á causa de las condensaciones que tenían lugar en el trayecto, se ha decidido instalar aparatos recalentadores en los que el vapor pierda la humedad.

Como la roca abunda en las diversas secciones encomendadas á la sociedad de obras públicas, ha adquirido la compañía el compromiso de entregar-

le 1000 perforadoras para su empleo en los desmontes, pero hasta ahora no ha dado cumplimiento á esta oferta mas que en un número muy pequeño.

En el trozo comprendido entre los kilómetros 46,40 y 47,50, la explana-cion se ha realizado hasta la cota 30 y ya empieza á trabajarse en el macizo que comprende hasta la 25; en el trozo siguiente, llamado del Alto Obispo, desde el kilómetro 47,500 hasta el 48, se ha abierto una zanja en el lado derecho del Canal, á la altura de la cota 30, que se ha ensanchado 40 metros, y establecido en ella cinco vías para material ordinario, de las que cuatro se destinan á transportar los desmontes y la quinta pone en comunicacion todos los puntos de ataque desde la Corosita á las Cascadas. Desde hace bastante tiempo funciona allí una excavadora Osgood.

En el kilómetro 47,600 tuvo lugar en octubre último un desprendimiento de terreno en unos 3000 metros cúbicos, deslizándose el macizo que formaba el talud del lado derecho de la trinchera sobre la banqueta de cota 35, á causa de las aguas que no tenían salida. Para evitar nuevos contratiempos de esta clase y agotar la laguna del Alto Obispo, situada precisamente en la zona de los trabajos entre los kilómetros 47,750 y 47,900, se ha instalado una poderosa bomba centrífuga que vierte en el río próximo las aguas que eleva.

El trozo de las Cascadas, último de esta sección, empieza en el kilómetro 48 y en él se desmonta el terreno por capas á las cotas 35,40 y 45, realizán-dose los trabajos con más actividad hacia el lado derecho del Canal que hacia el izquierdo, y empleándose para el desmonte de un contrafuerte de roca que aparece en el kilómetro 48,10, dos perforadoras Burton. Parte de los materiales que se extraen en este trozo, se vierten en un canalizo que recorre una corriente de agua tomada de un depósito que se ha formado con auxilio de una presa, cerca de la gran cascada del río Obispo, la que los arrastra hasta este río para que vayan á parar al mar. La trinchera en este punto alcanzará una anchura de 122 metros.

En la estación lluviosa es muy común que las aguas invadan los distintos puntos de ataque de esta sección, causando grandes desperfectos, sobre todo en las vías establecidas, lo que ha obligado á construir numerosas obras de desagüe en los puntos bajos para que aquellas afluyan al Obispo.

En marzo de 1886 quedó terminado por contrata especial el túnel que ha

sido necesario construir en Bajo Obispo, y las dos zanjas que lo ponen en comunicacion con el cauce antiguo del río para la desviacion de éste. Aquel túnel, abierto á través de un contrafuerte de roca arenisca y cuya solera está 1 metro por debajo del nivel ordinario de las aguas, tiene una longitud total de 200 metros y una sección transversal de 5×5 metros. Tambien próximo á él se han construido los estribos de mampostería del puente de 12 metros de luz, de las Palmitas, que sobre el mismo río se va á tender para el paso del ferrocarril de Panamá, que hay que desviar de la trinchera del Canal en una pequeña longitud, al faldear el contrafuerte que atraviesa el túnel.

Las dos pequeñas derivaciones entre los kilómetros 47 y 47,800 están terminadas y se ha dado principio á la que vá del 48,500 al 48,800.

Terminarémos lo que tenemos que decir sobre la sección del Obispo, indicando que la sociedad de obras públicas, con objeto de poder albergar un personal más completo y mayor número de obreros, para con ellos dar un buen impulso á los trabajos, ha emprendido y terminado en mucha parte, en la orilla derecha del Canal, tanto en Alto como en Bajo Obispo y cerca de la Corosita, la construcción de 90 barracones para los segundos y 20 casas de diversos tipos para los primeros, entre las que se destina una para la dirección con sus anexos. Para servicios de almacenes, cuadras, tinglados para calderas y para locomotoras y demás necesidades, ha construido tambien edificios varios y bien dispuestos.

SECCION DE EMPERADOR. *Kilómetros 48,650 al 53,600.*—La sección de Emperador, que se extiende desde la Cascada pequeña del Obispo hasta la entrada de la garganta de la Culebra, fué la primera, como hemos dicho, en que se comenzaron las excavaciones, prosigiéndose en ella los trabajos desde su inauguración de un modo lento á veces, pero continuo, merced á que su dirección permaneció siempre en las mismas manos que los ha subordinado á un plan de conjunto racional y formado de antemano. Las primeras obras confiadas por contrato al jefe de la sección, Mr. Jacquemin, comprendían la excavación de una capa de unos 6 metros de espesor por debajo del plano medio del valle del Obispo, cubicando próximamente 3 millones de metros, para efectuar las que, y con arreglo al plan del ingeniero Jacquemin, se dividieron en tres partes, correspondientes á tres porciones de la sección, deno-

minadas de Emperador, la del centro, del valle del Obispo, la del lado de Colon, y de la llanura del Lirio, la del lado de Panamá. En los dos trozos extremos, en que el terreno es muy poco accidentado, no había que ejecutar más que desmontes superficiales á mano, que igualarán la superficie, para emplear despues una excavadora trabajando bajo el nivel de la vía, que de una vez desmontase el terreno hasta la profundidad propuesta; en el del Emperador, mucho más elevado el terreno, había: primero, que desmontar á mano las cumbres del cerro Lapita, que se levanta á la altura de 69 metros, y las del cerrito de Emperador; segundo, abrir una zanja longitudinal, cuyo fondo enlazará la superficie del terreno á la altura de las otras dos porciones, para que excavadoras desmontando sobre la vía la ensanchasen; y tercero, que estos mismos aparatos, trabajando por el contrario bajo el nivel de aquella, excaváran de una vez hasta la profundidad prefijada, lo mismo que lo habían de hacer en los trozos extremos.

Para las operaciones de descarga, proponía dicho ingeniero abrir una zanja en toda la longitud de la seccion, la que sirviendo de cauce al Obispo permitiría aprovechar su antiguo lecho más alto, para vertadero en toda la extension comprendida entre el Canal y el camino de hierro, aprovechando con igual objeto, ínterin aquella obra se realizaba, el pie del cerro del Campamento y todas las depresiones cercanas al camino de hierro para la formacion de los terraplenes destinados al desarrollo de las instalaciones. La gran extension que hay entre los cerros del Lirio y del Campamento, facilita mucho el establecimiento en la longitud y número que sea necesario de las vías de descarga, circunstancia que no tiene lugar en el valle del Obispo, en donde el inconveniente del poco espacio de que se puede disponer se consideró compensado con la proximidad á que se halla del emplazamiento de la presa de Gamboa, en cuya construcion se pensaba emplear todo el producto de los desmontes de este trozo.

Las vías de servicio de esta seccion empalman con la general de Panamá en la estacion nueva situada al pie del cerro del Campamento, y separada de la aldea de Emperador por el río Camacho, al frente del Obispo.

Aun cuando los trabajos se emprendieron con arreglo á estas bases, no marcharon con la rapidez prevista en el contrato, si bien con mas que los

de la sección anterior; tal vez porque en virtud de ser menos accidentado el terreno pudieron emplearse desde hace tiempo excavadoras para el desmonte y vagones grandes para el transporte.

En marzo de 1886 se encargó la sociedad de obras públicas de esta sección, fraccionada hasta entonces entre la contrata Jacquemin citada y otras menos importantes. Actualmente los trabajos de excavación se hallan divididos en cuatro trozos, que son:

- 1.^º Las Cascadas pequeñas (roca y tierra).
- 2.^º La zanja (roca y tierra).
- 3.^º El cerro Emperador (terreno pedregoso).
- 4.^º El llano del Lirio (terreno pedregoso).

En el primero de ellos, llamado de las Cascadas pequeñas, por encontrarse en la proximidad de las que forma el Obispo, el terreno se eleva á la altura media de 50 metros y las excavaciones han marchado con gran lentitud, empleándose exclusivamente material pequeño hasta principios del año último que se establecieron dos excavadoras; dos zanjas abiertas á ambos lados del Canal hacia el kilómetro 49, sirven para sacar los materiales desmontados por una de ellas, los que cargados en vagonetas Decauville los mueve un torno de vapor que los hace subir por un plano inclinado, en lo alto del que vierten en grandes vagones que circulan por la vía de descarga.

Las trincheras de este trozo se inundan también con facilidad en la estación lluviosa, dificultando y aún paralizando muchas veces el trabajo, por lo que se han comenzado numerosas canalizaciones para dar salida á las aguas.

El trozo de la zanja termina en el kilómetro 51,450, donde se eleva el centro Lapita, cuya cota máxima en el eje de la vía es de 69 metros, y en el punto donde corta el talud del lado izquierdo del Canal al terreno, de 90 metros. A excepción de las grandes prominencias del terreno, ya se ha igualado éste en toda la zona que se ha de excavar, y al pie del cerro se ha establecido un ataque con material grande á la cota 58, y cinco en la vertiente del lado de Panamá, con material pequeño, á las cotas 57, 67,70, 75 y 87, presentando el corte el color rojizo propio de la arcilla ferruginosa que cubre la roca dura que constituye el núcleo del referido cerro, enfrente del que hay otra eminencia del mismo material, que también hay que desmontarlo por cortarlo

en parte el talud del lado derecho del Canal. Al N. del cerro Lapita hay un pequeño valle, donde se descargan los desmontes de esta parte, y más allá se excava por escalones la zanja que ha dado nombre al trozo, á las cotas 53,40 y 56,30, empleando material grande, del que forma parte una excavadora.

Sigue despues el trozo del cerro Emperador, que llega hasta el kilómetro 52,200: en él se excaván dos zanjas paralelas á derecha é izquierda del eje del Canal, alcanzando el desmonte la cota 58 en la primera y 54 en la segunda, y realizándose los trabajos con el auxilio de dos excavadoras y de material grande. Un pequeño macizo de roca que existe hacia la derecha de la vía que se abre, se hace desaparecer con barrenos, y el talud de la trinchera se reduce á $\frac{1}{4}$ en este punto por ser suficiente la dureza del terreno. Tambien ha sido preciso, para quedar libres de las aguas del río Obispo que invadían gran parte de este trozo, ejecutar, ántes de dar impulso á los desmontes, algunos trabajos de derivacion encaminados á dar salida al río hacia el Chagres.

En el trozo del llano del Lirio, único que nos falta revistar en la sección de Emperador, el terreno, poco accidentado como lo indica su nombre, se eleva en suave pendiente variando su altitud de 62 á 65 metros, verificándose el desmonte á las cotas 55, 57, 58, 60, 61 y 62 con auxilio de seis excavadoras y material grande de transporte, paralelamente al eje del Canal y próximo á su lado derecho. Hacia la izquierda, el ataque se hace con material pequeño á las cotas 56, 57, 58, 60 y 63 hasta llegar á la orilla del Canal, estando constituida la capa que se desmonta por arcilla gris ferruginosa.

Para el servicio de descarga y de comunicacion se ha establecido de uno á otro extremo de la sección una vía general, que enlaza con la de Panamá.

Las habitaciones para el personal de la compañía y para los obreros, se han levantado á la derecha del trazado en una colina que se eleva 30 á 40 metros sobre el valle, cerca de la antigua aldea de Emperador, de la que el río Camacho la separa; habiéndose edificado en la parte baja únicamente los talleres y almacenes para hacer más fácil el acceso á las vías del camino de hierro. En otros puntos de la orilla derecha del Canal se han establecido tambien barracones para obreros.

SECCION DE GULEBRA.—*Kilómetros 53,600 al 55,456.* La sección de la

Culebra, en la que se encuentra la divisoria de la cordillera, es la más difícil del trazado, puesto que en una longitud de 1856 metros hay que excavar el enorme volumen de 20 millones de metros cúbicos. En su explotación no se ha seguido desde el principio un plan determinado, más necesario aquí que en ninguna parte por la magnitud de los trabajos, á causa de los numerosos contratistas á quienes sucesivamente se han encomendado, los primeros de los cuales pensaron aplicar en gran escala los aparatos americanos que encargaron á los Estados Unidos, pero una vez llegados y hechos por administración los trabajos preparatorios no llegaron ó funcionar, por haberse rescindido la contrata el mismo día que debían empezar á hacerlo. Achácase esta rescisión al exígido rendimiento de las excavadoras Osgood en los terrenos arcillosos de la Culebra, por lo que se continuaron los trabajos á mano y por administración.

Ya hemos dicho que la compañía anglo-holandesa tomó después á su cargo el desmonte de una parte de la trinchera, y que después amplió el contrato hasta adquirir el compromiso de hacer el total de excavaciones en la sección; pero á pesar de ello y segun también ya dejamos consignado, á los pocos meses se asociaron con los contratistas franceses Mres. Artigue y Sonderegger, cuyos nombres son los únicos que aparecen en las relaciones mensuales de los progresos de las obras. Estas han continuado marchando con notable lentitud, de lo que puede formarse idea considerando que la compañía citada se proponía, con arreglo al plan que se había formado, excavar 610.000 metros cúbicos mensualmente en el año 1886 para terminar su trabajo en 1.^º de julio de 1889, y que el volumen mayor extraído en ese año no excedió de 111.000 metros cúbicos en el mes más favorable, siendo el medio de los doce meses el de 50.666. La reorganización de los diversos puntos de ataque bajo la dirección de los nuevos contratistas Artigue y Sonderegger, ha determinado una nueva baja en el rendimiento de la sección, pero es de esperar que pronto se halle concluida la instalación de las nuevas excavadoras del tipo denominado *Culebra*, que los contratistas se proponen adquirir en número de 30, de las que 26 dicen se hallan ya en el istmo, y 17 de ellas terminando su montaje. Estos aparatos, unidos á los diez de que ya disponen, dan un total de 40, de los que podrán trabajar simultáneamente, á juicio de

los ingenieros de la sección, 30, lo que aún no basta, pues sinó extraen un volumen mayor de 400 metros cúbicos por día darán un total de 12.000, ó sean unos 300.000 metros cúbicos por mes, muy inferior al que se necesita para terminar la trinchera en el plazo marcado. Durante nuestra visita á la sección, trabajaban tres excavadoras Evrard, tres Weyher et Richemond y una Boulet, estando montando las otras tres; posteriormente aún ha disminuido el número de los aparatos en marcha con motivo de las lluvias de invierno y de la reorganización de los trabajos, hasta el punto de que en octubre solamente operaban dos excavadoras y una en noviembre de 1886, con un rendimiento medio por día de 150 metros cúbicos, superior á pesar de todo al de los meses anteriores, que había fluctuado entre 86 y 100.

Los desmontes se verifican en la actualidad por ataques sucesivos en las laderas del cerro Culebra, con diferencias de nivel de 10 metros, formando escalones hasta llegar á la cota 65, que es la del primer trozo de la sección prolongación de la meseta de Emperador, habiéndose pensado aplicar para la ejecución de esta primera parte el método inglés, que hubiera simplificado la instalación de las vías de transporte; pero después se prefirió seguir los procedimientos ordinarios y establecer vías á la altura de cada una de las capas desmontadas.

El terreno que forma la parte superior del macizo es una arcilla roja muy plástica, que se excava empleando material grande en los puntos en que ha podido establecerse y pequeño en los demás, pero sólo ínterin se preparan e instalan las vías correspondientes para sustituirlo por aquél. En cinco puntos de ataque se hace uso de excavadoras, cuatro en la vertiente del Atlántico á las cotas 65, 75, 85 y 95 y una en la del Pacífico á la 85, bajando ya el desmonte hasta la cota 65 en el primer trozo, que comprende desde el origen de la sección hasta el kilómetro 54,10 y llegando la explanada que constituye el primer escalón en la cota 75 hasta el kilómetro 54,20. Sigue después el ataque á la 85, entre los kilómetros 54,250 y 54,800 y se llega al trozo culminante, que se desmonta á la cota 95 del lado de Emperador, y al de 105 donde se preparan las vías para excavadoras.

En la vertiente del Pacífico, entre los kilómetros 55 y 55,300, se encuentra el último trayecto llamado de la *Cucaracha*, que se excava á la cota 85 y

se preparan los ataques á las 76 y 95, así como tambien se hace á la 70 entre el kilómetro 55,300 y el fin de la sección. En ambas laderas, pero la mayor parte en la del Atlántico, se han establecido tambien otros muchos puntos de obra con material pequeño, en las cotas 60, 65, 75, 90, 105, 112, 115, 118, 121 y 125.

Las numerosas vías de transporte miden gran desarrollo, utilizándose los valles colindantes para verter los materiales, con cuyo objeto se ha establecido en el Lirio una estacada de descarga, á la cota 85, de 100 metros de longitud, obra que puede considerarse de las mejor entendidas, pues ha de prestar grandes servicios como vía fija y estable, áun durante la estación lluviosa, en que la circulación de trenes en terrenos arcillosos dá lugar á numerosos accidentes. En la vertiente del Pacífico se han construido además, pasaderas de madera sobre el camino de hierro de Panamá, para el paso de las vagones Decauville, que transportan al valle del río Grande los materiales que han de servir para los terraplenes de la desviación de aquella línea férrea. Tambien en el valle de la Cucaracha y á distintos niveles se han establecido vías para aprovechar como vertederos todas las depresiones que allí se encuentran y en otros puntos próximos á Paraíso.

Varios son los trabajos accesorios que se ejecutan á la vez que los que acabamos de describir, entre los que podemos señalar la excavación de cunetas para dar fácil salida á las aguas que ocasionan graves perjuicios á las vías, la toma de agua del río Grande para la alimentación de las locomotoras y excavadoras, y la apertura de nuevos pozos de sonda para conocer exactamente el terreno que se ha de encontrar.

A fin de diciembre último (1886), se ha hecho un ensayo de trabajo de noche con el auxilio de teas de petróleo, en uno de los trozos en que se emplea material Decauville, y áun cuando ignoramos el resultado obtenido, no debe haber sido muy favorable, pues tenemos noticias de que se piensa ensayar la luz eléctrica.

En el cerro que se eleva á la derecha del Canal, enfrente del de la Culebra, se han establecido los edificios de la sección, de modo que el ingeniero y demás empleados superiores puedan vigilar los trabajos desde sus habitaciones mismas. Esta comodidad no la consideramos del todo conveniente,

porque puede dar lugar muy bien á que siempre la inspección se haga á vista de pájaro y no sobre el terreno. En 80 barracones de obreros situados en la proximidad, se alojan todos los que trabajan en la sección.

SECCION DE PARAISO.—*Kilómetros 55,456 al 59,500.* En la vertiente del Pacífico se encuentran los trabajos más atrasados aún que en la del Atlántico, estando toda aquélla distribuida sólo en tres secciones á causa de su menor longitud. La primera de ellas, que es la de Paraíso, última de la gran trinchera, tiene el terreno bastante accidentado y desciende con una pendiente pronunciada, sobre todo al principio, desde la cota 65 hasta la 10 que tiene en su extremo inferior.

Tres trabajos principales hay que realizar en esta sección: la excavación del Canal marítimo, la derivación de la orilla derecha que tiene por objeto conducir las aguas del curso superior del río Grande, á la quebrada Mallejon, que es afluente suyo, y con quien se une cerca de Pedro Miguel para liberar toda la sección de las aguas del río; y la desviación del camino de hierro, con objeto de que en vez de que cruce el Canal por donde lo hacía de seguir como está, continúe por la ladera á la derecha de aquél y lo salve cerca del kilómetro 59 con el auxilio de un puente móvil.

Cinco contratistas ejecutaban estos trabajos hasta mediados de 1886; de ellos, dos estaban encargados de las excavaciones del Canal desde el kilómetro 55,56 al 58,20 el primero, de los que debía efectuar el desmonte hasta la cota 20 y extraer un volumen de 1.500.000 metros cúbicos; y el segundo, profundizar hasta la cota 12 desde el kilómetro 58,569 al 59,417; el tercero, que tenía á su cargo la derivación del río Grande, la terminó en setiembre de dicho año, sin haber usado mas que material pequeño; y los cuarto y quinto debían haber efectuado la desviación del ferrocarril y las obras de fábrica respectivamente. Todas estas obras han pasado despues á la contrata de Mres. Baratoux, Letellier et Lillaz, como comprendidas entre las que en la vertiente del Pacífico han de ejecutar.

Las excavaciones de esta sección en la actualidad tienen que hacerse en seco, y para facilitar esta operación ha sido necesario desde luego desviar el río Grande, que por cortar varias veces la zona que ha de ocupar el Canal, la inundaba con sus crecidas, empezando despues el desmonte en gran parte

de la sección con las excavadoras Osgood, que funcionan muy regularmente en algunas capas de arena que mezclada á veces con fragmentos de roca, se encuentra en muchos puntos, y recurriendo en otra parte al empleo de sustancias explosivas cuando es grande la dureza.

En el trozo de Paraíso los trabajos comenzaron cerca del pueblo, y allí se ha llegado ya á igualar el terreno hasta la cota 36; en todo el resto hasta Pedro Miguel se han efectuado pequeños desmontes superficiales, empleándose en general material pequeño, por mas que se preparan las vías para dar mayor ensanche al empleo de las excavadoras que en corto número ya funcionan allí. Los productos de los desmontes tienen una buenísima aplicación en la formación de los terraplenes para desviar el ferrocarril.

El segundo trozo, ó sea el de Pedro Miguel, tenía ya en la época de nuestra visita 6 excavadoras, 4 Weyher Richemond y 2 Osgood, de las que no operaba mas que una á fines del año pasado. Los desmontes se ejecutan por capas de 8 metros de altura, ensanchando la explanada hacia la izquierda con material grande que ataca al terreno á las cotas 36 y 24, mientras que á la 16, donde se abre una zanja, se emplea el pequeño, transportando los desmontes de unos y otros ataques á la derecha del trazado y vertiéndolos en las depresiones que se encuentran en el terreno entre las sinuosidades del río. En toda esta parte abunda bastante la roca y hay por consiguiente que emplear la pólvora en barrenos.

Todas las obras de fábrica que hay que hacer para la desviación del ferrocarril se ejecutan ahora por administración, é indicarémos para terminar, que los campamentos de obreros y las instalaciones del personal están establecidos junto á la línea férrea en Paraíso y en Pedro Miguel, en la ladera de un cerro cuya falda opuesta corta al Canal.

SECCION DE COROZAL.—*Kilómetros 59,50 al 66.* El terreno en esta sección, bajo y pantanoso, desciende en suave pendiente hacia el mar, y á excepción de algunas ligeras elevaciones cortadas por el Canal en las cotas máximas de 9 y 11 metros en el eje, puede decirse que no se eleva á un nivel superior á 6 metros. Esta circunstancia, unida á la naturaleza del terreno, fácil de excavar, indica que las dragas son los aparatos llamados á efectuar la mayor parte del trabajo, sin otra excepción que en los puntos donde

aparecen las rocas aisladas y en la parte superior de las lomas de que tenemos hablado.

Tal vez por esta misma facilidad sea por lo que en esta sección es donde menos se ha trabajado hasta ahora, reduciéndose todo lo ejecutado al desbroce del terreno, replanteo del eje del Canal y levantamiento de los perfiles transversales, apertura de pozos de sonda en el punto donde ha de construirse la exclusa de marea para fijar definitivamente su emplazamiento, reparación del camino de Corozal á Panamá y algunos otros trabajos de escasa importancia.

Para la explotación de unas canteras de piedra para las obras de fábrica en el cerro del Puente cerca del Corozal, se ha estudiado también la construcción de una vía férrea, y en noviembre último se efectuó el desbroce del terreno en el trazado probable de la derivación del río Pedro Miguel, desde el puente del ferrocarril hasta el río Caimitillo, con objeto de evitar que las aguas del primero invadan la zona que aquél ha de ocupar entre los kilómetros 58,80 y 61.

Los mismos contratistas Baratoux, Letellier et Lillaz, se han encargado, como hemos dicho, de las excavaciones de esta sección, de las que hasta fin de año no se había hecho más que desmontar un pequeño cerro en Corozal; en los trabajos preparatorios que comenzaron en junio se emplean unas 50 vagonetas Decauville y 200 á 300 obreros distribuidos entre el Corozal marítimo y el principio de la derivación del río Grande, inaugurada en setiembre.

Por contrata especial se han edificado los campamentos de Corozal y de Miraflores, habiendo mejorado la compañía por su cuenta los caminos que los ponen en comunicación con las estaciones del ferrocarril de Panamá, con cuya vía empalma también cerca de Pedro Miguel. La de servicio que para activar los trabajos y emplear excavadoras donde el terreno lo requiera se ha establecido es para el material grande.

Muy cerca del Corozal, aunque convenientemente vigilado, se halla un depósito de pólvora y sustancias explosivas de las que se emplean en los barrenos.

SECCION DE LA BOCA.—*Kilómetros 66 hasta el fin.* Esta sección se divide

en dos partes principales: en la primera de ellas, desde el origen hasta la costa, el Canal ha de abrirse aún en tierra firme; y en la segunda, que se extiende desde la orilla hasta cerca de la isla Perico, ha de excavarse en la rada de Panamá.

Los trabajos encomendados á la compañía mercantil franco-americana, que no hizo mas que comenzar con las dos dragas de cuchara, aún abandonadas en el río Grande, no se volvieron á emprender hasta que por administración se dió principio en 1885 á los dragados en el Canal de entrada, primero con una draga marina y luego desde enero de 1886, con las dos de que ahora se dispone. Encargados de esta sección desde el mes de marzo siguiente, la repetida empresa de Mres. Baratoux, Letellier et Lillaz, se ha continuado aquella operación y se han comenzado á tomar las disposiciones necesarias para emprender al mismo tiempo todas las excavaciones que en el primer trozo puedan llevarse á cabo con material flotante.

El material que con este objeto emplearán los contratistas se compone de las dos dragas marinas de 250 y 280 caballos en servicio, y de seis de 180, cuatro de las que se están armando en las gradas de La Boca y dos se encuentran disponibles desde julio y octubre respectivamente, sirviéndoles de auxiliares á todas seis góndolas de vapor, varios remolcadores y las demás embarcaciones necesarias. También se ha comenzado por cuenta de la contrata la instalación de un pequeño taller flotante para las reparaciones corrientes del material en el sitio mismo en que trabaja.

Los dragados del cauce en la rada se hacen por pasos sucesivos, llegando primeramente á la anchura de 50 metros, 25 á cada lado del eje del trazado y á la profundidad de 6, aumentándose luego la primera hasta 60 metros y la segunda hasta conseguir la de 7,50 á 8,50. Entre los kilómetros 71,10 y 74,10 ya se ha efectuado la primera parte de este trabajo, alcanzándose la profundidad de 7 metros por término medio, excepto en algunos puntos en que existen bajos, y habiendo empleado todo el material disponible sin interrupción, menos en los meses de abril y mayo en que una de las dragas se estuvo reparando en Taboga. Desde octubre se agregó una de las de 180 caballos recién armada, que se había usado por administración los dos meses anteriores, para excavar algunos bajos y abrir en el kilómetro 72,30 próxi-

mamente, una zanja provisional de 136 metros de longitud á 10 metros del cable submarino del S., para colocarlo en ella á tal profundidad que no fuese obstáculo para la continuacion de los trabajos entre el Océano y la Boca. El cable del N., que comunica á Panamá con las costas de Nicaragua, lo rompió en el mes últimamente citado una de las dragas marinas que operaba en el kilómetro 71,50, y despues de reparado el mismo día, se colocó al lado del otro en la zanja abierta á que acabamos de hacer referencia.

Con la segunda draga de 180 caballos, se ha comenzado en octubre por administracion, en los manglares que se extienden entre la costa y la Boca, la apertura por el eje del trazado de una zanja de 40 metros de anchura por 4 de profundidad, abierta ya hasta cerca del kilómetro 68. Para facilitar el trabajo del aparato, una cuadrilla le precede desbrozando el terreno en toda la zona que ha de excavarse y amontona los productos en los bordes para hacer más sencilla su carga.

En el valle del río Grande aún no han dado principio los dragados, pero para que puedan hacerse con mayor facilidad y rapidez, se proyecta construir una presa provisional en la La Boca que se eleve sobre el nivel de las pleamaras, evitando así la subida de las aguas en la zona en que han de operar las dragas.

La compañía ha emprendido tambien el estudio del último trozo de la derivacion del río Grande, habiéndose terminado ya los trabajos de campo y levantado el plano de La Boca.

Por contrata especial se comenzó la construccion del dique de la orilla derecha, entre el pié del cerro y el río San Juan, trabajo que parece se suspendió en abril de 1886, despues de haber formado 600 metros de terraplen impermeable, de los que unos 250 se elevan sobre el nivel de las más altas aguas.

Una obra de importancia que se ha llevado á cabo en esta sección; es el terraplen de La Boca, construido por la compañía al pié del cerro Sosa sobre el pantano que forma la desembocadura del río, para instalar en él los talleres, gradas de montaje, oficinas de la sección y habitaciones, constituyendo en total unas cuarenta construcciones que se extienden tambien hasta la ladera en parte desmontada. La situacion de este terraplen no inspira

gran confianza respecto á sus condiciones de salubridad, y hubiera sido preferible construir los campamentos en la vertiente del cerro Sosa opuesta al río Grande; sin embargo, ya se han pedido á la compañía una porción de concesiones de terrenos para levantar edificios particulares, y es de presumir que una vez terminadas las obras del Canal y mejoradas las condiciones de habitabilidad de este lugar, la población que hoy empieza á formarse adquiera gran desarrollo y despierte á la actual ciudad de Panamá, que concluirá por trasladarse á la entrada de la nueva vía marítima.

El terraplen de referencia está en comunicación con la línea férrea de Panamá, por un ramal de 3 kilómetros, construido por contrata, que empalma cerca de la estación principal y del que parten varias vías que conducen á los talleres y á las canteras del cerro Sosa. También el mismo terraplen está unido con la ciudad por un camino carretero, hace poco concluido, y asegurando su acceso por mar, por medio de un muelle de madera que permite el ataque de las embarcaciones á cualquier hora de la marea, y sobre el que se ha tendido una vía férrea que empalma con la general.

SECCION DE PANAMÁ. El servicio de esta sección comprende todos los trabajos de conservación, reparación y mejora de los edificios de la compañía en Panamá; de los talleres, del hospital central, de cerro Ancon y del Sanatorium de Taboga, así como todas las obras accesorias que para estos servicios es necesario ejecutar, entre otras, la conducción de aguas potables á esta última dependencia, aún no terminada.

Tal es el estado de los trabajos, que, según vemos, se hallan emprendidos con mayor ó menor actividad en toda la longitud del istmo, á excepción de algunos trozos, en la vertiente del Pacífico en particular, en que apenas se ha hecho otra cosa que empezar á estudiarlos. De las tres partes en que el Canal puede considerarse dividido, en las dos extremas, los ríos Chagres, del lado de Colón y Grande del de Panamá, cruzando numerosas veces la zona en que aquél está trazado, facilitan el ataque en diversos puntos por medio de dragas, al mismo tiempo que se efectúan los desmontes en seco en los intermedios; pero en la central, donde debe abrirse la gran trinchera, el asunto varía, pues en un trayecto relativamente corto hay que extraer un volumen considerable, y como no es tampoco factible prodigar los puntos en que se

trabaja, dicho se está que en este gran macizo es donde hay que tropezar con las mayores dificultades para resolver el problema de la organizacion de los trabajos. La compañía quiere, y es lógico que tal suceda, que en lo sucesivo desaparezcan los mil motivos que hasta ahora se han opuesto á la buena marcha de las obras, y algo ha puesto de su parte, pero tiene aún que modificar muchos detalles, si la comunicacion entre los dos océanos ha de ser un hecho en plazo no excesivamente lejano.

Para completar la reseña que del estado de los trabajos acabamos de hacer, al fin del capítulo presentamos un cuadro redactado en vista de los datos publicados por la compañía, en el que se indica el volúmen total desmontado hasta fines de 1885 y el extraido en cada uno de los meses del de 1886, para que dando cabal idea de los progresos realizados y de lo que falta por hacer, sirva de base al capítulo siguiente.

Réstanos ahora hablar de las modificaciones introducidas ó propuestas al proyecto definitivo por el eminente ingeniero Mr. Boyer, durante el corto tiempo que estuvo al frente de los trabajos, pudiendo dividirlas en dos clases, unas que sólo tienen por objeto adelantar la fecha en que ha de abrirse á la navegacion el Canal interoceánico y en que nada alteran el proyecto en su esencia, y otras cuyo móvil es la simplificacion y mejora de éste en su parte facultativa ó económica y que lo modifican más ó ménos profundamente. Con el primer fin parece se ejecutarán desde luego únicamente las más indispensables obras para la apertura de un Canal entre uno y otro mar, que permita el paso de los buques, suprimiendo, en su consecuencia, aunque sólo por ahora, los puertos de Colón y de Panamá; reduciendo á 3 kilómetros la longitud y á 50 metros la anchura del apartadero de Tabernilla y adoptando las inclinaciones mínimas admisibles provisionalmente para los taludes de las trincheras, lo que disminuye considerablemente el volúmen de las excavaciones. Conseguida de este modo la explotacion anticipada del Canal, se procederá despues á emprender todas las demás obras proyectadas y los trabajos de consolidacion necesarios, que realizados á la vez que los primeros, como ántes estaba decidido, retrasarian mucho el momento de hacer la empresa productiva, y aumentarían los capitales en ella invertidos, sin resultado inmediato, con los réditos de aquéllos.

Las modificaciones que al proyecto mismo propuso el malogrado ingeniero, procuran, como es de presumir, vencer las dificultades de más importancia que se presentan en su ejecucion, refiriéndose por consiguiente á la exclusa del Pacífico, que ha de librar al Canal de las corrientes de mareas; á la derivacion del Chagres, que ha de ponerlo á cubierto de las aguas del río, y á la apertura de la Gran trinchera, que exige la excavacion de un volúmen tan considerable, que bien merece pensarse en algo que lo evite. Las dos primeras, tampoco alteran en nada el modo de sér del Canal; la tercera sí lo hace profundamente, pues con la desaparicion de la Gran trinchera, de no sustituirla por un túnel, desaparecería tambien el Canal á nivel.

Por cuantos medios han estado á nuestro alcance, hemos tratado de adquirir la mayor suma de noticias posible sobre estas modificaciones, pero bien porque habiendo cambiado de direccion la obra por la muerte de Mr. Boyer, su sucesor no las ha hecho suyas aún, bien porque se las ha considerado de demasiada importancia para darlas á la publicidad ántes de que se decidan por completo, el hecho es que sólo ligeras ideas han llegado á nuestra noticia y como tales y sin más pretensiones las consignamos en esta memoria.

Empezaremos su exámen por lo relativo á la exclusa del Corozal. ¿Es necesaria esta importante obra? Tal es la pregunta que se han hecho todos los ingenieros encargados de los trabajos, y que han contestado afirmativamente en contra de la opinion del conde de Lesseps, que se ha opuesto desde el principio á su construccion, alegando que dé construirse ha de constituir un obstáculo á la rápida navegacion del Canal, que dejaría de sér como lo desea y lo es el de Suez, un Bósforo artificial.

El problema, sin embargo, no es de fácil solucion, pues sabiendo que el Canal ha de poner en comunicacion dos mares, uno de los que permanece siempre casi á un mismo nivel, mientras que el otro se eleva y desciende hasta 3 metros respecto al nivel medio, claro es que han de establecerse corrientes en un sentido ó en otro si el paso está completamente expedito, y que el perfil longitudinal de la superficie del agua adoptará una forma distinta en cada momento, variando por consecuencia su velocidad en cada sección. Ni una ni otra han podido determinarse exactamente por el cálculo, puesto que el movimiento no es uniforme ni permanente, no habiéndose

tampoco podido recurrir á ejemplos prácticos por ser en muy corto número los que se tienen, y no permitir tampoco sacar deducciones con carácter de verosimilitud.

Mres. Wyse y Reclus en su proyecto primitivo proponían dar á la solera del Canal una pendiente continua de 3 metros desde Colón á Panamá, con lo que fácil, aunque no económicamente, pues la obra se estimó en 33 millones de francos, se obtendría una profundidad de 9 metros en todos los casos; pero esto en nada resolvería el problema en su segunda y más importante parte, cual es la relativa á las corrientes que por las diferencias de altura de marea en los dos océanos han de producirse en el Canal. En el de Suez las oscilaciones en el mar Rojo alcanzan á 2 metros de amplitud y las corrientes se hacen sentir hasta los Lagos amargos, distantes algo más de 20 kilómetros de la embocadura, con intensidad suficiente para que los barcos que navegan en el mismo sentido de aquéllas no puedan maniobrar; de manera que si se profundizase el de Panamá del lado del Pacífico dos metros, como su longitud es más de tres veces la referida distancia de los lagos al mar Rojo, es de presumir que para mareas iguales, las corrientes siendo menos rápidas que las que allí se sienten, la navegación sería perfectamente posible en todos sentidos.

Las condiciones, sin embargo, no son las mismas: las alturas de marea son mayores y por otro lado mientras no se tenga la seguridad absoluta de que no ha de haber interrupción en el paso de los barcos por las referidas corrientes, ni se deben hacer gastos para darle mayor profundidad al Canal, ni se debe renunciar á construir la exclusa, cuya obra habría de utilizarse solamente cuando la velocidad de la corriente pudiere comprometer la circulación, permaneciendo abiertas las puertas el resto del tiempo.

Mr. Boyer, parece, según dedujimos de alguna leve indicación que personalmente nos hizo, y que no detalló por no creer prudente divulgar sus proyectos mientras no les diese su sanción el comité técnico de París, que pretendía adoptar un término medio en la cuestión, no construyendo la exclusa tal como estaba proyectada hasta que por la unión de los dos mares adquiriese el convencimiento de que era absolutamente preciso el gasto que aquella representaba, limitándose entre tanto á establecer en su emplaza-

miento unas puertas de marea, que impidiendo la entrada de ésta, evitasen tambien las corrientes peligrosas, ínterin se construia la exclusa, caso de que existiesen. La obra provisional habia de hacerse enteramente de hierro para poder utilizar su material en algun otro trabajo, si hubiera resultado innecesaria, y proyectarse de modo que su cimentacion y el cuerpo de la obra pudieran formar parte de lo definitivo, si las exigencias del tráfico obligaban á llevarla á cabo.

Este sistema, perfectamente lógico y de experimentacion, tiende á resolver más que nada el problema económico, puesto que la cantidad que únicamente se perdería, como máximo, en caso de realizarse, está reducida al valor de las puertas de marea, siempre infinitamente menor que el de la exclusa completa, que se presupone en 11 millones de francos.

Ya hemos repetido que las aguas del Chagres no han de entrar de ningun modo en el Canal marítimo, y que para ello se proyecta construir la presa de Gamboa y un canal de derivacion que permita el gasto de 400 metros cúbicos por segundo. Si así no fuera, el cálculo en este caso permite apreciar, partiendo de ciertas hipótesis admisibles, el efecto que las aguas citadas habían de producir en aquél, desde el momento en que se mezclaran con las de los océanos, permitiéndonos á la vez convencernos de la necesidad de la derivacion.

El problema está reducido á averiguar cuál es el perfil longitudinal de la capa líquida y cuáles las velocidades de las diversas secciones de un canal de fondo horizontal y de sección conocida, desde el momento en que por un punto cualquiera de su trayecto entre un volúmen de agua constante y determinado, suponiendo que el nivel en las dos extremidades permanezca á la misma altura.

Admítase para nuestro objeto que el volúmen que el Chagres habia de desaguar en el Canal por un punto próximo á la presa, fuese constante para que el régimen permanente se establezca y aplicar las fórmulas conocidas de hidráulica, adoptando para este volúmen el gasto máximo del río y por consiguiente haciendo los cálculos para el caso más desfavorable. Aceptemos tambien que el nivel en las dos extremidades del Canal permanece á una altura determinada, lo que si en el Atlántico es aproximadamente exacto, en

el Pacífico no se verifica de no construirse la exclusa; pero supongamos que lo está y entonces la fórmula que dà la curva longitudinal de la superficie del agua en un canal cuyo fondo tiene una pendiente cualquiera, es

$$dS = \frac{\frac{u^2 x}{g} - \sqrt{1 - i^2}}{\frac{X}{\omega} (au + bu^2) - i} dh$$

que se transforma cuando la solera es horizontal y por consiguiente $i=0$ en

$$dS = \frac{\frac{u^2 x}{g} - \omega}{X(au + bu^2)} dh$$

en la que representan:

ω la superficie mojada en cada sección.

S la distancia horizontal entre la sección ω y la extrema de agua-abajo.

x el perímetro mojado de la sección ω .

u la velocidad media en la misma sección.

X la anchura en la superficie del agua.

a y b los coeficientes de las experiencias segun Prony ó Eytelwein.

g la aceleración de la gravedad.

Si toda el agua fluye á la boca del Atlántico, el problema se reduce á integrar la ecuación entre los límites h_0 y h_m , correspondientes á la sección extrema de agua-abajo en la desembocadura y á la de agua-arriba en el punto de admisión, y como entre estos dos puntos hay 44 kilómetros, se tendrá:

$$\int_{h_0}^{h_m} dS = 440000 \text{ metros}$$

y por consiguiente

$$\int_{h_0}^{h_m} \frac{\frac{u^2 x}{g} - \omega}{X(au + bu^2)} dh = 44000.$$

Como en el perfil transversal todas las cantidades S ω u x y X , dependen de h , es fácil ponerlas en función de esta variable y establecer la última expresión bajo la forma,

$$\int_{h_0}^{h_m} \frac{ah^3 + bh^3 + ch^4 + dh^5 + eh^6 + fh + m}{ph^5 + qh^2 + rh + S} dh = 44000$$

que se convierte en la siguiente, despues de efectuada la division

$$\int_{h_0}^{h_m} \left\{ A h^5 + B h^2 + C h + D + \frac{R}{f(h)} \right\} dh = 44000$$

en la que R es un resto independiente de h .

La integracion indicada sería muy sencillo efectuarla, pero el cálculo aritmético de los coeficientes $A, B, C \dots$ que comprenden un gran número de términos, es muy complicado, siendo preferible emplear un medio más expedito que vamos á indicar, y que dá resultados suficientemente exactos para el caso que nos ocupa.

Siendo nula en la entrada del Canal por el Atlántico la sobre elevacion debida al gasto, está conocida desde luego la seccion mojada en dicho punto, puesto que es la misma que la del Canal con la profundidad ordinaria del agua. De aquí se deduce que para un gasto dado Q , la velocidad será

$$u_0 = \frac{Q}{\omega_0}.$$

Considerando el movimiento uniforme en esta sección, se puede aplicar la fórmula conocida

$$RI = a u + b u^2$$

para determinar la pendiente I_0 que corresponde á los elementos de esta sección para la velocidad media u_0 , pendiente que será la misma que la que tiene la tangente á la curva de la superficie.

Como en la pequeña extension de la sección de que se trata, la tangente puede sustituir á la curva sin gran error, en todas ellas se podía tomar para altura del agua la que hay entre el fondo del Canal y la tangente en el origen, de manera que se tendrá la segunda altura h_1 determinando la sección mojada ω_1 , el perímetro X_1 y por consiguiente la velocidad media u_1 . Considerando despues esta sección como la del origen, se determinará la pendiente I_1 que corresponde á la velocidad u_1 , y se obtendrá un segundo elemento recto de la curva que se busca, y así sucesivamente. Desde luego se deduce cuál ha de ser la forma de ésta: la velocidad máxima, dicho se está, ha de tener lugar en la sección extrema de agua-abajo, puesto que es la menor, y por lo tanto la tangente á la superficie tendrá la mayor inclinacion, disminuyendo ésta cada vez más sin llegar á ser horizontal aquella línea has-

ta que la sección estuviese en el infinito; la curva, pues, será parabólica y de eje horizontal situado por debajo del nivel medio de los mares.

A continuacion insertamos un cuadro calculado para un gasto de 200 metros cúbicos por segundo, el cual justifica lo que hemos dicho, y demuestra además que la curvatura de la superficie no es muy acentuada y que la sobreelevacion del agua en el punto de admision, situado á 44 kilómetros del mar, es de 1,34 metros próximamente.

Distancia al origen del Canal. Metros.	Alturas del agua <i>h</i> Metros.	Secciones mojadas <i>w</i> Mtrs. cuad.	Perímetros mojados <i>X</i> Metros.	Radios medios <i>R</i> = $\frac{w}{X}$ Metros.	Velocidades medias <i>V</i> = $\frac{Q}{w}$ Metros.	Valores de <i>au + bu²</i> según Eytelwein.	Pendientes por metro <i>I</i> = $\frac{au + bu^2}{R}$	Elevación en el punto de admision.	Aproximaciones sucesivas:metros
0	9,0000	279,000	47,455	5,879	0,717	0,0002228	0,00003790	10,6676	
500	9,0189	279,756	47,508	5,888	0,714	0,0002211	0,00003754	10,6519	
1000	9,0377	280,509	47,562	5,897	0,713	0,0002202	0,00003734	10,6433	
1500	9,0564	281,259	47,614	5,907	0,711	0,0002191	0,00003710	10,6331	
2000	9,0749	282,002	47,666	5,916	0,709	0,0002181	0,00003686	10,6230	
3000	9,1118	283,484	47,771	5,934	0,705	0,0002155	0,00003631	10,6005	
4000	9,1481	284,946	47,874	5,952	0,702	0,0002137	0,00003591	10,5845	
5000	9,1840	286,938	47,975	5,981	0,697	0,0002107	0,00003523	10,5580	
7000	9,2545	289,245	48,173	6,004	0,691	0,0002068	0,00003445	10,5291	
10000	9,3578	293,440	48,467	6,054	0,682	0,0002017	0,00003331	10,4903	
15000	9,5244	300,251	48,938	6,131	0,666	0,0001922	0,00003135	10,4335	
20000	9,6812	306,712	49,382	6,211	0,652	0,0001844	0,00002970	10,3940	
30000	9,9782	319,085	50,222	6,353	0,627	0,0001706	0,00002686	10,3542	
40000	10,2468	330,426	50,981	6,481	0,605	0,0001590	0,00002453	10,3449	
44000	10,3449	334,605	51,257	6,528	0,598				

En el caso en que la superficie del Pacífico estuviese igualmente á la altura del nivel medio, verterían tambien las aguas de este lado y se determinaría el gasto admitiendo la sobreelevacion que acabamos de obtener en el kilómetro 44, y buscando la velocidad á que daría lugar conocidas la sección y la pendiente, que aquí serían mucho mayores, puesto que la longitud de esta porcion hasta el mar no es más que de unos 26 kilómetros. No queremos entrar en el desarrollo de estos cálculos por no hacernos más difusos, pero si dirémos que la velocidad que resulta es próximamente de 1^m,348, determinando un gasto de unos 300 metros cúbicos por segundo.

De todo lo dicho se deduce que si el nivel del Pacífico fuese inferior al medio, si el Chagres vertiera en el Canal el volumen máximo de 500 metros cúbicos por segundo, las aguas se elevarían en el punto de admision

1^m,345 metros sobre el nivel ordinario, y el caudal se repartiría afluendo al Atlántico 200 metros cúbicos con la velocidad máxima de 0,717 metros, y 300 al Pacífico con la de 1,348; pero cuando la marea subiese en este mar, disminuiría el desagüe en él y cuando alcanzase la altura de la sobreelevación en el kilómetro 44, se dirigirían todas al Atlántico en condiciones nuevas dependientes del caudal que representan.

Si el Canal, pues, pudiera aprovecharse para el desagüe del pantano de embalse, como la duración de las mareas altas no es más que de algunas horas al día, fácilmente podrían enviarse á ambos océanos, por el juego de compuertas, las cantidades de agua que correspondiesen al gasto de 400 metros cúbicos por segundo, aprovechando el tiempo en que el nivel del Pacífico es inferior al medio de los mares; pero como quiera que las velocidades resultantes, si del lado del Atlántico es más que probable no habían de molestar á la navegación, del otro lado la interrumpirían por completo, ha sido necesario, y en ello han estado de acuerdo todos los ingenieros, derivarlas por un canal en absoluto independiente del marítimo.

Mr. Boyer, de igual opinión que sus predecesores, no pensó en alterar tan prudente acuerdo, pero partiendo de esta base se dirigieron sus estudios á evitar la construcción de la enorme presa de Gamboa, obra que en su concepto había de constituir un peligro constante para el Canal y para la zona próxima. Sus exploraciones coronadas, segun nos anunció, por completo éxito, tuvieron por objeto buscar, como ya otras veces se había intentado, un valle independiente y paralelo al del Canal, por el que pueda darse salida á las aguas del Chagres, llevando al Atlántico su caudal completo, cualquiera que sea, sin necesidad de regularizar el gasto. Claro es que esta solución es la más satisfactoria, pero hasta ahora no se había dado con el valle que la proporciona, que por otro lado ni conocemos nosotros, ni tenemos dato alguno serio del proyecto, ya redactado por su autor cuando ocurrió su fallecimiento. Dícese, sin embargo, que la presa queda reducida á una obra de secundaria importancia para derivar el río sin embalsar nada, y que el canal de derivación de la orilla izquierda será únicamente el indispensable para llevar las aguas de los afluentes al Atlántico.

Otra modificación de menor importancia, propuesta también por el mis-

mo ingeniero y al parecer aceptada, es la de sustituir por puentes corredizos los giratorios que para el paso del ferrocarril se habían proyectado, por ser más fácil y segura la determinacion de los esfuerzos en los primeros que en los segundos.

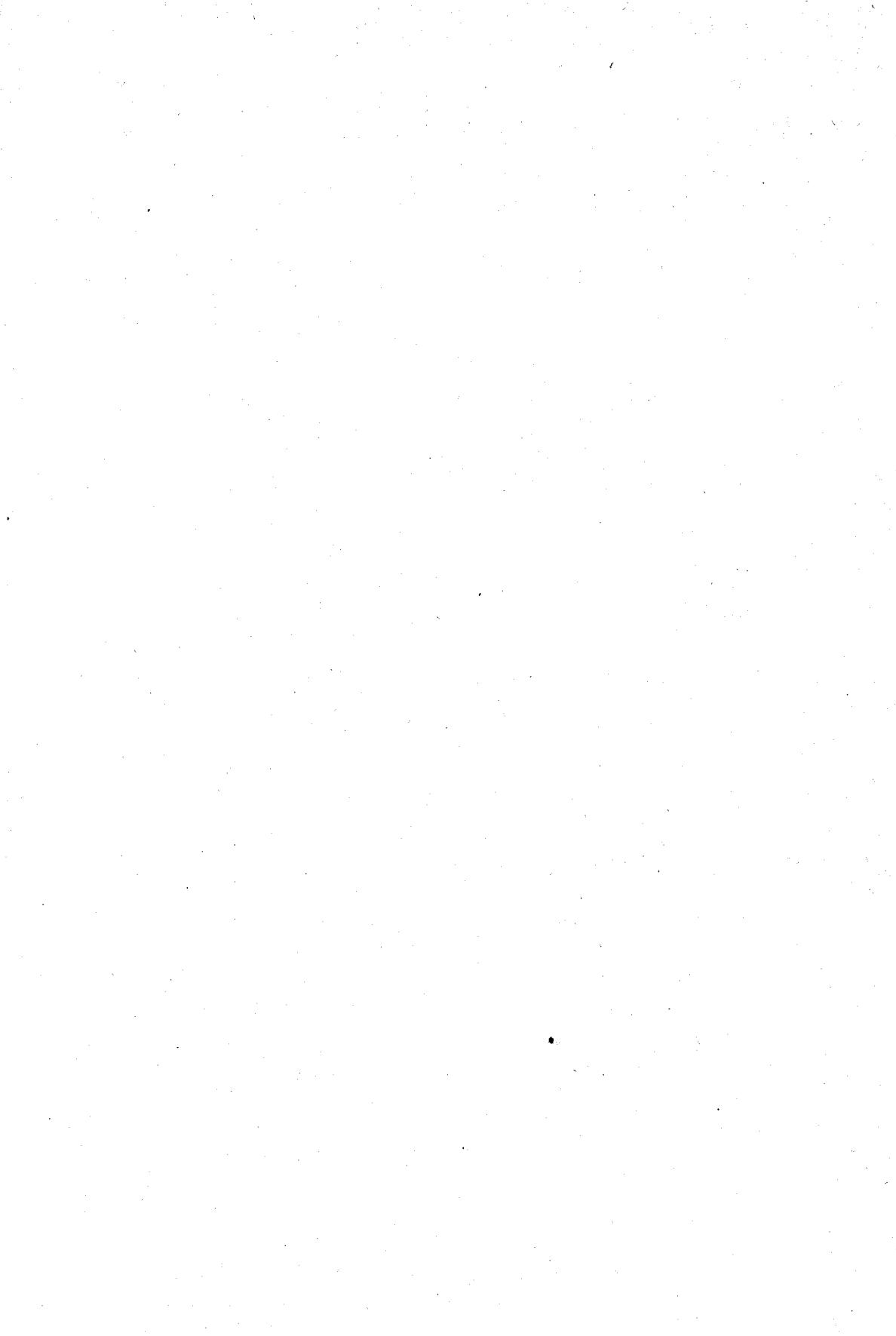
Daremos, por último, una ligera idea de la variacion más trascendental que hizo Mr. Boyer en el proyecto, con motivo, parece, de haberle indicado la compañía estudiase el medio de terminar el Canal con los 600 millones de franceses que entonces se iban á emitir. De este atrevido pensamiento, propio del autor del viaducto de Garabit, hemos tenido noticia con posterioridad á nuestro viaje, pues en las entrevistas tenidas con el director de los trabajos, jamás hizo ni la más ligera alusion á él.

La idea del ingeniero francés tenía por objeto evitar en mucha parte las enormes excavaciones que exige la gran trinchera, dividiendo para ello el Canal en tres trozos; los dos extremos que comprenden desde ambos océanos hasta el macizo central, penetrando en él una cierta longitud, debían quedar tal como se han proyectado hasta ahora, sin más variacion que profundizarlos lo suficiente para que la solera quedase por debajo de las más bajas aguas la cantidad suficiente para el servicio, y el tramo central atravesar todo el macizo de la cordillera, pero á suficiente altura para hacer muy sensible la disminucion del cubo de excavaciones, estableciendo en sus extremidades puertas que evitasen la salida de las aguas. Los buques deberían salvar el desnivel, que no hemos podido averiguar cuál habría de ser, que habría entre los tramos extremos y el divisorio, por medio de dos potentes ascensores, uno en cada vertiente, formados por un enorme cajón de hierro en el que pudiesen flotar los mayores barcos que han de atravesar el Canal, descansando sobre un gran número de émbolos que la presion hidráulica habría de impulsar. Estos ascensores deberían estar establecidos de modo que en su posicion más baja se hallasen en comunicacion con el tramo inferior, y en la más alta con el superior, asegurando en ambas posiciones un contacto impermeable ántes de la apertura de las puertas respectivas.

Nada decimos de este proyecto puesto que no lo conocemos para juzgarlo, y aun tememos haya alguna ó algunas inexactitudes en nuestra somera descripcion, debiendo no insistir más en él con tanto más motivo, cuanto

que segun nos ha hecho saber persona que nos merece entero crédito, lo que á él se refiere es lo único que la comision técnica de París no ha aceptado de cuanto dejó propuesto Mr. Boyer.

Tales han sido los resultados de la poderosa iniciativa de este ingeniero, quien al mismo tiempo que concebía, estudiaba y daba forma á tan diversos proyectos, no cejaba en su propósito de organizar convenientemente los trabajos para imprimirlas la mayor actividad posible. Su temprana muerte no puede ménos de haber influido en la marcha de éstos, siquiera sea por haber destruido de un sólo golpe las lisonjeras esperanzas que su inteligencia y actividad habían hecho germinar en la mente de todos los que técnica ó financieramente tienen interés en ver terminada la más colosal de las obras del siglo XIX.



CUA

que manifiesta el volumen total desmontado hasta fin de

SECCIONES.	HASTA FIN DE 1885. <i>Distribución aproximada. Metros cúb.</i>	EXCAVACIO ANIO					
		Enero. Metros cúb.	Febrero. Metros cúb.	Marzo. Metros cúb.	Abril. Metros cúb.	Mayo. Metros cúb.	Junio. Metros cúb.
Cristophe Colomb.	3000000	448000	112000	156000	130000	272000	163000
Gatun.	1300000	347000	215000	149000	310000	250000	241000
Bohio Soldado.	1500000	75000	46000	43000	60000	42000	45000
Tabernilla.	100000	»	»	6000	2000	3000	6000
San Pablo.	900000	28000	25000	24000	32000	32000	30000
Gorgona.	1300000	29000	28000	43000	37000	32000	50000
Matachin.	1100000	14000	21000	26000	21000	10000	13000
Obispo.	2200000	59000	51000	65000	60000	50000	48000
Emperador.	3000000	99000	104000	141000	127000	96000	66000
Culebra.	1000000	75000	94000	83000	111000	59000	60000
Paraiso.	1000000	64000	96000	108000	31000	11000	16000
Corozal.	»	»	»	»	»	3000	12000
La Boca.	600000	37000	66000	74000	46000	24000	66000
<i>Totales del Canal marítimo.</i>	17000000	975000	858000	918000	967000	884000	816000
Derivaciones.	1000000	63000	127000	73000	30000	105000	217000
<i>Total.</i>	18000000	1038000	985000	991000	997000	989000	1033000
Obras accesorias.	»	30000	33000	106000	42000	91000	9000
TOTAL GENERAL.	18000000	1068000	1018000	1097000	1039000	1080000	1042000

Según la compañía del Canal, el
desde que se empezaron los tra-
16245 metros cúbicos
215000 " "
617054 " "
658708 " "

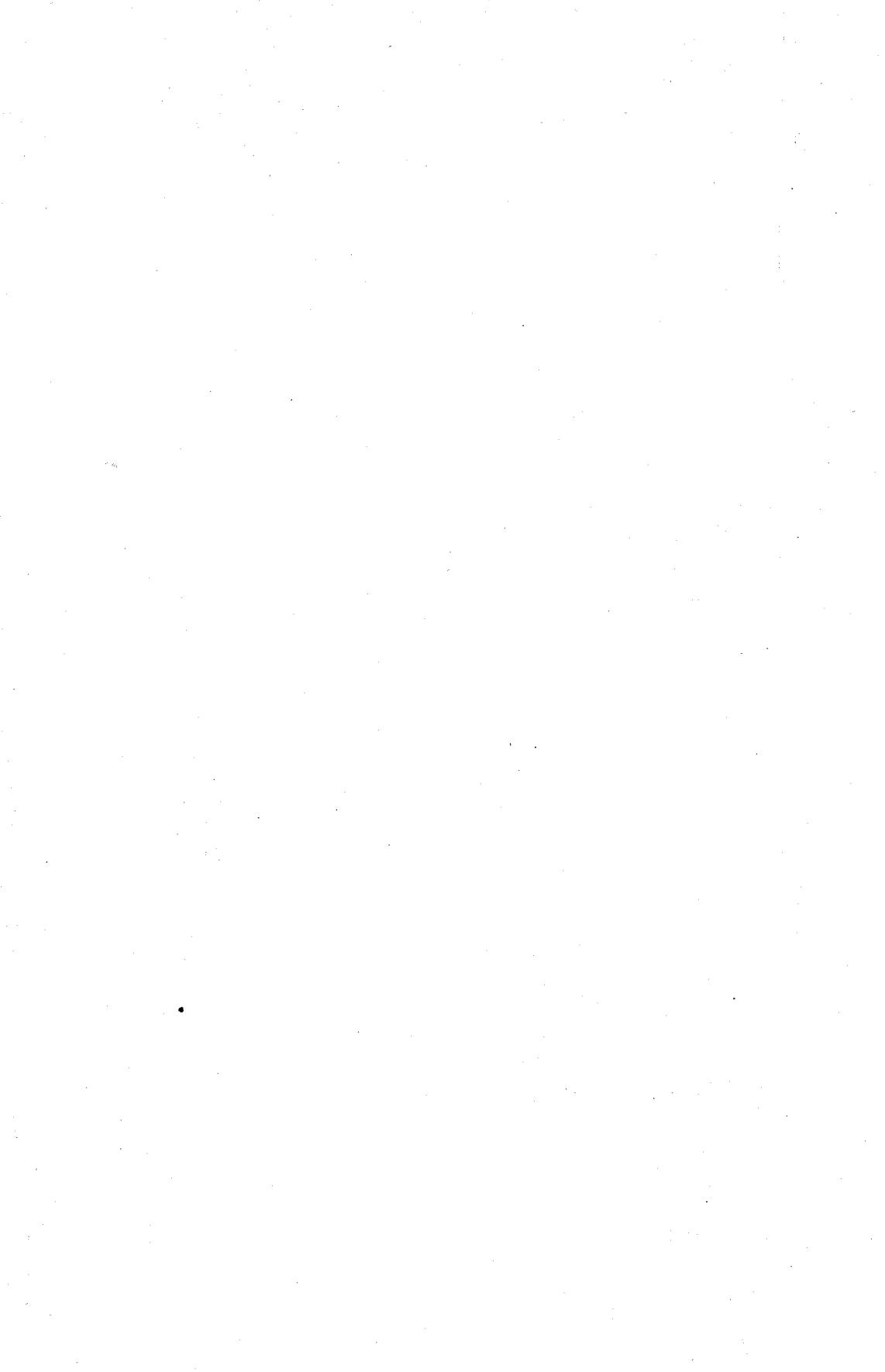
DRO

1885 y el extraido en cada uno de los meses de 1886.

NES REALIZADAS.								TOTAL GENERAL. Metros cúbicos	CUBICACION aproximada deducida del perfil longitudinal. Metros cúbicos.	VOLÚMEN aproximado que falta extraer. Metros cúbicos.
Julio. Met. cúb.	Agosto. Met. cúb.	Setiembre. Met. cúb.	Octubre. Met. cúb.	Noviembre. Met. cúb.	Diciembre. Met. cúb.	TOTALES. Metros cúbicos				
107000	73000	126000	118000	90000	60000	1555000	4555000	8000000	3445000	
226000	254000	244000	209000	197000	184000	2826000	4126000	5000000	874000	
38000	35000	28000	24000	24000	22000	482000	1982000	6000000	4018000	
"	10000	10000	"	11000	15000	63000	163000	9000000	8837000	
44000	60000	41000	26000	25000	21000	388000	1288000	2500000	1212000	
28000	22000	24000	37000	14000	26000	370000	1670000	3500000	1830000	
9000	12000	8000	"	18000	20000	172000	1272000	4000000	2728000	
78000	26000	48000	103000	63000	67000	718000	2918000	13000000	10082000	
56000	70000	68000	68000	60000	53000	1008000	4008000	17000000	12992000	
26000	30000	13000	16000	21000	20000	608000	1608000	20000000	18392000	
21000	24000	18000	15000	25000	20000	449000	1449000	10000000	8551000	
14000	22000	37000	33000	18000	14000	153000	153000	8000000	7847000	
135000	135000	117000	183000	163000	165000	1211000	1811000	4000000	2189000	
782000	773000	782000	832000	729000	687000	10003000	27814000	110000000	82186000	
79000	125000	203000	101000	123000	136000	1382000	2382000	10000000	7618000	
861000	898000	985000	933000	852000	823000	11385000	30196000	120000000	89804000	
8000	3000	4000	8000	3000	5000	342000	342000	"	"	
869000	1901000	989000	941000	855000	828000	11727000	30538000	"	"	

volúmen medio mensual excavado
bajos hasta fin de 1885 ha sido el de
en el año 1882

" " 1883
" " 1884
" " 1885



ALGUNAS OBSERVACIONES

SOBRE LA MARCHA DE LOS TRABAJOS.—CÁLCULO PROBABLE DE SU TERMINACION. (1)

Bn el capítulo anterior hemos puesto de manifiesto, con cuantos detalles nos hemos podido proporcionar, cuál ha sido la marcha de los trabajos realizados en el istmo desde enero de 1880, en que se inauguraron aquéllos, hasta la fecha presente (fin de 1886), ó lo que es lo mismo, en un período de siete años, de los que hay que descartar para los efectos materiales de la obra el primero de ellos, dedicado exclusivamente á estudios preliminares hechos en Europa. De lo allí expuesto, resulta en justicia que la buena organización, que desde los primeros momentos debiera haber sido base fundamental de la empresa, faltó por completo, y pueden considerarse como perdidas en su mayor parte para el objeto que se persigue las primeras sumas que se invirtieron hasta principios de 1882. Y no queremos continuar después de sentada esta que parece seria censura, sin hacer una aclaracion importante para nosotros que no formamos, ¡Dios nos libre!, parte de los detractores del Canal, ni de los que por sistema se han constituido en otros tantos apóstoles, no de la idea, que ésta no tiene peros, sinó de todo cuanto se hace para realizarla. En todo nuestro trabajo, fruto de indagaciones más penosas y difíciles de lo que á primera vista parece, nos hemos propuesto presentar los hechos tal y como los hemos encontrado y sacar las consecuencias que resultan del análisis de aquéllos, sin que por ello se nos oculte que una obra

(1) Capítulo VIII de la obra.

como la que estudiamos sale por sus especiales condiciones y por su magnitud de los límites de las comunes y exige para darle el impulso primero y hacerle adquirir velocidad, atrayendo los inmensos capitales que necesita, saltar por encima de lo técnico, y deslumbrar, por decirlo así, desde el primer día á los accionistas con relaciones de trabajos ejecutados, aún cuando estos no sean de segura utilidad para el porvenir. Tal vez por esto se dispusiera en cuanto la primera expedición llegó á Colón en febrero de 1881, que sin personal idóneo para ello y sin planos exactos ni mucho méno, se procediera á levantar éstos y fijar el eje del Canal valiéndose de métodos ligeros al parecer, pero sin fundamento científico ninguno, resultando de ello que los que en un principio se obtuvieron no hayan servido posteriormente mas que como base para corregir en ellos los errores cometidos y hacer el trabajo dos veces, sin seguridad en ninguna de obtener un perfecto resultado.

Igual consideración tenemos que hacer en lo referente á los sondeos. En el capítulo VI nos hemos ocupado de ellos con alguna detención y allí hemos podido dejar consignado el juicio que nos merece todo lo hecho en este servicio durante el primer año, en el que entre lo que faltaba había que contar la dirección técnica é inteligente.

Tambien la falta de un jefe único en todo este período hizo sentir sus efectos y motivó retrasos y discusiones poco convenientes. Por un lado Mr. Armand Reclus, en su puesto de agente superior de la compañía en el istmo, tendría que luchar de seguro con lo poco definido de su posición y su cargo, que nadie sabe si era directivo, administrativo ó las dos cosas ó ninguna de las dos; y por otro Mr. Blanchet, representante con plenos poderes de los contratistas Mrs. Couvreux y Hersent, quería asumir, como era natural, el mando en todo lo que sin salirse de lo acordado por el congreso de 1879 y el comité consultivo de París, fuese cuestión de detalle ejecutivo y técnico; así es que aunque nadie lo haya dicho, ni tengamos para hacer esta aseveración más que nuestro propio criterio, no dudamos en afirmar que habían de ser muchas y frecuentes las diferencias de opinión que se suscitarían.

Buena prueba de ello es la construcción del terraplen de Cristophe Colomb, cuya obra de reconocidísima utilidad aún se disputan la idea que le dió el ser aquellos dos señores, cuando lo más lógico sería aceptarla ambos

y darse por satisfechos de haberla propuesto y de que hubiera empezado la ejecucion en su época.

La llegada al istmo del material necesario para la realizacion de los trabajos, sufrió lamentable retraso é interrupciones sin cuento. Parecía natural que no careciéndose de dinero, como no se carecía, á la vez que se buscaban brazos útiles para el trabajo en aquel clima desolador, se emprendiera con gran impulso la adquisicion de los elementos con que debían trabajar, y entre estos dar la preferencia á los que primero debían emplearse, tratando por todos los medios de que en el período de organizacion se hubiesen acopiado cuantos recursos habían de ser necesarios. Ya hemos visto que no sucedió así, y cuando aquel período de dos años terminó, no se había llegado, ni con mucho, á ver realizadas las esperanzas que se habían hecho concebir.

Esta razon, aunque velada por otra de excesiva modestia como era la falta de garantía suficiente para llevar á cabo todas las obras, hizo que los contratistas Couvreux y Hersent dejáran absolutamente de ocuparse en ellas, y se pasára á hacer uso de un sistema totalmente opuesto, entregando en manos de numerosas personas, no todas idóneas por cierto, la multitud de servicios y trabajos que había que realizar. Ni queremos ni podemos entrar en el estudio de las cláusulas que segun hemos oido decir constitúan los pliegos de condiciones á que debían sujetarse estas contratas, pues realmente no tenemos antecedentes bastantes para ello, y tal vez al señalar deficiencias y criticar hechos nos saliésemos de la justicia por desconocimiento, nunca por sistema; pero parece indudable que todas las que favorecían ó eran garantía para la compañía del Canal, fueron letra muerta cuando de exigir responsabilidades se trató. Tan difícil es llegar á hacer éstas efectivas cuando la buena fé no preside por igual en ambas partes, y tentados estamos de asegurar que aquella cualidad no se conoció por la de los que ajustaron las obras en la mayoría de los casos.

El talento organizador de Mr. Boyer es más que probable que hubiese llevado al istmo las modificaciones que son indispensables, siñó hubiese ocurrido su prematura muerte cuando sus estudios sobre el terreno y el exacto conocimiento del estado del asunto le permitía encauzarlo haciéndolo entrar en una vía franca y despejada. Es casi seguro que de haber él continuado, ya

que la compañía había hecho las grandes contratas para la terminacion de las obras, hubiesen desaparecido el sinnúmero de pequeños destajistas que aún quedan repartidos en el Canal, dificultando seguir la buena marcha de los trabajos y facilitando las trabacuentas que necesariamente ha de haber. Asegúrasenos que están en vías de desaparecer, pero el hecho es que en uno y otro número del *Boletín* órgano de la sociedad, siguen viniendo detallados los adelantos que cada uno de ellos efectúa y su existencia oficial continua por consiguiente acreditada.

La cuestion de los obreros es capital. Los del país, ya hemos dicho que son pocos y malos; la importacion del extranjero no siempre se consigue cuando los alicientes que se ofrecen no están en relacion con las fatigas que se han de soportar; así es que en nuestro concepto hasta que la obra esté terminada la crisis de brazos ha de ser constante, si no se implantan grandes reformas, pues dificultamos que de no introducir *coolies* se logre reunir mayor número de los que hay hoy en aquella zona, porque el que vá una vez y se convence prácticamente del modo de ser de aquel trabajo, le ha de costar, si se vá, volver de nuevo.

Aun cuando hemos vertido la idea de la introducción de chinos, no es que la apadrinemos ni mucho menos (1). Para nosotros el hijo del Celeste imperio tiene un modo de ser muy especial que se amolda difícilmente á los trabajos de campo y á todos aquellos que piden robustez física, de que en general carecen por efecto del abuso de sus vicios que los degrada y rebaja moral y materialmente; abuso que en ellos es tanto mayor cuanto más penosa es su existencia. En cambio, para ciertas pequeñas industrias, que allí en el istmo como en muchas partes de la América, Asia y Oceania tienen acaparradas, son excelentes y beneficiosa su permanencia; pero no se les exija más, porque al llevarlos al manejo de la azada ó al servicio de las máquinas, es más que probable que se repitan las escenas del ferrocarril de Panamá.

Se nos dirá con razon que hay necesidad, si las obras del Canal no se han de prolongar indefinidamente, que por todos los medios se aumente el núme-

(1) Parece que algunos contratistas tratan de realizarla en breve, segun hemos leido en un número del *Boletín* del Canal, que la aplaude.

ro de obreros, y nosotros abundamos en las mismas ideas; pero tenemos la firme creencia de que esto se conseguiría más con las ventajas que se les proporcionarse á los que fueran, que con otros medios de reclutamiento menos suaves, ¿Por qué no ha de facilitar la compañía la constitución de sociedades cooperativas, que sin necesidad de aumento ninguno de sueldos, que éstos no los debe haber, hiciesen posible el ahorro, quedando en beneficio de los empleados las enormes ganancias que realizan los comerciantes al por mayor? Ya sabemos que el conde de Lesseps no es partidario de ello y quiere dejar autonomía completa á todos para que por sí hagan lo que les parezca; pero esto, que es un principio digno cuando de sociedades constituidas por personas de algún criterio se trata, no es aplicable al caso que discutimos, en que quien más necesita mirar por la economía es el obrero, negro casi siempre, y de alcances limitados por lo general, salvo raras excepciones.

Esto que á la compañía pedimos, lo hacemos extensivo, tal vez prefiriéndolo, á las empresas contratistas, no para que aumenten su lucro de una manera directa, sinó para que su operario tenga mayor aliciente y cese el tránsiego de hombres que hoy existe.

Otro medio que nos parece habría de ofrecer buenos resultados, es el establecimiento de casas de crédito, por cuyo medio se pudiesen girar las cantidades que se economizan sin el quebranto que los banqueros de Panamá lo hacen, realizando un beneficio del todo desusado, ó capitalizándolas para el porvenir; pues no basta que el ahorro se realice, sinó que es necesario que haya medio fácil de que con él se atienda al sustento de la familia lejana, si se tiene, ó á crearse un pequeño capital que en el día de mañana sirva para establecerse, proporcionándose una posición ó método de vida.

Nos hemos extendido en esto más de lo que pensábamos y es que para nosotros es de grandísima entidad todo lo que al trabajador, verdadera palanca de la civilización, se refiere; no para que con las ventajas que se le proporcionen se le haga utopista, sinó para que de la justa relación entre el capital y el trabajo, saquen uno y otro la mayor suma de ventajas posible.

Cuando nos hemos ocupado en la descripción de los inmuebles que la compañía ha adquirido ó edificado en Panamá, hemos tratado de las incon-

venencias que el sistema adoptado tiene en nuestro sentir, aún sin tomar en cuenta el precio alzadísimo que por alguno de aquellos ha pagado. Al lado de estos excesivos é inútiles gastos y de los que representan los dos edificios de *La Residencia* en Colón, son dignos de aplauso los que se han hecho para alojar á los empleados en todo el trayecto del Canal, pues aunque en ellos pudiera suprimirse algun detalle lujoso, de insignificante valor, creemos que algo se le debe dar de lo supérfluo á quien de todo alimento espiritual y de recreo carece, en un país insano, léjos de sus afecciones y expuesto á perder la vida en aras, no sólo de un bienestar futuro que más ó ménos problemáticamente trata de crearse, sinó tambien en las de coadyuvar á una de las admirables obras de paz y de progreso del siglo presente.

Esto mismo quisiéramos decir de los barracones destinados á los obreros, en los que si no les falta las condiciones de higiene, que esas las poseen, adolecen de defectos censurables, tales como tener la cubierta metálica, sin capa de aire intermedia entre ella y la habitacion. Su aspecto, á pesar de todo, es agradable y su estado de limpieza dá una buena idea de sus habitantes, á quienes convendría se les proporcionase en todos los campamentos, á imitacion de lo que se ha hecho en algunos, medios de diversion, que sobre distraerlos en los días y horas de descanso, tendría la ventaja de alejarlos de las cantinas, donde les dan las más detestables composiciones químicas con base de alcohol amílico, que mina la economía, y de otros centros en los que por medio de las loterías y demás juegos de azar y engaño, que mucho abundan, les roban sus escasos peculios.

Entrémos ahora en el exámen de lo que falta por hacer en las obras á partir del principio del año actual de 1877, para calcular, aproximadamente siquiera, la fecha en que podrá abrirse el Canal al tráfico.

Segun puede verse en el cuadro con que termina el capítulo VII, del volumen total que debe excavarse, que segun los cálculos hechos que más se acercan á la verdad, ascienden á 120.000.000 de metros cúbicos, por fin de 1885 se habían extraido, segun la compañía, 18.000.000; cifra que por cierto no coincide con lo que resulta de los volúmenes medios mensuales que tambien dice se excavaron en los cuatro primeros años; pero aceptando dicha cantidad como bueña, quedaban por remover en 1.^º de enero de 1886, 102.000.000

de metros cúbicos, sin contar algunos millares de ellos á que ascenderán los trabajos de las accesorias.

Sentada esta premisa, pecaríamos de ignorantes y de parciales en extremo si imitando aquí lo que han hecho los autores de los folletos que se han escrito en contra del Canal, quisiéramos calcular por lo pasado lo futuro, olvidando todas las dificultades de organizacion y replanteo del problema que en aquél hubo que vencer, y de la facilidad relativa que se ha de encontrar en éste para que los trabajos marchen sin contratiempos de una manera normal, y por decirlo así, por caminos ya trillados. La lentitud con que hasta hace poco han progresado las obras, prescindiendo de una parte hija de las faltas de administracion y direccion de que adolecieron, ha sido condicion precisa comun á la primera época de todas las construcciones, con mayor motivo cuando éstas son tan grandiosas como la que se ejecuta en el itsmo americano. Véase si nó lo que ocurrió en el Canal de Suez: de los 75.000.000 de metros cúbicos que hubo que excavar, en los primeros ocho años sólo 25.000.000 se removieron, invirtiendo en ellos las dos terceras partes del capital, y en cambio se terminó la obra, si no con toda la profundidad que se había proyectado, con la bastante para dar paso á los buques, en sólo dos años más. En Europa misma, donde los recursos se tienen realmente en casa y donde ni los operarios escasean ni la direccion acreditada falta desde el primer momento, ocurre lo mismo. Para establecer las primeras instalaciones y acopiar los recursos necesarios para la apertura del túnel de San Gotardo, cerca de año y medio se invirtió, perforándose después por ambas cabezas sólo 600 metros anualmente, luego 1200 metros y terminándose la obra con un avance por año de 3000 metros; es decir, con cinco veces más velocidad que la que pudo imprimirse en un principio. Por este motivo aceptámos muy de buen grado lo dicho por Mr. de Lesseps en la asamblea de accionistas de julio de 1886, refiriéndose á esto mismo, en la que se expresó en los términos siguientes:

«Fuera de toda apreciacion técnica, la apertura del Canal marítimo es realmente cuestión del volúmen que se debe extraer; pero permitidme que insista una vez más en lo equivocado que está el que quiera darse cuenta de la marcha de la excavacion en el porvenir por la que ha seguido hasta ahora,

»A medida que la organizacion se perfecciona, que marchan las máquinas y que el personal todo se habítua con su cometido, la produccion del trabajo se desarrolla en proporcion, que no puede compararse en modo alguno, con los productos medios obtenidos ántes.»

Pero esto, que repetimos lo hacemos nuestro, no podemos exagerarlo fuera de todo límite racional, ni podemos tampoco, por huir de un extremo, caer en otro en que el optimismo y las esperanzas poco fundadas sean lo que dominen. La compañía, buscando el aplauso que necesitaba y procurando levantar los ánimos, si alguno había decaido, con tanto más motivo cuanto llamaba de nuevo á sí el desprendimiento de sus accionistas y obligacionistas con la preparacion de un nuevo empréstito de 600.000.000 de francos, decía por boca de su presidente en la precitada reunion, que puesto que á mediados de 1886 estaba ya asegurada la extraccion mensual por todo el año de 1.000.000 de metros cúbicos, podía darse como obra hecha á fin del mismo, el movimiento de 30.000.000 de metros cúbicos, y por la ley de progresion á que han de obedecer los trabajos, el volúmen que debe suponerse se extraerá en 1887 será de 24.000.000, ó sea una media mensual de 2.000.000, y el de 1888 y algunos meses de 1889, de 3.000.000 en el mismo período, con lo que se dará por concluido el Canal.

Este aumento tan rápido lo consideramos impracticable, pues si bien nosotros mismos lo acabamos de citar como un hecho en el Canal de Suez, aquí partimos del cubo de 1886, en que ya no estamos en los comienzos de la obra (1) y las circunstancias no son las mismas que allí, pues ahora deben tenerse en cuenta al hacer el cálculo dos factores de poderosa influencia, que

(1) Cuando corregimos este manuscrito, el tiempo ha venido á darnos la razon. En los cuatro meses que van transcurridos desde que empezó el año 1887, tres de los cuales de ordinario (no este año que ha llovido por excepcion la primera mitad de enero) son de sequía completa, el volúmen mayor extraido ha sido el del mes de febrero, el mejor del año para el trabajo, en que ha ascendido á 1.236.000 metros cúbicos, incluyendo en ellos los de accesorios por un total de 9000, que rebaja aquellos á 1.227.000 metros cúbicos. Es, pues, casi imposible que en los ocho meses que quedan, próxima como está la estacion de las lluvias, en que sobre la pérdida de tiempo que éstas significan, hay que contar con los accidentes de inundaciones, siempre inevitables, se pueda extraer un volúmen medio mensual de 2.500.000 metros cúbicos, como sería necesario para cumplir lo ofrecido.

habrán de modificar sensiblemente dicho aumento. Se refiere el primero á la roca con que hay que luchar en lo futuro. Hasta el presente el trabajo hecho en un medio duro ó semi-duro ha sido muy poco, y como la extraccion del material es tanto más difícil cuanto más dureza tiene, puesto que á la simple y cómoda excavadora que se emplea en las tierras debe sustituir el barreno, los millones de metros cúbicos de roca que en la region sola de la Gran trinchera hay que remover, necesitan un período de tiempo bastante mayor que el que se emplearía de luchar sólo con las arenas del desierto africano. No es de menor importancia el segundo factor. En la actualidad la excavacion tiene una anchura tanto mayor cuanto más elevada es la cota del terreno en que se opera, hasta tal punto que en una buena extension del trayecto del Canal aquella alcanza cientos de metros y pueden establecerse muchos puntos de ataque, y no pocas vías de descarga, que funcionando todas á la vez efectúen el desmonte tan de prisa como se deseé. Por el contrario, á medida que la cota disminuya, las instalaciones de máquinas excavadoras y grúas serán en menor número, los brazos mismos que operen tendrán que reducirse y cuando se llegue á alcanzar la de 2 metros sobre el nivel medio de los mares, entrando en la cuneta propiamente dicha, la referida anchura será en algunas partes de 22 metros solamente y en donde más de 58 metros, y bien se hará cargo todo el que tenga costumbre de ver movimientos de tierras que en tan estrecho espacio no hay que pensar en que sea mucha la actividad que se desarrolle. Entre uno y otro límite los elementos útiles irán pues siendo menores en número, y el aumento que por la velocidad adquirida debe tener el progreso de la obra, se verá en cierta parte equilibrado por la disminucion que las dos causas señaladas le imprimirán.

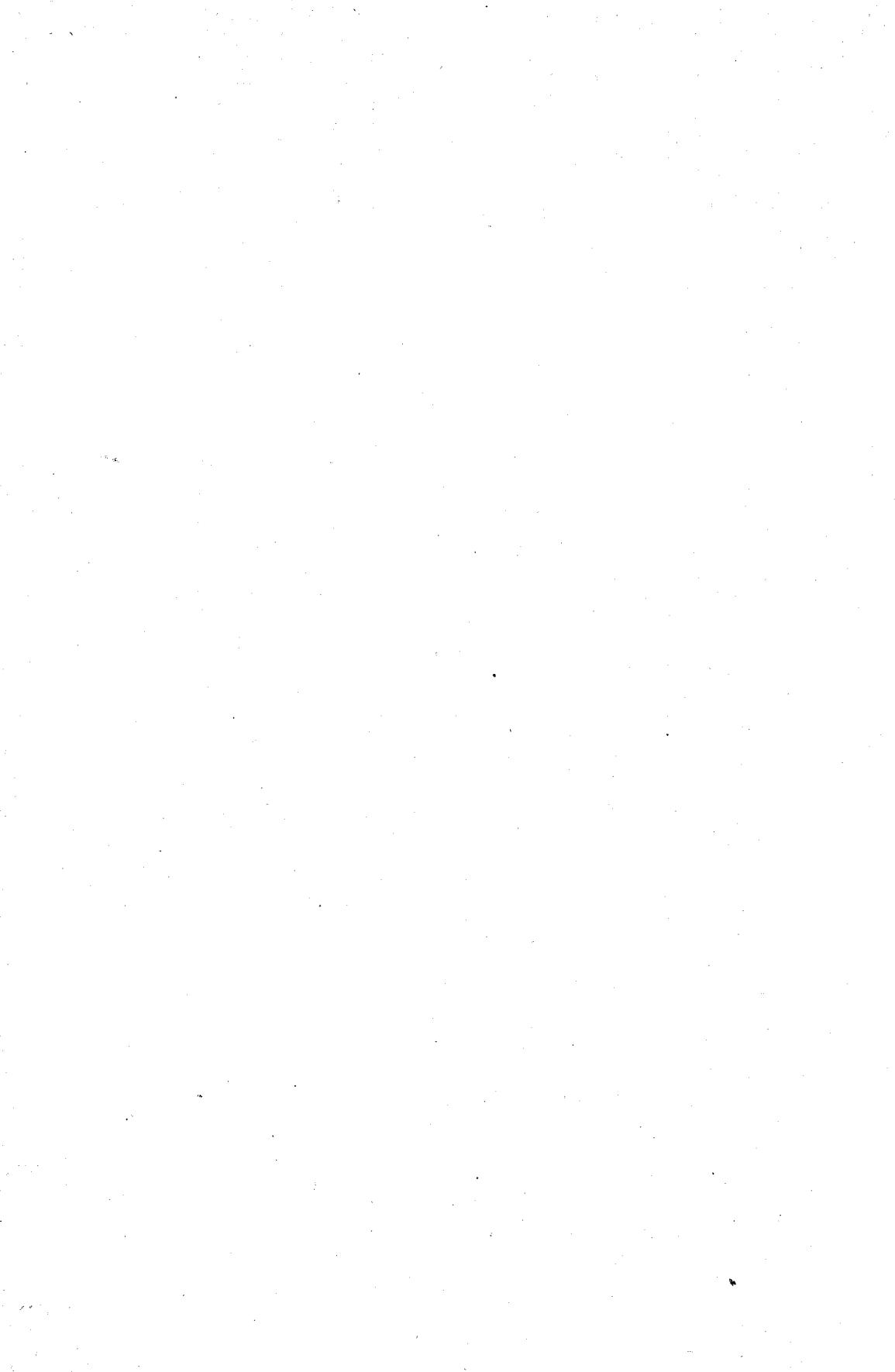
Como consecuencia de todo, nuestro criterio es: que partiendo de lo ejecutado en 1886, cuyo total de 11.727.000 metros cúbicos corresponde á una media mensual de 977.250 unidades de la misma clase, hay que esperar, si á los trabajos se les imprimen toda la actividad compatible con los recursos de que se dispone, que en 1887 se excaven 15.600.000 metros cúbicos, 21.600.000 metros cúbicos en 1888, y 24.000.000 en 1889, con los que por fin de este último año se habrán extraido 90.927.000 metros cúbicos, que bien distribuidos podrán servir para abrir al tráfico público la nueva vía en el primer se-

mestre de 1890, aún cuando análogamente á lo que se hizo en Suez, ni tenga toda la profundidad que se asigna en el proyecto, ni á los taludes se les haya dado más inclinacion que la indispensable para evitar desprendimientos, con arreglo á la naturaleza de las tierras, ni se hayan hecho tampoco las muchas obras accesorias de reconocida utilidad para el porvenir, pero sin las que podrá pasarse perfectamente en el primer período de explotacion.

Tos anteriores cuatro capítulos de la obra importante escrita por los Sres. Cano y Brockmann, son bastantes para dar idea de ella á nuestros compañeros, y para que deduciendo por estos capítulos lo que serán los demás de la obra, cuyo índice dimos, formen juicio sobre el detenido estudio que han hecho dichos ingenieros en su rápido viaje, de los colosales trabajos que, en un plazo más ó menos largo, pero seguro, pondrán en comunicacion á los dos océanos que bañan las costas del Nuevo mundo, abriendo una nueva vía á la civilizacion.

Terminámos, pues, la tarea que nos habíamos impuesto, agradeciendo á los Sres. Cano y Brockmann que nos hayan permitido dar á luz alguna parte de su obra, que si llega á publicarse, como deseamos y esperamos, será la más completa é imparcial de las muchas que hasta ahora se han dedicado al exámen y estudio del Canal interoceánico de Panamá.

LA AEROSTACION MILITAR



LA
AEROSTACION MILITAR

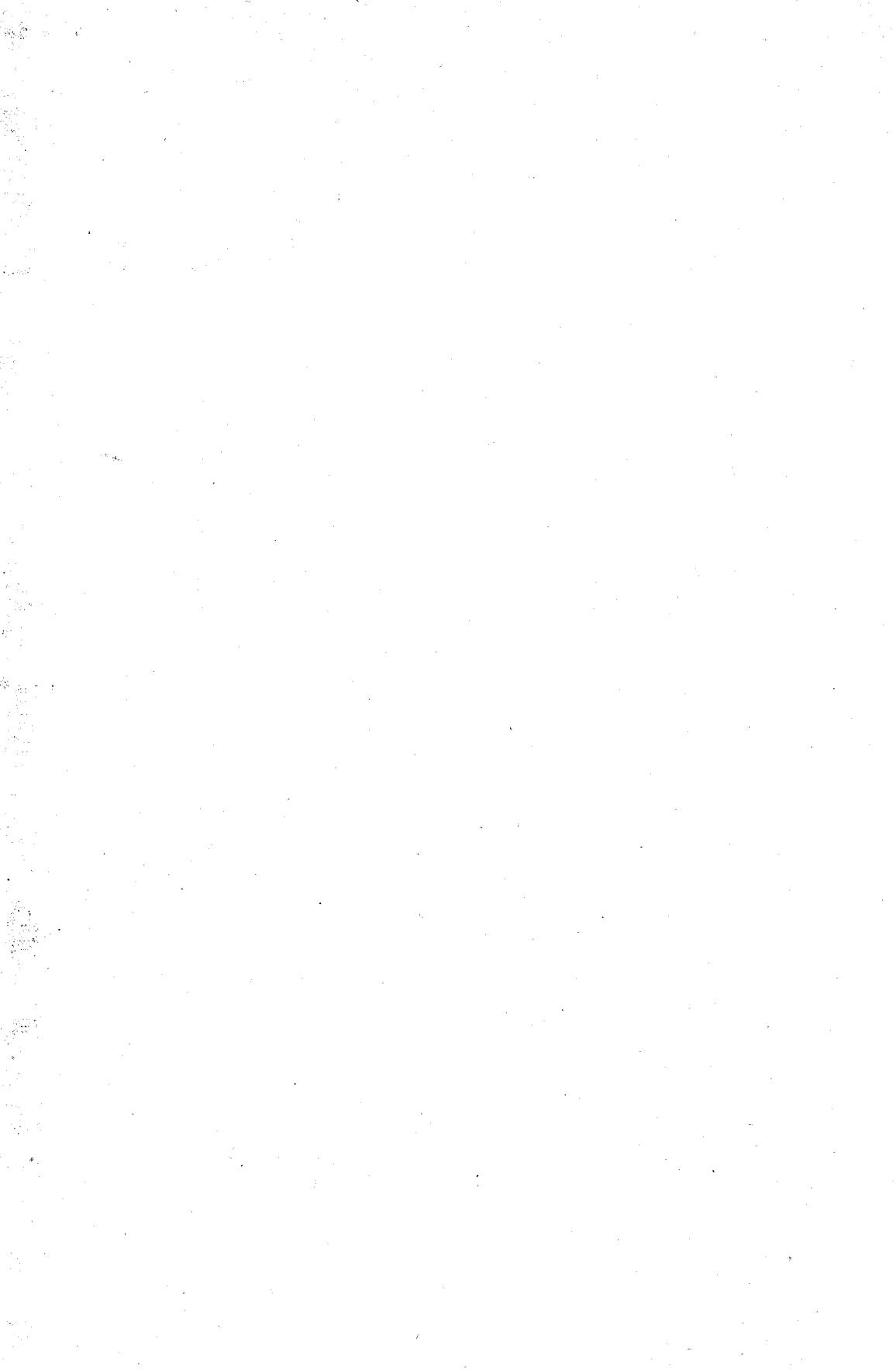
POR

EL CORONEL COMANDANTE DE INGENIEROS
DON JOSÉ SUAREZ DE LA VEGA

In pace ut sapiens aptarit idonea bello
(HORACIO: *Sat. II.*)

Obra premiada con mención honorífica en el concurso de 1886

MADRID.
IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS,
1887



PRÓLOGO.

DEMOSTRADO está en la historia, á través de los siglos y desde los tiempos más remotos hasta nuestros días, que todos los pueblos han procurado utilizar en su defensa las nuevas ideas y los inventos más notables, cuyas aplicaciones pudieran ofrecerles alguna ventaja en sus grandes luchas armadas, revelando de este modo las mútuas relaciones de los descubrimientos científicos y de los progresos de las artes industriales con el arte de la guerra.

Nunca, sin embargo, ha tenido confirmacion más brillante esta verdad que en las últimas campañas, sin que sea preciso para probarlo mencionar siquiera los numerosos testimonios que ofrecen al observador más superficial, así por lo que se refiere á los perfeccionamientos realizados en las armas y en todo el material de guerra, como por las nuevas y fecundas aplicaciones de todos aquellos maravillosos adelantos que constituyen los mayores títulos de gloria del siglo xix. Ciento es, que no por esto se transforman los principios esenciales de la estrategia y de la táctica, por su naturaleza inmutables; pero se modifican profundamente sus procedimientos, extendiendo y agrandando considerablemente la esfera de accion en que se desenvuelven, é imponiendo la necesidad de estudiar detenidamente multitud de cuestiones ajenas en apariencia al arte militar, exigen al mismo tiempo en los ejércitos la creacion de organismos y de servicios nuevos. En este caso se encuentran los globos aerostáticos, desde que la guerra de 1870-71, entre Francia y Alemania, vino á poner de manifiesto de una manera indudable las útiles aplicaciones militares á que se prestaban, consiguiendo importantísimos resultados que se grabaron profundamente en la memoria, y consiguieron traer á sentimientos

más equitativos á muchos de los que, sin ser extraños á cierta cultura intelectual, se resistían á la idea de que los aerostatos pudieran convenir nunca para otros usos prácticos que los de servir de agradable y sorprendente entretenimiento en las fiestas y en los regocijos públicos. Y en verdad, que no procedía esta errónea creencia de que no hubiesen prestado ya señalados servicios ántes de aquella fecha, pues que si podían pasar ignorados los obtenidos por los franceses en 1793, durante las guerras de la república, eran bien públicos y conocidos los que desde principios de este siglo habían prestado á la ciencia. Pronto se comprendió, en efecto, todo el partido que se podía sacar de las ascensiones aerostáticas para el estudio y conocimiento de los fenómenos atmosféricos, empleándolos ya con este objeto en 1804, Robertson, Biot y Gay-Lussac en sus viajes aéreos á grandes alturas, y si bien no volvió á repetirse ninguna experiencia del mismo género hasta los años 1850 y 1852, son, en cambio, muy numerosas las realizadas desde entonces, entre las cuales merecen mencion especial las de Barral y Bixio, las de Fonvielle, Tissandier y Flammarion, y sobre todo, las veinticinco que verificó en 1862 Mr. Glaisher, director del observatorio meteorológico de Greenwich.

Las observaciones y los datos recogidos en estas notables exploraciones aéreas, de indudable importancia para los progresos de las ciencias físicas, se extendieron á estudiar el estado higrométrico y la variacion de los elementos constitutivos del aire, el descenso y variaciones de temperatura, la electricidad atmosférica, la formacion de las nubes y de las tempestades, la diversidad de corrientes, segun la altura, y las leyes á que obedecen, y en fin, todos aquellos fenómenos meteorológicos, cuya explicacion no es completamente satisfactoria, así como al descubrimiento de otros, todavía ignorados, pudiendo asegurarse que, aun desdeñados y con todas sus imperfecciones, los globos aerostáticos habían conquistado ya un puesto señalado y pueden desempeñar un papel importante, como instrumentos de investigacion en la ciencia contemporánea.

El estado de atraso relativo en que se encuentra la aerostacion, á pesar de los años transcurridos desde la invencion de los globos, en una época en que hacen tan rápidos progresos todas las ciencias y las industrias todas, y en que tan pronto como se registra un nuevo descubrimiento se modifica, trans-

forma y mejora de mil variados modos, extendiendo á la par el campo de sus aplicaciones, se explica perfectamente, teniendo en cuenta que la mayor parte de los que se han ocupado en este asunto desde hace muchos años, y que pudiéramos decir aeronautas de profesion, carecían completamente de toda clase de conocimientos científicos, ó cuando ménos no los han aplicado en sus investigaciones, ni ha sido posible emprender éstas de una manera metódica y sistemática por falta de proteccion y estímulo de los gobiernos y de las corporaciones científicas para fomentar esta clase de empresas, siempre costosas.

Ha sido tambien, sin duda alguna, motivo de rémora considerable, la naturaleza misma del asunto, que, si cautiva y produce admiracion y entusiasmo, no ofrece las más lisonjeras perspectivas para provocar la aficion á los viajes aéreos, sin que sean bastante efficaces las delicias que los aeronautas prometen en sus descripciones y relatos, á los que quieran confiarse al capricho de los vientos, para vencer la instintiva repugnancia que el hombre siente al abandonar la superficie de la tierra, á pesar de todas las amarguras y miserias que en ésta son tan frecuentes. Por lo demás, la estadística prueba que el número de catástrofes es insignificante con relacion al número de ascensiones, y debidas en su mayor parte á impericia de los aeronautas, á faltas ú olvidos imperdonables y á las malas condiciones del material empleado.

Despues de todo, bien se explica ese retraimiento en la inmensa mayoría de las gentes, cuando se recuerda la lentitud con que el público se habituó á los caminos de hierro, y que fué necesario transcurrieran doce años despues de la inauguracion del de Liverpool á Manchester, el más antiguo de los de vapor, para que la reina Victoria, y el valiente duque de Wellington, se atrevieran á confiarle sus personas.

No obstante, en estos últimos años han variado completamente estas condiciones en lo que especialmente se refiere á las aplicaciones militares de los globos aerostáticos, y son motivo de estudio detenido y de preferente atencion en los principales ejércitos de Europa. Los de Francia é Inglaterra son los que verdaderamente rivalizan en este camino desde hace algunos años, así por sus frecuentes especulaciones teóricas como por los repetidos ensayos que se emprenden bajo la proteccion y por iniciativa de sus respectivos go-

biernos; y en fin, por la actividad que se advierte en la creacion de comisiones especiales que tienen por única mision el estudio detenido de los progresos que puedan realizarse con dicho objeto, sin olvidar el tan debatido problema de la direccion de estos aparatos aéreos.

Larga y difícil sería la tarea de enumerar las múltiples y variadas aplicaciones que, con mejor ó peor acierto, y más ó menos sentido práctico, han visto la luz pública desde la famosa invencion de los hermanos Montgolfier, y más todavía si hubiéramos de acompañárlas del exámen y juicios críticos que todas y cada una de ellas han merecido á los aeronautas más distinguidos; pero nuestros propósitos se reducen únicamente á referir la intervencion que pueden tener los aerostatos en los reconocimientos militares; á exponer sus relaciones con la telegrafía óptica y eléctrica; al partido que de ellos puede obtenerse en los bombardeos; á sus aplicaciones á la iluminacion de guerra, para detener más eficazmente, por la noche, los trabajos del sitiador en las plazas fuertes; á los servicios que pueden prestar en el levantamiento á simple vista de planos topográficos ejecutados por oficiales acostumbrados á este género de trabajos, ó por medio de la fotografía instantánea; y en fin, á los recursos que ofrecen á las plazas sitiadas para establecer comunicaciones con el exterior, ya soltándolos libres, y á merced de los vientos favorables, portadores de la correspondencia de los sitiados; ya combinados con palomas mensajeras encargadas de restituirse, guiadas por su maravilloso instinto, á las plazas de donde partieron; y ya, cuando resuelto el difícil y árduo problema de la direccion, puedan servir segura, rápida y eficazmente de correos aéreos y establecer comunicaciones numerosas y regulares entre los diferentes ejércitos en operaciones, las plazas sitiadas y el resto del país; prescindiendo, por lo demás, de otras muchas ideas y proyectos que no han pasado, en su mayor parte, de la esfera puramente especulativa, y necesitarían la sancion de la experiencia para poder apreciar con acierto hasta qué punto son realmente practicables.

Hemos de anticipar, desde luego, que si en la guerra no dieron aún todos los buenos resultados que de ellos se esperan, siquiera sean ya muy señalados é importantes los conseguidos, débese á que siempre ha sido improvisado este servicio, y por consiguiente carecía de muchas de las ventajosas

condiciones en que hubiera podido efectuarse si se le hubiera preparado lenta y laboriosamente durante la paz, estudiando el material más conveniente y disponiendo de un personal perfectamente instruido y familiarizado con las maniobras que exige su empleo, como es de esperar suceda en las guerras del porvenir, en que los globos puedan prestar su indudable eficaz concurso á los ejércitos que hoy se preparan para su aplicación inteligente.

Falta bastante, sin duda, que estudiar, para que los globos presten todos los buenos servicios que se desean, por más que ya en su actual estado tengan importancia suficiente para llamar seriamente la atención, como lo acreditan los trabajos y experimentos emprendidos en estos últimos años, con inquebrantable constancia y sin arredrarse por los gastos que originan; en las naciones extranjeras, lo cual nos impone el deber de no descuidarnos por nuestra parte, consagrando diligente cuidado á un asunto que ha de ser más favorable á la defensa que al ataque y que no requiere muchos recursos, ni gastar cuantiosas sumas para su estudio y preparación.

Con la idea de facilitar este objeto, y sin condiciones ni medios para más árduas empresas, trataremos de exponer, según el criterio adquirido en la lectura de las obras de los aeronautas más prácticos e inteligentes, los datos y noticias que hemos tenido la curiosidad de recoger durante algunos años en periódicos y revistas nacionales y extranjeras acerca de las diversas ocasiones en que se emplearon los globos en la guerra y los proyectos más notables á que han dado origen, indicando los resultados obtenidos, los inconvenientes que ofrecen y las dificultades que se encontraron para utilizarlos en los ejércitos, así como los diferentes medios propuestos para obviar ó disminuir aquéllos. Los perfeccionamientos y las mejoras que se han conseguido ya, demuestran, sin ningún género de dudas, que los aerostatos están llamados á recobrar su perdida importancia en los campos de batalla, y en la defensa y el ataque de las plazas fuertes, y que han de reportar muy beneficiosos resultados á los que mejor y con más acierto sepan utilizarlos, siendo de esperar que por virtud del estudio constante de que son objeto actualmente, sin atender á nimias consideraciones de mal entendida economía, registrarán progresos considerables que acrecienten su eficacia.

El origen indicado de nuestras noticias, y la naturaleza misma del asunto

que tanto se presta al vuelo de la fantasía, á los sueños de la imaginacion y á las exageraciones de la pasion propagandista, pueden ser causa de inexactitudes; pero las comisiones de oficiales de ingenieros que en las naciones extranjeras se ocupan de este nuevo servicio militar, conservan en el mayor secreto los resultados de sus experiencias, y miéntras una guerra de alguna importancia no venga á darles ocasion de manifestarlos en su provecho, será forzoso que nos atengamos á las poquísimas indicaciones que consideran prudente revelar respecto á sus estudios.

Así y todo, la esperanza de que, aun con todas sus imperfecciones, pudiera ser de alguna utilidad, contribuyendo á propagar la aficion á esta clase de estudios y á vulgarizar, por decirlo así, la importancia de estas nuevas máquinas de guerra entre los oficiales del ejército, y la carencia por otra parte de libros en que se hallen condensadas sus aplicaciones militares, nos ha servido de estímulo para emprender esta tarea, aun reconociendo la insuficiencia de nuestras fuerzas.

En vista de estas consideraciones, y para que no resultase más árida y enojosa la lectura, hemos prescindido tambien de todos aquellos cálculos y consideraciones teóricas que pudieran exigir para su comprension otros conocimientos que los que son comunes á todas las personas cultas, lo cual se ajusta, por otra parte, al carácter esencial de las obras de vulgarizacion que principalmente hemos tenido presente y que servirá para disculpar algunas repeticiones de concepto y algunos otros detalles que pudieran parecer ociosos á los que ya se encuentran iniciados en esta clase de trabajos, y más todavía á los que posean una regular educacion científica.

De todos modos se habrían logrado sobradamente nuestras aspiraciones si este modestísimo trabajo mereciese la más pequeña atencion; y mucho más si pudiera contribuir á que se facilitaran los elementos más indispensables si quiera á nuestros ilustrados y competentes compañeros de armas, para que, consagrándose á esta clase de estudios, pudieran contribuir con su ingenio y sus conocimientos á realizar aquellos esperados progresos á que está llamada la aerostacion militar.

CAPÍTULO I.

RESÚMEN HISTÓRICO DE LAS APLICACIONES MILITARES DE LOS GLOBOS AEROSTÁTICOS.



ONSIDERACIONES PRELIMINARES. La incontestable utilidad que ofrece la historia de las ciencias como único medio de apreciar con alguna exactitud y poder formar concepto de su estado, en cuanto manifiesta el orden y la lentitud con que se han realizado sus progresos, miéntras que el exámen de éstos sirve de base para prever los que se podrán alcanzar en el porvenir, tiene grandísima importancia, y casi puede decirse indispensable, en cuanto á las aplicaciones militares del arte aerostático.

No sólo evita, en efecto, que puedan admitirse como nuevas, ideas antiguas, y áun á veces desechadas, sinó que, examinando los inconvenientes y los defectos que han presentado, así como los medios empleados para obviarlos, previenen contra los procedimientos equivocados á los que se consagran á cumplir nuevos perfeccionamientos, revelando á la vez que los inventores no son frecuentemente más que los continuadores afortunados de los que ántes consagraron su atencion y sus desvelos al estudio de aquellos árduos problemas, cuya solucion es, en resúmen, el fruto del terreno que otros sembraron con grandes trabajos.

Nada, en efecto, que contribuya en más alto grado á formar idea exacta del estado en que hoy se encuentra la aerostacion militar, que el conocimiento de todo lo que se ha hecho ó se ha intentado en ocasiones anteriores, de las dificultades que se presentaron y de los resultados obtenidos, así como no hay asunto en que sea más necesaria la experiencia para convencer á los que siempre desconfían de aquellas proposiciones nuevas que no

han recibido, en mayor ó menor escala, la sancion de la práctica en repetidos ensayos que no dejen lugar á dudas acerca de su utilidad.

Sensible es que las relaciones é informes relativos á las aplicaciones que han tenido en los ejércitos, y aun los que se refieren á las pruebas y ensayos á que se les ha sujetado en otras circunstancias, sean con frecuencia confusos y poco satisfactorios, puesto que estas circunstancias disminuyen considerablemente la importancia y el provecho de la experiencia adquirida; pero, aun así, es en nuestro concepto tanto más útil una ligera reseña histórica de los resultados que ofrecieran en las distintas ocasiones en que los globos fueron empleados en la guerra, cuanto que las advertencias que de ella se desprendan serán de un valor inapreciable por la naturaleza misma del arte aerostático, en el que son más importantes los resultados de la experiencia que cuantas consideraciones teóricas pudieran hacerse para formar juicio exacto acerca de su practicabilidad.

Por otra parte, no se ha de suponer tampoco, ciertamente, que todos los relatos sean igualmente defectuosos é inexactos, sinó que, algunos de ellos carecen de las condiciones necesarias para formar juicios concretos acerca de las aplicaciones á que se refieren, y en la imposibilidad de generalizar demasiado ligeramente, partiendo de datos que están lejos de la evidencia, no es posible formular con seguridad apreciacion alguna definitiva acerca de su utilidad.

De todos modos, prévias estas advertencias, despues de recordar sumariamente el origen de los aerostatos, los medios que se siguieron para utilizarlos en las batallas y en el ataque y la defensa de las plazas, así como los importantes servicios que prestaron en diversas ocasiones y en circunstancias muy varias, examinaremos las causas que han contribuido á sus éxitos y las que fueron origen de sus fracasos, exponiendo las ventajas y los inconvenientes que presentan, ya sean libres ó cautivos: los medios y procedimientos que se siguen en su construccion y manejo, y la cuestion de los globos dirigibles; para decidir, instruidos por la experiencia, y teniendo presentes los progresos que ha hecho la ciencia aerostática, los defectos que todavía es preciso corregir, los adelantos que se esperan, los estudios que es necesario emprender, los ensayos que se han de verificar, los perfeccionamientos á que se aspira-

ra, y en fin, todo aquello que dentro de sus actuales condiciones pueda contribuir á la mejor organizacion de este nuevo é importante servicio de guerra.

PROYECTOS ANTERIORES Á LA INVENCION DE LOS GLOBOS AEROSTÁTICOS. Es muy antiguo en el hombre el deseo de elevarse en el aire, y muchos los proyectos que ha hecho concebir para realizarlo, siquiera hayan sido absurdos y quiméricos en su mayor parte, efecto de la ignorancia de sus autores, que desconocían las leyes más comunes de la naturaleza; pero no siendo nuestro objeto exponer detalladamente la historia de la aerostacion, habremos de limitarnos á enunciar solamente aquéllos que se relacionan con el uso de los globos en las operaciones militares.

Es, en efecto, digno de notarse que, aún ántes de su invencion, se presintiera la utilidad que podrían reportar en la guerra, adelantándose al gran número de aeronautas y de militares que despues han preconizado su empleo, prometiéndose de ellos grandísimas ventajas, especialmente en los reconocimientos diarios para descubrir las posiciones del enemigo, sus maniobras, sus marchas y cuantos objetos, en fin, pudieran contribuir á dictar las disposiciones más acertadas en el combate.

Ya en 1670, el padre jesuita italiano Francisco Lana, reproduciendo una idea que había sido emitida 400 años ántes por el sabio inglés Rogerio Bacon, proponía como un medio de elevarse en la atmósfera, la construccion de una especie de buque aéreo, provisto de cuatro esferas huecas, de cobre, en las que se prometía hacer el vacío calentando el aire interior ó llenándolas de agua y dejando salir ésta despues, consiguiendo de este modo que fueran más ligeras que el aire ambiente, y calculando que se elevarían con una fuerza considerable.

Sin entrar en el exámen de semejante proyecto, en el que además de prescindir de la presion atmosférica, se recurre á medios tan originales para su realizacion práctica, hemos de consignar, que al exponer las ventajas de su notable invento, no olvida los usos á que podrían destinarse en la guerra los buques volantes, y consideraba que la dificultad principal que existirá siempre para hacer posibles invenciones parecidas será la de que Dios no lo permitirá, apartando de las sociedades humanas las funestas consecuencias y la profunda perturbacion que llevaría consigo una máquina tan terrible. Con ella, dice,

ninguna plaza fuerte estaría al abrigo de las sorpresas, ya que los enemigos podrían descender en su interior desde las nubes; las murallas y las fortificaciones no protegerían entonces las ciudades, cuya fuerza podría ser completamente subyugada ó destruida por un puñado de intrépidos combatientes, que flotando sobre éllas podrían incendiarlas y las aniquilarían sin correr peligro alguno.

Otro proyecto análogo, y no menos fantástico, vió la luz pública, unos cien años más tarde, en 1755, debido á un fraile franciscano, el P. José Galien, profesor de filosofía en la universidad de Avignon. Partiendo del principio de que la atmósfera está dividida en dos grandes capas superpuestas, separadas *en la region del graniço*, y cuyas densidades respectivas están en la relación de 1 á 2, proponía la construcción de un gran saco cúbico de fuerte lona, cuyos lados tendrían una longitud de cerca de dos kilómetros, y que trasportado á las cumbres de las montañas más altas se llenaría del aire enrarecido de las regiones superiores de la atmósfera, y podría flotar á la manera de un buque en el mar, sobre la capa atmosférica inferior. «Este barco, »dice, sería más largo y más ancho que la ciudad de Avignon, y su altura se asemejaría á la de una montaña muy considerable.» El P. Galien, no olvida tampoco, refiriéndose á las operaciones prácticas de su aparato, los servicios que podría prestar en la guerra, y abandonándose á los sueños de la imaginación, y á su exaltación científica, anuncia la posibilidad de trasportar por este medio ejércitos enteros, con todos sus abastecimientos de boca y guerra, á las más largas distancias y al interior de los países desiertos é inexplorados.

Algunos otros proyectos análogos pudiéramos recordar, pero nos hemos reducido á indicar los dos mencionados porque ambos se han citado contra la originalidad del pensamiento de los hermanos Montgolfier, pretendiendo que éstos habían tomado, del segundo, especialmente, el principio de su descubrimiento, siquiera no haya el menor motivo para semejantes suposiciones, cuando, como veremos, tenían bases más científicas en que fundarse, sin apelar á caprichos fantásticos y visionarios.

INVENTION DE LOS GLOBOS AEROSTÁTICOS. No pretendemos en manera alguna disminuir ni empañar la gloria que justísimamente supieron conquistarse los hermanos Montgolfier, como fecundos é ingeniosos inventores de

los globos, y ántes nos parece más sólidamente cimentada que lo que pretenden algunos autores, sus compatriotas, suponiendo que esta maravillosa invencion fué debida al azar ó á casualidades más ó ménos felices, miéntras que en nuestro sentir tuvo un orígen puramente científico, nacido de la meditacion y del estudio con que supieron plantear en sus verdaderos términos el problema que se proponian y consiguieron resolver satisfactoriamente; pero un deber de imparcialidad y de justicia nos obliga á recordar antecedentes muy atendibles, que, si pudieron ser ignorados por los hermanos Montgolfier, demuestran que ya hacia algunos años habían sido inventados los globos de aire caliente por un distinguido jesuita portugués, que los había ensayado en Lisboa en presencia del rey D. Juan V y de toda la corte, siquiera este acontecimiento haya quedado sepultado en el olvido durante muchos años.

Ántes, sin embargo, de referir este suceso, parécenos oportuno, para formar juicio completo acerca de su importancia, exponer ligerísimamente el desarrollo que habían tenido las ciencias físicas en todo aquello que más inmediatamente se relaciona con este asunto.

Conocido, desde Arquímedes, el fecundo principio que lleva su nombre, de que todo cuerpo sumergido en un fluido pierde una parte de su peso igual al peso del volumen del fluido que desaloja; y demostrado por el célebre Galileo el peso del aire, no admite duda que se haya pensado, desde luego, en aplicar estas propiedades para elevarse en la atmósfera, deduciendo lógicamente que se alcanzaría el objeto empleando, al efecto, un cuerpo más ligero que el aire.

Descubierto por Cavendish *el aire inflamable*, como entonces se llamaba al gas hidrógeno, y demostrada su notable ligereza respecto al aire atmosférico, podia ya indicar, en 1770, el célebre profesor de física Blakc, que una vejiga llena de hidrógeno se elevaría en la atmósfera, y que, por consiguiente, se conseguiría suspender un peso cualquiera por medio de una gran esfera llena de aire inflamable.

Fué el encargado de realizar esta experiencia, en 1782, Tiberio Cavalló, comerciante italiano establecido en Lóndres, y muy apasionado del estudio de las ciencias físicas, que cultivaba con entusiasmo en sus ratos de ocio,

Pareciéndole el papel de dibujar bastante tupido para encerrar sin pérdidas los gases más sutiles, elaboró con el mayor cuidado algunos sacos, en los que pretendió encerrar el hidrógeno, y como quiera que se evaporase, á través de estas envolturas, se le ocurrió la idea de recogerlo en el agua de jabon de que se sirven los niños en sus juegos para preparar burbujas, consiguiendo verlas elevarse rápidamente, pero sin empeñarse en nuevas investigaciones para obtener otra sustancia impermeable más sólida, y sin apercibirse que en esto únicamente consistía ya el descubrimiento de los globos aerostáticos.

El célebre sabio inglés Priestley hacía mención de estos ensayos en su *Tratado de los aires*, que produjo gran sensación en el mundo científico, y fué inmediatamente traducido al francés; debiendo, por consiguiente, ser conocida de los hermanos Montgolfier, dedicados al estudio de las ciencias, y en relaciones con los hombres estudiosos y los sabios de su época. Por eso dice muy bien, en nuestro concepto, Mr. Fonvielle: que «Priestley debe considerarse como el lazo que une á Montgolfier con Tíberio Cavallo.»

Con estos antecedentes, ántes de ocuparnos en los ensayos de los hermanos Montgolfier, parécenos oportuno indicar los que se habían verificado en Lisboa, que si son ménos conocidos, no por eso tienen mélos importancia, y prueban, como hemos dicho, que ya se habían descubierto los globos de aire caliente, sin que esta circunstancia sirva para amenguar la justa celebridad de los Montgolfier, que muy bien puede suceder, y más de un ejemplo análogo ofrece la historia de las ciencias, que no tuvieran el menor conocimiento de élla. Por lo demás, la mayor parte de los autores extranjeros, al escribir la historia de la aerostacion, se ocupan, aunque ligeramente, de estos ensayos, suponiendo unos que tuvieron lugar en el Brasil con un aparato inventado por un abate llamado Bartolomé Lorenzo, otros que se verificarón en Portugal por un físico portugués D. Gusmao ó Guzman, y algunos que se realizaron en ambas partes, observándose siempre una gran confusión en las fechas y en los nombres de los autores de estas experiencias.

El hecho es, como lo demuestra el ilustrado publicista D. Joaquin Costa, en un erudito artículo publicado en el *Boletin de la Institucion libre de enseñanza*, bajo el título de *La navegacion aérea en la peninsula, apuntes para su historia*, que el verdadero inventor de los globos de aire caliente, fué in-

dudablemente el jesuita portugués *D. Bartolomé Lorenzo de Guzman*, originario del Brasil, y que había estudiado en la universidad de Coimbra las matemáticas y la mecánica, ingresando, todavía muy joven, en la compañía de Jesús, que más tarde había de salvarle de las garras de la inquisición.

«*La Enciclopedia británica*, dice el Sr. Costa, que guarda silencio absoluto sobre Guzman, ignorando hasta su existencia, hace mención de otro jesuita portugués, Francisco Mendoza, que floreció en la primera mitad del siglo xvii, y cuyas teorías sospecho que inspiraron al físico brasileño la idea de aplicar el aire enrarecido á la navegacion aérea. Mendoza había abrazado la doctrina del agustino Alberto de Sajonia, segun la cual, constituyendo el fuego (conforme á la teoría aristotélica) una sustancia elemental sumamente tenué, etérea, y siendo ésta la razon de que flote y se eleve en la atmósfera, si se lograse encerrar una pequeña porcion de él en un globo hueco muy ligero, levantaría un cierto peso y permanecería suspendido en el aire. Partiendo de esta base, discurría acerca del medio que podría emplearse para introducir fuego en un cuerpo ligero sin inflamarlo.»

«Los documentos de aquel tiempo prueban cumplidamente, que fué Guzman el que encontró, al fin, el medio buscado, y que obtenido el permiso necesario del rey D. Juan V, procedió á la construccion de su aparato, del que no es fácil formarse idea exacta por las confusas descripciones que se conocen. Despues de muchos preparativos, y de llenarle de aire enrarecido por el calor, se elevó intrépidamente en la máquina de su invencion, el día 8 de Agosto de 1709, en presencia de la corte y de una inmensa muchedumbre que había acudido á presenciar el portentoso espectáculo, mereciendo que se le concediera privilegio y una canongía, y que el pueblo le designara con el nombre de *O padre voador*.»

Respecto al resultado de la ascension, difieren mucho las versiones, pues mientras unos afirman que se remontó en los aires y recorrió una buena distancia ántes de caer, dicen otros que se elevó oblícuamente, y que, habiendo chocado con la cornisa del patio en que se verificaba la experiencia, se rasgó el aparato y cayó al suelo suavemente, sin que el arrojado aeronauta sufriera el menor daño. Lo cierto es que perseguido luego por el delito de hechicería, se le encerró en un calabozo del santo oficio, del que lograron salvarle

sus hermanos de la compañía de Jesús, procurándole la huida á España, en donde murió, en 1724, en el hospital de la Misericordia de Toledo, llevándose al sepulcro el secreto de su descubrimiento, que algunos años más tarde había de ser acogido con tan indecible entusiasmo y con éxito tan ruidoso.

Volviendo ahora á las pruebas y á los experimentos de los hermanos Montgolfier, admitiendo que ignorasen por completo el ensayo que acabamos de referir, y prescindiendo de los motivos que los cronistas atribuyen á la invencion, por lo que pueden tener de fabulosos, así los que suponen que se propusieran imitar las nubes, creándolas artificiales, como los que dicen que les fué sugerida la idea por el vuelo de una camisa que estaba colocada á secar en una silla, cerca del hogar de una cabaña, y en fin, los que pretenden que apasionados los inventores por el éxito de la guerra que entonces sostenían aliadas Francia y España contra Inglaterra, se prometían inventar un medio para introducir por el aire los soldados en la plaza de Gibraltar, que desafiaba las fuerzas combinadas de las dos primeras naciones; parece lo más verosímil que aficionados entusiastas del estudio de las ciencias físicas, y conociendo la obra citada de Priestley, trajeron de reproducir, en grande, las experiencias de Tiberio Cavallo, recordando el principio de Blakc, de que sería suficiente para elevarse en la atmósfera encerrar en una envoltura de poco peso un gas más ligero que el aire.

En un principio, como lo había hecho Tiberio Cavallo, concibieron y ensayaron la idea de encerrar en sacos de papel, y de otras varias sustancias, gases más ligeros que el aire, y particularmente el hidrógeno, y aunque consiguieron, como lo habían previsto, que se elevaran los receptáculos dichos, á los pocos instantes caian de nuevo suavemente á causa de perder rápidamente por difusion el gas interior á través de las envolturas.

Desde entonces renunciaron al empleo del hidrógeno, y pretendiendo, equivocadamente, que la electricidad podría ejercer alguna influencia favorable en el resultado que se proponían, imaginaron producir un gas de propiedades eléctricas, creyendo obtenerlo por medio de una mezcla de vapor que tuviese propiedades alcalinas con otro que no las poseyese. Quemaron al efecto paja ligeramente mojada, juntamente con una pequeña cantidad de lana, cuya combustion origina los gases, de reaccion alcalina, reconocien-

do, al fin, que esta combinacion producía el efecto de elevar rápidamente los sacos de tela ó de papel.

No tardó mucho Mr. de Saussure en rectificar esta equivocada teoría, demostrando cumplidamente que el movimiento ascendente de los sacos era debido á la dilatacion del aire interior que contenían, producida por el calor que lo enrarecía haciéndolo más ligero que el aire ambiente, y resultando de aquí su tendencia á elevarse. Sea como quiera, es lo cierto que los hermanos Montgolfier, despues de haber hecho algunas nuevas experiencias en pequeño, se decidieron á construir un gran globo de tela, de 13 metros de diámetro, forrado interiormente de papel. Henchido de aire caliente por medio de un gran fuego encendido debajo de una abertura que tenía en su parte inferior, lo ensayaron públicamente en Avignon, en Diciembre de 1782, viéndole subir con rapidez y fuerza muy superiores á sus esperanzas.

Al poco tiempo, el 5 de Junio de 1783, repitieron la prueba en Annonay, ante los estados particulares del Vivarais, que entonces se hallaban reunidos, y en presencia de un inmenso concurso de espectadores, admirados de tan extraño espectáculo. Hallábase este globo provisto de una rejilla de alamibre suspendida por debajo de su abertura inferior y llena de materias inflamables encendidas, que conservando el calor hicieron que se elevara á una altura de 2000 metros próximamente, sosteniéndole mucho más tiempo en el aire, y sobrepujando, en fin, los resultados de la experiencia anterior.

Redactada un acta minuciosa con todos los detalles relativos al experimento, y trasmisita á la academia de Ciencias de París, se convirtió al momento la noticia en el grande, en el inmenso acontecimiento del día, decidiendo que los hermanos Montgolfier se trasladasen inmediatamente á la capital, para repetir aquél en presencia del rey y de la corte.

Pero la profunda emocion que este suceso había causado en el público, despertó una impaciencia irresistible por presenciar el espectáculo, y no era posible que se conformara con la lentitud del viaje anunciado, siendo esta circunstancia el motivo de que se reinventaran, por decirlo así, los globos en París, ántes de la llegada de Montgolfier.

Existía, en efecto, entonces en dicha capital un distinguido profesor de física llamado Charles, ya célebre, y muy conocido por la exactitud con que

verificaba las experiencias más difíciles, por su magnífico y bien surtido laboratorio, y por la claridad de su palabra; y aunque no se conocía respecto á las experiencias de Annonay otro principio científico que el de que el globo subía por llenarlo de un gas, la mitad más ligero que el aire, juzgó aquél, muy lógica y acertadamente, que siendo esto así más fácilmente se conseguiría el mismo resultado empleando el hidrógeno, cuya ligereza es muy superior á la que se anunciaba. Ciento es, que por una parte, la preparacion del hidrógeno sería difícil y penosa, y que hasta entonces sólo se había obtenido en pequeñas cantidades para las necesidades del laboratorio, y que, por otra, su excesiva ligereza exigía una gran impermeabilidad en el receptáculo destinado á contenerle; pero estas dificultades fueron rápidamente vencidas por la perseverancia y el talento de Charles, que si estaba familiarizado con las operaciones químicas, conocía además los medios de conseguir lo que se deseaba.

Asociado á los hermanos Robert, hábiles constructores de instrumentos de física, que habían de ser los encargados de la elaboracion del aparato, se abrió una suscripcion pública con el objeto de repetir la experiencia, que era motivo de la preocupacion general, y reunida en breve la cantidad suficiente, se procedió desde luego á construir un globo de forma esférica, por ser la que con menor peso de superficie contendría mayor volumen de gas, barnizando la tela con una disolucion de caucho en agua hirviendo.

De este modo, cuando los Montgolfier llegaron á París estaba ya el globo terminado, y se procedía á la preparacion del gas para llenarlo, empleando con este objeto la descomposicion del agua por medio del ácido sulfúrico y de las limaduras de hierro, en un aparato de toneles muy imperfecto, análogo al que describiremos más adelante, y que dió por resultado una gran lentitud en la operacion, puesto que se tardaron cuatro días en llenar el globo, á pesar de sus pequeñas dimensiones.

Inmediatamente despues fué trasladado de noche, en medio de la respetuosa admiracion de un inmenso gentio, al campo de Marte, donde había de tener lugar el experimento, al día siguiente, 27 de agosto, en presencia de una multitud inmensa, poseida de febril entusiasmo, que prorumpió en exclamaciones de asombro al verle perderse en las nubes. Quedaban, pues, inventados, casi simultáneamente, los globos de aire caliente y los de gas hi-

drógeno, repitiéndose al poco tiempo la experiencia de Montgolfier en Versalles, á la que siguieron las ascensiones de los primeros aeronautas Pilatre de Roziers y el marqués de Arlandés, en un globo de aire caliente, y la de los mismos Charles y Robert en otro de gas hidrógeno, ya perfectamente preparado y provisto de válvula, red, barquilla, lastre y en fin de casi todos los accesorios que tienen en la actualidad.

Estas breves indicaciones, acerca de los sucesivos descubrimientos científicos, que sirvieron de base á la invencion de los globos aerostáticos, bastan á dar una idea exacta y completa de sus principios, y á demostrar el largo período de incubacion porque han pasado, como tantos otros inventos, ántes de alcanzar el período de madurez necesario para traducirse en hechos prácticos.

Pero no cumpliríamos enteramente nuestro propósito si no mencionáramos un hecho que importa á nuestro objeto, y que realmente merece consignarse, cual es el de que, así los hermanos Montgolfier, como su predecesor el jesuita Bartolomé Lorenzo de Guzman, al ocuparse de las aplicaciones prácticas que podrían tener los aparatos aerostáticos de su invencion, señalaban principalmente entre otras, las que podrían tener en los ejércitos. El segundo, al dirigirse al rey de Portugal solicitando privilegio y autorizacion para efectuar sus experiencias en público, despues de asegurar la portentosa velocidad que podría adquirir su aparato en el aire, enumeraba todas sus ventajas, y dice que por su medio podría el rey enviar rápidamente los avisos más importantes á los ejércitos, órdenes á los países más lejanos, y abastecer las plazas sitiadas á despecho del enemigo, que no podría impedirlo. Los Montgolfier, por su parte, proponían tambien como ejemplos de los usos prácticos de su invencion, el de que pudieran emplearse en abituallar las plazas sitiadas, en realizar viajes rápidos, y en casos determinados para efectuar observaciones diferentes, como la marcha de un buque en el mar, á grandes distancias, ó el reconocimiento de las posiciones de un ejército.

EMPLEO DE LOS GLOBOS EN LOS EJÉRCITOS. Al general entusiasmo que provocaron las primeras experiencias aerostáticas acompañó, desde un principio, el ardor con que se consagraron, un gran número de sabios, á estudiar las verdaderas condiciones de la navegacion aérea, esperando, á consecuen-

cia de un exagerado optimismo, desgraciadamente muy lejos de la realidad, que descubriendo el medio de suspenderse en los aires, pocos serían los progresos necesarios para conseguir que el hombre pudiera dirigirse á su voluntad en la atmósfera.

Y no fueron solamente los franceses los que se dedicaron á esta clase de investigaciones, porque extendida rápidamente en toda Europa la noticia del notable acontecimiento que había conquistado el privilegio de ser la preocupación dominante, se atrajo tambien la atención de muchos hombres de ciencia en otros países, siendo de notar que el sabio Euler les dedicara las últimas horas de su existencia, aplicando el cálculo algebráico á la determinación de la mayor altura que podrían alcanzar. Sin embargo, el exceso de confianza en la inmediata resolución de tan importante problema, trajo pronto consigo un profundo desaliento, habiendo resultado infructuosos los cálculos y los estudios de los Lavoissier, Guyton de Morveau, Meusnier y otros muchos que al fin hubieron de convencerse no era tan fácil como creían la solución ansiada.

Desde entonces cayeron ya los globos en manos de los que no tenían otra pretensión, al utilizarlos, que la de obtener algunas ventajas pecuniarias, ofreciéndolos como espectáculo á la sorpresa y á la curiosidad de los pueblos que todavía no habían gustado el placer de verlos perderse en las nubes, viniendo á ser parte obligada durante algunos años de todas las fiestas populares.

No tardaron, sin embargo, en adquirir títulos más serios á la consideración del país en que habían tenido origen, y que los había saludado en su cuna con calurosas aclamaciones. Diez años después de los primeros ensayos estallaba en Francia la famosa revolución que había de cambiar radicalmente el modo de ser de la sociedad europea, y que por lo mismo era rudamente combatida por todos los soberanos, que temerosos de la propagación general de aquel notable movimiento, y de las doctrinas que le daban calor y vida, trataban de ahogarla en su origen con los cañones y las bayonetas de sus soldados.

Decidida la Francia á resistir hasta el último extremo, oponiendo con tenaz y heróica energía su entusiasmo revolucionario á las maquinaciones di-

plomáticas, y á la accion de los ejércitos coaligados, empezaron por decretar sus representantes, reunidos en asamblea soberana, con el nombre de «Convencion nacional», la creacion de una junta ó comision de defensa, que con el título de «Comité de salvacion pública», y con carácter ejecutivo, adoptase cuantas medidas pudieran acrecentar la fuerza de sus ejércitos y tendieran al mejor éxito de la gigantesca lucha entablada.

El Comité de salvacion pública había instituido, á su vez, una comision científica, de la que formaban parte Guyton de Morveau, en su calidad de representante del pueblo, Monge, Berthollet, Carnot y Fourcroy, con la especial mision de estudiar todos aquellos recientes descubrimientos de las ciencias que pudieran aplicarse en la guerra.

Acogida favorablemente en el seno de dicha comision científica la propuesta de Guyton de Morveau, de emplear los globos cautivos como medio de observacion en los ejércitos, para efectuar reconocimientos en los campos de batalla y en las plazas sitiadas, fué, desde luego, aprobada por el Comité de salvacion pública, sin otra limitacion que la de que no se empleara el ácido sulfúrico en la produccion del hidrógeno necesario para henchir los aerostatos, evitando el consumo de azufre que llevaría consigo, y que entonces escaseaba, y lo hacía indispensable en grandes cantidades la fabricacion de la pólvora.

El célebre Lavoissier había conseguido ya obtener aquel gas por la descomposicion del agua al contacto del hierro enrojecido, pero, en sus ensayos, no se había extendido á más que á producir las pequeñas cantidades que podían ser necesarias para los experimentos y los estudios de su laboratorio, miéntras que para conseguir aplicar con éxito este procedimiento á henchir los aerostatos, sería preciso obtenerlo en grandes cantidades y emplear por tanto su sistema como procedimiento industrial.

Era, pues, indispensable para el acierto, ántes de adoptar ninguna resolucion definitiva, proceder al estudio y á las pruebas que demostrasen la posibilidad de esta operacion, porque se dudaba de que por este medio pudiesen producirse las cantidades suficientes para las necesidades del abastecimiento regular de un globo. Se confió, pues, este encargo á Coutelle, distinguido profesor de física en París, y discípulo de Charles, y al no ménos célebre é in-

genioso Conté, los cuales emprendieron una serie de costosas experiencias para efectuar esta investigacion, y demostrar, por ultimo, la posibilidad del problema cuya resolucion se les había encomendado.

Despues de instalar un gran hornillo, atravesado por tubos de fundicion, llenos de limaduras de hierro, procedieron á calentar éstos al rojo, haciendo pasar por ellos una corriente de vapor de agua, consiguiendo de este modo obtener un volumen considerable de hidrógeno, en un tiempo relativamente corto.

Vencida esta dificultad, y previos algunos otros ensayos para convencerse de las condiciones prácticas del proyecto, se dispuso que fuera Coutelle á exponer el pensamiento que se acariciaba al general Jourdan, que entonces mandaba el ejército del Norte y gozaba de gran reputacion, y á quien por lo mismo se creyó necesario consultar ántes de adoptar resolucion alguna definitiva, acerca de la conveniencia y la utilidad que podría prestar en campaña este nuevo medio de exploracion.

Ilustrado Jourdan respecto á las condiciones del proyecto que el gobierno de la república sometía á su juicio, no vaciló en aprobarlo, aceptando la cooperacion que podrían prestarle los globos aerostáticos en sus campañas; y en tal concepto, luego que Coutelle regresó á París, con el asentimiento del general, procedió inmediatamente, de acuerdo con Mr. Conté, á continuar los experimentos.

Instalados, al efecto, en los jardines del castillo de Meudon, que se les había designado para realizar sus ensayos, emprendieron éstos de nuevo, y aún con mejores resultados, respecto á la produccion del hidrógeno, procediendo al mismo tiempo á construir un globo de seda capaz de elevar dos personas, y que poseía todas las condiciones de impermeabilidad que era posible desear, gracias á un barniz de su invencion cuya fórmula no ha sido posible encontrar despues, pero de tan efficaces resultados que, como lo probó la experiencia, los aerostatos podían permanecer hinchidos de hidrógeno durante algunos meses sin experimentar pérdidas notables de gas.

Esta circunstancia era, por otra parte, de las más importantes, puesto que dada la lentitud y los trabajos previos que exigía la produccion del hidrógeno, no se podía pensar en llenar los globos en campaña siempre que hu-

bieran de emplearse, y era por consiguiente forzoso que se trasportasen llenos, á cuyo efecto se estudiaron tambien y se resolvieron los medios más propios para ejecutar estas operaciones, que, como fácilmente se comprende, no dejarían de presentar numerosas y graves dificultades. Resuelto, del mismo modo, con éxito, el medio que parecía más aproposito para retener el globo cautivo, y convenidas las señales que habían de emplearse en las maniobras y en las comunicaciones de los observadores aéreos, por medio de hábiles é ingeniosas combinaciones de banderas y de gallardetes de diferentes colores, y determinados, en fin, todos los detalles, pudieron anunciar al Comité de salvacion pública, en el mes de marzo de 1794, despues de reunir todo el material necesario, que estaba resuelto definitivamente el problema, y se encontraban, por consiguiente, en estado de someter al exámen de la comision científica el resultado de las experiencias que se les confiaran, y que habían de servir de base para la organizacion de este servicio en los ejércitos.

En presencia de los encargados de examinar las experiencias dichas, Guyton de Morveau, Monge y Fourcroy, elevóse Coutelle repetidas veces en el globo cautivo á 500 metros de altura, convenciendo á los espectadores de que podía abarcarse una extensión de terreno muy considerable, distinguiendo los objetos muy distintamente y aun á simple vista, y demostrando al mismo tiempo que estaban ya perfectamente arreglados todos los detalles de señales y maniobras, y que por tanto parecía llegado el momento de emplear con seguridad en campaña estas nuevas máquinas de guerra.

PRIMERA COMPAÑÍA DE AERONAUTAS MILITARES. En vista, pues, de los satisfactorios resultados de los experimentos referidos, el Comité de salvacion pública decretó inmediatamente la creacion de una compañía de aeronautas, confiriendo el mando á Coutelle, que había de ser, por consiguiente, el encargado de organizarla é instruirla, con toda la brevedad posible, en el mismo castillo de Meudon, punto designado, como ya se ha visto, para realizar los necesarios ejercicios preparatorios, y residencia definitiva del establecimiento central del servicio militar aerostático, que no había de tardar en crearse bajo la activa é inteligente dirección de Mr. Conté.

Un mes despues de dictado este decreto, empleado en la construccion de un globo de nueve metros de diámetro y del hornillo correspondiente para

la produccion del gas hidrógeno, así como en la instruccion más indispensabile del personal, recibió Coutelle la órden de trasladarse con su compañía á la plaza de Mabeuge, sitiada por los austriacos, adelantándose en coche, acompañado del teniente Lhomond, con el objeto de disponer en seguida la construccion del hornillo necesario para henchir el globo á su llegada.

No fueron pocas, ciertamente, las dificultades que encontraron en la ejecucion de estas operaciones, pero superadas todas al fin, y habiendo llegado á la plaza la compañía con todo su material, se procedió á llenar el globo, en lo que se invirtieron unos dos días despues de encendido el fuego, efectuando la primera ascension en medio de las aclamaciones y de los aplausos de los sitiados, y con no pequeña admiracion y sorpresa de los sitiadores, en quienes produjo grandísimo efecto moral este acontecimiento, ante la consideracion de que ya no podrían emprender movimientos ni maniobra alguna que no fuese inmediatamente conocida de los defensores.

Y no se equivocaban en verdad, puesto que los repetidos reconocimientos verificados todos los días desde aquél magnífico observatorio, permitian tener noticias exactas de los trabajos y disposiciones del ataque, hasta el punto de haber contado á simple vista los cañones que artillaban las obras de campana, lo cual era entonces más que suficiente para probar el partido que podía sacarse de semejante medio de exploracion.

Que así lo comprendían tambien los austriacos, demuéstralos bien el empeño que pusieran en deshacerse de tan incómodos testigos de sus operaciones, acercando á la plaza una pieza de artillería, á favor de un barranco que les permitía ocultarla, y tirando con ella sobre el globo, aunque sin fruto, en el momento en que estaba en observacion.

Mas por importantes que fueran los servicios prestados por los aeronautas militares en la defensa de Mabeuge, pronto tuvieron ocasion notable de prestarlos nuevos y más relevantes en el ataque de la plaza de Charleroi, que sitiaba el ejército del general Jourdan. Temiendo éste que se prolongase la resistencia lo suficiente para dar tiempo á la llegada de un ejército de socorro que le obligara á levantar el sitio é hiciera fracasar la operacion, expidió á Coutelle las más apremiantes órdenes para que, rápidamente, se incorporase con su compañía al ejército á fin de acelerar la rendicion de la plaza.

Como fácilmente se comprende, para que fuese realmente eficaz el cumplimiento de estas órdenes, era indispensable trasportar el globo hinchido, ya que ni el tiempo ni las circunstancias consentían preparar de nuevo los medios necesarios para llenarlo, y si aquella operacion no ofrecía verdaderas dificultades, en el concepto de que el enemigo no pudiera ni aún apercibirse de élla, dado que la plaza por su gran desarrollo no estaba completamente cercada, sinó que tenía libre, para comunicarse con el exterior, una gran porcion de terreno ocupado por las obras de un campo atrincherado, presentábanlas muy serias las maniobras que era preciso efectuar para sacar el globo lleno á través de la poblacion y por encima de las murallas.

Todas se solventaron por último, amarrando algunas cuerdas al ecuador del globo, y conduciéndole á remolque, tirando de éllas y dejándole flotar á una altura superior á la de las casas, salvando, por último, los tres recintos sucesivos que constituían las obras de defensa, por medio de escalas que permitían bajar á los fosos y subir á los parapetos, alternativamente á la mitad de los hombres encargados del trasporte, arriando los unos miéntras lo sujetaban los otros, y cuidando siempre de que no estuviese á mayor altura que la estrictamente precisa para evitar la atencion del enemigo, el que aún efectuando de noche la operacion, como por esta causa sucedía, no dejaría de procurar impedirla.

Cumplido este objeto, y despues de una larga y fatigosa marcha á través de los campos, para evitar los peligros que ofrecían al globo los muchos árboles plantados á uno y otro lado de los caminos que se encontraban en aquella comarca, llegaron al día siguiente delante de Charleroi á la caida de la tarde, en medio de las calurosas y entusiastas salutaciones del ejército sitiador, profundamente conmovido y entusiasmado á la vista del extraño espectáculo que ofrecían aquellas tropas originales que por primera vez aparecían en los campos de batalla.

Impacientes por apoderarse de la plaza, y ya resueltos á dar el asalto, se elevó en el globo con Coutelle, el comandante de ingenieros Marescot que dirigía las operaciones del sitio, para apreciar el estado de las defensas y de las baterías del sitiado, el cual, desesperando ya de poder ocultar ninguno de sus movimientos, se resolvió al séptimo día de sitio, á enviar un parlamen-

tario que pactase las condiciones de la capitulacion, precisamente con tal oportunidad, que no bien habían depuesto las armas los sitiadores, cuando se oyeron algunos cañonazos que anunciaban la llegada del esperado ejército de socorro, al mando del príncipe de Coburgo. No cabe duda alguna que si este suceso hubiera ocurrido el día antes, la plaza no se habría rendido á pesar del globo de reconocimiento, pero no es tampoco inverosímil que la aparicion de éste haya ejercido alguna influencia en el ánimo de la guarnicion, contribuyendo á precipitar un acontecimiento tan favorable para las armas francesas.

Al día siguiente tuvo lugar la batalla de Fleurus, que proporcionó al capitán Coutelle nueva y brillante ocasion de acreditar la utilidad e importancia de sus servicios y la eficacia de su ya célebre observatorio aéreo.

En aquel día memorable para la historia de la aerostacion militar, el globo de reconocimiento, tripulado por Coutelle y el general Morlot, se mantuvo en el aire durante más de ocho horas en constante observacion de los movimientos del enemigo, variando de posicion, segun lo exigían las circunstancias, á retaguardia del ejército. Al decir de algunos autores, fueron tan repetidos y exactos los informes que, por medio de este afortunado procedimiento, pudieron comunicarse al general Jourdan, que contribuyeron poderosamente á la victoria de los franceses; pero otros sostienen, en cambio, que la única ventaja debida á la intervencion del globo, consistió exclusivamente en el efecto moral que produjo en el enemigo la aparicion en el campo de batalla de aquel observatorio flotante, y en el consiguiente desaliento que lleva al ánimo del soldado la certeza de que no puede ocultar sus maniobras, y acaso tambien entónces por lo reciente de la invencion, la extrañeza y el temor á lo desconocido, y el concepto de la superioriad del adversario.

Esta importante victoria hizo perder á los ejércitos aliados todo el país de Flandes y el Brabante, abriendo al ejército francés el camino de Bruselas, en el que le acompañó la compañía de aeronautas, efectuando nuevas ascensiones diarias para explorar el país y descubrir al enemigo.

En Bruselas ocurrió un accidente que estuvo á punto de destruir el globo; pues como éste se trasportaba lleno, segun hemos dicho, fué arrojado por el viento contra una estaca de madera, que penetrando en su parte inferior puso

en grave riesgo su existencia. Reparada esta avería, y despues de permanecer expuesto durante algunos días á la curiosidad del público, marchó á Namur, en donde rasgada su envoltura al chocar con las ramas de un árbol, se vació rápidamente, habiendo sido necesario conducirle de nuevo á Mabenge, para llenarle otra vez aprovechando los hornillos del hidrógeno que habían quedado instalados en esta plaza.

Nuevamente en estado de prestar servicio, volvió á salir á los pocos días para Lieja, encargándose del mando de la compañía el teniente Lhomond, en tanto que el capitán Coutelle se restituía á París, con la mision de organizar una nueva compañía de aeronautas, cuya creacion se había decretado en vista de los excelentes resultados prestados por la primera, lo cual, dicho sea de paso, prueba mejor que otro argumento alguno, en nuestro concepto, la utilidad que reportaba al ejército, y sirve de contestacion á los que sostienen que no parece que los globos de reconocimiento hayan prestado servicios tan valiosos á los ejércitos de la república, pretendiendo que las noticias que facilitaban acerca de la situacion y movimientos de los ejércitos no eran suficientes para que los generales franceses pudieran fundar en ellas, de una manera seria, sus combinaciones tácticas.

Despues de incorporarse al ejército, continuaron los aeronautas practicando repetidas ascensiones en Worms, en Manhein y en Ehrenbreistein, entre las cuales se cita como la más notable una de las que Lhomond verificó en este último punto, en medio de una verdadera lluvia de proyectiles. A pesar de todo, parece como que la suerte, que hasta entonces les había sonreido, se olvidaba ya de protegerles, y que con la ausencia de Coutelle les volvía la espalda. En la precipitada retirada que siguió á la batalla de Würtzbourg, durante la que había estado el globo mucho tiempo en observacion, se vieron obligados á encerrarse en la plaza de aquel nombre, que hubo de rendirse, cayendo en poder del enemigo la compañía de aeronautas con todo su material, hasta que por el tratado de Leoben, firmado algunos meses mas tarde, quedaron en libertad todos los prisioneros de Würtzbourg.

SEGUNDA COMPAÑÍA DE AERONAUTAS MILITARES. Convencido el Comité de salvacion pública de la utilidad de los globos cautivos, en las operaciones militares, había decretado poco despues de la salida de Coutelle para Mabeuge,

la organizacion de otra compañia de aeronautas, que, á manera de depósito, quedase en Meudon á las órdenes de Conté, sirviendo de base para la creacion del instituto ó escuela central aerostática, establecida por decreto del mes de Octubre de 1795, bajo la direccion de aquél.

La escuela indicada tenía por objeto la formacion del personal que reuniese todas las condiciones necesarias para el servicio de los globos en campaña, y en tal concepto, además de la instruccion práctica indispensable para el manejo de dichos aparatos, se les daba tambien á los discípulos la enseñanza teórica que les había de servir de base en todas las operaciones que se relacionan con el uso inteligente de aquéllos, consagrándose al mismo tiempo á la construccion y preparacion del material que necesitarían todos los ejércitos en campaña.

Y es digno de notarse que se había estudiado tan perfectamente, entre otras cosas, la preparacion de las telas con que se fabricaban los globos, parte acaso la más importante del material, que, como hemos indicado, contenían durante varios meses el gas hidrógeno sin pérdidas sensibles y en buen estado de servicio, merced á la impermeabilidad de aquéllas.

Además del globo que había llevado á Mabeuge la primera compañia con el nombre del «Emprendedor», se construyeron el «Celeste», el «Hércules» y el «Intrépido», de los cuales los dos últimos constituyeron la dotacion de la segunda compañia.

La organizacion de ésta se había dispuesto inmediatamente despues del regreso á París de Coutelle, al que se confió este encargo como jefe de las dos, bajo las mismas bases y en condiciones análogas á la primera, designando como tenientes á Séllés de Beauchamp y á Merle, y aumentando, á lo que parece, el personal de tropa de la misma hasta 45 hombres entre sargentos, cabos y soldados.

Una vez organizada se dispuso su incorporacion al ejército del Rhin, debiendo empezar sus campañas en el sitio de la plaza de Mayenza, en el que se hallaba detenido, hacia ya algunos meses, el general Lefebvre, sin conseguir apoderarse de ella.

Al efecto, se adelantó Coutelle para establecer el parque en Creutznach, trasladándose despues á Mayenza, en donde fueran muy útiles sus repetidas

ascensiones, entre las que se cita una, especialmente, que, al mismo tiempo que demuestra los peligros á que estaban expuestos los aeronautas, prueba tambien que esta clase de observaciones pueden verificarse aun en circunstancias atmosféricas poco favorables.

Tuvo aquélla lugar un día de viento muy fuerte, y cuando Coutelle se hallaba á una altura de 300 metros se sucedieron tres ráfagas tan violentas que sucesivamente arrojaron otras tantas veces el globo contra el suelo, haciendo pedazos algunos de los listones de madera del fondo de la barquilla, y arrastrando á gran distancia los 64 hombres que agarrados á los cables de sujecion de aquél lo retenían cautivo.

Las ascensiones se verificaban ordinariamente en puntos situados entre las líneas de cerco y la plaza, con la consiguiente extrañeza de los austriacos que defendían ésta, y con tan buena fortuna y acierto, que no sólo se descubrían todos los trabajos y operaciones de los sitiados, sinó que al decir de Coutelle, se distinguían perfectamente las calles de la poblacion, y hasta podían contarse á simple vista las piezas de artillería que constituían el armamento de los parápetos.

Poco despues se vió Coutelle acometido de una fiebre que le obligó á regresar á París, dejando el mando de la nueva compañía á Séllés de Beau-champ, que se trasladó á Frankenthal, cerca de Manhein, residencia entonces del general Pichegru, efectuando en este tiempo algunas otras ascensiones.

En Manhein se resolvió dejar el globo fuera del recinto por las dificultades que ofrecía el llevarlo al interior de la plaza, y esta circunstancia dió lugar á que por la noche lo acribillaran á balazos, habiendo sido estériles para remediar los desperfectos todos los cuidados y la diligencia de los aeronautas, y sin que se pudieran descubrir los autores de este atentado.

En vista, pues, de las irreparables averías que había experimentado, se dispuso que la compañía marchara á Molshein, pueblecito situado cerca de Strasbourg, en el que se había establecido un taller para las reparaciones y la produccion del gas necesario á los aerostatos del ejército del Rhin.

Despues de arreglado emprendió su segunda campaña, siguiendo al ejército hasta Donawert, en donde efectuó una ascension para reconocer las prin-

cipales fuerzas del enemigo que defendían la orilla izquierda del Danubio, repitiéndola á los dos días, ántes de emprender el paso del río, y facilitando al general Moreau preciosas noticias, que, como dice el distinguido oficial de ingenieros del ejército francés, Mr. Delambre, no hubiera podido obtener con la mejor caballería del mundo.

Al poco tiempo los sucesos de la guerra obligaron á emprender una viva retirada á los franceses acosados por la caballería de los austriacos, y como en estas circunstancias no hubiera podido el globo acomodarse á la marcha del ejército, fué preciso vaciarlo y disponer que la compañía regresara al parque de Strasbourg, en donde despues de una larga inaccion vino á sorprenderla la órden de su licenciamiento.

DISOLUCION DE LAS COMPAÑIAS DE AERONAUTAS. Con la desaparicion de Coutelle de los campos de batalla, parece terminada, como se ha visto, la historia de los aeronautas militares en esta época, pues aunque la primera compañía, que había recobrado su libertad, fué agregada á la expedicion de Egipto, á instancia de Napoleon, segun afirman algunos, y acompañada de los dos hombres eminentes, Coutelle y Conté, que habían sido los creadores de este nuevo servicio de guerra, nada pudieron hacer á consecuencia de haber caido en poder de los ingleses todo el material aerostático en la batalla de Abukir, y al regreso de la expedicion se recibió en Marsella la órden de la disolucion de la compañía, agregando su personal á las tropas de ingenieros.

Privada de sus jefes la escuela de Meudon, y prévio informe al ministro de la Guerra de la junta de ingenieros, se dispuso:

- 1.^º Que el arte aerostático aplicado á la guerra formase parte de la instrucción de los alumnos de la Escuela de ingenieros.
- 2.^º Que el Comité de ingenieros se encargase de recoger todos los materiales y documentos relativos á los progresos del arte.
- 3.^º Que se dotase á la Escuela de ingenieros de un aerostato capaz de elevar dos personas para la instrucción práctica de los alumnos.
- 4.^º Que los oficiales aeronautas fuesen agregados á la escuela de Metz.

Estas prescripciones demuestran, que así la Junta, como el ministro, reconocían la utilidad de los globos para los reconocimientos militares, pero es lo cierto que no se cumplieron sin saber por qué causa, y aún recientemente

durante la campaña de 1870-71, estrechamente bloqueada la plaza dicha, no fué posible disponer de un áeronauta, ni de un globo, sin embargo de haber sido designada como residencia de la escuela de aplicación de la aerostación militar.

En resumen, los franceses, que fueron los inventores reconocidos de los globos aerostáticos, han sido tambien los primeros á demostrar algunos de los usos prácticos que podían esperarse de su invención, y despues de haber dotado á sus ejércitos de material y personal aerostático, y de los servicios que estos elementos les prestaron, no ya sólo en los sitios y combates citados, sinó tambien en Andernach, Bonne, Chartreuse, Liéja, Cap-Rouge, Coblenza, Kiel, Strasburgo y en otros varios puntos, acabaron por olvidarlos completamente y disolver las compañías de aeronautas, como acabamos de referir, ya porque la rivalidad y los celos de los generales, segun unos, fuera causa de malos informes acerca de la utilidad de sus aplicaciones en campaña por la parte de gloria que con ellos tenían que compartir, ó porque, segun otros, y es opinion más justificada, el estado en que entonces se encontraba el arte aerostático y el carácter de las campañas de aquella época fuera causa de que este servicio constituyese un grandísimo embarazo para la movilidad de los ejércitos. Este fué sin duda el motivo que sirvió de fundamento á semejante determinacion, puesto que el mismo Carnot, que tan de cerca había podido apreciar sus servicios en las guerras de la república, hizo uso de ellos en la defensa de Amberes en 1815, y condensaba el juicio que le merecían, en las siguientes palabras: «El globo es un socorro importante que no se debe despreciar.»

LOS GLOBOS CAUTIVOS MILITARES DESDE 1798 Á 1870. Suprimido definitivamente en Francia el servicio aerostático militar, en ninguna parte se efectuaron ya entonces nuevas experiencias con los globos, siquiera hayan contado siempre en su apoyo con las opiniones y los juicios más favorables de militares distinguidos; pero desde entonces son muchas las tentativas que se hicieron para aplicarlos con distintos objetos, y varias tambien las ocasiones en que se reconoció la utilidad que podrían prestar en las diferentes guerras que desde aquella fecha tuvieron lugar en Europa.

Antes, sin embargo, de enumerar someramente las principales de aqué-

llas, debemos indicar, aunque no hayamos podido comprobar la exactitud de la noticia, que durante aquella misma época, cuando la coalicion de las potencias intentaba sofocar la revolucion en Francia, y era España la encargada de atacarla por los Pirineos orientales, parece que tambien en nuestro ejército se intentó aplicar á la guerra el reciente descubrimiento de los globos aerostáticos. Dicen que por órden del conde de Aranda se emprendieron algunos ensayos y experimentos con este objeto en el Escorial, bajo la dirección del profesor de química Sr. Proust, y aun parece que se pensaba en crear una compañía de aeronautas análoga á las que se habían organizado en el ejército francés; pero como ántes de declararse la guerra dejó el conde los consejos de la corona, ya ni se continuaron las experiencias, ni por consiguiente llegaron á aplicarse los globos en la campaña, que terminó con el tratado de Basilea.

En el año 1826 volvió á surgir en Francia la idea de aplicar los aerostatos á las operaciones militares, y nombrada una comision de generales para emitir informe acerca del asunto, concluyeron en 1828, despues de un estudio detenido, declarándose de una manera terminante á favor de la utilidad que podrían reportar á los ejércitos, pero sin otros resultados prácticos que el de que en 1830 formase parte del ejército expedicionario de la Argelia, un globo que llevaba el aeronauta Margat, que no hubo ocasion de emplear.

No se puede afirmar, en nuestro concepto, como lo hacen algunos autores, que los rusos hayan empleado los aerostatos durante el sitio de Sebastopol, como medio de reconocer los trabajos de ataque del enemigo, ni aun si tuvieron en realidad este pensamiento, ó si al efecto hicieron tentativas infructuosas; pero en lo que no cabe duda, es en que por lo menos tuvieron el proyecto de emplearlos los sitiadores, patrocinado por inteligentes y acreditados militares del ejército inglés. Era uno de los más decididos Sir Wilhian Reid, gobernador de Malta en 1855, que defendía con calor este pensamiento en el ministerio de la Guerra, fundando su opinion en que un observador elevado en un globo á una altura de 60 á 100 metros solamente en la proximidad de una plaza, facilitaría á los sitiadores la posibilidad de formar una idea exacta de los atrincheramientos interiores, mucho mejor que examinándolos con anteojos desde una elevacion del terreno.

Por su parte, el mayor general Money, despues de haber efectuado expresamente tres ascensiones para juzgar por sí mismo de la utilidad que podían ofrecer en los reconocimientos militares, manifiesta terminantemente que desde los globos cautivos á conveniente altura, se descubren todos los objetos que puedan desearse en una considerable extension del terreno.

Sin embargo de estos autorizados testimonios y de la favorable apreciacion que merecieron á gran parte de los oficiales que tuvieron ocasion de conocerlos y examinarlos, no fueron acogidos los proyectos que por entonces se presentáran con este objeto á los gobiernos de Francia y de Inglaterra, debido probablemente más que á las dudas que pudieran suscitar acerca de las ventajas de su empleo á los defectos que se les atribuían, y que como tendrémos ocasion de ver son ciertamente bastante ménos serios de lo que generalmente se supone, y tienen su orígen, por una parte, en las imperfecciones y relativo atraso del material aerostático, y por otra, en las faltas que se han cometido al usarlo, hijas las más veces de incompetencias ó de falta de preparacion conveniente.

Si es que los austriacos emplearon tambien los globos cautivos como observatorios aéreos en 1849 delante de Venecia, carecemos absolutamente de noticias exactas acerca de los resultados que hayan obtenido, y casi pudiéramos decir lo mismo respecto á los que usaron los franceses en la campaña de 1859 en Italia, pues si bien es innegable que con este objeto fueron llamados al ejército los aeronautas Godard, algunos cronistas de aquellas operaciones limitan las ascensiones verificadas á una sola, que tuvo lugar en Castiglione, la víspera de la batalla de Solferino; otros aseguran que se hicieron varias en Milan, Garganzolo y Castanedolo; mientras que acreditados historiadores de aquella campaña, guardan absoluto silencio en este punto. No hay para qué decir, que la misma diversidad de opiniones y de noticias se advierte en cuanto á los resultados de las observaciones aerostáticas que algunos dicen completamente satisfactorios, suponiendo desconcertados á los austriacos ante la idea de que serían descubiertos todos sus planes por los hermanos Godard; y otros creen, con mejor acierto, que no tuvieron importancia y que sólo consiguieron divisar unos cuantos soldados austriacos,

aunque reconociendo unánimes que este servicio adolecía de muchos y graves defectos.

Sea como quiera, es lo cierto que los experimentos realizados en Milan indujeron al emperador Napoleon III á ordenar la construccion de un globo de guerra de regulares dimensiones, en vista de que la montgolfiera que llevaban los hermanos Godard empleada en Solferino, tenía pocas condiciones para el servicio militar; pero cuando aquél se incorporó al ejército se había firmado ya la paz de Villafranca, y no se presentaron por consiguiente ocasiones de probar sus efectos, aunque parece reunía muy buenas condiciones para haber obtenido resultados que sirvieran de nuevo testimonio en favor de la utilidad que pueden prestar en campaña.

Tambien el general de Gablenz se proponía emplear los globos cautivos en la campaña de Dinamarca en 1863, pero no le fué posible realizar este proyecto á falta de aeronautas en Austria, y entonces fué cuando el ministro de la Guerra dispuso que se verificasen algunos ensayos para cerciorarse más de la conveniencia de sus aplicaciones, encargando este cometido al conocido coronel de ingenieros Baron de Ebner. En estos experimentos, emprendidos algun tiempo despues, se trató con preferencia de combinar el uso de los globos de aire caliente con el de los telégrafos ópticos, para las necesidades de los reconocimientos y la trasmision de las órdenes durante el combate, pero ya porque no se hayan obtenido las ventajas que se esperaban ó porque se considerasen demasiado costosos, se abandonaron al poco tiempo sin haber llegado á ninguna conclusion práctica.

Acaso más tarde sintieron esta falta de perseverancia, si en efecto pudiera asegurarse lo que afirmaba en su número de 4 de agosto de 1866, *La Allgemeine militar Zeitung de Darmstadt*, por el alcance verdaderamente notable que tienen sus palabras: «Si el ejército de Benedeck, escribía, hubiera dispuesto de un globo de reconocimientos en el campo de batalla de Sadowa, no hubiera estado expuesto á la sorpresa de Chlum, que fué la causa de su derrota.»

LOS GLOBOS CAUTIVOS MILITARES DESDE 1870 Á 1885. Si grandes fueron los servicios prestados por los globos aerostáticos libres, en la guerra franco-alemana, y especialmente durante el sitio de Paris, aún improvisándolo todo

y con las imperfecciones y defectos consiguientes del material, no puede decirse lo mismo de los globos cautivos de reconocimiento, empleados en los dos ejércitos combatientes.

Fueron los alemanes, en esta ocasión, los primeros á ensayarlos, prometiéndose excelentes resultados, y á fines de agosto de 1870, bajo la dirección del acreditado aeronauta inglés Mr. Coxel, organizaron en Colonia dos pequeños destacamentos de veinte y tantos hombres cada uno para el manejo de dos globos de distintas dimensiones de la propiedad de aquél, con el objeto de que una vez ligeramente ejercitados, pudieran incorporarse al ejército que sitiaba á Strasburgo.

Verificadas algunas pruebas y maniobras por vía de ensayo, llenando el globo con gas del alumbrado, consiguieron elevarse á una altura de 375 metros, y á los pocos días pensaron en trasportar hinchido el globo desde Bischviller á 25 kilómetros de la plaza sitiada, teniendo que renunciar al fin á semejante empresa, en vista de las dificultades que ofrecía por el carácter del país que habían de atravesar, cubierto de plantíos y de numerosos obstáculos que se oponían á la operación.

Condujeron, pues, el material á una tejería distante unos 3 y $\frac{1}{2}$ kilómetros de la plaza, y en defecto del gas del alumbrado que tampoco pudieran transportar en grandes toneles como se habían propuesto, dado que no era fácil encontrar éstos de buenas condiciones, al efecto, procedieron á llenarlo con hidrógeno. En esta operación invirtieron cuatro días, puesto que también fué preciso improvisarlo todo, y los tubos que conducían el gas al interior del aerostato eran de tan malas condiciones y tan defectuoso el material, que el hidrógeno se perdía en grandes cantidades y resultaba de calidad bastante mala y con poca fuerza ascensional. De este modo, al intentar una ascension, apenas se hubo elevado el globo á unos 100 metros, cayó nuevamente al suelo sin haber conseguido el menor resultado, ántes de la capitulación de la plaza que tuvo lugar por entonces, y por mas que después se encaminarán á París los destacamentos, no parece que hayan intentado ninguna nueva prueba, escarmientados sin duda por los deplorables experimentos anteriores.

Por parte de los franceses, se emplearon también frecuentemente los glo-

bos cautivos, durante el sitio de Paris, y especialmente en los primeros días del bloqueo, para que en unión de los numerosos observatorios fijos establecidos en diversos puntos, pudieran facilitar noticias acerca de los movimientos y operaciones de los alemanes; pero aunque al decir de algunos autores fueron de alguna utilidad, es lo cierto que ya por las condiciones especiales en que se establecieron, ya por las imperfecciones del material, debieron ser insignificantes los resultados.

Otro tanto pudiera decirse de los que más tarde se emplearon en el ejército de Loire con el asentimiento del general Chanzy, que esperaba pudieran serle muy útiles, pues que ningún resultado práctico dieron en las diversas tentativas realizadas por los hermanos Tissandier, á pesar de todo el empeño y buenos deseos de éstos, lo cual no es de extrañar, por otra parte, si se tiene en cuenta que además de haberlo improvisado todo se encontraron en las peores circunstancias, así por el temporal, como por tener que operar en un ejército en retirada, en el que reinaba no pequeña confusión y cuando nada estaba previsto ni aún para las relaciones de los aeronautas con los jefes militares.

Durante las campañas de los ingleses en el Zululand y en el Afganistan, parece que se comprendió también la importancia y aún se hizo sentir la necesidad de este procedimiento de observación, habiendo sido uno de los motivos para la adopción definitiva de material aerostático destinado al servicio del ejército y para la creación de compañías ó de secciones de soldados de ingenieros que se instruyeran y ejercitaran en el uso de estos aparatos, bajo la dirección de la comisión militar nombrada con el objeto de estudiar todos los detalles de este nuevo servicio.

En 1880 se sometieron á repetidas pruebas los globos que se habían preparado para remitirlos al África del Sur, con una sección de zapadores que ya tenía gran destreza y habilidad en su manejo, mediante los varios ejercicios á que se había dedicado en el arsenal de Woolwich; pero después de levantado el bloqueo de Ekowe, las autoridades militares del Cabo no los consideraron necesarios y aún representaron las dificultades que se ofrecerían para el transporte de las máquinas destinadas á la preparación del hidrógeno, que necesariamente habían de ser pesadas, y que ni el país ni aquel género de guerra eran los más á propósito para ensayarlos con éxito.

Dícese tambien, que en la última campaña de los ingleses en Egipto, se ha notado la falta de material aerostático, puesto que no sólo hubiera sido muy práctico el empleo de un globo cautivo en Ramlech y en Kassasin, para reconocer las posiciones de Kafrdawar y de Tel-el-Kebir, y la situacion exacta de las fuerzas de Arabi, sinó que hubiera podido emplearse igualmente en Alejandría con indudables ventajas y evitando acaso el bombardeo de esta plaza.

Sin duda los ingleses reconocían tambien la utilidad que podía esperarse de los globos en estas circunstancias, una vez que ya estaban decididos á mandarlos y que no lo habían hecho inmediatamente esperando los resultados de los ensayos que tuvieron que emprender respecto al mejor procedimiento que debiera seguirse para llenarlos, dadas las especiales condiciones y el carácter de aquella guerra.

Una vez orillada esta dificultad, se embarcó en efecto, con destino al Sudan, una sección de aeronautas que llevaba tres globos construidos en el establecimiento central de ingenieros de Chatham, conduciendo el gas hidrógeno para llenarlos, comprimido en cilindros de hierro de unos 3^m,60 de longitud y 0^m,30 de diámetro, que pesaban 500 kilogramos próximamente. El objeto principal de este abastecimiento era el de subvenir á las primeras necesidades, puesto que se proponían establecer un laboratorio para la produccion del hidrógeno en la base de operaciones, transportando al efecto todos los aparatos indispensables.

Para ocurrir á las pérdidas de gas que diariamente habían de experimentar los aerostatos en sus operaciones, siquiera hubieran de ser pequeñas, dada la impermeabilidad de las envolturas, que como había demostrado la práctica, permitían conservarlos durante algun tiempo sin que aquéllas fueran sensibles, llevaban además un centenar de cilindros más ligeros, capaces de contener cuatro metros cúbicos de hidrógeno comprimido cada uno, y por consiguiente de dimensiones y peso convenientes para que pudieran ser transportados á lomo. De este modo, mediante remesas sucesivas de cierto número de éstos á la base de operaciones, podrían disponer siempre de una reserva de gas suficiente, en los puntos avanzados del teatro de la guerra.

Pocas son las noticias que hemos podido adquirir acerca de los resulta-

dos de los reconocimientos aéreos en esta campaña, pero sí parece que han hecho algunas ascensiones interesantes, y aún hay quien lamenta que no hayan llegado ántes de la rendicion de Karthum, suponiendo que con ellos acaso hubiera sido posible comunicarse con el célebre general Gordon, ántes de que tuviera lugar aquel acontecimiento, instalando un heliógrafo en la barquilla, una vez que la distancia que separaba á las tropas de socorro de la plaza dicha, no era superior al alcance de las señales que pueden hacerse en aquel clima con estos instrumentos; pero la verdadera dificultad para conseguir este objeto, hubiera sido la de alinear y manejar éstos eficazmente en semejantes condiciones.

Por ultimo, segun noticias de algunos periódicos profesionales, parece que los globos cautivos han prestado tambien muy buenos servicios en el Tonkin, facilitando el reconocimiento de los caminos hacia Bac-Ninh y Hong-Hoa, contribuyendo á la rendicion de estas plazas e inspirando al enemigo un terror supersticioso, que no ha dejado de ejercer alguna influencia favorable para las armas francesas.

LOS GLOBOS MILITARES EN AMÉRICA. Las repetidas aplicaciones militares de los globos aerostáticos, que ligeramente acabamos de reseñar, prueban ciertamente que nunca habían caido en completo olvido los servicios que ofrecieran á los franceses á últimos del siglo pasado; pero nunca se habían repetido en tan grande escala los ensayos de entonces, hasta que los americanos los emplearon en su famosa guerra de la secesion (1860-64) perfeccionando notablemente este servicio y combinándolo con el no ménos nuevo en los ejércitos de la telegrafía eléctrica.

Poco despues de empezada aquella, aparecieron efectivamente los globos en los campos de batalla para la exploracion y reconocimientos de las posiciones del enemigo y para la apreciacion de sus movimientos y preparativos.

Prescindiendo de las muchas ocasiones en que tuvieron una intervencion más ó ménos eficaz, pero siempre útil, nos limitaremos á describir aquellos casos en que han sido más generalmente comprobados los resultados obtenidos y que son suficientes para formar completa idea de los usos á que se les destinaba, de la manera de emplearlos y de los servicios que realmente prestaron.

La primera ascension, verificada entonces, tuvo lugar en el Potomac y fué debida al aeronauta La Muntain, que estaba agregado al ejército del general Mac-Clellan. Despues de haberse elevado en un globo cautivo al frente de las posiciones del ejército confederado y cuando ya estuvo en una posicion conveniente, cortó los cables de sujecion, remontándose á una altura de más de 2000 metros, desde la que pudo observar durante algun tiempo el campamento de los separatistas. Arrojando luego una gran parte del lastre que llevaba, ascendió de nuevo hasta encontrar una corriente de aire de direccion favorable que le condujo á descender con toda seguridad en el Mary-Land, informando al general en jefe del resultado de sus observaciones, que éste consideró de la mayor importancia.

A consecuencia de esta afortunada empresa, se dispuso en seguida; á propuesta del citado general Mac-Clellan, la construccion de cuatro globos y la formacion de secciones de aeronautas, que pudieron acompañar á los ejércitos en campana y que fueron de indudable utilidad en las alturas de Bolivar en la batalla de Frederisckburg, en la de Hannover-Court-House y en todas las operaciones y combates que tuvieron lugar al frente de Richmond, así como en los sitios del fuerte Monroe y de York-Town.

Ya desde un principio se había propuesto arrollar un alambre á las marras del globo para que sirviera de conductor al aparato telegráfico que llevaba la barquilla en comunicacion con otro análogo establecido en tierra, de modo que el observador pudiera indicar los movimientos del enemigo y cuantas noticias adquiriese como resultado de su exploracion en la gran superficie de terreno que naturalmente había de descubrir desde la estacion aerea. Verificado satisfactoriamente el ensayo correspondiente en Washington, por el profesor Low, trasmitiendo un largo telegrama de felicitacion al presidente Lincoln, pronto se presentó ocasion propicia, á fines de mayo de 1862, de aplicar este procedimiento en la guerra, cuando el ejército del general Mac-Clellan amenazaba á Richmond, capital de los confederados, rodeada de numerosas obras de campana defendidas por el ejército del general Johnston.

Antes de emprender el ataque de éstas, se había conseguido en una de las ascensiones del globo cautivo, reproducir desde la barquilla, por los proce-

dimientos de la fotografía instantánea, la perspectiva del terreno que había de ser campo de batalla, sacando después varias copias que fueron cuidadosamente divididas en cuadrículas, numerando éstas para entenderse más fácilmente. Las continuas lluvias de aquellos días y consiguientes crecidas del río Chiskahominy fueron causa de que se aplazara el ataque, y como quiera que una parte del ejército se encontraba en la orilla opuesta y no había puentes en número bastante para asegurar las comunicaciones, se encontraba en una situación verdaderamente comprometida.

Previendo, en tal concepto, que los confederados no dejarían de aprovechar estas circunstancias para tomar la ofensiva y empeñar el combate, se dispuso que el globo verificase repetidas ascensiones para observar sus movimientos, provisto siempre el aeronauta de un aparato telegráfico y de una de las pruebas fotográficas del campo. Luego que en una de aquéllas hubo alcanzado la altura de unos 300 metros, pudo el observador señalar al medio-día el movimiento de un cuerpo enemigo que marchaba sobre la izquierda de los federales, anunciando después el ataque de la división Carey. Prevenido el general en jefe por las indicaciones del observatorio aerostático y por el plano cuadriculado que tenía á la vista, de la dirección exacta de todos los movimientos del enemigo, no sólo tuvo tiempo en este caso para mandar un refuerzo oportuno, sinó que donde quiera que los confederados intentaban un esfuerzo, encontraban á los federales prevenidos para rechazarlos, mientras que por el contrario, los puntos débiles de sus posiciones se veían constantemente expuestos á vivas reacciones ofensivas.

No es, pues, de extrañar que dirigieran contra el globo una pieza rayada de largo alcance, que por la aproximación de sus disparos fué causa de que se le recogiera para elevarlo de nuevo en otro punto en que estuviera más á cubierto de los proyectiles.

Nada disminuyó por esto la utilidad y el interés de sus observaciones, puesto que á la caída de la tarde anunció el aeronauta un movimiento envolvente sobre el ala derecha, que tenía por objeto cortar las comunicaciones de los federales con los puentes; y merced á este oportuno aviso, también entonces fué posible prevenir aquel movimiento, que probablemente hubiera tenido éxito satisfactorio sin la intervención del globo, atendiendo á que se

verificaba hábilmente disimulado por las ondulaciones de un terreno muy cubierto. Por lo demás, bien se comprende la importancia que tendría para los confederados esta maniobra, que es más que probable hubiera obligado á rendir las armas á la mitad del ejército federal, aventurado sobre la orilla de un río crecido por las lluvias y comprometidas sus comunicaciones.

De todos modos, aún teniendo en cuenta la parte de exageración en que puedan haber incurrido los cronistas respecto á la eficacia de los reconocimientos dichos, no hay duda alguna que el hecho es digno de fijar la atención y prueba los servicios prestados por los globos en esta batalla, revelando desde luego cuántas fundadas esperanzas puede hacer concebir el arte aerostático aplicado á la guerra.

Son también dignos de especial mención los resultados de las observaciones aéreas en los ataques del fuerte Monroe y de York-Town, en los que á grandes distancias permitieron apreciar los efectos de la artillería y rectificar el tiro de las baterías, con utilísimo acierto y gran eficacia. El conde de Paris en su *Historia de la guerra civil de América*, y refiriéndose á los globos cautivos de que tan frecuentemente se sirvieron los americanos, dice: «Así, delante de York-Town, el aeronauta Mr. Lowe, con un aparato telegráfico en la barquilla y comunicándose por medio de un alambre con las baterías federales, pudo indicarles el resultado de su tiro y permitirles rectificarlo. Levantó al mismo tiempo la posición de las piezas enemigas, con una exactitud que fué plenamente confirmada en la inspección que se verificó después de la evacuación de la plaza.»

También se emplearon con éxito en la guerra del Brasil con la república del Paraguay en 1867, y al parecer el general brasileño Marquez Caxias consiguió reconocer por este medio el terreno accidentado y pantanoso ocupado por el enemigo, combinando sus operaciones y sus planes con todo conocimiento de causa.

Por su parte, el general Mitre, al exponer los resultados de estas observaciones aerostáticas, manifiesta oficialmente que pueden hacerse en globo cuantos reconocimientos se necesiten y que con el auxilio de buenos anteojos, se abraza una gran extensión de terreno en todos sus detalles, advirtiendo que al efecto es absolutamente necesario que el observador haya adqui-

rido la práctica suficiente para dirigir aquéllos con acierto, á pesar de los balances de la barquilla, sin cuya circunstancia sólo pueden hacerse las exploraciones á simple vista y por consiguiente en un radio mucho más pepueño.

Opinan, por tanto, que pueden emplearse frecuentemente y con gran ventaja los globos en la guerra, y que sin embargo de no tener un perfecto conocimiento del modo más conveniente de usarlos, ha sido posible descubrir, en todos sus detalles, las fortificaciones de campaña construidas á grandes distancias.

Es de advertir, por último, que en algún relato de estas operaciones se hace resaltar la influencia que ejercieron los reconocimientos en globo sobre la moral de las tropas del Paraguay, añadiendo que á fin de impedir las investigaciones de los observadores enemigos, emplearon alguna vez el medio insuficiente por cierto de encender á su frente grandes hogueras para producir una gran cantidad de humo, que á manera de espesa nube ocultara su campo y sus posiciones.

Importa tener presente, para mejor apreciar los servicios de los globos en la guerra civil de los Estados Unidos, que el terreno en que se efectuaron la mayor parte de los reconocimientos era muy accidentado y cubierto de bosques, y esta circunstancia, al mismo tiempo que los hacía más necesarios, los dificultaba extraordinariamente. Sin embargo, al decir del capitán, hoy coronel de ingenieros del ejército inglés, Mr. Beaumont, que fué testigo presencial y aún tomó parte en las operaciones de los aeronautas militares americanos delante de Richmond, por más que no era posible afirmar si los bosques estaban ocupados por tropas enemigas, siempre se hubiera podido asegurar con confianza si había algún cuerpo considerable en movimiento, porque se descubriría tan pronto como apareciese en terreno despejado. Indica en corroboración de estos juicios, que aún á distancias de 10 á 12 kilómetros se distinguían los campamentos enemigos establecidos en las inmediaciones de la plaza y las obras de tierra que constituyan las defensas de ésta, en términos de poder apreciar aproximadamente, por la extensión que ocupaban, el número de hombres que podrían contener los primeros y las circunstancias más notables de las segundas.

Conviene también en la utilidad de las observaciones aerostáticas en ciertas

tas ocasiones y aunque duda que puedan aplicarse con la generalidad que otros suponen, es lo cierto que en la guerra de América llegó á establecerse en grande escala este servicio é indudablemente debieron satisfacer los primeros ensayos cuando se procedió á la organización de compañías especiales de aeronautas.

Por eso, aunque en las noticias de los periódicos americanos hubiera alguna exageración que diera lugar á poner en duda la exactitud de ciertos hechos, no puede negarse que los globos militares fueron entonces verdaderamente útiles en muchos casos, ya permitiendo rectificar los tiros de la artillería, mal dirigidos á veces por no poder descubrir los efectos de los proyectiles; ya estudiando y descubriendo las posiciones, movimientos y maniobras del enemigo, y ya en fin, permitiendo examinar minuciosamente todos los accidentes del terreno en que se había de librarr una batalla ó se había de empeñar un combate.

Es de advertir, por último, que en estas operaciones no solamente se pusieron de manifiesto las relaciones de la telegrafía y de la aerostación, sino que se realizaron importantes progresos, así en las maniobras de los globos cautivos, como en los perfeccionamientos introducidos en el material, entre los cuales es acaso el más digno de llamar la atención el aparato portátil para la producción del gas hidrógeno, siquiera fuera todavía excesivamente pesado. De todos modos, el conjunto estaba lejos de las grandes mejoras realizadas desde entonces en el material aerostático militar, por cuya razón, aún siendo exactos los juicios que en aquella ocasión haya merecido el sistema, no puedan considerarse en manera alguna como definitivos.

ENUMERACION Y EXÁMEN DE LAS PRINCIPALES OBJECIONES

OPUESTAS AL EMPLEO DE LOS GLOBOS CAUTIVOS EN LOS EJÉRCITOS.

Es desde luego suficiente para demostrar la utilidad de los globos cautivos en los reconocimientos militares, la ligera reseña histórica que antecede, en la que hemos procurado exponer, no ya sólo los resultados que con ellos se consiguieron en las repetidas ocasiones en que fueron aplicados en la

guerra, sinó tambien las circunstancias todas que más pueden contribuir á juzgar con exactitud de las condiciones prácticas de su empleo.

Pero si se tiene en cuenta que la mayor parte de las veces ha sido improvisado absolutamente todo lo que tenía relacion con este importante servicio, procediendo en muchas de ellas más por vía de ensayo que como recurso perfectamente estudiado, y no pocas en condiciones azarosas y difíciles, se comprende sin esfuerzo que no hayan proporcionado todas las ventajas que indudablemente pueden esperarse de su aplicacion, y aun que por lo mismo dieran orígen á dudas, desconfianzas y controversias, que han demorado su adopcion en los ejércitos hasta estos últimos años.

* Por eso creemos de verdadera importancia para contribuir al mayor esclarecimiento de los hechos y poder formar una opinion convencida acerca del verdadero valor de estos aparatos, enumerar los principales inconvenientes que se oponen á su empleo, examinándolos imparcialmente, sin perjuicio de consignar tambien algunas de las opiniones y de los juicios que este nuevo servicio ha merecido á distinguidos tratadistas militares.

PELIGRO DE QUE LOS GLOBOS SEAN ALCANZADOS POR LOS PROYECTILES ENEMIGOS. Una de las objeciones más importantes que se han hecho contra el uso de los globos en la guerra, es indudablemente la de que pudiendo ser alcanzados por los proyectiles enemigos, se rasgáran las envolturas, ocasionando rápidos escapes de gas, produciendo caidas repentinas, de funestas consecuencias para los aeronautas; peligro tanto más terrible, actualmente dicen, cuanto más han aumentado el alcance y la exactitud de las armas de fuego y que les obligará por consiguiente á elevarse á considerables alturas para evitar estos accidentes, disminuyendo mucho, por tanto, la eficacia y la utilidad de las observaciones aéreas.

Claro es, que empleados los globos en la guerra, han de correr alguna vez el riesgo de estar expuestos á los proyectiles, y mucho más teniendo en cuenta los grandes alcances de las armas modernas; pero ni este peligro parece en realidad tan exagerado como la imaginacion lo presume irreflexivamente, ni aun son grandes las probabilidades de que suceda, así por la libre elección del punto en que hayan de elevarse, como por las especialísimas condiciones que ofrecen estos blancos.

Durante la última guerra franco-alemana, ordenó el ministro de la Guerra de la vecina república que se hicieran en Tours algunas pruebas, á fin de investigar la altura que deberían alcanzar los globos para estar fuera del alcance de los fuegos de la infantería. Construido al efecto uno de papel, de unos 20 metros cúbicos de capacidad, se le conservó sujeto á la altura de 500 metros, expuesto al fuego de 18 tiradores, que no consiguieron herirle ni con un sólo proyectil; pero en cambio, á los 400 metros ya le alcanzaron once balas, segun se dedujo al volverlo á tierra, si bien con la circunstancia de haber sido tan pequeño el escape de gas que aún permaneció el globo en el aire bastante tiempo. De estos ensayos, realizados á presencia del almirante Fourichon, se pretende deducir que un globo á 500 metros de altura está fuera del alcance de los proyectiles de la infantería.

Otros experimentos análogos se verificaron en Dangeness (Inglaterra), con un globo cautivo elevado á una altura de 240 metros y á distancia de 2000 próximamente de una pieza de artillería, con la que se habían de tirar sobre él algunas granadas de metralla, sin que los artilleros tuviesen conocimiento de aquellos datos. El primer tiro de prueba no dió resultado alguno, pero sirvió de base para la apreciacion aproximada de la distancia y la consiguiente rectificación del tiro; y el efectuar el segundo, fué tan perfectamente dirigido que la granada estalló exactamente delante del globo, destrozándolo, pero sin ocasionar tampoco su caida instantánea, puesto que todavía tardó quince minutos en bajar.

Estos resultados indujeron á manifestar que los globos de reconocimiento no deberán intentar exploracion alguna, ni efectuar sus ascensiones á distancias menores de 2000 metros de las líneas enemigas, para encontrarse fuera del alcance de la artillería, á menos que urgentísima necesidad hiciera derrogar este principio, obligando al aeronauta á arrostrar los riesgos de una zona más peligrosa.

En nuestro concepto, ninguna de las dos pruebas dichas puede considerarse como concluyente, para deducir consecuencias exactas y fundar sobre ellas reglas generales.

Algunos de los aeronautas que salieron de París durante el sitio, dicen haber oido el silbido de las balas que les dirigían los alemanes al pasar por

encima de las líneas de éstos á 800 y 1000 metros de altura, y aún se afirma que cuando salió Gambetta, sintió que pasaba una casi rozándole la mano que llevaba apoyada sobre el borde de la barquilla. Estos hechos contradicen los resultados de los ensayos de Tours, á menos de admitir que los tiradores alemanes fuesen más diestros que los franceses, ó que realmente dispusieron de un arma especial para hostilizar á los globos, como tambien se afirma.

En cuanto á las pruebas realizadas en Inglaterra con el cañon, nos permitiremos observar, que aún admitiendo en todos sus detalles la exactitud de la noticia y teniendo en cuenta la gran esfera de accion de los proyectiles empleados, no basta que los hechos hayan ocurrido así una sola vez, para que desde luego puedan aprobarse las conclusiones á que dieron lugar.

Parece, en verdad, que bien merecía algunas repeticiones el ensayo, no ya sólo por la importancia de su objeto, sino por las dificultades que realmente ofrece el tiro en semejantes condiciones, sobre un blanco de no gran tamaño, á distancia considerable y á una gran altura, y que á mayor abundamiento, estando a merced de las más ligeras brisas, se encuentra en constante movilidad para que sea mucho mas difícil alcanzarlo que si estuviera inmóvil en el suelo. Agreguese a estas circunstancias, el no pequeño inconveniente de apreciar la distancia con alguna aproximacion, desconociendo hasta el tamaño del globo, sin tener punto alguno de referencia y sin que ni aún sea posible apenas apreciar con certeza el efecto de los primeros disparos, y es preciso convenir en que mas que a otra cosa debe atribuirse el resultado á una feliz casualidad.

Viene a robustecer esta opinon las pruebas realizadas por los alemanes, con el mismo objeto, en el campo de Tegel, el 28 de noviembre de 1886. Colocado un globo cautivo frente a una batería de campaña de seis piezas, á la altura de 400 metros y á distancias sucesivamente de 1200, 1300, 1400 y 1500 metros, y despues de haber juzgado cortos los disparos efectuados á las tres primeras distancias y largo el que se verificó á la cuarta, consiguieron al cabo de algunos tiros, desde la tercera, inutilizar el aerostato, que resultó agujereado en varios puntos y descendió lentamente.

Por lo demás, aún prescindiendo de la facultad que siempre poseerá el

aeronauta de subir ó bajar, tomando alturas diferentes, segun mejor convenia á sus propósitos ó á su seguridad, y de la no ménos importante de que el globo en observacion pueda cambiar de lugar sin dejar de ser cautivo, como ya tendremos ocasion de decir (circunstancias ambas que crean nuevas dificultades para los tiradores); conviene observar, que las distancias dichas son relativamente pequeñas y que aunque un proyectil atravesára la tela, no sería motivo suficiente para producir una caida tan instantánea como generalmente se supone, que pusiera en grave riesgo las vidas de los aeronautas, siendo más que probable que pudieran descender con seguridad, cualquiera que fuera el sitio del globo en que se produjera la rotura, y mucho más si ésta tuviera lugar en la parte inferior, pues como los aerostatos no se llenan nunca completamente de gas, y éste por su ligereza tiene tendencia á ocupar la parte superior, sería insignificante la pérdida y hasta puede asegurarse que muchas veces no le produciría el más pequeño efecto.

De todos modos, como el verdadero peligro de la rotura causada por el proyectil, no consiste tanto en los agujeros abiertos, como en la posibilidad de que la envoltura se rasgára por el efecto mismo de la salida del gas y de la presion del viento, hasta el punto de alcanzar proporciones tales que el globo se vaciase rápidamente precipitando á los aeronautas, se ha indicado como idea digna de ensayo, la de construirlos con una tela dividida en cuadrículas por los cordones mismos de la red, que de este modo formaría parte de aquélla y tendría por efecto limitar los agujeros localizando el mal y reduciéndolo á la destrucción de un cierto número de cuadrículas solamente.

Se ha propuesto, en cambio, hacer balas huecas de platino para incendiar el hidrógeno del globo por simple contacto, en vista de la propiedad que posee este metal de producir la inflamación del hidrógeno por su sola presencia (accion que los químicos designan con el nombre de fuerza *catalíptica*), pero este recurso es puramente teórico, puesto que no sería fácil conseguir que este proyectil especial permaneciese en el interior del globo para producir el efecto deseado en lugar de atravesarlo de parte á parte.

En vista, pues, de las consideraciones anteriores, puede decirse que no está todavía definitivamente determinada la distancia y las alturas que deben alcanzar los globos de guerra para encontrarse fuera de la accion eficaz de

los proyectiles, pero teniendo en cuenta los recursos que se ofrecen para atenuar estos peligros, parece que no es tan de temer, como generalmente se supone, el fracaso de verlos desaparecer en pedazos á los dos ó tres disparos, aun en el caso de que forzosamente se vieran obligados á operar dentro del alcance eficaz de las actuales armas de fuego.

Por lo demás, las enseñanzas que en este punto se deducen de la práctica de la guerra, están limitadas á lo que en su lugar dejamos referido respecto á las compañías de aeronautas del ejército francés, y á lo que el conde de Paris refiere de la guerra de América. «Dos globos, dice, fueron agregados al ejército del Potomac, que al encontrarse frente al enemigo fueron honrados por éste con numerosos cañonazos, particularmente durante el sitio de York-Town, pero sin que nunca consiguiera alcanzarlos. El 1.^o de junio de 1862, el globo que daba noticias al general Mac-Clellan, fué atacado por el cañón de los sudistas, en Richmond, cuyos proyectiles estallaban en las inmediaciones de aquél.»

EXTENSION DE LAS EXPLORACIONES. Relacionándolo con las objeciones que acabamos de examinar, se indica el inconveniente de que, colocados los aerostatos cautivos en buenas condiciones de seguridad, habrán de encontrarse á distancias demasiado considerables para que se puedan observar con precision y distinguirse con claridad los objetos que importa reconocer.

Nada puede decirse, en rigor, de una manera absoluta respecto á la extension del campo que pueden abrazar los reconocimientos en globo, y siempre será difícil determinarlo con entera exactitud, dado lo que en este punto influyen entre otras causas las circunstancias atmosféricas. Esta cuestión, sin embargo, es indudablemente de la mayor importancia por las considerables distancias á que por efecto de los grandes alcances de la artillería moderna se empeñan los combates y por el gran desarrollo de los campos de batalla, consecuencia de los numerosos efectivos de los ejércitos actuales, que al mismo tiempo imponen la necesidad de que los reconocimientos comprendan extensas superficies de terreno.

Las enseñanzas que se deducen de las experiencias realizadas, permiten, sin embargo, afirmar que este inconveniente está muy lejos de revestir las proporciones que se le atribuyen y no puede considerarse en manera algu-

na como serio obstáculo al empleo de los globos en la guerra. Aunque los resultados alcanzados por Coutelle en sus repetidas observaciones, no tuvieran en la actualidad todo el valor indispensable para desvanecer las dudas que en este punto pudieran abrigarse, teniendo en cuenta el mucho mayor alcance de las armas modernas, se encuentra, sin embargo, entre las afirmaciones de aquel distinguido aeronauta alguna que no puede darse al olvido, cual es la de que podía observar á grandes distancias con bastante claridad los movimientos del enemigo, citando en su apoyo una ascension verificada despues de la batalla de Fleurus, en la que pudo descubrirlos á más de 10 kilómetros.

Por otra parte, en los reconocimientos aerostáticos verificados en América al frente de Richmond, el globo se encontraba tambien próximamente á la distancia dicha, y el aeronauta pudo señalar las salidas y movimientos de los confederados, miéntras que en los que se efectuaron en la guerra del Brasil, no sólo pudieron distinguirse las obras de fortificacion del campo de batalla, sinó tambien las que el enemigo había construido muy á retaguardia.

Los ensayos verificados en Francia y otros más recientes llevados á cabo en Inglaterra, con este mismo objeto, en los que se hicieron partir cuerpos de tropas en distintas direcciones y á diferentes distancias, permiten concluir, que, en efecto, ordinariamente pueden distinguirse los objetos con toda claridad á 8 y 10 kilómetros, siempre que el estado de la atmósfera no lo impida por ser demasiado oscuro.

Las notables ascensiones científicas de Mr. Glaisher, verificadas en Inglaterra, proporcionan tambien algunas indicaciones acerca de este asunto, pues dice que, en una de ellas, se detuvo el globo despues de varias oscilaciones cerca del fuerte Tilbury, á las seis y diez minutos de la tarde del 8 de setiembre, y advierte, de acuerdo con su compañero de viaje Mr. Nash, subdirector del observatorio astronómico de Greenwich, que con un buen anteojo hubiera podido levantar el plano del fuerte dicho, y contar exactamente el número de cañones que constitúan su armamento, añadiendo que en otra ocasion, hallándose á una altura de 4500 á 5000 metros, se apercibían las calles de Lóndres, destacándose como en un plano, y que al mismo tiempo divisaba las costas del mar entre Deal y Dover.

Por lo demás, áun siendo ordinariamente la altura del punto de observacion de 200 á 300 metros, como ésta puede variarse á voluntad, el horizonte descubierto no tendrá más limitacion que el alcance de los gemelos de campanía, que son los anteojos comunmente empleados por ser de uso más cómodo que los de un sólo ocular, y puede asegurarse que el terreno descubierto tendrá extension suficiente, á menos de estar en condiciones muy desfavorables.

En fin, aunque no se pueda pretender la vigilancia eficaz de todos los movimientos del enemigo en toda la extension del campo de batalla, desde un solo punto de observacion, es evidente que podrá conseguirse con un pequeño número de globos, enterando perfectamente al general en jefe de todas las maniobras de aquél, á cuyo efecto deberán usarse tambien para la más rápida trasmision de las noticias, los telégrafos ópticos y eléctricos, convenientemente preparados para este servicio especial.

INCONVENIENTES DEL HUMO Y DE LAS CIRCUNSTANCIAS ATMOSFÉRICAS. Dícese tambien contra los globos cautivos militares, que frecuentemente serán imposibles sus observaciones por las nieblas, unas veces, y otras, por el humo de la pólvora en los campos de batalla; y en fin, por los vientos violentos, que áun en el caso de permitir las ascensiones pondrían en graves riesgos las vidas de los aeronautas.

Las dos primeras objeciones no tienen realmente importancia alguna para lo que se pretende, al hacerlas, puesto que áun en el caso de que el humo llegara, en efecto, á ser tan denso que ocultára completamente los objetos todos de una gran extension de terreno, habrá que conceder que esto sólo podría ocurrir en días de completa calma atmosférica, que no son los más frecuentes, y aún entonces este mismo suceso sería un motivo de observacion para los aeronautas, en cuanto revelaría las posiciones del enemigo; respecto á las nieblas, ni se repiten á menudo, ni afectan exclusivamente á este medio de exploracion para autorizar la consecuencia de que no deba emplearse.

Las dificultades que pueda ofrecer el mal tiempo á las observaciones aéreas, suponiendo que las ascensiones en globo cautivo sólo pueden verificarse en una atmósfera tranquila, pierden una gran parte de su valor ante las

autorizadas afirmaciones de Coutelle, en la citada comision francesa de 1826, asegurando que nunca le había ocurrido, durante las campañas de la república, que el mal tiempo le hubiera impedido verificar los reconocimientos que se le habían ordenado.

Es, sin embargo, indudable, que así como en tiempos lluviosos tiende á disminuir la fuerza ascensional de los globos y son más difíciles las observaciones, un viento violento ha de ser siempre un obstáculo para realizarlas, y hasta puede ser verdaderamente peligroso; pero no se ha de deducir por eso que si en circunstancias especiales los globos no pueden prestar servicios, debieran desecharse en absoluto, puesto que hay otras muchas ocasiones en cambio, en que siendo imposible absolutamente cualquier otro medio de reconocimiento, éste es el único que podría utilizarse, como sucedió en el caso que á este propósito cita el capitán Delambre respecto al paso del Danubio, por el general Moreau: «Recordarémos, dice, que en la retirada de Moreau, el globo colocado en la orilla derecha del Danubio, observaba los movimientos del enemigo, que ocupaba la orilla izquierda, proporcionando noticias frecuentes acerca de ellos al general francés, que no hubiera podido procurarle la mejor caballería del mundo; y acaso los aeronautas han tenido en esta excelente retirada una parte que no se ha sabido apreciar bastante.»

En resumen, la pretendida imposibilidad de emplear los globos en los reconocimientos militares, debida á las circunstancias atmosféricas, queda reducida en rigor al caso de una espesa niebla ó de un viento huracanado, y afortunadamente estos meteoros no son tan frecuentes que pueda fundarse en ellos semejante opinión, á parte de que aplicando este criterio difícilmente se encontraría medio alguno de acción que no estuviera sujeto á contrariedades é inconvenientes.

DIFICULTADES DE OBSERVACION DEBIDAS Á LOS MOVIMIENTOS DEL GLOBO. No obstante las consideraciones expuestas para reducir á sus verdaderas proporciones los inconvenientes señalados al uso de los globos de reconocimiento, no hay duda alguna que todavía ofrecen una grave dificultad que entorpece considerablemente sus servicios. Mientras la atmósfera está en calma, el globo asciende con perfecta tranquilidad á una altura dependiente de su fuerza ascensional y de la longitud de los cables de sujeción; pero cuando aquélla,

se encuentra agitada hasta por una ligera brisa, el globo gira alrededor de su eje vertical, por una parte, y con un movimiento de péndulo invertido alrededor de su punto de sujecion, por otra, impidiendo estos movimientos que puedan distinguirse los objetos con la necesaria exactitud.

La Coutelle advertía que el movimiento de la barquilla dificultaba algunas veces las observaciones, afirmando, sin embargo, que despues de acostumbrado podía observar muy bien con el anteojos de que disponía, aun siendo de un solo ocular, y esta afirmacion ha sido corroborada por cuantos despues han hecho ascensiones con el mismo objeto.

Es preciso añadir que uno de los motivos que más influyen en estos inconvenientes, consiste en el sistema de suspension de la barquilla, que desde entonces se ha perfeccionado ya notablemente, consiguiendo atenuar mucho aquéllos.

De todos modos, es forzoso admitir la necesidad de una larga práctica, para adquirir serenidad y habituarse á los movimientos del globo y á juzgar con exactitud de la forma y magnitud de los objetos, que desde las alturas á que se encuentra el observador, se presentan bajo una perspectiva extraña.

Por lo demás y aparte de que estas dificultades no disminuyen la importancia y la utilidad de estos observatorios aéreos, son varios los medios propuestos para obviar á los perjudiciales efectos de la accion del viento, y aunque sin poder juzgar con certeza de su eficacia, parece oportuno indicarlos ligeramente.

El más sencillo y seguro consiste en disponer de un gran exceso de fuerza ascensional que permita llevar una buena cantidad de lastre para favorecer aquella, arrojándolo en grandes porciones durante el movimiento descendente del globo, cuando sea impelido por el viento contra el suelo. Este es el principio que aconsejaba y ya seguía Coutelle en sus ascensiones y el que aplicó en gran escala Mr. Giffard á la construccion de sus célebres globos cautivos de las exposiciones de Paris y de Lóndres, para impedir que experimentáran movimientos oscilatorios muy pronunciados, puesto que destinándolos al recreo de los curiosos que quisiesen gozar de las impresiones de un viaje aéreo y debiendo efectuar varios de estos cada día, no sólo era preciso

atender á construirlos en las mejores condiciones de seguridad para prevenir todo accidente desagradable, sinó que se necesitaba al mismo tiempo que inspirasen completa confianza al público.

Con el mismo objeto se ha propuesto tambien variar la forma esférica de los aerostatos sustituyéndola con otra alargada, á fin de que orientándose entonces, como veletas, presentasen menor superficie á la accion del viento y tuviesen por tanto más estabilidad, anulando al mismo tiempo el movimiento de rotacion, lo que otros quisieran conseguir en los globos esféricos dotándolos de una gran vela triangular que obre sobre ellos á manera de timón.

Créen también algunos que podría disminuirse mucho el defecto citado, ó por lo ménos la amplitud de las oscilaciones, aplicando á la barquilla una hélice vertical, cuyo movimiento desarrollaría una accion favorable á la fuerza ascensional del globo, oponiéndose por lo tanto y contrarestando la accion de las corrientes aéreas; pero aun en el caso de que por este medio se consiguiera un resultado apreciable moviendo la hélice con la necesaria oportunidad en el momento en que las ráfagas tendieran á abatir el aparato contra el suelo, y admitiendo que esta accion se trasmitiera eficazmente á todo el sistema, parece de difícil aplicacion el remedio.

En fin, partiendo Mr. Trensson de que las cometas tienden á elevarse á medida que el viento aumenta, pretende aplicar á los globos cautivos un aparato de compensacion, basado en aquel principio, para que miéntras, por una parte, el viento impulse al globo contra el suelo, adquiera, por otra, el conjunto, mayor tendencia á elevarse mediante la accion oportuna de otros órganos. De este modo, imaginando una cometa de una superficie convenientemente calculada, en vista de que la componente vertical de la accion del viento sobre la misma pudiera compensar la que éste ejerce sobre la superficie del globo, se obtendrían dos movimientos contrarios, que se neutralizarían en cierto modo, disminuyendo, ya que no anulando, completamente las oscilaciones.

Esta idea tiene en su apoyo las experiencias realizadas por Mr. Peltier para observar la electricidad atmosférica, puesto que por este medio ha llegado á conseguir varias veces conservar globos de pequeñas dimensiones á una altura constante, aun con vientos violentos, y por consiguiente es de

presumir que los mismos resultados se alcanzarían aplicándolo inteligentemente á los de gran volúmen.

Se pretende la realizacion práctica de este proyecto formando la cometa con una vela ligera tendida sobre dos varillas cruzadas, en condiciones de que, por medio de una cuerda, pudiera dársele la inclinacion necesaria en relacion con la intensidad del viento.

El capitán Mr. Gœde, profesor de la academia de guerra de Hannover, propone tambien la aplicacion del mismo principio para atenuar los movimientos oscilatorios dichos, abandonando, á la vez, la forma esférica y substituyéndola por otra alargada. Indica al efecto un aparato, que consiste en unir al globo por medio de la red un bastidor de varillas de hierro muy ligeras, y terminado en punta en sus dos extremidades, tendiendo sobre él la tela que forme la cometa ó aparato de compensacion.

Los puntos medios de los dos lados del bastidor estarían unidos á la barquilla y al cable de sujecion, por dos cuerdas de longitud invariable, y el conjunto podría moverse y tomar diferentes inclinaciones mediante el juego combinado de otras dos cuerdas, que sujetas á las puntas del bastidor dicho, podrían manejarse desde la barquilla, tesándolas alternativamente en la medida necesaria, segun la intensidad del viento.

Independientemente de que sea más ó ménos acertado el empleo del hierro en los globos cautivos, por los peligros del rayo en las tormentas, ya que este defecto no sería de gran importancia en el caso que nos ocupa, ni muy difícil de corregir si fuese absolutamente preciso, y por más que parezca muy fundado el principio que se trata de aplicar, nada se puede decir, sin embargo, en tanto que repetidas pruebas no vengan á decidir su eficacia con la autoridad indispensable de la experiencia; y en cuanto á la forma alargada de los aerostatos cautivos, parece que ya se había ensayado sin éxito en la primera escuela aerostática de Meudon, presentando, entre otros inconvenientes, la dificultad de poder conservar horizontales, como era indispensable, los globos cautivos que afectan dicha figura.

PELIGROS DE LOS GLOBOS Y DIFICULTADES DE TRANSPORTE DEL MATERIAL AEROS-TÁTICO. No es necesario añadir consideracion alguna á lo que ya se ha dicho oportunamente, para apreciar los peligros que los aeronautas militares ha-

brán de arrostrar en los campos de batalla por lo que se refiere á los proyectiles enemigos, y no se ha de olvidar que no habiendo servicio alguno en la guerra que no esté sujeto á semejantes riesgos, no se había de pretender que aquéllos estuvieran libres de los que son comunes y á los que están expuestos todos los combatientes.

Los que proceden de las circunstancias atmosféricas, ya se ha visto también, y se comprende fácilmente, que no son tan temibles como se pretende, aun los que pudieran originar los vientos violentos, y del mismo modo pueden considerarse remotos los de la atraccion del rayo en días tempestuosos, por mas que el cable de sujecion sea buen conductor de la electricidad, ya por su misma naturaleza ó por la humedad del aire.

Respecto á los efectos fisiológicos que experimentan los viajeros aéreos en las ascensiones libres, no se hacen sentir hasta haber traspasado algunos millares de metros de altura, y en los globos cautivos serán completamente nulos, á no ser los que procedan del mareo que algunos experimentan, al parecer, por efecto de las repetidas oscilaciones de la barquilla.

Pudiera suceder algunas veces tener que efectuar ascensiones en globos libres, voluntaria ó forzosamente, ya porque así convenga á los fines y objeto del reconocimiento, como hemos visto le sucedió en América al aeronauta La Muntain, ó por la ruptura de los cables de sujecion de los cautivos, y en tal concepto, debemos recordar que se han exagerado mucho las desgracias que originan y que son afortunadamente en muy corto número, relativamente al de los viajeros aéreos. Consultando los datos estadísticos recogidos hasta el dia, apenas llega á registrarse una muerte por cada 1000 ascensiones y son muchos los aeronautas que las han hecho á millares sin experimentar nunca el menor contratiempo grave.

Y aún es de advertir que los pocos que relativamente ocurren, son debidos en su mayor parte á negligencia ó ignorancia de los aeronautas, á la inferior calidad de los materiales que emplean en la confeccion de los globos, por razon de economía, y á que desatienden las precauciones indispensables para su buena conservacion. Así, por ejemplo, se les vé con frecuencia recoger húmedas las cuerdas, que acaban por podrirse, y que conservándose en aparente buen estado para resistir esfuerzos moderados, ceden á la menor ten-

sion extraordinaria y originan catástrofes que se hubieran evitado con alguna más prudencia.

Otro de los motivos que influye bastante en el número de los accidentes, consiste en la precipitación de los tripulantes de la barquilla, que, para evitar los inconvenientes de los descensos, con vientos fuertes, se arrojan al suelo, irreflexivamente, cuando ya se encuentran tocándole ó á poca altura, olvidándose de las más elementales precauciones.

No son, pues, ciertamente de temer estos peligros en el servicio aerostático militar, puesto que además de emplear materiales de la mejor calidad en la confección de los globos, y de que siempre estarán sujetos á una escrupulosa vigilancia, han de ser manejados por personal hábil é inteligente, adoptando con oportunidad y acierto cuantas medidas aconseje la experiencia para prevenir aquéllos en lo posible.

En fin, las dificultades de transporte del material, proceden especialmente de la necesaria provisión de hidrógeno que hay que tener para hinchir los aerostatos por completo, ó cuando menos, para subvenir á las pérdidas que siempre experimentan al cabo de algún tiempo.

En efecto, aún limitando su volumen á lo estrictamente preciso para disponer de la suficiente fuerza ascensional, es de bastante consideración el peso de los objetos que se han de transportar, á fin de atender á esta necesidad; pero este asunto hemos de examinarlo más detenidamente en otro lugar, después de indicar el tamaño más conveniente de los globos militares y los diferentes procedimientos que pueden seguirse para la producción del gas hidrógeno, y por consiguiente, nos limitaremos por ahora á consignar que, si este es seguramente el obstáculo más grave que podía oponérseles, ya se ha reducido de una manera notable, después de los progresos realizados en estos últimos años.

UTILIDAD REAL DE LOS GLOBOS EN LA GUERRA Y OPINIONES ACERCA DE SU VALOR. La breve recapitulación anterior de las aplicaciones aerostáticas á las operaciones militares en las campañas de Europa y de América, unida al examen de las objeciones y dificultades que se han opuesto al empleo de los globos, y que fueron rémora constante para que no se hayan generalizado, ni hayan adquirido mayor importancia hasta nuestros días, prueban, cuan-

do ménos, que el estudio de este asunto ofrece interés suficiente por su objeto para consagrarsele alguna atencion y justificar todos los experimentos que conduzcan á investigar las mejores condiciones para asegurar la eficacia y el éxito de sus servicios.

En rigor no se puede deducir de los hechos referidos una idea concreta ni formular un juicio exacto acerca del papel que los aerostatos desempeñaron, en cada uno de los casos citados, puesto que no solamente se carece de datos bastantes al efecto, sinó que, como ya hemos tenido ocasion de advertir, hay con frecuencia confusion y falta de claridad en las noticias, y no pocas veces contradiccion y divergencia en las opiniones.

Son, sin embargo, unánimes y constituyen una nueva prueba en su favor las que acerca de la eficacia de sus servicios han merecido á un gran número de generales ilustres y de distinguidos escritores militares, de las que citaremos algunas que tienen importancia indiscutible, dada la autoridad que representan y el conocimiento de las cosas de la guerra de sus autores.

Hé aquí la que emite Jomini, en su notable *Compendio del arte de la guerra*, que si no es completamente favorable, sin duda porque no podía haber formado un juicio exacto de las condiciones de su aplicacion, como se desprende de sus mismas palabras, revela por lo ménos toda la importancia de las noticias que pueden facilitar estos irreemplazables observatorios aéreos: «En la batalla de Fleurus, dice, dada el año 1794, se hizo un ensayo »de otro género, valiéndose el general Jourdan de un globo aerostático, para »observar los movimientos de los austriacos. Ignoro si fué como se esperaba, »el resultado de este ensayo, que no se repitió, y al que posteriormente se ha »atribuido en parte la victoria, cosa que dudo mucho. Es probable que la »dificultad de tener corriente y á mano un globo aerostático para subir, en el »momento preciso; la de observar con comodidad, desde los aires, lo que »pasa en tierra, y la inconstancia de los vientos, hayan hecho renunciar á »esta idea. Hay, no obstante, circunstancias en que se podría sacar algún »fruto manteniendo el globo á una elevacion poco considerable, haciendo »subir á un oficial á propósito para la observacion, y perfeccionando el corto »número de signos de que podría hacer uso; pero el humo de la pólvora y la »dificultad de discernir á cuál de los ejércitos pertenecen las columnas que se

»ven mover á manera de trópas de liliputienses, seran siempre causa de mucha inseguridad en tales observaciones. Un aeronauta se hubiera visto, por ejemplo, bastante indeciso en la batalla de Waterloo, para distinguir si era el cuerpo de Grouchy ó el de Blucher el que llegaba por San Lamberto; pero cuando los ejércitos se conservan ménos mezclados, no parece que dejaría de sacarse alguna utilidad. Lo que sí es utilísimo, es observar, desde un campanario, como de ello me convencí en el de la iglesia de Gautsch cuando la batalla de Leipzig; y no negaría el ayudante de campo del príncipe de Schwartzemberg (que estuvo conmigo) que mis reiteradas insinuaciones fueron las que decidieron al príncipe á salir del abismo entre el río Pleisse y el Elster. No es dudable que se halla uno harto más cómodo en una torre que en una débil barquilla aérea, pero no en todas partes se encuentran campanarios que puedan servir para descubrir todo el campo de batalla. En fin, los aeronautas como Green ó Garnerin, son los que podrían informarnos de cómo se distinguen los objetos desde una elevacion vertical de 500 á 600 piés» (1).

Bien claramente se advierte que las reservas de Jomini tienen su origen en la carencia de datos suficientes, á falta de experiencia propia, para adquirir completo convencimiento, y decidir de una manera terminante acerca de la utilidad de este medio de observacion. Así se verifica, que precisamente la batalla de Waterloo, que cita como ejemplo de las dudas que le sujería este servicio, sirve por el contrario á otros publicistas para afirmar, que si entonces el ejército francés hubiera dispuesto de un globo, probablemente hubiera podido evitar aquella derrota. Por lo demás, es bien explícito acerca de la importancia de esta clase de reconocimientos, tanto más valiosos cuanto son más difíciles, y no es aventurado suponer que actualmente hubieran sido más concluyentes sus opiniones.

Así sucede con las de Reveroni Saint-Cyr, dignas de ser conocidas como nuevo testimonio de que nunca dejó de reconocerse la provechosa influencia que podían tener los reconocimientos aéreos en las batallas: «Penosamente sujeto á la tierra, el general, dice, y obstruido el horizonte que descubre,

(1) Traducción española de la obra citada, año 1840.

»por las colinas, los bosques, el humo y mil obstáculos locales, lentamente »informado por ayudantes, que á veces pierden la vida en sus carreras, que »llegan cuando las noticias que traen se han desnaturalizado ó no tienen re- »medio; el general, en fin, que no puede resolver más que por informes in- »terrumpidos, ó falsos ó tardíos, pierde muchas veces, á despecho de las »mejores disposiciones primeras, la victoria, que le arranca un incidente se- »cundario. Que se eleve él mismo ó un agente seguro; que flote sobre el »campo de batalla, y desde ese momento abarca de una ojeada las operacio- »nes necesarias; desde ese momento ya no hay emboscadas, movimientos »ocultos, baterías cubiertas, ni partes débiles que no pueda reforzar; unidad »de miras, conjunto, remedios prontos, todo le asegura el éxito. Federico »observaba sus ejércitos desde los campanarios, pero la poca elevacion de es- »tos puntos respecto á las distancias, su inmovilidad cuando la escena cam- »bia, estaban muy léjos de las ventajas que pueden procurar los globos» (1).

Y á esta opinion convencida de la utilidad de los globos en los campos de batalla, acompaña la propuesta, sin vacilaciones, para que desde luego, se adopten y se apliquen siempre como eficacísimos auxiliares, aun en el estado de relativo atraso en que entonces estaba el arte aerostático; por donde pue- de deducirse cuál hubiera sido en el día, despues de los progresos realizados, y de los nuevos testimonios que ya registra la historia de las campañas modernas en favor del acierto de aquellas proposiciones.

El general del ejército inglés Sir Garnet Wolseley, expresa igual conven- cimiento en su excelente obra *The soldiers pocket-book*: «Uno de los medios »más eficaces de informe, escribe, acerca de la posicion y de los actos del »enemigo, se consigue por medio de los globos, pues aunque las ondulacio- »nes del terreno impidieran descubrirlo, todavía podría señalarse cuidado- »samente desde la barquilla de un globo, á 1000 ó 2000 piés de altura, la po- »sicion de las tropas, aun en días nublados. Las ascensiones de noche, parti- »cularmene en países cubiertos de bosques, son muy útiles para este objeto, »porque las hogueras de los vivacs indican la posicion del enemigo, y su nú- »mero puede calcularse aproximadamente suponiendo 10 hombres en cada

(1) *Essai sur le mecanisme de la guerre.*

»una. Durante una accion, un oficial colocado en un globo, á semejante altura, será de grandísimo servicio. El globo, cualquiera que fuera su altura, »debería estar á una milla próximamente á retaguardia de las guerrillas, estableciendo un alambre telegráfico, que desde la barquilla vaya al punto »en que haya de situarse el general en jefe.»

El general belga Mr. Brialmont, dice, por su parte, ocupándose de la defensa del campo atrincherado de Amberes: «En ciertos casos (por ejemplo, »en países cubiertos y cuando el enemigo hace sus preparativos de ataque á una gran distancia de la plaza, protegido por una activa vigilancia), los globos proporcionan á la defensa, lo mismo que al ataque, un excelente medio »de exploracion, del que todavía no han sacado hasta ahora los ejércitos todo »el partido que pueden esperar. Si, por ejemplo, en las inmediaciones del »campo atrincherado se preparase algun movimiento de tropas del que no »se tuviesen noticias exactas, se establecería un observador en un globo por »encima y delante de uno de los fuertes.»

El general Von Kamptz, tratando de la organizacion de los servicios en una plaza sitiada, escribe lo siguiente: «Los globos cautivos pueden prestar excelentes servicios, lo mismo á la defensa que al ataque. En un sitio, la iniciativa de las operaciones militares pertenece casi siempre al sitiador. Los ataques de éste sorprenden al defensor, que raras veces se encuentra en estado de oponérsele á tiempo con todas las fuerzas deseadas. No sucederia lo mismo si en vista de las observaciones hechas por un globo cautivo, cuyo horizonte no está limitado por los bosques y las alturas, el defensor pudiese adquirir el conocimiento exacto de las fuerzas, de las posiciones y de los movimientos del adversario, así como de los recursos de que dispone para el ataque. Se invertirían los papeles, y no estaría la defensa en la ignorancia y la incertidumbre; la iniciativa de los ataques pertenecería á la defensa, que podría emprenderlos con algunas probabilidades de éxito.»

«Es, pues, *indispensable*, poseer un globo cautivo en una plaza sitiada; este servicio se confiaría á los oficiales y á las tropas de ingenieros. En tiempo claro, la vista de un observador colocado á mas de 3000 metros de altura, se extiende muy lejos y distingue perfectamente los objetos mas insignificantes. El globo presenta al tiro un blanco muy pequeño y muy elevado,

»y desplazándolo y tomando ciertas precauciones el tiro es muy poco de temer.»

Es, pues, indudable la importancia de semejantes observatorios en la guerra de sitios, así en la defensa como en el ataque, con tanto más motivo, cuanto que pudiendo calcular y disponer el material aerostático en las mejores condiciones para alcanzar una altura considerable y gran estabilidad, podrán desafiar impunemente el fuego enemigo, y permitirán efectuar los reconocimientos con toda la posible comodidad.

Por otra parte, la produccion del gas necesario para henchirlos será en este caso mucho más fácil, ya porque pueda emplearse el del alumbrado, como sucederá frecuentemente, ó por que se puedan organizar con este objeto laboratorios en grande, y con cierto carácter de permanencia, con lo cual desaparecen realmente las objeciones más graves que se han suscitado á propósito de sus aplicaciones militares.

Respecto á las que tambien pueden tener en campaña, es digna de ser conocida la opinion del ya citado coronel de ingenieros inglés Mr. Beaumont, al ocuparse en las operaciones de los aeronautas militares en América. Despues de consignar que el general Barnard, comandandante general de ingenieros del ejército de Mac-Clellan, consideraba muy interesante este servicio con la restriccion consiguiente a la falta de movilidad del material, indica por su parte que, convenientemente organizado, puede proporcionar considerables ventajas, y que serán muchas las ocasiones en que se lamente amargamente la falta de las noticias que se podrian adquirir por medio de un globo, añadiendo, muy oportunamente, que ya que, en algunos casos, no proporcionasen informes suficientes, servirían á lo menos para confirmar satisfactoriamente los adquiridos; aparte de que en muchos casos serían irremplazables para el objeto.

En fin, ya que nada deba aceptarse ó condenarse, por su utilidad intrínseca, sinó comparativamente al coste á que se obtiene, dice, que como aquella no admite duda y el gasto es relativamente pequeño, no merece la pena de privarse de este nuevo elemento de guerra, aun con todos los defectos de entonces, y que se vería sancionada esta opinion con nuevos testimonios en cuanto se emprendieran nuevos ensayos con aparatos convenientemente pre-

parados y personal de verdaderas condiciones para usarlos, que poseyese la habilidad, los conocimientos y la experiencia necesaria, á fin de que no pudieran atribuirse al sistema, las faltas que proceden de los encargados de plantearlo.

Merece tambien ser atendida la consideracion de que siempre hayan existido un gran número de militares inteligentes, que desde las primeras aplicaciones de los globos cautivos han sostenido la conveniencia de emplearlos en la guerra, así como la insistencia con que se ha recurrido á ellos en épocas y ocasiones tan diversas, á pesar de las dificultades que ofrecían por no estar oportunamente preparados, ó por sus muchas imperfecciones para obtener todo el partido que se podía esperar. En fin, ya que por desden ó abandono no hayan dispuesto los ejércitos, hasta estos últimos años, de material y personal á propósito para el acertado desempeño de este nuevo servicio, es lo cierto que apenas hay una sola de las campañas modernas en que no se hayan empleado, con mejor ó peor acierto, y éxito más ó ménos satisfactorio, siendo, no pocas veces, motivo de justificadas censuras, la conducta de las naciones que se habian olvidado, en la paz, de los efficaces auxilios que los globos pudieran ofrecerles en la guerra.

Así, por ejemplo, un distinguido publicista militar francés escribe refiriéndose a la campaña de 1870-71: «La campaña de 1870 ofrece, desgraciadamente, numerosos ejemplos de los inconvenientes que resultan de la falta de reconocimientos tacticos, y acaso muchas veces hubieran podido evitarse las retiradas, si un aeronauta militar hubiese informado á los generales franceses, que no tenían á su frente mas que un cordon de tropas sin profundidad y sin apoyo serio, y que el gran ruido de una demostracion á distancia servía al enemigo para ocultar, ó su debilidad real ó las marchas que tenía interés en disimular.»

«Quién sabe, sin embargo, indica á su vez el coronel Perrier, lo que hubiera ocurrido, si en los campos de batalla de Gravelotte y de Saint-Privat, en los campos atrincherados de Metz y de Paris, un globo, flotando en los aires, hubiera informado á nuestros generales acerca de las fuerzas y de las posiciones del enemigo y hubiese sustituido en su espíritu la verdad, á las fantásticas evaluaciones que han hecho paralizar ó abortar todos sus movimientos.»

Y otro autor militar, censurando la conducta de los turcos en la defensa del Danubio, durante la última guerra de Oriente, por no haber pasado con decision á la orilla enemiga para disputar el paso al ejército ruso con más iniciativa y de un modo más enérgico, se expresa en los siguientes términos: «En todo caso, lo que es incomprendible, aún suponiendo que existieran razones diplomáticas para adoptar esta actitud puramente defensiva, es que no hayan instalado en los principales puntos de paso posibles sobre el Danubio, globos cautivos, que, por su elevacion, les hubieran facilitado la observacion, á lo lejos, de las concentraciones de tropas y de material, que deben preceder necesariamente á toda tentativa de operaciones de este género.»

Se explica, pues, la importancia que hoy se concede á este problema, en las principales naciones de Europa, y está sobradamente justificada la atención con que se estudia la posibilidad de aplicar ventajosamente este medio de exploracion en campaña, al mismo tiempo que esta circunstancia sirve de contestacion categorica á los que con evidente ligereza y sin estudiar el fondo de las cosas, declaraban hace pocos años todavía, irrealizables, estériles ó quiméricos estos proyectos.

La cuestion está ya reducida á examinar si los servicios prestados por los globos de reconocimiento son suficientes á compensar las dificultades que presenta su aplicacion, y como no cabe duda, segun ya tendremos ocasion de apreciar más fundadamente, que éstas se han reducido considerablemente con los progresos de estos últimos años, puede asegurarse desde luego que limitados á lo puramente indispensable los gastos y el peso que se ha de transportar, los globos aerostáticos deberán formar parte del material de los ejércitos, como utilísimos auxiliares.

Por su medio y aun prescindiendo del efecto moral que en ciertos casos pudieran ejercer en el ánimo de las tropas, siendo para unos motivo de confianza y de aliento, y de obstáculo y de paralizacion para las enemigas, podrán efectuarse siempre los reconocimientos tácticos al principio y durante las batallas; descubrir y apreciar las disposiciones del enemigo, las fortificaciones construidas y la fuerza que las defiende; los movimientos de sus columnas, la situacion de sus reservas; y en fin, facilitar muchas noticias inte-

resantes para conseguir la victoria más acertadamente, con menos pérdidas y con mejores resultados.

Esta clase de reconocimientos se han ejecutado ordinariamente hasta ahora, eligiendo, como puntos de observación, aquéllos que por su altura ofrecían la ventaja de descubrir mayor extensión del terreno ocupado por los ejércitos beligerantes, como son las montañas, las torres, los campanarios, los grandes árboles y otros análogos; pero como éstos no siempre se encuentran en los campo de batalla ó en sus inmediaciones, y no es posible tampoco improvisarlos, se ha ocurrido la idea de emplear los globos cautivos, que pueden transportarse para establecerlos donde más convenga y ofrecen una altura muy superior á la de aquellos objetos, cuya circunstancia constituye una ventaja suficiente por sí sola para recomendar estos observatorios aéreos, que son tanto más importantes, en la actualidad, cuanto que á medida que aumentan los ejércitos modernos y es mayor el desarrollo consiguiente de los campos de batalla, se dificultan más esta clase de exploraciones, si no absolutamente necesarias, tan útiles para el buen éxito de los combates.

«Las noticias que se obtienen sobre el cálculo del enemigo, dice Clausewitz, son la base de toda idea y de toda acción en la guerra. No hay punto de partida más razonable para las resoluciones propias que la acción probable del enemigo. Esta no es razón para subordinar sus resoluciones á las del adversario. Sólo el que carece de iniciativa se mantendrá á la defensiva. Una resolución vigorosa conviene siempre á la acción propia, á fin de imponer su voluntad al enemigo y obrar allí donde éste lo sienta más. Pero para llegar á esto, importa justamente conocer sus intenciones.»

Y Federico II se expresa á este propósito en los términos siguientes:
»Los buenos informes constituyen uno de los mayores elementos de la superioridad. Si se conociesen siempre anticipadamente los designios del enemigo, se le sería superior aún con un ejército más débil.»

En resumen, no solamente queda demostrada la útil intervención de los globos cautivos en las operaciones de los ejércitos en campaña, sino también la posibilidad de transportar el material necesario, especialmente después de las mejoras alcanzadas y de los perfeccionamientos á que hoy se aspira en todos los detalles del servicio aerostático, puesto que todavía no se ha llegado á

los que seguramente han de experimentar en el porvenir; pero aunque esta circunstancia pudiera ser motivo de vacilaciones para su adopcion inmediata, sería suficiente á disiparlas el papel que les está reservado en el ataque y la defensa de las plazas fuertes y de los grandes campos atrincherados, puesto que en estos casos, pudiendo establecerlos reposadamente y en buenas condiciones, desaparecen por completo algunos de sus más enojosos inconvenientes, y esta sola consideracion justificaria con exceso el corto sacrificio que, relativamente á los beneficios que con ellos se pueden obtener, supondrian los gastos necesarios para la adquisicion del material.

Será siempre, en efecto, motivo interesantísimo para el defensor de una plaza el descubrir los preparativos que el sitiador tiene tanto interés en ocultar, oponiéndose eficazmente á la construccion de las baterías y demás trabajos del sitio; dirigiendo sus fuegos con seguridad sobre puntos que no pueden descubrirse desde los parapetos, y obligando, en fin, al enemigo á una vigilancia incessante, puesto que advertido á cada momento de las fuerzas que éste haya concentrado en cada punto, podrá hacer salidas con toda la oportunidad posible, aprovechando las ocasiones más propicias ó los menores descuidos de los sitiadores.

Estos, por su parte, no están ménos interesados en reconocer las defensas y armamento de la plaza, en rectificar el tiro de sus baterías y prever y desconcertar las salidas, así como en vigilar todos los movimientos y maniobras de los defensores, especialmente en los que ocupan una extensa zona de terreno protegido por fuertes destacados, á fin de reforzar á tiempo aquellos puntos de sus extensas líneas de cerco que los sitiados se propongan atacar.

En fin, reproducirémos, para terminar, las conclusiones que contenía el informe de la citada comision francesa de 1828, que responden perfectamente á nuestro objeto y son las siguientes:

«1.^a Las dificultades que en un principio impidieron se siguieran usando los globos en los ejércitos, provienen de los defectuosos procedimientos »que entonces se emplearon para llenarlos.»

«2.^a Estas dificultades pueden salvarse fácilmente en la actualidad, preparando el gas hidrógeno mediante la descomposicion del agua por medio »del ácido sulfúrico y del zinc.»

«3.^a Por este procedimiento, un globo de nueve metros de diámetro, capaz de elevar dos observadores, puede llenarse en dos ó tres horas, á lo más, es decir, con la suficiente brevedad para que el general que quiera emplearlo no se encuentre jamás sorprendido.»

«4.^a El aparato necesario para la operacion es muy poco voluminoso y podría prepararse con anticipacion, con el objeto de acompañar al ejército, sin que su transporte y el del zinc y el ácido necesarios para una ascension exigan más de cinco ó seis carrozales.»

«5.^a Este número de carrozales se puede reducir á la mitad si se admite que se hayan de tomar en los lugares mismos de su empleo el agua y los tonelos necesarios para la produccion del gas.»

Sólo nos resta una observacion que no es posible olvidar, ni podemos pasar en silencio, y es la de que éste, como tantos otros servicios especiales, no se improvisan en el momento en que son necesarios, y requieren, por el contrario, una larga preparacion si han de ser eficaces en los supremos instantes de la guerra, qué es cuando más se lamentan, por irremediables, los defectos y la incuria de los tiempos anteriores, y la carencia de aquellos recursos que pudieran contribuir á facilitar la victoria y á la defensa de la patria.

CAPÍTULO II.

DIVERSAS APLICACIONES MILITARES DE LOS GLOBOS AERÓSTÁTICOS.

En lo que precede, nos hemos limitado á considerar los globos militares bajo el solo aspecto de observatorios aéreos, desde los cuales pueden investigarse las operaciones y los preparativos de los ejércitos, así en los campos de batalla, como en la guerra de fortalezas; y si del somero exámen de los resultados que con ellos se consiguieron se ha podido concluir la indudable utilidad que ofrecen como máquinas de guerra, todavía ha de resaltar de una manera más concluyente, una vez que hayamos descrito algunas de las más importantes aplicaciones propuestas, ó realizadas, con otros objetos.

Esta es la tarea que nos imponemos ahora, proponiéndonos enumerar los experimentos más notables, y examinar las dificultades y los inconvenientes que han presentado, para deducir lo que se puede esperar de cada una de ellas.

Cierto es que no han pasado algunos de la esfera puramente especulativa, pero hay otras, en cambio, con las que ya se obtuvieron grandes ventajas, aún dentro de las malas condiciones en que se efectuaron, y todas han de constituir, en conjunto, una relevante prueba de la importancia que reviste este nuevo género de estudios.

LA FOTOGRAFÍA EN GLOBO. Consecuencia inmediata de la gran extensión de terreno que se descubre, hasta en sus menores detalles, desde la barquilla de un globo cautivo, es la utilidad que presentaría, las más veces, al general en jefe de un ejército, el verificar una corta ascension, que, ántes de empeñar una batalla, le permitiese explorar el campo en que han de moverse y com-

batir los dos ejércitos beligerantes. Efectuada esta observacion en buenas condiciones, podría formar concepto completo de un sinnúmero de circunstancias que pudieran influir en el éxito de sus combinaciones y que difícilmente obtendría por medio de noticias aisladas, aún á costa de un trabajo muy minucioso y lento. Es más que probable, que mediante un reconocimiento de esta naturaleza, adoptaría disposiciones y medidas en que acaso no hubiera pensado, en virtud de las ideas que pudiera sugerirle la vista y el exámen del terreno que, especialmente en días de calma, se extendería á sus pies á manera de inmensa carta geográfica, cuyos detalles todos podría estudiar detenidamente. Mas ya que fuera imposible vencer la repugnancia que inspiran los viajes aéreos y una vez que el mayor número sería de la opinion del general Jourdan, de quien se dice que al proponerle una ascension ántes de la batalla de Fleurus, contestó que *prefería al de las águilas el camino de los asnos*, se concibe que se haya ocurrido inmediatamente la idea de utilizar los aerostatos para el levantamiento de planos topográficos. Tiénesse, en efecto, por indudable, que un oficial habituado á este género de observaciones podría conseguir rápidamente desde la barquilla de un globo cautivo un cróquis muy exacto del terreno, puesto que si es cierto que las elevaciones del suelo desaparecen en parte, y que los objetos todos se ven bajo una forma extraña, se pueden apreciar por las sombras las diferencias de nivel.

Resulta, pues, verosímil, que durante la ya citada guerra de los Estados Unidos, el mayor Colburn, acompañado por M. Lowe hiciera en estas condiciones un cróquis de las cercanías de Fairfax-Court-House, en el que estaba representada la comarca con tal exactitud, que aquéllos á quienes era más familiar el país, reconocieron y designaban los caminos, las calles, las casas, los ríos y todos los detalles análogos.

No parece, sin embargo, que esto sea fácil de conseguir sin tener una gran práctica adquirida en muy numerosos y repetidos ejercicios, y menos todavía que se puedan emplear con éxito los diferentes instrumentos y los métodos que se han imaginado con este objeto; pero en cambio consideramos que se obtendrán resultados muy útiles por medio de la fotografía, y así se desprende de los ensayos realizados hasta ahora, de los que habrémos de mencionar los principales.

En el año de 1859, el conocido fotógrafo francés Mr. Nadar, propuso establecer una máquina en la barquilla de un globo cautivo, para sacar una serie de vistas del terreno que pudieran ser útiles al general encargado de dirigir una batalla, prometiéndose obtener cada quince minutos, una prueba negativa sobre cristal, y hacerla hajar dentro de una cajita que corriera á lo largo de la cuerda de sujecion del globo, y que, en caso necesario, podría hacérsela subir con instrucciones escritas. Esperaba de este modo, que reveladas sucesivamente las pruebas dichas, contendrían todas las indicaciones necesarias acerca de las fortificaciones y de los movimientos del enemigo, y hasta parece que llegó á solicitar privilegio de invencion.

Esto no obstante, los ensayos que se emprendieron por órden del emperador Napoleon III, estuvieron muy lejos de los satisfactorios resultados que el inventor esperaba, puesto que ya por efecto del movimiento de la barquilla, ó porque el gas que llenaba el globo ejerciese alguna influencia perjudicial, como algunos supusieron entonces, no se pudieron obtener más que imágenes pálidas y borrosas, no muy á propósito para alentarle á proseguir los experimentos ni para que hicieran concebir, como se puede suponer, la idea de ventajosas aplicaciones en la guerra.

Sin embargo, el mismo Mr. Nadar emprendió posteriormente una nueva serie de experiencias, asociado á otro fotógrafo no ménos conocido, Mr. Dagron, utilizando al efecto el globo cautivo que el célebre ingeniero Mr. Giffard estableció en Paris durante la exposicion de 1867, y que había puesto gallantemente con aquel objeto á disposicion de los artistas mencionados, quienes obtuvieron ya pruebas más aceptables, demostrando que esta difícil operacion podía realizarse con mejor éxito ejecutada en buenas condiciones.

Ulteriormente, en 1878, Mr. Dagron consiguió sacar una vista panorámica de Paris, desde la barquilla del globo establecido en las Tullerías.

El sabio inglés Mr. Glaisher, se había propuesto tambien, por su parte, en alguna de sus notables ascensiones científicas, conseguir fotografías de las nubes; pero fueron infructuosas sus tentativas por efecto del movimiento giratorio del globo. Dícese, en cambio, que su compatriota Mr. Cecil Shadbold, hábil fotógrafo y aeronauta, ha obtenido muy buenas pruebas fijando el aparato por medio de una charnela al borde de la barquilla.

Sea como quiera, es indudable que los ingenieros ingleses, que con tanta perseverancia estudian las aplicaciones todas de los aerostatos en la guerra, esperan obtener resultados útiles empleándolos con este objeto. El coronel Beaumont indica la posibilidad de conseguir una serie de vistas panorámicas que permitan dibujar rápidamente la perspectiva del terreno, y sostiene la conveniencia de realizar algunos ensayos con un aparato á propósito, creyendo que darían muy buenos resultados.

El comandante de ingenieros Elsdale ha emprendido algunos en Chatthan, usando un pequeño globo cautivo, provisto de una máquina automática, con placas instantáneas, que se impresionan mediante una ligerísima exposición. Esta se verificaba moviendo el obturador por medio de una corriente eléctrica, tan pronto como el globo había alcanzado la altura conveniente, á cuyo efecto quedaba unido á tierra por alambres telegráficos arrollados al cable de sujeción.

Las pruebas parecen que resultaron bastante inteligibles, hasta el punto de asegurar que con una buena lente podría contarse el número de puntos blancos que representaban los cascos de los soldados que había en el campo en el acto del experimento. Sea como quiera, es de esperar, en vista de los progresos de la fotografía, que continuados estos experimentos con alguna constancia, se llegará á conseguir la reproducción rápida de las fortificaciones y de otros objetos análogos, por más que la principal dificultad, empleando globos cautivos, ha de consistir siempre indudablemente en dirigirlos sobre los puntos precisos y á la altura conveniente, así como en establecer la máquina en la dirección deseada.

Asegúrase también, que los alemanes consiguieron ya sin grandes dificultades, vistas muy claras del terreno, operando á 1000 metros de altura, y no sería de extrañar ciertamente si fueran exactos los resultados alcanzados por los unionistas, al frente de Richmond, durante la guerra de 1860 á 64, puesto que al decir de algunos autores, en la que sacaron entonces se distinguían perfectamente los arroyos, los caminos de hierro y los ordinarios, los pantanos, las disposiciones de las tropas y otro sinnúmero de pequeños objetos.

Por otra parte, Mr. P. Desmarets, en una ascension en globo libre verificada en 1880, y de cuyos interesantes resultados se dió cuenta oportunamente,

mente á la academia de Ciencias de Paris, consiguió sacar dos vistas fotográficas desde las alturas respectivas de 1300 y 1100 metros, con una pureza y una abundancia de detalles verdaderamente notable, á juzgar por la descripción que de ellas hace Mr. Fonvielle.

Para sacar la primera, se había colocado el objetivo de la máquina fotográfica en el borde de la barquilla, en dirección opuesta á la de la marcha del globo, y con ayuda de una buena lente, podían distinguirse en ella los árboles, las chimeneas de las fábricas y otros muchos objetos análogos comprendidos en una superficie muy considerable.

La segunda abarcaba una extensión de 9 hectáreas y permitía conocer perfectamente los techos de las casas, los muros de los jardines, los cercados, los caminos y otra multitud de detalles.

Teniendo, pues, en cuenta que además de haberse verificado estos ensayos á la caída de la tarde, existía alguna niebla que oscurecía el terreno, se comprende la seguridad con que su autor afirma que realizados en un día claro, se hubieran reproducido y se percibirían muy bien las representaciones de los hombres diseminados por el campo.

En el mes de junio de 1885, se reprodujeron en Francia otros ensayos del mismo género y no menos dignos de mención, por iniciativa de Mr. Tissandier, que realizó con este objeto una ascension en globo libre, acompañado por Mr. Ducom, encargado más especialmente de la parte fotográfica.

Asegurado tambien el aparato al borde de la barquilla, por medio de una charnela que le permitía girar libremente hasta colocarlo en posición vertical, se obtuvieron dos pruebas seguidas, casi á la misma altura de 670 metros, y ambas de resultados satisfactorios. Despues se hicieron otras varias á 600, 800 y 1000 metros respectivamente, siendo la más perfecta de todas, por su limpieza y por la riqueza de sus detalles, la primera de éstas.

Posteriormente se ha verificado en Paris una nueva expedicion de fotografía aérea, á instancias del general de ingenieros del ejército ruso Boreskoff, que estaba ocupándose con gran celo, en nombre de su gobierno, de los recursos que la aerostacion puede proporcionar en la guerra, y entre las varias vistas que se obtuvieron desde alturas variables entre 500 y 1000 metros, citase especialmente una del fuerte de Vincennes, como muy buena.

Las diferencias que se advierten entre los resultados obtenidos en las diversas ocasiones citadas, se explican en cierto modo recordando que las primeras se ejecutaron en globos cautivos, cuya elevación era siempre pequeña relativamente á la que se necesita para conseguir la aproximación suficiente al paralelismo de los rayos visuales, á fin de que los objetos no resulten deformados por efecto de una perspectiva cónica.

Por lo demás, son condiciones indispensables para el buen éxito de estas operaciones, que el terreno esté bien iluminado y que la barquilla no oscile mientras esté abierto el objetivo de la cámara fotográfica, pues si bien es cierto que el movimiento rápido del globo parece que debía ser un obstáculo para la pureza de la imagen, en las experiencias de Mr. Desmarests, y particularmente en la segunda que es la más interesante, no se distingue una sola línea doble, por más que la velocidad de la marcha del globo se calculaba en unos 5 ó 6 metros por segundo, habiendo llegado á ser casi doble en las realizadas por Mr. Tissandier.

Esto procede de que siendo muy sensible la preparación de las placas empleadas, se reduce considerablemente el tiempo de la exposición, que en los casos citados fué de $\frac{1}{15}$ y hasta de $\frac{1}{50}$ de segundo, de modo que el camino recorrido por el globo en este pequeñísimo intervalo no pasa de algunos centímetros, y por consiguiente no produce efecto apreciable á las alturas dichas.

En la fundada esperanza de que llegarán pronto á conseguirse fotografías del terreno, que no dejen nada que desechar por su precisión, se propone aplicar este procedimiento para determinar con exactitud las fuerzas y las posiciones de un ejército; sacar vistas de las plazas sitiadas, que revelen el estado y disposición de sus defensas; y para otros varios objetos, como el de obtener una especie de sondas del terreno recorrido por los globos en sus viajes, y poder deducir del conjunto de éstas, la dirección que hayan seguido y la configuración del país recorrido, si este fuese inaccesible, como el interior del África, por ejemplo.

Respecto á la utilidad de estas aplicaciones ocúrrese la duda de si empleando globos cautivos será posible alcanzar con eficacia la imagen de las posiciones enemigas, y en cuanto á los globos libres, en el estado actual de la navegación aérea, desde luego sería preciso aprovechar los vientos favora-

bles, y en todos los casos, días muy claros; pero sean las que quieran las condiciones necesarias, es de esperar que una vez perfeccionado el procedimiento, podrá ser útil en algunas ocasiones y mucho más después de conseguida una solución satisfactoria para el tan debatido problema de la dirección de los aerostatos.

De todos modos, este asunto, que no es solo de interés para la guerra, se estudia sin cesar, y no hace mucho tiempo todavía que el municipio de París concedió una pequeña cantidad á la academia de ascensiones meteorológicas, para proseguir las experiencias de fotografía aérea.

Tambien nos parece digna de ser conocida la ascension verificada con el mismo objeto en el observatorio de París, empleando un aparato que tenía seis lentes en diversas direcciones, para abarcar todo el horizonte y obtener una fotografía panorámica, por más que desconocemos los resultados que se hayan conseguido.

En resumen, si bien estas interesantes aplicaciones de los aerostatos tropezarán siempre con la dificultad de las oscilaciones á que están sujetos por la más pequeña agitacion de la atmósfera cuando son cautivos, y con la de conservarles á la misma altura, siendo libres, para evitar que con las variaciones de ésta se altere el foco, no admite duda que los progresos de la fotografía instantánea compensarán en gran parte estos inconvenientes.

TELEGRAFÍA AEROSTÁTICA. La telegrafía militar es tan antigua como la guerra misma, y así se desprende de la historia de las campañas más remotas, en las que ya se hacía uso de señales diversas para el acuerdo y mútuas relaciones de los ejércitos que operaban á grandes distancias, ó para trasmisir con rapidez noticias importantes, como la rendicion de una plaza, la derrota del enemigo, el levantamiento de un sitio y otras análogas, siquiera lo imperfecto de los sistemas empleados limitará estas comunicaciones á casos muy concretos y á los acontecimientos previstos ó á inteligencias preparadas.

Hoy mismo es necesario todavía, en determinadas ocasiones, apelar á medios que si no tan groseros dejan mucho que desear, y cuyo perfeccionamiento es objeto de estudio y de frecuentes ensayos por la excepcional importancia que entrañan, pues si el telégrafo eléctrico permite establecer fáciles y rápidas comunicaciones entre los diferentes cuerpos de un ejército en

campaña, ya no es posible cuando se trata de las que conviene sostener con los defensores de una plaza sitiada, y entonces hay que recurrir á los aparatos de luces, á los heliógrafos y aun á señales particulares producidas con cohetes, balas de iluminacion y otros artificios análogos, no siempre de resultados seguros.

Explícase, pues, naturalmente que se haya pensado en utilizar los globos con este objeto, y parece que ya en la mencionada escuela aerostática de Meudon habían imaginado servirse de ellos como útiles instrumentos de telegrafía óptica.

Mr. Fonvielle asegura que durante la célebre campaña de Napoleon en Egipto, se emplearon como señales unos pequeños globos, que sujetos por medio de cordones delgados al cinturon de los encargados de manejarlos, podían elevarse más ó menos á voluntad, y que siendo distintamente visibles á distancias considerables, permitían establecer comunicaciones prontas y seguras entre los diversos cuerpos extendidos en una gran superficie de terreno.

Tambien se dice que en 1794, se sirvieron en Kaiserlauten, como señales nocturnas, de pequeños globos cautivos provistos de luces.

En la actualidad se ha propuesto la idea de usar pequeños globos de película, de los que sirven de juguetes á los niños, para indicar en el campo de batalla la situación que ocupan en todos los momentos los cuarteles generales de los diferentes cuerpos, las ambulancias y todos aquellos puntos que convenga indicar, adoptando un cierto número de colores diferentes y combinándolos en caso necesario, en la seguridad de que pueden distinguirse á distancias muy largas. En estos casos, se les sujetaría de una manera análoga á la ya dicha, y al trasladarse de un lugar á otro se salvarían fácilmente los obstáculos que pudieran encontrarse en el camino, recogiéndolos y volviendo á elevarlos despues de pasados aquéllos.

La operacion de henchirlos se efectuaría en muy pocos minutos y en el momento necesario, mediante un pequeño frasco de agua y de limaduras de zinc, en el que se verterían unas gotas de ácido sulfúrico para producir el hidrógeno, que se introduciría en ellos por medio de un pequeño tubo que partiría de un agujero abierto en el tapon del frasco dicho, Cerrándolos des-

pues herméticamente con simples ataduras cubiertas de pez ó cera, podrían conservarse llenos, ó en estado de servir, durante 24 horas.

Se ha pensado tambien en que unidos por un cordoncito en números variables y empleándolos de diversos colores y de diferentes tamaños, podrían conseguirse una multitud de combinaciones para trasmisitir frases enteras, lo que daría lugar, como fácilmente se comprende, á numerosos ejercicios que acaso pudieran ser útiles en algunas circunstancias.

En fin, hasta la disposición que suelen emplear los aeronautas con el nombre de repartidor de juguetes, reducida sencillamente á una mecha en forma de guirnalda, á la cual van unidos una serie de objetos que se desprenden sucesivamente á medida que se consume aquélla, ha sido motivo de aplicación seria y aún parece que han pretendido usar este medio, en la forma que se indicará más adelante, para repartir proclamas durante el período de la *commune* en Paris.

Por lo demás, prescindiendo del exámen de semejantes proyectos, que hemos citado á título de curiosidad más que por considerarlos de aplicación eficaz en la guerra, siquiera hayan tenido acogida en las columnas de importantes revistas militares extranjeras, pasaremos á indicar otros que pueden ser de resultados más positivos.

En Francia se hicieron experiencias, hace algunos años, en el campamento de Chalons, bajo la dirección del hábil aeronauta Mr. Godard, con el objeto de utilizar los globos cautivos para la telegrafía óptica, empleando al efecto un sistema completo de señales, de día y de noche, por medio de linternas de diferentes colores, que se verían á grandes distancias y permitirían una gran rapidez en la trasmision, esperando que elevados á suficiente altura, podría comunicarse desde uno sólo con todo un ejército que ocupase una extensión considerable de terreno.

En este mismo orden de ideas se considera posible y hasta fácil corresponderse á grandes distancias en tiempos favorables, situando globos cautivos á intérvarlos de 30 y aún de 50 kilómetros unos de otros, y suspendiendo de cada uno de ellos una lámpara eléctrica, que estando en comunicación con una pila y un manipulador, situados en el suelo, por medio de alambres arrollados al cable de sujecion, permitirían trasmisitir los despachos con una

velocidad casi igual á la que se obtiene con el telégrafo eléctrico, produciendo interrupciones sucesivas y más ó menos prolongadas de la corriente, que occasionarían una serie de eclipses ó destellos de la luz más ó menos largos, por medio de los cuales podrían representarse la raya y el punto del alfabeto Morse.

Con este objeto se han hecho tambien repetidas pruebas para colocar las luces en el interior de los globos y obtener por este medio puntos luminosos de gran tamaño, que pudiesen servir para la correspondencia telegráfica nocturna.

Los globos ensayados tenían unos dos metros de diámetro y eran de un tejido impermeable, casi transparente y de mucha resistencia. Henchidos de gas hidrógeno, llevaban en su interior una lámpara Swan, y se les conservaba cautivos, mediante una cuerda que contenía dos alambres de cobre, de modo que interrumriendo la corriente, se podía producir la luz por intervalos.

Todas las noticias están contestes respecto al éxito satisfactorio de los experimentos realizados, así en Francia como en Alemania é Inglaterra, en cuyos ejércitos se repiten con frecuencia, y han de continuarse al parecer en lo sucesivo, en vista de mejorar todavía el procedimiento, por mas que al decir de testigos presenciales, los que últimamente tuvieron lugar en Paris, en los que el globo estaba iluminado por una lámpara incandescente alimentada por una batería Jablochhoff, las señales se transmitían y recibían con una claridad verdaderamente sorprendente y que nada dejaba que desear.

La seguridad de que una luz intensa á la altura considerable que puede alcanzar un globo cautivo se distinguirá á varios kilómetros de distancia, autoriza á esperar que pueda utilizarse este medio para establecer comunicaciones entre una plaza sitiada y los ejércitos de socorro, á cuyo efecto se indica tambien que acaso pudieran servir como señales conocidas, los globos perdidos, siempre que el que los espere conozca y observe la dirección en que se han de presentar y que el que los expida aproveche los vientos favorables, si bien parece que difícilmente se obtendrían resultados con un sistema de correspondencia tan precario, que siempre sería muy limitado.

Más práctico se juzga el pasar á la vista de la plaza en un globo libre y comunicarse con ella llevando en la barquilla las pilas y los aparatos conve-

nientes de señales; y aún se recomiendan para estos fines los reflectores Margin, por haber probado la experiencia que las señales producidas de este modo y dirigidas hacia un globo, se descubren perfectamente desde muy lejos; pero es lo cierto que hasta la fecha no sabemos que se haya emprendido experimento alguno con este objeto y bien puede asegurarse que no dejará de ofrecer varias dificultades.

EMPLEO DE LOS GLOBOS EN LA ILUMINACION DE GUERRA La iluminacion de guerra ha sido siempre objeto de preferente atencion, por los importantes resultados que proporciona, así á los ejércitos en campaña para alumbrar puentes, desfiladeros, las inmediaciones de un campamento ó de una posicion fortificada, los pasos peligrosos, el terreno por donde se pudieran temer los ataques y en otras muchas circunstancias, sinó más especialmente en la defensa de las plazas, para prevenir los ataques por sorpresa, impedir las reuniones de tropas en el exterior, reconocer los trabajos del sitio y dirigir con acierto el fuego de la artillería.

La claridad artificial es tanto más de apreciar en estos casos, cuanto que, como afirma el ilustre Vauban, en estas condiciones se tira mucho mejor y con más exactitud por la noche que durante el día; y como la mayor parte de las operaciones del ataque se efectúan á favor de la oscuridad, particularmente cuando por la proximidad al recinto es preciso emplear la zapa llena, claro es que un buen sistema de iluminacion sería altamente favorable á la defensa, puesto que aquellas habrían de efectuarse con gran lentitud, en tanto que la plaza montará algunos cañones en sus parapetos.

Así se deduce tambien de la gran cantidad de proyectiles y artificios de iluminacion que se juzgan indispensables para todas las plazas de guerra, y que aunque imperfectos han prestado siempre reales servicios en las ocasiones citadas, y se comprende la importancia que debe tener todo lo que tienda á perfeccionar los diversos sistemas propuestos con dicho objeto, ya que los conocidos distan mucho todavía del éxito á que se aspira.

A partir del año 1851, en que tuvieron lugar las primeras aplicaciones de la luz eléctrica, puede decirse que entró este asunto en una nueva fase, habiendo concebir desde luego la posibilidad de aplicar en la guerra los resultados obtenidos en la industria;

Se propuso, pues, que se emplearan aparatos terrestres y aéreos (1), que consistirían simplemente en lámparas eléctricas colocadas en torres, edificios ó mástiles de mucha altura, ó suspendidas de aerostatos cautivos, que llevarían las pilas de alimentacion en la barquilla, cuando no pareciese conveniente establecerlas en tierra y ponerlas en comunicacion con la lámpara.

La práctica eficaz de este medio de iluminacion proporcionaría las ventajas que el general Brialmont expone en los términos siguientes: «Está demostrado que en la defensa próxima es imposible caminar en zapa, mientras la guarnicion posea artillería en estado de obrar. El sitio de Sebastopol ha dado una nueva prueba de ello. Nada, por consiguiente, podría ser más perjudicial para el adelanto de los trabajos de ataque que un sistema de iluminacion que, *dejando los cañones de la plaza en una oscuridad favorable*, expusiese las trincheras y las baterías del ataque á todos los inconvenientes de una viva claridad. Seguramente esta aplicacion equivaldría para el sitiador á la supresion de los trabajos de noche, que son su único recurso en los últimos períodos del sitio.»

Por eso en Alemania, en donde se concede grandísima atencion al estudio de todos los adelantos que se relacionan con el ataque y la defensa de las plazas, es motivo de repetidos ensayos el empleo combinado de los aerostatos y de la luz eléctrica.

Despues de una experiencia de este género, verificada en Charlottenburgo, en la que se aplicó una lámpara incandescente con éxito poco satisfactorio, se han realizado otras en Schöneberg en el mes de abril de 1885, con una luz de arco provista de reflector, producida por una máquina Siemens y Halske, y éstas ya tuvieron resultados muy distintos, puesto que no sólo se podía observar con suficiente claridad á grandes distancias desde la barquilla del globo, que estaba situado á la altura de unos 60 metros, sinó que en el terreno iluminado era posible leer sin dificultad un impresos de pequeños caractéres.

La correspondencia entre la barquilla y el suelo se efectuaba por medio

(1) Martin de Brettes: *Artifices de guerre*.

de un teléfono cuyos hilos conductores estaban encerrados en el cable de sujecion.

En Inglaterra se han llevado á cabo tambien algunos ensayos con un aparato destinado á reconocer las posiciones enemigas durante la noche, debido á un capitan de ingenieros, y que permite abarcar una gran superficie de terreno.

Sea como quiera, una vez que se consigan resultados completamente aceptables, constituirán estos aparatos un recurso muy eficaz, que sería suficiente para justificar la adopcion de los aerostatos como máquinas militares de gran utilidad, por cuya razon bien merece el asunto el interés que se le dispensa.

Por ultimo, en los viajes aéreos de noche, podría utilizarse tambien con gran provecho y sin peligro alguno la luz eléctrica para distinguir los objetos terrestres, como ya lo han conseguido Mrs. Fonvielle y Godard empleando una luz de bengala, y no hay duda que estos medios, y especialmente el primero, serían á veces muy convenientes para las expediciones que se ejecutaren en direcciones peligrosas.

LOS GLOBOS COMO MÁQUINAS OFENSIVAS. La idea de que los aerostatos pudieran servir como máquinas ofensivas, es anterior á la invencion misma de aquéllos, como hemos tenido ocasion de advertir en el original proyecto de navegacion aérea del jesuita italiano Francisco Lana: desde entonces han sido muchos los proyectos propuestos con el mismo objeto en diferentes ocasiones, y aun parece haberse ensayado alguno en la guerra, aunque sin resultados apreciables.

Dícese que los rusos pretendieron emplearlos en esta forma durante la batalla de Moscow, y que para aniquilar bajo una verdadera lluvia de proyectiles el cuartel general del ejército francés sobre el que habría de moverse, construyeron uno de tan colosales dimensiones, que hubiera podido elevar 50 personas; pero que habiendo experimentado al ensayararlo averías y desperfectos de consideracion, fué preciso renunciar á este proyecto y pereció destruido por las llamas. Otros afirman, en cambio, que semejante propósito, divulgado entre las gentes, no tenía otro objeto que el de servir de pretexto para poder preparar en silencio los medios destinados en realidad á destruir la poblacion por el incendio.

Afirmase tambien que el año 1849, durante el sitio que los austriacos pusieron á Venecia á consecuencia de la insurreccion con que ésta respondió al espíritu revolucionario que entonces era general en todas las principales poblaciones de Italia, animadas por la idea de conseguir la independencia y la unidad de la patria y sacudir el yugo extranjero, quisieron apresurar su rendicion y reducirla á la obediencia, empleando pequeños globos de papel para bombardearla.

Cada uno de éstos llevaba suspendida una bomba de 24 á 30 libras de peso, llenas de sustancias inflamables, con una mecha encendida que consumiéndose al cabo de un tiempo dado originaba la caida de dichos proyectiles, bastante frágiles para romperse contra el primer objeto que encontrasen, y producir inmediatamente el incendio. Pero esta empresa fracasó completamente, por lo visto, puesto que lejos de conseguir los resultados que de ella se prometían los sitiadores, no sólo cayeron la mayor parte de las bombas en las lagunas, sin perjuicio alguno para la ciudad, sino que por las variaciones del viento volvieron algunas sobre el campamento austriaco.

No falta, en verdad, quien niegue la exactitud de estos hechos, atribuyéndolos á pura invencion, pero sea como quiera, hay autores que lo consideran práctico y muy hacedero.

«El peso de los globos de goma ó de papel es insignificante, dice el repetido Mr. Fonvielle, y en todas partes se encuentran los elementos de estas construcciones; con aceite, cola y papel de periódicos bastante resistente, se dirigirían bombas sobre Colonia ó Berlin, admitiendo que estuviesen sitiadas como lo estuvo Paris.

«Se puede calcular, añade, que un metro cúbico de gas eleva un peso de 1100 gramos, y con un diámetro razonable de los globos, tendría 1000 gramos de fuerza neta. Por consiguiente, aparte de la mano de obra, que no cuesta nada en la guerra, y que tampoco es grande, y de los objetos necesarios requisicionados en la comarca, el transporte por el aire de un kilogramo de proyectil, costará solamente la adquisicion de 5 ó 6 kilogramos de ácido sulfúrico ordinario, segun sea más ó menos concentrado.»

Desde luego admite que los globos necesarios se llenarían fácilmente en

todos los casos, y considera que para los de papel debe preferirse con este objeto el gas del alumbrado.

Tambien durante la guerra de Oriente, en 1854, se concibió el pensamiento de emplear un aerostato en el bombardeo de Kronstadt y aun se afirma que si no se llevó á la práctica fué sin duda por el mal éxito de los ensayos realizados en Francia en el mismo año, para arrojar proyectiles desde un globo cautivo sobre una superficie determinada, y acaso por esta misma razon se desecharon las numerosas proposiciones que entonces se hicieron al gobierno inglés con idéntico objeto.

Tampoco ofrecieron garantías suficientes las baterías aéreas que el escocés Mr. Gillespie propuso con grandes instancias, á fin de emplearlas en sofocar la insurrección de la India en 1857. Consistía el aparato en una gran plataforma suspendida de un globo cautivo, desde la cual se prometía el inventor efectuar los más eficaces bombardeos. Segun sus cálculos, podría contener 12 hombres y un número bastante considerable de bombas cargadas, que se renovarían á medida del consumo, mediante otro pequeño globo que sujeto por una anilla al cable de sujeción del primero, podría subir y bajar alternativamente y abastecer la batería de los proyectiles necesarios. De este modo, situándose encima de la posición atacada, á suficiente altura para estar fuera del alcance de los proyectiles, se verificaría á mansalva y sin el menor peligro la completa destrucción del enemigo.

En 1859, cuando la campaña de Italia, y en la previsión de que los franceses hubieran de atacar el Cuadrilátero, fueron también algunos los proyectos presentados, entre los cuales se atribuye al aeronauta Mr. Godard, el de bombardear con proyectiles de mucho peso las plazas de Peschiera y Verona desde la barquilla de un globo; pero la paz de Villafranca dejó en estado de proyecto esta proposición, cuya eficacia no ha tenido todavía la sanción de la práctica.

Esto no ha sido obstáculo para que el celebrado aeronauta inglés Mr. Coxwell, patrocinase la misma idea en 1862 con la autoridad de práctico consumado, especialmente después de las repetidas y notables ascensiones científicas que había llevado á cabo en unión del sabio astrónomo del observatorio de Greenwich, Mr. Glaisher. Indicaba, en efecto, que las apli-

caciones de los globos en la guerra no debieron limitarse á que sirvieran de seguros y eficaces observatorios, sinó que podían tambien convertirse en máquinas ofensivas. Utilizando una composicion química descubierta por el doctor Lardner, para carga de un nuevo género de proyectiles, que se inflarían con espoletas á propósito, decía que podrían arrojarse con gran exactitud desde los globos sobre una superficie determinada, y que aunque no produjesen grandes estragos serían á lo ménos de gran efecto moral por la admiracion y el asombro que causarían en los enemigos, contribuyendo á evitar, en beneficio de la humanidad, el derramamiento de sangre.

A parte de las dudas que sugiere la posibilidad de realizar este proyecto, hay que convenir en que se prestan á bastantes objeciones los resultados morales que de ella se promete su autor, á ménos de que reservára este recurso para las guerras que con tanta frecuencia sostienen sus compatriotas contra pueblos primitivos y salvajes, en los que acaso produjera una impresion sobrenatural.

Sea como quiera, no está abandonada la idea de emplear los globos en esta forma, pues áun prescindiendo de las experiencias que al decir de periódicos militares se llevaron á cabo recientemente en Alemania, es lo cierto que con frecuencia aparecen proyectos análogos en acreditadas revistas extranjeras, entre las que se distinguen las norte-americanas, y de los que vamos á dar tambien una ligera idea para juzgar de los medios que se indican y poder apreciar luégo sus condiciones prácticas.

Para usarlos en los bombardeos marítimos, manejándolos desde las cubiertas de los buques, fuera del alcance de la artillería, y arrojando sobre las plazas ó fuertes enemigos algunos enormes proyectiles que al efecto moral añadieran las consecuencias de su enérgica accion destructora, propónese que algunos cañoneros vayan provistos de grandes globos capaces de elevar un hombre y un gran petardo de dinamita ó de otra sustancia explosiva igualmente enérgica, suspendido á conveniente distancia por debajo de la barquilla. Conservando los globos sujetos por medio de cables arrollados á un torno situado en la popa del buque, y establecida comunicacion telefónica entre el tripulante de la barquilla y el que desde la cubierta dirige la operacion, se aprovecharían los vientos favorables y en virtud de las indicacio-

nes del aeronauta, se ejecutarían las maniobras de arriar ó cobrar el cable hasta que aquel estuviese bien situado sobre el punto que se deseara ofender, en cuyo momento se arrojaría el proyectil que había de llevar la consternación y el espanto á los defensores de la posición atacada.

Con la idea de perfeccionar el procedimiento y conseguir el mismo terrible efecto de semejantes explosiones, se propone tambien elevar el globo sin tripulante y con sólo el petardo, que de este modo podría ser mayor aún reduciendo el tamaño de aquél. Mediante dos ligeros alambres que serían los conductores de una corriente eléctrica, podría producirse la caida del proyectil en el momento preciso ó poner en actividad un aparato magneto-eléctrico que lo lanzase moviendo un disparador ó cualquiera otro mecanismo.

Entónces sería suficiente situarse á barlovento de la plaza, á la distancia conveniente, y elevar el globo, disparando cuando estuviera oportunamente situado respecto al punto que se hubiera de batir.

En fin, se indica tambien el proyecto de dejar libre el globo con su bomba correspondiente y provisto de un aparato de relojería que produjese la inflamacion de la carga al cabo de un período de tiempo calculado en vista de la velocidad del viento y de la distancia que hubiera de recorrer, y por consiguiente, del tiempo probable que tardaría en llegar á colocarse sobre el punto deseado; pero, como veremos, este procedimiento había de ser por necesidad muy inexacto, especialmente tratando de hostilizar una posición de superficie reducida.

Estos diversos aparatos suelen designarse, aunque impropiamente, con los nombres de *globos torpedos* ó de *torpedos aéreos*.

PRACTICABILIDAD DE LOS PROYECTOS INDICADOS. Como se ha podido observar en la exposicion de los proyectos propuestos, dos son en rigor los procedimientos fundamentales en que descansan y las diferencias que los distinguen, á saber: que los globos hayan de ser cautivos ó libres. Es preciso, pues, examinarlos con separacion, para juzgar de sus condiciones prácticas y poder apreciar lo que es posible prometerse actualmente de cada uno de ellos.

Sin enumerar todas las observaciones que sugiere el empleo de los globos cautivos, se advierte inmediatamente que el cable de sujecion necesario para

retenerlos desde un punto que esté fuera del alcance de los proyectiles enemigos, necesitaría tener algunos kilómetros de longitud, y por consiguiente un peso considerable, que unido al de la barquilla ó plataforma suspendida, al del proyectil ó proyectiles que llevase, y al de los globos mismos, exigiría que éstos fuesen de dimensiones muy grandes. Pero á medida que aumenta el volumen de un aerostato, será mayor la superficie que presentará á la acción del viento, y mayor por tanto la traccion que ejercerá sobre el cable, que por consiguiente debería cada vez ser más grueso y más pesado.

En tal concepto, para conservar la misma fuerza ascensional tendría que aumentar el tamaño del globo, que aún prescindiendo de otras consideraciones, sería de muy difícil manejo, sobre todo en la cubierta de un buque.

No parece, pues, que este proyecto esté llamado á un gran éxito en la guerra, ni después de vencidas todas las dificultades, merecerían gran atención los resultados que pudieran conseguirse.

La artillería moderna dispone, en efecto, de todos los medios necesarios para lanzar grandes proyectiles sobre una plaza sitiada, con certeza y seguridad admirables, dirigiéndolos sobre una gran variedad de puntos aún sin cambiar la posición de las baterías, y si quisieran reservarse aquellos procedimientos, como algunos pretenden, para batir directa y eficazmente los almacenes y repuestos de municiones, á fin de privar á los sitiados de estos importantes elementos de defensa, fácil es convencerse que desde una altura tan considerable y en las condiciones dichas, sería operación muy difícil y de muy dudosos resultados. Conviene tener presente que los globos cautivos se mueven á impulsos de la más ligera brisa, y que por consiguiente los proyectiles que partieran de las plataformas ó de las barquillas, irían desde luego animados de la velocidad propia del globo; de la que les imprimiera el impulso necesario para arrojarlos de la acción de la gravedad y hasta de la que sobre ellos ejercería el viento durante su caída. Se comprende, pues, la dificultad de obtener la exactitud que sería necesaria en el tiro, así como la imposibilidad de rectificar éste por la observación de los disparos anteriores, dada la instabilidad y continuas variaciones siempre irregulares de los elementos que sería preciso tener en cuenta para corregir los errores.

No es mucho más práctico, ni más ventajoso, el proyecto de emplear los

globos libres en los bombardeos, como puede deducirse de lo que ya dejamos indicado, y de las condiciones diversas á que sería preciso satisfacer para aplicarlo con alguna seguridad.

Cada una de las bombas, vá suspendida de un pequeño globo que hasta en concepto de algunos pudiera ser de aire caliente por razon de economía, sujetá con unas cintas combustibles que se consumen en el momento preciso para dejar caer el proyectil, cuando se encuentra encima de la plaza é inflamar al mismo tiempo la espoleta que ha de producir la explosion.

Para determinar la longitud de las cintas, es preciso hacer uso de algunos globos de prueba que lleven un peso igual al de las bombas que hayan de emplearse, observando su movimiento en el aire por medio de instrumentos goniométricos y péndulos de segundos, así para apreciar su verdadera dirección, altura máxima y desviaciones laterales, como para deducir el tiempo que tardan en llegar á colocarse encima de los puntos á que se dirijan.

Asegúrase que siguiendo un método análogo en unos ensayos ejecutados en Viena hace algunos años, se obtuvo el resultado, ciertamente muy satisfactorio, de que veinte proyectiles arrojados á varios centenares de metros de distancia del punto que se deseaba ofender, cayeran todos en un círculo de 400 pasos de diámetro, de lo que se dedujo que si este género de bombardeos no podría emplearse nunca contra un fuerte ó una plaza de pequeña extensión superficial, acaso respondería á su objeto en el ataque de una población considerable á la que no fuese posible hostilizar eficazmente de otro modo.

Sea como quiera, serían siempre muchas y grandes las dificultades que se ofrecerían para conseguir en buenas condiciones el objeto que se pretende, porque además de ser necesario el exacto conocimiento de las distancias, habría que tener en cuenta las variaciones incessantes de temperatura y densidad atmosféricas, así como la velocidad del viento, que está lejos de una perfecta regularidad.

Despues de precisados estos datos con toda la posible aproximacion y de repetidas observaciones acerca de la influencia que pudieran ejercer sobre las trayectorias de los globos, todavía sería casi imposible tenerlas en cuenta para corregir los errores ni aun en la forma que indica Gower, que consiste en proveer á los globos de una vasija de agua como lastre, con un orificio

cerrado por una válvula en comunicacion con la de la parte superior de aquellos, de modo que moviéndose automáticamente una y otra se compensen las pérdidas de gas y de lastre y pueda conservarse siempre el aparato al mismo nivel.

Otra cosa sería, si al fin se llegara á una solucion práctica de la dirección de los aerostatos; pero entretanto, no parece que estos ingeniosos medios de ataque deban ser motivo de grandes preocupaciones para los defensores de las plazas fuertes, siquiera no participen de esta opinion los patrocinadores ó inventores de semejantes proyectos, que suponiéndolos muy hacederos, se dan á pensar cuáles serán las condiciones de la guerra aérea, y miéntras unos suponen que para evitar los efectos de estas nuevas máquinas de destrucción, será forzoso oponerles otras análogas llevando la lucha al seno de las nubes; sostienen otros que siendo el principal objeto que se trata de conseguir, el de hacer caer los globos ántes de llegar al punto á que se dirijan, deberá combatírse los desde tierra, empleando cohetes y proyectiles que en el momento de la explosión extiendan mucho sus cascos, confiando especialmente en la invención de una clase especial de cañones que satisfagan cumplidamente á este objeto.

Previendo, del mismo modo, que no faltarán sensibles filántropos que condenen como medio bárbaro y recurso cruel estas mortíferas aplicaciones aeronáuticas, como hoy anatematizan ya el uso de las minas y de los torpedos, procuran anticiparse á calmar semejantes escrupulos demostrando que estas nuevas armas han de ser tanto más humanitarias cuanto sean más destructoras, una vez que será siempre un beneficio todo aquello que tenga por resultado el abreviar las guerras ó hacerlas imposibles y que ambas cosas se consiguirán más fácilmente cuanto sean más perfectas y mortíferas las máquinas empleadas en los combates.

En resumen, atendiendo á la indudable influencia de los progresos científicos en el arte de la guerra, y á que en igualdad de otras condiciones, la victoria se ha de inclinar siempre á las banderas de las naciones más adelantadas, parécenos que debe concederse atención y estudiar detenidamente todo lo que tienda á perfeccionar los medios más fáciles de conseguirla, y ya que sea imposible afirmar con alguna seguridad el éxito que el porvenir re-

serve á los proyectos de que tratámos, consideramos cuando ménos prematuro el ocuparse seriamente de las consecuencias que éstos podrán acarrear, y aunque no es aventurada la opinion, de que pasarán algunos años ántes de que puedan ser un motivo de preocupacion para los defensores de las plazas.

GLOBOS CORREOS. Una de las aplicaciones más sencillas y que ha de ser por tanto muy frecuente en la guerra, siquiera no sea tampoco de resultados seguros, es indudablemente la de los globos correos, que lanzados al azar y á merced de los vientos desde las plazas cercadas, lleven al exterior la correspondencia de los sitiados. Esta fué ya su primera aplicacion militar en 1793 durante el sitio de Valenciennes, en el que por consejo del coronel de ingenieros Mr. Tholozé, se hizo uso de un globo para informar á los ejércitos en campaña de la situacion desesperada en que se encontraba la guarnicion y la necesidad de que fuera socorrida inmediatamente. Imaginaron al efecto unir al globo un pequeño paquete que encerraba los despachos del gobernador y que llevaba una tarjeta en una de sus caras, en la que se ofrecía una buena recompensa al que lo encontrase y lo condujese á la administracion de correos ó al ayuntamiento más próximo.

El globo se elevó perfectamente, bajo los mejores auspicios y en la dirección más favorable, pero en vez de llegar á su destino, cayó por el contrario en poder de los enemigos, que de este modo supieron la apurada situacion en que se encontraba la plaza, siquiera se persuadieron al mismo tiempo de la firme resolucion de los defensores que estaban ya preparados para agotar hasta el último extremo todos los medios de resistencia.

Sublevada la poblacion de Milan en 1848, respondiendo al movimiento insurreccional que tan rápidamente se generalizó y propagó en toda Italia á consecuencia de la revolucion que con eco inmenso en Europa acababa de verificarse en Francia, y no teniendo los austriacos que la dominaban fuerzas suficientes para restablecer el órden, hubieron de reducirse á bloquearla cortando todas sus comunicaciones con el resto del país.

Entónces apelaron los sitiados á los globos, construyendo precipitadamente un cierto número, que confiaron al capricho de los vientos, portadores de numerosas proclamas, llamando al pueblo á la libertad y reclamando

los auxilios de sus conciudadanos, que en efecto acudieron en gran número de toda la Lombardía con tal oportunidad y eficacia, que obligaron á Radetzky, general en jefe de los austriacos, á levantar el sitio y retirarse con su ejército, siquiera no tardára en volver victorioso y sojuzgarlos.

Ultimamente, en la guerra franco-prusiana se emplearon tambien los globos en esta forma, durante el bloqueo de Metz. Establecido éste definitivamente despues que los alemanes hubieron rechazado la gran salida del 31 de agosto, y perdida por los sitiados toda esperanza de salvacion cómo no viniera de algún ejército de socorro; cortadas é interceptadas completamente todas las comunicaciones de la plaza con el exterior, se pensó, á propuesta de un jefe de ingenieros y á imitacion de lo acaecido en Valenciennes, en recurrir á los globos correos, aprovechando los vientos favorables, en la seguridad de que algunos salvarían las líneas enemigas y caerían en lugar seguro, y que, ya que no pudieran fiarse á tan precarios medios de correspondencia los despachos oficiales que dieran á conocer al pais el resultado de las operaciones intentadas y el estado de la guarnicion, servirían á lo menos para que los sitiados pudiesen participar á sus parientes y allegados algunas noticias que calmasen la natural ansiedad en que forzosamente había de tener á unos y otros la rigorosa incomunicacion á que estaban sometidos.

Con este objeto, una vez reunida la correspondencia que se había de expedir por cada uno de los globos, se la empaquetaba y envolvía cuidadosamente en una tela impermeable, encajonándola despues entre gruesos trozos de corcho, que la permitieran flotar, en el caso de que cayese en el agua. Sobre una de sus caras; llevaba el paquete un aviso, previniendo á la persona que lo encontrase, que recibiría un buen premio pecuniario al entregarlo en la primera estacion de correos que estuviese fuera del alcance de los alemanes. El primero de los globos cayó en manos de éstos, pero ya el segundo fué á parar á las cercanías de Neufchateau, en donde le recogió un campesino y lo entregó á las autoridades: los demás parece que se lanzaron con suerte vária, pues mientras unos fueron á parar á poder del enemigo, otros llegaron felizmente á su destino.

Se dice que era tanta la correspondencia acumulada, que fué necesario reducir á un decígramo el peso de cada carta, sin embargo de que, cuando el

viento era favorable, llegaron á salir hasta tres globos en un mismo día; y que desde el 5 al 15 de setiembre se lanzaron 14 que llevaron unos tres mil pliegos.

Los ingenieros militares ingleses, parece que no desatienden tampoco este aspecto del asunto, porque, segun tenemos entendido, han realizado últimamente algunos ensayos con globos de esta clase.

En fin, aunque agena á nuestros propósitos, parécenos digno de mención, por si en algun caso pudiera aplicarse en la guerra un procedimiento análogo, el que se siguió en la exploracion ártica de 1850, y que se repitió en las de estos últimos años. Con el objeto de socorrer á los expedicionarios de otro viaje anterior que se suponían errantes en las inhospitalarias regiones del Norte, y facilitarles algunas indicaciones acerca de la situacion de los buques que iban en su auxilio, se lanzaron al espacio un gran número de pequeños globos de seda, de un metro á metro y medio de diámetro, llenos de gas hidrógeno, y que llevaban suspendidos haces de papeles impresos y atados, con una mecha de combustion lenta. A medida que ésta se quemaba, los papeles dichos, que eran de diferentes colores y contenían las indicaciones necesarias, quedaban sucesivamente libres y eran arrebatados por el viento, que se encargaba de distribuirlos en una gran extension; pero desgraciadamente no correspondió el éxito á las esperanzas que hiciera concebir.

UTILIDAD DE LOS GLOBOS CORREOS. Los resultados obtenidos en las ocasiones citadas, no bastan para juzgar de la utilidad de los globos correos, puesto que indudablemente hubieran sido más satisfactorios si en lugar de improvisarlos en las apremiantes circunstancias de la guerra, se hubiera ajustado su empleo á las disposiciones que se hubieran considerado más oportunas, como resultado de estudios y de repetidos ensayos anteriores.

En efecto, contrayendo nuestras observaciones al sitio de Metz, en cuyo período fué cuando se emplearon en mayor escala y con más frecuencia, se advierte que, ántes de lanzarlos al espacio con algunas probabilidades de buen éxito, fueron necesarias una serie de laboriosas pruebas para la elección de la tela ó sustancia de que se habían de construir, y del barniz que la había de hacer bastante impermeable al gas hidrógeno, á fin de que, aun siendo pequeños por razon de economía, pudieran mantenerse cierto núme-

ro de horas en el aire con el peso de la correspondencia, y recorrer durante ellas, á merced de la corriente que los arrastrára, un trayecto de suficiente consideracion, para no caer en poder del enemigo. Al cabo de muchos experimentos, se consiguió al fin un globo de pequeñas dimensiones que, henchido en sus tres cuartas partes de gas hidrógeno puro, y cargado con un peso de 40 gramos, se sostuvo durante cinco horas en la atmósfera. De este resultado se dedujo que, siendo de 5 metros por segundo la velocidad media de un viento moderado, podría recorrer en aquel tiempo unos 90 kilómetros con peso de 35 gramos solamente, en razon de la pérdida gradual del gas, y que con un viento fuerte salvaría una distancia doble, alejándose por tanto más de lo necesario para escapar al enemigo.

Por otra parte, no salía un solo globo de la plaza, sin que fuera objeto, mientras estaba á la vista, de una serie prevista de observaciones, efectuadas por los oficiales de ingenieros encargados del servicio, para juzgar de las condiciones de su marcha y de su dirección probable, y determinar aproximadamente su trayectoria.

Con este objeto, siguiéndolo con el anteojos de un teodolito, se anotaban á cortos intervalos los ángulos azimutales y zenitales correspondientes al momento señalado, así como su distancia, apreciada por la relación entre el diámetro real y el diámetro aparente del globo, á cuyo efecto, mientras el observador se mantenía pegado al anteojos para no perderlo ni un momento, otro operador leía las graduaciones correspondientes de los instrumentos. Por este procedimiento se recogían todos los datos necesarios para trazar la curva que describía en el espacio, y unidos estos resultados al conocimiento de la densidad del gas, á la de la pérdida gradual que experimentaba en un tiempo dado bajo una presión determinada y á la velocidad media del viento, se podían calcular las dimensiones que deberían tener los globos para que con los elementos de que se disponía, y en ciertas condiciones, fuesen á caer á distancias y en direcciones previstas.

Claro es, que dichos cálculos están muy lejos de la exactitud y sujetos por el contrario á numerosos errores, y que la marcha de los globos dista mucho de ser regular. Así se ha podido advertir en alguno de éstos que, después de haberse elevado desde el centro de la plaza y en una dirección deter-

minada, al llegar á cierto punto de su carrera perdió la velocidad de traslacion y volvió á subir verticalmente hasta encontrar una corriente que le arrastró en direccion contraria á la primera. A unos 5000 metros de altura próximamente, y despues de haber perdido una cantidad de gas bastante considerable para no poder sostenerse, descendió de nuevo encontrando al fin la corriente primera, que le llevó en definitiva á las líneas prusianas. Pero es igualmente cierto, que si no ofrecen seguridad absoluta los cálculos indicados, sirven indudablemente para aumentar de un modo notable las probabilidades de éxito, y éstas serían mucho mayores, haciendo un estudio detenido de las condiciones atmosféricas de los vientos reinantes y de las corrientes que podrían tener que atravesar, á lo que contribuiría tambien facilitándolo mucho, el uso de los globos llamados pilotos, de los que hemos de tener ocasión de hablar más adelante.

De todos modos, en defecto de globos tripulados, que además de ser de mucho coste exigen la abnegacion de hábiles y experimentados aeronautas, que no siempre se encontrarán dentro de una plaza sitiada para hacer frecuentes las expediciones, y aunque sin la seguridad que se obtiene con éstos, en los que el aeronauta puede acelerar ó retardar su descenso por un juego bien combinado de la válvula y del lastre, es lo cierto que los globos correos podrán prestar muy buenos servicios en más de un caso. Construidos con la sola condicion de que puedan sostener en el aire un pequeño peso durante cinco ó seis horas, será fácil expedirlos en gran número todos los días, y ya que no deba confiárseles la correspondencia oficial, servirán á lo ménos para las comunicaciones postales del ejército bloqueado y aun de la población civil.

Conviene advertir, sin embargo, como prudente medida de precaucion, que toda la correspondencia debe someterse á una severa e inteligente censura, pues cuando cayeron en poder de los alemanes los millares de cartas que llevaban los globos, nadie esperaba encontrar en ellas indicacion alguna que fuera interesante bajo el punto de vista militar, teniendo por evidente que habrían pasado todas por un concienzudo examen prévio. Sin embargo, luego que se coordinaron y que fué posible compararlas atendiendo á los nombres de los firmantes y á las direcciones de los sobres, pudieron formar un concepto bastante exacto de la disposicion de los campamentos enemigos.

dentro de la zona ocupada por los fuertes y del espíritu que animaba á los sitiados (1).

LOS GLOBOS DURANTE EL SITIO DE PARIS. Los servicios prestados por los globos aerostáticos durante el último sitio de Paris, han sido, sin duda alguna, la causa que más poderosamente ha contribuido á rehabilitarlos en la opinion, bajo el punto de vista de sus aplicaciones militares; pues si no en el olvido, estaban relegados á la categoría de los inventos poco prácticos y á la indiferencia oficial, y desde entonces, no sólo cuentan con el auxilio de los gobiernos que procuran poseer todos los elementos de guerra necesarios para conseguir la victoria en las luchas armadas, sinó que son muchas las comisiones encargadas de su estudio, compuestas de personas de reconocidas facultades científicas y grandes los perfeccionamientos y progresos que ya se han realizado en el arte aeronáutico.

Motivos son estos para que nos detengamos á describir los sistemas y procedimientos adoptados en aquella memorable ocasion, con el fin de utilizarlos en la defensa, siquiera hayámos de limitarnos á lo puramente indispensable para tener idea de las cuestiones que se relacionan con el servicio que principalmente estaban llamados á prestar. Este consistía en establecer comunicaciones seguras entre Paris y los departamentos, con el concurso de las palomas mensajeras, á las que habrémos de consagrar algunas palabras, así como á los notables inventos que hicieron tan útil la intervencion de estos delicados é interesantes mensajeros aéreos, en lo que se refiere á la preparacion de los despachos por la fotografía microscópica.

Amenazada la capital dicha de los rigores de un sitio que hasta entonces se había considerado imposible, y que acaso lo hubiera sido sin los inauditos sucesos y las funestas derrotas que le precedieron, y que agotaron rápidamente casi todos los elementos organizados de resistencia que poseía la nación, se comprendió una vez más la necesidad de recurrir á la ciencia, y se patentizaron entonces las ventajas que podrían obtenerse de los globos aerostáticos, cuya utilidad habían recordado meses ántes algunos publicistas dis-

(1) Von der Goltz: *La Nation armée*.

tinguidos, llamando, sin resultado, la atencion del gobierno sobre la importancia de organizar un cuerpo de aeronautas para las observaciones y reconocimientos militares. «No debería reconstituirse, decía Mr. G. Tissandier, la escuela aerostática de Meudon, suprimida en un momento de mal humor? ¿Se esperará á que estalle una guerra para formar aeronautas, é improvisar globos? Sería una imprudencia, una de las mayores locuras, porque en el siglo actual las guerras van muy de prisa, y muy bien pudiera decidirse la suerte de un imperio mientras que se unen los husos de un globo.»

Pronto se encargaron los sucesos de hacer casi proféticas estas palabras, puesto que cuando llegó el momento no se disponía de material aerostático alguno, y fué necesario decretar la requisicion de todos los globos que existían en Paris, entre los cuales no hubo uno solo que, sujeto á un exámen serio, ofreciera garantías bastantes de seguridad para el servicio; pero como la necesidad era urgente y las circunstancias apremiaban, no era ya ocasion ni había tiempo de pensar en lo mejor, y mientras se disponía con la mayor actividad la construccion de otros nuevos, se repararon los existentes con todo el posible cuidado, sin desatender los menores detalles, ni evitar trabajo alguno para prevenir sucesos desagradables.

Merced á estas disposiciones, y en tanto que, bajo la dirección superior del teniente coronel de ingenieros Mr. Usquin, se procedía á instalar dos talleres de construccion de globos en las estaciones de los caminos de hierro de Orleans y del Norte, á cargo respectivamente de Mr. Godard y Mr. Yon, se ensayaron varias ascensiones cautivas de reconocimiento, que si dieron algunos resultados, estuvieron muy lejos de los que con fundado motivo se esperaban, debido por una parte á la mala confección de los globos, y por otra á los defectos inherentes á un servicio precipitadamente improvisado, y hasta á la violencia de los vientos que se hicieron sentir durante el mes de setiembre, que fué el primero del bloqueo.

Cuando éste se hizo más rigoroso y estrecho, despues de cortadas enteramente todas las comunicaciones con el exterior; viéndose privados de los medios necesarios para cambiar sus impresiones con el resto de la Francia; sin ese abastecimiento moral que consideraban tan indispensable á su existencia como el alimento físico; ya todos los pensamientos se concentraron en una

sola aspiracion y todos los esfuerzos tendieron á conquistar aquella preciosa ventaja.

Agotadas estérilmente las tentativas hechas para establecer correspondencias por medio de mensajeros disfrazados, de perros amaestrados, de cables telegráficos tendidos á lo largo del Sena y levantados por los alemanes, de esferas huecas que llevaban en su interior los despachos y que se entregaban á la corriente del río, y de otros muchos ingeniosos recursos; en una palabra, cuando se vieron absoluta é irremediablemente cerrados todos los caminos terrestres, se pensó en abrirse paso á través de las nubes por encima de las cabezas mismas de los enemigos, inaugurando de este modo una nueva era para el arte aeronáutico, aplicado á la guerra.

Reunidos con dicho objeto por iniciativa del director general de correos, varios de los más acreditados aeronautas, resolvieron organizar un servicio de viajes aéreos, renunciando desde luego á los globos cautivos y utilizando los que se tenían á mano procedentes de la requisición decretada, en tanto que empezaban á dar resultados los talleres establecidos.

Salieron, pues, inmediatamente los tres primeros, dirigidos por aeronautas de profesión, pero como éstos eran en corto número para ocurrir á todos los viajes que hubieran de efectuarse durante el sitio, concibió entonces Mr. E. Godard, la idea de dirigirse á los marinos y á los soldados de la guarnición, para convertirlos rápidamente en aeronautas improvisados, enterándoles de las maniobras más esenciales; y es verdaderamente admirable, que con un personal de estas condiciones, que carecía hasta de los más elementales conocimientos teóricos, y cuya enseñanza práctica era tan deficiente como original, no haya habido que lamentar más desgracias y se hayan conseguido tan notables resultados.

El éxito de las primeras tentativas, demostró la posibilidad de establecer en parte las comunicaciones deseadas, por más que era preciso expedirlos aprovechando los vientos favorables para tener alguna probabilidad de que descendieran en sitios seguros y fuera del alcance de los alemanes; renunciando á la esperanza de que pudiesen regresar con noticias de los departamentos, á pesar de que así en París como en Tours, continuaban sin descanso los estudios relativos á la solución de aquel problema y abiertos amplios

concursos para todos los inventores del mundo que se ocupasen de la dirección de los aerostatos, y que poseyesen algún proyecto racional en este asunto, ántes tan desdenado y desatendido por imposible.

Entretanto, se propuso y aceptó la idea de confiar á cada uno de los que partieran en lo sucesivo, un cierto número de palomas mensajeras, procedentes de una sociedad particular que existía ántes de la guerra, para realizar concursos y mensajes aéreos especiales, cuyo sistema de correspondencia era frecuente y se conserva todavía, á pesar del telégrafo eléctrico, en algunos países de Europa.

El segundo ó tercero de los que salieron, llamado la *Ville de Florence*, llevó ya tres palomas, de las que regresaron dos á las seis horas, con un despacho del aeronauta anunciando su feliz descenso cerca de Mantes, demostrando con esto, ó dejando esperar á lo ménos, la posibilidad de establecer entre las provincias y Paris un cambio frecuente de correspondencia.

La oportuna mediacion de estos mensajeros alados, vino, pues, á completar el servicio de correos por vía aérea; pero como no pueden resistir más que una pequeñísima carga, representada por una hoja de papel de pocos centímetros cuadrados, arrollada y sujetá á una de las plumas de la cola, y en tan pequeña superficie apenas pueden escribirse algunas frases de muy pocas palabras, todavía este sistema hubiera sido muy precario á no ser por otras invenciones que le hicieron más fecundo.

Tal fué la aplicación de la fotografía microscópica á la reproducción de los despachos, después de impresos, pues que reunidos hasta dos mil en una sola hoja de papel, conseguía Mr. Dagron reducir ésta á una superficie de cuatro ó cinco centímetros cuadrados, y como en lugar de sacar la imagen fotográfica en papel ordinario, se hacía en hojas muy delgadas de colodion, era posible obtener al mismo tiempo la gran ventaja de la ligereza.

Estas se arrollaban perfectamente y se introducían hasta veinte de ellas en un solo tubo de pluma, que se aseguraba á la cola de la paloma, en términos de que cada una de éstas podía llevar un número muy grande de despachos, sin que el peso excediese de medio gramo.

Claro está que luego se amplificaban al llegar á sus destinos por medio de poderosas lentes de aumento, que con el auxilio de la luz eléctrica los

reflejaban sobre una superficie blanca, á manera de una linterna mágica, á fin d^e que pudieran trabajar á la vez varios escribientes en sacar las cópias, que eran las que se remitían á las personas á quienes iban dirigidas.

Despues de algunas pruebas concluyentes que no dejaban lugar á dudas acerca de la utilidad de los medios dichos, salió de Paris en globo Mr. Dagon, para organizar en Tours este servicio de correos, y entonces fué ya posible ofrecerlo al público, mediante el pago de 0,50 francos por palabra.

Puede apreciarse la actividad que se desplegó en este género de correspondencias, así como los resultados que se consiguieron, y aún juzgar de los que hubiera sido posible alcanzar en condiciones más favorables, con sólo decir que durante los cinco meses del sitio salieron de Paris 64 globos y había otros cuatro en los talleres, completamente terminados, el día de la capitulacion.

Aparte de algunos que tambien concurrieron al servicio y que eran de particulares, todos los demás se construyeron por cuenta de la administracion de correos. Entre los primeros merecen citarse el *Celeste*, que pertenecía á Mr. Giffard, y en el que pensaba regresar á Paris Mr. G. Tissandier; *La Liberté y L'Egalité*, de Mr. Fonvielle; *La bataille de Paris*, que condujo á Mr. Lissajoux; el *Volta*, construido por la academia de Ciencias para llevar al astrónomo Mr. Janssen, encargado de observar en la Argelia el eclipse de sol del 21 de diciembre; el *Merlin de Douai*, adquirido por Mr. Tarbé, director del periódico el *Gaulois*; el *George-Sand*, de Mr. Charles Max, rico americano que deseaba abandonar á Paris; y en fin, el *Bretagne*, propiedad del célebre sastre de señoras Mr. Woerth, que marchaba á Lóndres á ofrecer sus servicios á la numerosa clientela que contaba entre la poblacion emigrada.

Se calcula que los globos han transportado 2.500.000 cartas, que representaban un peso de 9000 kilogramos, siendo digno de notarse que segun el director de correos Mr. Rampont, resultaba el servicio muy económico, puesto que un globo de algodon de 2000 metros cúbicos costaba unos 2000 francos y podía llevar fácilmente dos aeronautas y 400 kilogramos. Calculando en 4 gramos el peso de cada carta, era posible conducir hasta 100.000, que á 20 céntimos daban un producto de 20.000 francos para la administracion,

de modo que los globos que salían de Paris representaban, por término medio, cubiertos todos los gastos, la quinta parte del valor de los sellos.

En cambio no ofrece el sistema todas las condiciones de seguridad necesarias y ménos todavía en las circunstancias á que nos referimos, pues no solamente dejaban mucho que desear los globos, bajo el punto de vista de su construccion, á consecuencia sin duda de su misma baratura, sinó que generalmente se cargaban con exceso y no llevaban lastre suficiente, cuyas dos circunstancias fueron causa frecuentemente de que los aeronautas se viesen obligados á arrojar una parte de las cartas, cuando por las pérdidas de gas que experimentaban aquéllos se veían expuestos á descender con riesgo de sus vidas en sitios peligrosos ó en condiciones de caer en manos del enemigo. Por estas razones, para conservar el secreto de la correspondencia y en vista de la lentitud con que arde el papel, y de la imposibilidad consiguiente de destruirlo por este medio, proponía Mr. Montucci que se proveyesen los globos de cajas de cristal llenas de ácido nítrico, en las que fuera posible meter las cartas despues de taladradas, como se hace para desinfectarlas en caso de epidemia, y una vez, que sería suficiente una inmersion de algunos segundos para borrar por completo lo escrito.

Por lo demás, los globos transportaron tambien otros diversos objetos, entre los que se citan paquetes de cápsulas de dinamita y los aparatos de *fotografía microscópica*, de tan reconocida utilidad en la organizacion del servicio de palomas mensajeras, y hasta se dice que en ciertos casos se verificaron estos transportes con la misma exactitud con que se hubieran hecho por ferrocarril, como sucedió con un producto químico de que carecían en Burdeos y no se encontraba en provincias, y que pedido á Paris por un despacho á fines de enero, fué expedido de esta poblacion en seguida, y llegó á su destino sin que el servicio para que se necesitaba experimentase el menor retraso.

En fin, se utilizaron tambien, y no fué este el ménos importante de sus servicios, para conducir algunos funcionarios civiles y militares, encargados por el gobierno de misiones especiales relacionadas con la defensa del país, y en alguna ocasion, de llevar noticias que permitieran concertar las operaciones proyectadas con las de los ejércitos en campaña.

Ya el quinto de los que salieron de Paris, conocido con el nombre de *Armando-Barbés*, llevó en su barquilla al ministro Gambeta y á su secretario, que fueron saludados con nutrido fuego de fusilería al pasar por encima de los alemanes, uno de cuyos proyectiles hirió ligeramente en una mano al primero, teniendo más tarde la mala fortuna de quedar suspendido de la rama de un árbol, con la cabeza hacia abajo, al efectuar el descenso.

Estos viajes, que luego se reglamentaron no concediendo que saliera nadie sin prévia autorización del gobierno, dieron lugar en un principio á bastantes abusos, pues entre los que deseaban abandonar la población para evitar las privaciones y las molestias del sitio, hubo algunos que consiguieron los llevasen por favor, presentándose como ayudantes de los aeronautas, y otros que dieron crecidas sumas por el pasaje, habiendo llegado á pagar alguno 3500 francos porque se le admitiese como viajero en el globo *L'Egalité*. Así se explica que durante el bloqueo hayan salido de Paris por los aires 163 personas. Estas deserciones causaban una impresión desagradable en la opinión pública, que designaba á los que recurrían á ellas con el gráfico nombre de *franc-fileurs*, en oposición al de los *franc-tireurs*, que con tanto entusiasmo se habían consagrado á la defensa del país.

Para poder juzgar de las condiciones de seguridad con que se efectuaban estos viajes aéreos, conviene tener presente que de los 64 globos mencionados, 11 descendieron en territorio extranjero; á saber: cinco en Bélgica, uno en Noruega, después de un viaje muy dramático de unos 900 kilómetros recorridos en quince horas; dos en Alemania y en Baviera, cuyos tripulantes fueron hechos prisioneros por los paisanos, uno en Holanda, uno cerca de Lieja y uno en Charleroi; 19 cayeron en territorio francés ocupado por los alemanes, quienes sólo consiguieron capturar tres por completo y 11 sin la correspondencia ni los viajeros, que se salvaron como en los cinco restantes, gracias á la protección que naturalmente encontraban en el país, y en fin, 32 descendieron en territorio libre y dos se perdieron en el mar.

En resumen, á pesar de la impericia de los aeronautas, de las malas condiciones de los globos y de algunos otros inconvenientes de que adolecía este servicio, parece que 48, ó sea el 75 por ciento, llegaron á salvar la correspondencia y á realizar sus cometidos, siendo notable que de las 163 personas

transportadas, sólo pereciéran los dos aeronautas que se perdieron en el mar, pues aunque otros tres estuvieron expuestos á sufrir la misma suerte, aun en el caso de que hubiera sucedido no alcanzaría al 8 por 100 la relación de las muertes.

En cuanto á los resultados obtenidos con las palomas mensajeras, se observa que los primeros ensayos fueron muy favorables; pero como el número de las que existían en Paris de buenas condiciones para este servicio era naturalmente muy pequeño, pronto fué preciso recurrir á las que no habían recibido educación alguna previa, y los regresos empezaron á ser menos frecuentes, en lo que no dejó de influir á su vez la crudeza del tiempo y el excesivo frío, que agotaba las fuerzas de dichos mensajeros alados. Por otra parte, tenían que recorrer distancias cada vez mayores para volver á sus palomares, á medida que los ejércitos alemanes iban extendiéndose por el país, y los aeronautas carecían de la práctica necesaria para soltarlas, aprovechando las ocasiones más oportunas al efecto, por cuyas razones se dispuso que en Tours se reglamentáran estas operaciones confiándolas á personas peritas, haciendo salir de Paris en globo con este objeto á Mr. Van Roosebeke y á Mr. Cassiers, que por cierto cayó en poder de los alemanes cerca de Verdum.

Al mismo tiempo, y á fin de disminuir las distancias todo lo posible, se resolvió soltar las palomas casi á la vista de las avanzadas alemanas. Al efecto, los encargados del servicio se acercaban al amanecer en un tren formado por la locomotora y un solo wagon blindado, y después que las abandonaban retrocedían á todo vapor, no sin que algunas veces se vieran perseguidos por los proyectiles de los soldados enemigos. «Al amanecer, dice M. Le Perre de Roo, cuando los campos estaban desiertos y sólo se veían enemigos en los caminos, cuando ningún tren recorría las vías abandonadas, una locomotora, preparada expresamente para conducir á los que estaban dedicados á este servicio, con un sólo wagon blindado se lanzaba á todo vapor, con una velocidad de 70 kilómetros por hora, sobre los rieles oxidados. A la vista de las avanzadas prusianas, abandonaban las palomas con los despachos oficiales é inmediatamente después la locomotora retrocedía. Varias veces fueron asaltados estos trenes por la fusilería de los enemigos, sin que esto les impidiera cumplir su misión y repetir al día siguiente la misma audaz tentativa.»

Sin embargo, á consecuencia de los motivos indicados, es lo cierto que este servicio estuvo lejos de producir todos los buenos resultados que promete en el porvenir, puesto que de 363 á 368 palomas que fueron expedidas de Paris, sólo regresaron 73 segun unos y 57 segun otros, á saber: 4 en setiembre, 18 en octubre, 17 en noviembre, 12 en diciembre, 3 en enero y 3 en febrero, y aún es preciso advertir que algunas hicieron el viaje varias veces, mientras que otras tardaron mucho tiempo en volver, como sucedió con una, que habiendo salido de Paris el 12 de octubre, no regresó hasta el 5 de diciembre, ó sea despues de dos meses de viaje.

Conviene tener presente tambien, que cuando ya no se disponía de palomas elegidas y educadas, se resolvío que las expediciones fueran muy numerosas, en la esperanza de que siempre volverían algunas, habiendo llegado hasta mandar 34 en un sólo globo; pero pronto demostró la experiencia que las bandadas de 25 y 30 daban ménos resultados que las de 4 ó 5.

En fin, los alemanes desplegaron la más activa vigilancia para impedir el regreso de estos mensajeros, y aún se dice que trajeron de Alemania gavilanes para darles caza y que consiguieron capturar alguna que pertenecía á las que salieron el 10 de noviembre en el globo *Daguerre*, y que habiéndola soldado despues llegó á Paris con noticias falsas, lo que dió lugar á que el general Trochu, en la órden general del 10 de diciembre, advirtiese al ejército que estuviera prevenido contra semejante estratagema.

Tambien se trató de sustituirlas con perros baqueros de los que se emplean en el contrabando, expidiendo cinco en el globo *Faidherbe* el 13 de enero; pero se supone que habrán sido cogidos ó muertos por los alemanes, puesto que no regresó ninguno.

En vista de las irregularidades dichas, y de que esta circunstancia era una de las causas que más paralizaban la defensa imposibilitando la combinación de sus operaciones con las de los ejércitos de socorro, se pretendió conseguir el regreso de los globos.

Ya la delegacion del gobierno en Tours, había procedido al nombramiento de una junta de personas competentes que entendieran en todas las cuestiones relativas á la organizacion de los transportes aéreos, y examinára detenidamente cuantos inventos se le presentáran relativos á este asunto;

pero aunque con verdadero patriotismo é interés cumplieron la tarea que se les había encomendado, á pesar del sinnúmero de proposiciones que llegaban de todas partes y de la fé y el entusiasmo que animaba á todos los inventores creyéndose en posesión del sistema infalible para dirigir los aerostatos, es lo cierto que nada pudieron deducir del estudio y de las innovaciones relativas á la navegación aérea, y fué necesario recurrir á otro método que, aunque más vulgar, era más práctico, siquiera no haya tenido el éxito que se esperaba.

Consistía sencillamente el plan adoptado, con el asentimiento de todos los aeronautas experimentados y sensatos, en establecer un globo en cada una de las poblaciones que se encontrarán alrededor de París en un radio de 20 leguas, que tuviesen fábricas de gas, y que naturalmente no estuviesen ocupadas por los alemanes. De este modo, observando atentamente la atmósfera y los vientos reinantes, podrían aprovechar éstos cuando fueran favorables, para intentar la vuelta á la capital con algunas probabilidades de conseguirla.

En efecto, cuando en cualquiera de los puntos dichos, las nubes reflejadas sobre un espejo horizontal se moviesen en la dirección deseada y después de confirmar esta circunstancia por medio de algunos globos pilotos, se procedería con toda diligencia á hinchir el globo correspondiente, anunciándolo á Tours al mismo tiempo, para recibir por telégrafo las últimas instrucciones.

Oportunamente se anunciaron á París estos proyectos á fin de que auxiliaseen á los globos que se presentarán á la vista, pero á causa de las especiales circunstancias porque entonces atravesaba el país, y de la precipitación con que se sucedían los acontecimientos adversos para las armas francesas, no obtuvieron resultado alguno los ensayos intentados por los hermanos Tissandier, y por algunos otros que con igual abnegación se ofrecieron á prestar este servicio.

Por lo demás, teniendo en cuenta la gran superficie comprendida entre los fuertes exteriores de aquella plaza, y realizada esta empresa en condiciones más propicias, es probable que se hubiera conseguido el objeto, pues cuando no fuera posible descender en buenas condiciones, se arrojarían los paquetes de correspondencia sobre la población ó en sus inmediaciones, y en todo caso,

se comunicarían con los defensores por medio de señales préviamente convenidas, pasando sobre las líneas enemigas hasta poder bajar en lugar seguro.

Tambien se propuso llevar las palomas en los globos de regreso, y soltarlas con los despachos al pasar por los puntos más inmediatos á la plaza, lo cual era un recurso sencillo y que ofrecía muchas ventajas sobre el procedimiento generalmente seguido, pues se tenía por indudable que de este modo efectuarían su regreso de una manera verdaderamente muy segura; pero tampoco llegó á practicarse ni aún parece que se haya intentado, efecto sin duda alguna de las mismas causas que dejamos señaladas y de la carencia de organizacion que se advertía en todo.

Es, sin embargo, muy probable que pudiendo soltar las palomas sin inconveniente aún desde alturas superiores á 2000 metros, siempre que el aeronauta fuera bastante práctico para reconocer sobre un buen mapa el punto de su viaje en que se encontrará á la menor distancia de la plaza, podría efectuarse esta operacion con éxito completo.

De todos modos no pueden ponerse en duda los importantísimos servicios prestados á la Francia por los globos y las palomas mensajeras, pues que sin ellos se hubiera visto privada su inmensa capital de toda comunicacion con el exterior y sin otras noticias que las que recibiera de sus mismos enemigos, que como fácilmente se comprende, no habían de ser las más á propósito para alentarla en su resistencia, aparte del efecto moral que hubiera ejercido seguramente en una poblacion tan numerosa un aislamiento absoluto. Ciento es que, á pesar de todo, no se pudo conseguir que los ejércitos en campaña obráran de acuerdo con los defensores y aún que á veces las correspondencias expedidas sin exámen tuvieron al enemigo al corriente de las agitaciones y de los sucesos ocurridos en el interior de la plaza, pero estas contrariedades se debieron á una porción de causas que no es del caso examinar, y á la desorganizacion que los agitadores habían conseguido sembrar en todas partes y que en gran manera esterilizaron la abnegacion y los sacrificios de los verdaderos patriotas.

Bien merecen, pues, el agradecimiento de sus conciudadanos los aeronautas que tanto contribuyeron á la defensa, evitando á Paris los desfalleci-

mientos porque hubiera pasado sin los servicios que prestaron, arrostrando toda clase de peligros.

No consistían estos solamente en los que son inherentes á semejante género de viajes, sinó que era preciso desafiar el fuego de los enemigos, que naturalmente habían de procurar oponerse por todos los medios á semejantes salidas, que tanto perjudicaban sus proyectos.

En cuanto á los primeros, todos los aeronautas están de acuerdo en que los mayores riesgos de los viajes aéreos ocurren en el momento de la subida y más especialmente en el descenso, por cuya razon y á fin de atenuar éstos en cuanto fuera posible, se hicieron salir de Paris en varias ocasiones dos globos á la vez, con la esperanza de que pudieran auxiliarse al bajar, como sucedió con el *Armando-Barbés* que fué acompañado por el *Jorje-Sand*, y que durante todo el viaje permanecieron á la distancia de unos 100 metros, de modo que los viajeros podían comunicarse perfectamente elevando un poco la voz. Esto tenía además la ventaja de que, si como ocurría algunas veces, era preciso efectuar el descenso en territorio ocupado por el enemigo, el primero que bajaba podía advertir y anunciar la presencia de éste y aún sacrificarse en aras de la salvacion del otro.

Para poder juzgar de los peligros procedentes de los proyectiles enemigos, que indudablemente se han exagerado un poco, empezarémos por describir el cañón especial que se dice fabricado expresamente por Mr. Krupp con el objeto de hostilizar los globos, en vista de que no se conseguían resultados con los fusiles y los cañones ordinarios.

Esta nueva máquina, cuya existencia pone en duda Mr. Fonvielle diciendo que los globos nunca fueron apuntados mas que con granadas y cohetes, apareció detalladamente escrita y acompañada de un grabado que la representa en la acreditada revista *La Nature*, que dirige Mr. G. Tissandier, pero sin duda alguna debió defraudar en la práctica las esperanzas que hiciera concebir. De aquella descripción se deduce que el cañón dicho más se parecía á un telescopio que á una arma de guerra, puesto que consistía en un largo tubo con su alza correspondiente, montado sobre una columna cilíndrica de bronce, de modo que pudiera moverse en todos los planos que pasan por el eje vertical de aquélla con inclinaciones muy variables, á fin de dirigir

la puntería en todos sentidos y á todas las alturas. El cilindro que sostenía el cañón estaba sólidamente fijo en un carro ligero de cuatro ruedas, arrastrado por dos caballos, que llevaba en la parte posterior un pequeño asiento para el tirador.

Sea de esto lo que quiera, parece que los alemanes habían organizado exclusivamente con el objeto de perseguir los globos, un servicio de vigilancia incesante, por medio de centinelas y de pequeños puestos, que tan pronto como descubrían la dirección de alguno de aquéllos lo anunciaban por telégrafo á los que estaban situados en la línea probable del viaje. Estos destacaban entonces partidas de caballería, que á todo escape procurasen alcanzar al globo en su descenso, si ántes no podían perjudicarle con sus fuegos ó tirando sobre él con el cañón dicho que, al decir de los que lo han descrito, á su gran alcance reunía la condición de una gran ligereza y podía, por tanto, dirigirse á toda velocidad al encuentro de los globos. Así es como el 12 de noviembre de 1870 consiguieron atravesar con varios proyectiles el *Dagueurre*, obligando á los viajeros á descender en Ferrieres, en donde fueron hechos prisioneros.

Esta captura, unida á la de otros dos que se debieron á diversas circunstancias y especialmente á impericia de los aeronautas, y el rumor de las medidas de vigilancia adoptadas por los sitiadores, fueron causa de que se decidiera en Paris que las ascensiones se verificarán de noche en lo sucesivo, para que de este modo pudieran deslizarse á favor de la oscuridad, libres de la persecución de los enemigos.

Pronto tuvieron, sin embargo, que renunciar á semejante determinación, que si ofrecía esta ventaja, tenía numerosos y graves inconvenientes y era todavía mucho más peligrosa por otros conceptos. En efecto, con la luz del día el aeronauta puede reconocer el camino que sigue y huir de las sorpresas del enemigo y del fuego de sus cañones, elevándose á una altura de 2000 ó 3000 metros, á las que no son de temer estos, y partiendo al amanecer, cuenta con muchas horas para elegir el punto que considere más seguro para su descenso; mientras que efectuando el viaje de noche es difícil que se resuelva á bajar ignorando hasta la dirección en que le empuja el viento y sin darse cuenta de ello puede encontrarse arrastrado sobre el mar, casi sin pro-

babilidad alguna de salvacion, como les sucedió en estas condiciones á los dos únicos que se perdieron.

En fin, además de los peligros enumerados, esperaba otro mayor todavía á los que cayeran en poder de los alemanes, quienes en los primeros momentos de sorpresa y no sabiendo qué partido adoptar contra este nuevo medio de defensa, declararon que los aeronautas serían tratados como *espías*, por mas que, como probaron los hechos, semejante amenaza no tuvo consecuencia alguna, puesto que fueron considerados como simples prisioneros de guerra.

Hé aquí los términos elocuentes en que protestó contra este nuevo principio del derecho de gentes el secretario de la academia de ciencias Mr. Dumas, con motivo de la partida de Mr. Janssen:

«La decision del conde de Bismarck de entregar á los consejos de guerra á los que sin prévia autorizacion intentan salvár en globo las líneas enemigas, interesa á la academia. Esta no podría aceptar que fuesen punibles operaciones de guerra fundadas en principios científicos nuevos, que el hombre consagrado con abnegacion á la defensa de la pátria que pasa por encima de las líneas prusianas sea culpable de maniobras ilícitas, que nosotros mismos, interesándonos por la aeronáutica, hayamos contribuido á fabricar máquinas de guerra prohibidas.»

«¡Como! cuando nos estaban cerradas las vías terrestres y acuáticas y no nos quedaba mas que la del aire, inconstante y dudosa, que jamás se había puesto en práctica, ¿qué cosa más legítima que el emplearla? La hemos conquistado por procedimientos metódicos, y si funciona regularmente en provecho de nuestras armas ¡en dónde está el delito?»

«Que el enemigo destruya, si puede, nuestros globos al paso, que se apodere de nuestros aeronautas en el momento en que bajen á tierra, enhorabuena. Esto está en su interés, es la ciencia de la guerra. Pero que las personas que caigan en su poder sean entregadas á un tribunal marcial, lejos, en país enemigo, como criminales, es un abuso de la fuerza....»

«El globo que flota por *encima* de las líneas, se *desliza á través de ellas*? Cuando todas las poblaciones siguen su marcha en los aires, las amigas llenas de esperanza y acompañándole con sus oraciones, las enemigas despe-

chadas y sintiendo su impotencia, ¿cómo sostener que se trata de una operacion clandestina?.....»

«En Siracusa sitiada, oponiendo tambien Arquimedes á los esfuerzos del enemigo todos los recursos de la ciencia de su tiempo, hacia cada vez más mortífero el ataque para los romanos, Marcelo, lejos de imputarle á crimen el haber prolongado la defensa con sus invenciones, ordenó que se respetára la vida del grande hombre, y lleno de pesar por su muerte prodigó á su familia los mayores cuidados y atenciones.»

Por ultimo, despues de los incontestables servicios prestados por los globos en esta ocasion, se puede asegurar con un notable publicista que han conquistado un puesto distinguido en las guerras del porvenir, y que desde el momento en que ya las plazas sitiadas podrán establecer por este medio comunicaciones regulares con el exterior y arreglar de concierto con los ejercitos de socorro las operaciones de la defensa, la intervencion de estos utilísimos auxiliares, con una buena organizacion prudentemente preparada, podrá tener una influencia importantísima.

Así, el distinguido general de ingenieros del ejército belga Mr. Wauwermans, que recientemente ha publicado un estudio muy acabado acerca de los globos en el sitio de Paris, al que acompaña un estado tan útil como curioso, que comprende, en el orden en que salieron de aquella plaza, los nombres de los aerostatos y de los aeronautas que los tripulaban, los lugares de sus partidas, los días y las horas en que se verificaron éstas, los pasajeros que transportaron, los sitios y las horas de sus descensos, las distancias recorridas y el número de palomas mensajeras que llevaron con todas las observaciones necesarias para formar juicio completo de sus viajes, despues de examinar y comparar los datos recogidos, deduce las consecuencias prácticas que se desprenden de este notable experimento, muy dignas de tenerse presente en el porvenir; y en vista de la importancia que han tenido, afirma que «en lo sucesivo no habrá ya sitio de plaza grande sin un servicio aerostático para asegurar la correspondencia del interior al exterior, en combinacion con el de palomas mensajeras para establecer la del exterior al interior.»

En tal concepto, aún concediendo que fuera fácil improvisarlo en una gran poblacion que posea edificios propios para la instalacion de los talleres

y otros muchos recursos, concluye que no se puede deducir de esto la inutilidad de alguna organización anterior, aunque sólo tuviera por objeto reunir los varios elementos que se necesitan, y por consiguiente, que ya que no se dotaran las plazas fuertes de todo el material aerostático que les sería indispensable en un sitio, es preciso reconocer la conveniencia y aún la necesidad de crear una escuela aerostática, en la que se conserven y desarrollem las tradiciones del arte en condiciones verdaderamente científicas, para disponer en el momento preciso del personal necesario, y ordenar al mismo tiempo que en aquellas existan siempre los objetos que no pueda suministrar la industria local.

CAPÍTULO III.

CONSTRUCCION Y MANEJO DE LOS GLOBOS LIBRES Y CAUTIVOS.



TEORÍA DE LOS AEROSTATOS. Los aerostatos son, como se sabe, unos aparatos que henchidos con un gas más ligero que el aire, se elevan y sostienen en la atmósfera. Ya desde el principio se les dió una forma aproximadamente esférica, por lo que áun prescindiendo de esta circunstancia se les designa de ordinario con el nombre de globos.

En todos ellos se suelen distinguir generalmente dos partes distintas, á saber: la envoltura impermeable destinada á contener el aire caliente ó el gas; y la barquilla que comunmente es una especie de cesto de mimbre en la que van los aeronautas. La envoltura, ó sea el globo propiamente dicho, tiene una abertura en su parte inferior, que á veces se conserva constantemente abierta, y otra en la parte superior herméticamente cerrada, con una válvula que se abre tirando de una cuerda.

El hemisferio superior del globo vá cubierto por una red de cuerda de grandes mallas, que á la par que aumenta la resistencia de la envoltura sirve para la suspencion de la barquilla.

La teoría de los aerostatos es simplemente una aplicacion del conocido principio de Arquímedes: *Todo cuerpo sumergido en un líquido ó en un gas, pierde una parte de su peso igual al peso del volumen del líquido ó del gas que desaloja.*

En tal concepto, así como al sumergir en el agua un cuerpo de una densidad menor que la de ésta, sube á la superficie y flota, del mismo modo si se llena una envoltura cualquiera impermeable de un gas más ligero que el aire, se elevará y flotará en la atmósfera siempre que su peso sea inferior á la diferencia del de los dos fluidos dichos.

En otros términos; puede decirse que todo cuerpo que desciende libremente en el espacio, experimenta una resistencia ó un empuje en sentido contrario á la acción de la gravedad, igual al peso del volumen de aire que desaloja, y que por consiguiente caerá desde luego cuando su peso real sea superior á la diferencia dicha; permanecerá en equilibrio cuando estas dos cantidades sean iguales; y por el contrario, cuando el peso real sea inferior á la diferencia de peso de los dos gases, subirá con un empuje precisamente igual á la repetida diferencia, que será tanto más considerable cuanto más grande sea el volumen de la envoltura y mayor la ligereza del gas en las mismas condiciones de temperatura y de presión atmosféricas.

Antes, pues, de pasar á describir las diferentes partes que entran en la composición de los aerostatos y el modo de construirlos, conviene indicar el método que se sigue para el cálculo de su fuerza ascensional, ó lo que es lo mismo, para determinar las relaciones que existen entre su volumen, los pesos que hayan de elevar y la ligereza de los gases empleados.

CÁLCULO DE LA FUERZA ASCENSIONAL DE LOS AEROSTATOS. Se da el nombre de fuerza ascensional de un aerostato, á la que determina su movimiento ascendente, que como hemos visto será igual á la diferencia que exista en cada instante de su curso, entre su peso total y el empuje que procede de la diferencia entre la densidad del aire y la del gas con que se haya hinchado aquél. Representando, pues, por V el volumen del aerostato, y por d y d' las densidades respectivas del aire y del gas, suponiéndolos ambos á la temperatura de 0° y á la presión de $0,76$, y llamando por otra parte S á la superficie total del globo, p al peso del metro cuadrado de la sustancia de que esté formado, y P al peso de la barquilla y de sus accesorios; el empuje dicho será igual á $V(d - d')$, y por consiguiente, el valor F de la fuerza ascensional:

$$F = V(d - d') - Sp - P.$$

Suponiendo, pues, el globo aproximadamente esférico y de un radio R ; recordando que el volumen y la superficie de la esfera tienen por expresiones $\frac{4}{3}\pi R^3$ y $4\pi R^2$ respectivamente, y sustituyéndolas en la ecuación anterior, se tendrá:

$$F = \frac{4}{3}\pi R^3(d - d') - 4\pi R^2 p - P.$$

Esta comprende, como se vé, las cantidades que influyen en la citada

fuerza ascensional, y por consiguiente permite determinar una cualquiera de ellas una vez conocidas todas las demás.

En la práctica se suele calcular el volúmen del aerostato por aproximaciones sucesivas, empezando por suprimir el término del segundo miembro de la ecuación dicha, que expresa el peso de la envoltura y que por consiguiente depende del radio que se desea conocer. Deduciendo entonces un primer valor de R , se sustituye en el término suprimido, y ya de la ecuación completa se obtiene otro nuevo, con el que puede procederse del mismo modo que con el anterior, repitiendo esta operación el número de veces que se juzgue necesario, con arreglo á la mayor ó menor exactitud que se quiera conseguir.

Por la expresión del volúmen del globo se vé que los del aire desalojado y del gas interior son proporcionales al cubo del radio, y que por consiguiente lo será igualmente su diferencia, y como el peso de la envoltura es sólo proporcional á la superficie, ó sea al cuadrado del radio, la fuerza ascensional debe crecer con las dimensiones del aerostato, y los pesos que éste podrá elevar serán tanto más grandes cuanto mayor sea su volúmen.

Del mismo modo, en la fórmula $V(d - d')$ se advierte que á medida que sea mayor la diferencia entre las densidades del aire y del gas interior, ó en otros términos, que cuanto más ligero sea éste, mayor será también la fuerza ascensional, advirtiendo que para la exacta apreciación de aquellos es preciso tener en cuenta la temperatura y la presión, que supondremos respectivamente de 0° y de $0,76$.

Estas dos observaciones explican perfectamente la razón que existe para emplear globos de grandes dimensiones, hinchados de gases muy ligeros, en las ascensiones científicas, en las de espectáculo, y en todas aquellas en que se pretende elevarse á grandes alturas.

Por lo demás, como generalmente son conocidos los gases con que se han de llenar los globos y los pesos respectivos de la envoltura, de la red, de la barquilla y de los demás accesorios, queda reducido el problema á determinar el volúmen ó la fuerza ascensional, y esto se consigue por un cálculo muy sencillo.

En efecto, si se quisiera conocer la fuerza ascensional de un globo de di-

mensiones determinadas lleno de gas hidrógeno puro, observaríamos que siendo 0,090 y 1,209 kilogramos respectivamente los pesos del metro cúbico de éste y del aire á 0° y 0,76, la fuerza con que se elevaría el globo sería igual al producto de la diferencia 1,209 kilogramos por el volúmen de aquél en metros cúbicos, ménos el peso de la envoltura y de todos los accesorios.

Si, por el contrario, se desea determinar el volúmen de un globo lleno de gas del alumbrado, capaz de elevar un peso conocido con cierta fuerza ascensional, será preciso dividir la suma de estas dos cantidades, expresadas en kilogramos, por la diferencia de los pesos del metro cúbico del aire y del gas, teniendo en cuenta que la densidad de éste es de 0,65 con relación á la del primero y que el peso de la envoltura se fija aproximadamente por comparación con el que tengan las de otros aerostatos.

Análogamente se procedería en cualquiera de los dos casos anteriores, tratándose de un globo de aire caliente, pero entonces será necesario advertir que como la temperatura que éste adquiere no excede generalmente de 60° á 70°, su densidad es próximamente 0,80 de la que tiene á 0°, y por consiguiente de unos 0,250 kilogramos la fuerza ascensional del metro cúbico, debiendo también tener en cuenta la temperatura del aire ambiente por lo que influye en la que puede alcanzar el que llena el aerostato.

De todos modos éste deberá ser siempre bastante mayor que lo que resulte de los cálculos anteriores, para que tenga la fuerza ascensional suficiente antes de estar completamente lleno, pues como la densidad de la atmósfera disminuye progresivamente con la altura, llegaría un momento en que la presión del aire exterior sería insuficiente para contrarrestar la fuerza expansiva del gas encerrado en el globo, que por consiguiente acabaría por estallar si no pudiese aumentar de volúmen.

Por otra parte, la fuerza ascensional tiende á disminuir á medida que el globo se eleva, así por efecto de la indicada rarefacción sucesiva de la atmósfera, como á consecuencia de la endosmosis que siempre se opera á través de la envoltura, por muy esmerada que haya sido su confección, y que dá lugar á que penetre en el interior de aquél cierta cantidad de aire, al mismo tiempo que se pierde una parte del gas.

Si á todas estas circunstancias, difíciles de comprender en el cálculo y de

combatir ó modificar en la práctica, se agrega la influencia que en todas ellas ejercen las variaciones de temperatura y de presión atmosféricas, se comprenderá la imposibilidad de llegar á resultados completamente exactos en la apreciación del volumen y fuerza ascensional de los globos, y que los cálculos anteriores no deben considerarse más que como un límite que pueda servir de punto de partida, sin que esto, después de todo, tenga gran importancia en la práctica, dado que la indeterminación ó vaguedad del problema se compensa en gran parte con la cantidad de lastre que, como veremos, se lleva siempre en la barquilla y que podrá ser mayor ó menor según los casos.

Resulta, pues, que aunque se puede calcular la fuerza ascensional de un globo cuando se conoce el volumen del gas introducido y su densidad exacta, el peso de la envoltura y de los accesorios, que también varía con las condiciones higrométricas del aire, lo que ordinariamente se hace en la práctica es medirla con un dinamómetro, antes de que el globo abandone la tierra.

CÁLCULO DE LA FUERZA ASCENSIONAL DE LOS GLOBOS CAUTIVOS Y DEL PESO Y RESISTENCIA DE SUS CABLES DE SUJECIÓN. El cálculo que nos proponemos ahora, no difiere aparentemente del que acabamos de exponer para los globos libres, siempre que á los pesos que suponíamos habían de elevar éstos, se añada el de los cables de sujeción; pero este depende, en primer término, de sus longitudes, ó sea de la altura que haya de alcanzar el globo, y en segundo lugar, de sus diámetros, determinados por el esfuerzo á que hayan de resistir; y como todos los dichos elementos están íntimamente relacionados, esta circunstancia introduce alguna complicación en el problema.

Sería, sin embargo, de poca consideración, suponiendo perfectamente en calma la atmósfera, y que el globo pudiera alcanzar, por consiguiente, una altura prevista, subiendo verticalmente sin la menor desviación lateral, porque entonces se deduciría fácilmente el peso del cable de sujeción, ya que su longitud sería determinada, y su diámetro procedería de la máxima resistencia que hubiera de ofrecer á la fuerza ascensional, que disminuyendo gradualmente, como hemos visto, á medida que se eleva, tendría lugar indudablemente en el momento de la partida, prescindiendo de lo que siempre

puede moderarla la cantidad variable de lastre que debe llevar en la barquilla.

Pero no son estas las condiciones en que debe plantearse el problema, pues aparte de que apenas se ven realizadas una sola vez, es indispensable, por el contrario, preparar el material, para resistir á las agitaciones ordinarias de la atmósfera, y aun para las más desfavorables á la ascension de los globos cautivos, si han de ser frecuentes y de utilidad práctica en la guerra las aplicaciones de estos ingeniosos aparatos.

Para introducir, pues, en el cálculo este nuevo importante factor, conviene tener presente que la accion del viento sobre un globo cautivo tiende á hacerle girar alrededor de su punto de sujecion o (lámina 1.^a, fig. 1), con un esfuerzo que supondremos representado por la recta $A B$, y que está contrarestado por la fuerza ascensional del globo, que indicaremos por $A C$; de modo que, para el equilibrio de éste, en la hipótesis de que fueran constantes las dos fuerzas dichas, sería condicion indispensable la igualdad de sus momentos.

Designando, pues, P' la presion por unidad de superficie ejercida por el viento sobre el globo, E la fuerza ascensional del mismo, S su sección meridiana, l la longitud del cable y α el ángulo $A O D$ que representa la inclinacion de éste sobre el horizonte; el momento de la fuerza del viento será:

$$P' \times s \times O a = P' \cdot s \cdot l \cdot \sin \alpha$$

y el de la fuerza ascensional

$$E \times o b = E \cdot l \cdot \cos \alpha$$

- de modo que la ecuación que corresponde á la posicion de equilibrio, será:

$$P' \cdot s \cdot l \cdot \sin \alpha = E \cdot l \cdot \cos \alpha$$

$$\text{ó sea } \tan \alpha = \frac{E}{P' \cdot s}.$$

De ella se deduce: 1.^o, que el ángulo α disminuye á medida que aumenta el valor de P' ó sea la accion del viento, es decir, que cuando ésta aumenta el globo tiende á bajar hacia el suelo, siempre que el valor de E permanezca constante; 2.^o, que el aumento de la fuerza ascensional E tiende por el contrario á que sea mayor el ángulo dicho, y que por consiguiente éste podría permanecer constante, si al mismo tiempo que P' creciese E proporcional-

mente; de lo que se desprende la conveniencia, ó mejor dicho, la necesidad de llevar lastre en la barquilla, áun en las ascensiones cautivas, á fin de poder arreglar por su medio la fuerza ascensional á las variaciones de intensidad del viento; 3.^o, en fin, que siendo el valor del ángulo α independiente de la longitud del cable de sujecion, el globo podrá elevarse indefinidamente, en teoría, desarrollando mayor ó menor longitud de cable.

Sea de esto lo que quiera, es indudable que la accion del viento sobre el globo, necesariamente ha de separar el cable de sujecion de la vertical, y por consiguiente, para que aquel pueda subir á grandes alturas, se necesitará un cable muy largo y una gran fuerza ascensional, por lo que supondremos que el valor de α sea de 45° en las condiciones más desfavorables como máximo al que se pueda aspirar en las ascensiones cautivas, y entonces para determinar la longitud de cable correspondiente á una altura dada, se observa que aquella sería la hipotenusa de un triángulo rectángulo isósceles, y por consiguiente igual á la altura dicha multiplicada por $\sqrt{2}$, ó sea

$$\text{longitud} = \text{altura} \sqrt{2}.$$

Pero como el cable de sujecion no puede tenderse exactamente en línea recta y ha de afectar alguna curvatura á causa de su mismo peso y de la accion que sobre él ejerza el viento, suponiendo próximamente de $\frac{1}{10}$ el aumento de longitud de aquél por esta causa, resultará

$$\text{longitud} = \text{altura} \sqrt{2} + \frac{1}{10} \text{altura} \sqrt{2}$$

de la que se deducen los valores de la tabla siguiente:

LONGITUD del cable de sujecion para diferentes alturas del globo $\sqrt{2} = 1,414$

Alturas.	Longitud del cable en línea recta.	Longitud real del cable.
100	141,4	155,54
200	282,8	311,08
300	424,3	466,73
400	565,6	622,16
500	707,0	770,70
600	848,4	933,24
700	989,8	1088,78
800	1131,2	1244,32
900	1272,6	1399,86
1000	1414,0	1555,40

Para calcular ahora el diámetro del cable, supondremos tambien que su máxima fuerza de resistencia corresponde á los esfuerzos desarrollados cuando el ángulo α es de 45° , y como entonces serán iguales la accion del viento y la fuerza ascensional del globo, se tendrá representando por T la resultante de estas dos fuerzas

$$T^2 = E^2 + P' s^2$$

ó bien

$$T = P' s \sqrt{2}.$$

Pero el valor de $P' s$, accion del viento sobre la superficie del globo, puede suponerse igual á la presion que aquel ejercería sobre un círculo del mismo diámetro, porque si bien en una esfera sólida no excedería de las $\frac{3}{7}$ partes de la resistencia que le opondría su círculo generador, en el caso presente no puede considerarse de este modo, pues además de que la tela del globo se deprime bajo la accion dicha, hay que tener en cuenta la resistencia que opone la red, que juntamente con la de todos los accesorios, hace que sin diferencia sensible pueda apreciarse, como queda indicado.

Representando, pues, por R el radio del globo, la expresion anterior se convertirá en la siguiente:

$$T = \pi R^2 P' \sqrt{2}.$$

Una vez conocido el esfuerzo T á que ha de estar sometido el cable de sujecion en las condiciones indicadas, ya se puede calcular el diámetro ó la circunferencia del mismo, admitiendo que su resistencia á la ruptura, deducida de la experiencia, puede evaluarse en 5 ó 6 kilogramos por milímetro cuadrado de su sección transversal, ó bien por medio de las fórmulas siguientes:

$$G = 400 d^2 \quad y \quad G = 40,5 c^2$$

en las que G representa la carga de ruptura en kilogramos, d y c respectivamente el diámetro y la circunferencia, en centímetros de su sección transversal.

Generalmente no deben someterse las cuerdas de cáñamo á esfuerzos superiores á la mitad de los que son capaces de romperlas, y aun debieran reducirse al quinto como cargas permanentes, teniendo presente, entre otras cosas, que las cuerdas mojadas pierden tambien una tercera parte de su resistencia.

Determinada la circunferencia de los cables, se puede calcular su peso en kilogramos por metro longitudinal, mediante la fórmula

$$p = 0,00823 c^2$$

en la que p representa el peso y c la circunferencia dicha en centímetros.

Ahora bien, en vista del peso de los cables de sujecion y de la fuerza ascensional que ha de conservar el globo para resistir los esfuerzos del viento, puede ya deducirse aproximadamente su volúmen, aplicando los métodos indicados al efecto y advirtiendo, que con mayor razon todavía son aplicables á este caso las consideraciones que dejamos hechas respecto á la indeterminacion del problema, como fácilmente se descubre al observar la influencia recíproca que tienen entre sí, el volúmen del globo, su fuerza ascensional y el diámetro y peso del cable de sujecion, que tampoco pueden fijarse exactamente por el cálculo anterior, puesto que además de ser muy variables los esfuerzos de que depende, es preciso todavía que su resistencia sea mucho más considerable, para vencer las violentas sacudidas que pueden oca-sionar las ráfagas de viento.

Repetirémos, pues, como entonces, que los cálculos anteriores no tienen más objeto que el de señalar un punto de partida ó límite inferior en la apreciacion de los datos que se desean conocer, y que por consiguiente han de modificarse por medio de importantes coeficientes de correccion, determinados por la experiencia.

FORMA Y CONSTRUCCION DE LA ENVOLTURA. Los aerostatos afectaron en un principio las formas más caprichosas y originales, y aun hoy se emplean en los espectáculos públicos simulando cuadrúpedos y animales extraños, con agradable sorpresa de los espectadores, que se complacen en ver elevarse y cruzar la atmósfera objetos que, en apariencia, pugnan abiertamente con la idea de la ligereza y de las propiedades necesarias á la verosimilitud de aquellos efectos. Pero pronto se hubo de adoptar la forma esférica, como la más conveniente, por ser la que entre todas las figuras geométricas presenta la propiedad de tener menor superficie á igualdad de volúmen, y porque ofrece muy buenas condiciones de estabilidad; circunstancias ambas muy importantes y dignas de tenerse en cuenta en la práctica de la aerostacion.

Dejando, pues, á la originalidad é inventiva de los aficionados, el cuidado

de seguir los procedimientos más adecuados á la construccion de las figuras que se propongan obtener, indicaremos el método que se debe seguir en el corte y construccion de los aerostatos esféricos, que son los comunmente empleados hasta ahora en las aplicaciones militares.

Desde luego se advierte que la forma esférica ha de ser el resultado de unir por sus bordes un cierto número de husos, variable con el diámetro del globo y con la mayor ó menor exactitud que se deseé conseguir en la esfericidad; pero cualquiera que sea aquél, la manera de cortarlos no varía y consiste en obtener, por un procedimiento geométrico, un modelo ó plantilla para acomodarse á sus contornos al efectuar esta operacion.

Ya Tiberio Cavallo, en 1785, dos años despues de la invencion de los aerostatos, había publicado al efecto una fórmula logarítmica, reducida en resumen á determinar matemáticamente los elementos necesarios de un globo tipo, de los que se podían deducir los de otro cualquiera, de un diámetro determinado; pero este método exige cálculos preliminares bastante largos, y por consiguiente nos limitaremos á indicar la construccion geométrica más generalmente aceptada.

Conocido el volúmen del globo y su radio correspondiente, se traza con éste, sobre una superficie plana, un cuarto de círculo AOG (lám. 1.^a, fig. 2), dividiendo en seguida el arco AG en cierto número de partes iguales. Suponiendo que éstas sean seis, y que cada una de ellas represente, por tanto, la veinticuatroava parte de la circunferencia entera, bastará llevar sucesivamente el radio AO , de A á E y de G á C para obtener los tres arcos AC , CE y EG , que se dividen á su vez en partes iguales en los puntos B , D y F , á fin de tener las seis que se deseaban. Tirando ahora por los puntos de division las rectas BH , CI , DJ , EK y FL , paralelas al radio AO , éstas representarán los radios de igual número de círculos paralelos al ecuador del globo, cuyo meridiano está representado, en parte, por el arco AG .

Suponiendo que éste fuese el ecuador, dividido tambien en otras veinticuatro partes iguales, y uniendo el centro O con el punto M , medio del arco AB , el sector AOM , representaría la proyección de uno de los semi-husos de la esfera, y si desde dicho centro y con radios iguales á BH , CI , etc., se trazan los arcos aa' , bb' , cc' , dd' , ee' , estos serán los que en el huso co-

rresponden á los paralelos mencionados, y representarán respectivamente la vigésimacuarta parte de aquellos.

Consideremos, pues, desarrollada la circunferencia del radio $O A$, segun la línea recta $R S$, como resultado de haber llevado sobre ella sucesivamente doce veces la longitud del arco $A B$, supuesto próximamente igual á una recta; si desde los puntos de division a, b, c, d, e, f , correspondientes á estas longitudes, se describen á uno y otro lado de la recta dicha y con los rádios respectivamente iguales á los arcos, supuestos rectificados, $A M, a a', b b'$, etc., pequeños arcos de círculo; ó si lo que es lo mismo, por dichos puntos de division se trazan una serie de rectas paralelas y se llevan sobre ellas á uno y otro lado de aquella las longitudes respectivas de los arcos dichos, será suficiente para obtener el contorno del huso trazar dos curvas $R TS$ y $R VS$, que sean tangentes á los pequeños arcos dichos, ó que pasen por los puntos señalados sobre las citadas paralelas.

La base de este método consiste, como se vé, en admitir que los arcos que resultan de las divisiones anteriores, puedan considerarse sensiblemente iguales á sus cuerdas, y como esto no se verifica más que cuando aquellos son bastante pequeños, resulta, como ya hemos indicado, que segun el tamaño del globo ó el grado de exactitud á que se aspire en su forma, así se multiplicarán las divisiones. Así, por ejemplo, si el globo hubiera de ser muy grande, podría suponérsele formado por la yustaposicion de cuarenta y ocho husos, en lugar de los veinticuatro que hemos supuesto anteriormente, dividiendo entonces en doce partes iguales el arco AG y repitiendo, por lo demás, la construccion análogamente á la precedente.

Es preciso advertir que, como los globos tienen una abertura en su vértice ó parte superior que se cierra con una válvula, no se deben terminar en punta los diferentes husos de que se componen, sino que se cortan un poco segun el diámetro que haya de tener aquella. En la parte inferior terminan en un apéndice tronco-cónico, ó de otras formas más ó ménos graciosas, segun el gusto de los constructores; pero sobre las que no es posible dar reglas fijas. Ordinariamente, para formar el citado apéndice, suele prolongarse en un sexto de su longitud total la linea media del huso y en lugar de terminar éste en punta, se le deja, como indica la figura, una anchura que varia propor-

cionalmente al número de ellos, y en razon de las dimensiones que haya de tener.

Una vez determinada la forma y dimensiones exactas de los husos, se saca de la figura correspondiente una plantilla de papel fuerte ó de carton, y áun de plancha delgada de zinc, que, colocada sobre el tejido de que se ha de formar la envoltura despues de bien estirado, sirve para señalar los contornos de aquellos y proceder á cortarlos, teniendo la precaucion de aumentar en todos ellos la parte necesaria para las costuras.

Es medida muy atendible y que no debe echarse en olvido, la de multiplicar las costuras, así en el sentido horizontal como en el vertical, para que si se produce un desgarramiento no pueda extenderse fácilmente y adquirir grandes proporciones. De este modo se consigue en efecto formar una especie de red que consolida el tejido extraordinariamente, y á fin de obtener una distribucion conveniente de las costuras dichas, se dividen los husos en trozos comprendidos entre dos meridianos y dos paralelos sucesivos.

Esta precaucion, tanto más necesaria en los globos militares, cuanto que en algun caso pudieran ser alcanzados por los proyectiles enemigos, se completa consolidando las costuras con dos tiras de tela superpuestas sobre ellas, una por la parte interior y la otra por el exterior.

Con el mismo objeto se ha propuesto tambien, como ya hemos indicado, encerrar una cuerda delgada en cada una de las costuras, de modo que el aerostato resulta cuadriculado por líneas paralelas al ecuador y las que representarían los meridianos, con lo cual se podrá prescindir de la red, aprovechando estas para la suspension de la barquilla.

Las costuras suelen hacerse doblando los bordes de la tela de los dos husos contiguos, de modo que en el doblez de cada uno esté comprendida la parte doblada del otro, con lo cual resultan aquellas de cuatro telas superpuestas, y por consiguiente muy reforzadas (lám. 1.^a, fig. 4).

La parte superior de los aerostatos se consolida siempre en una extension más ó ménos considerable, segun su volumen, con un forro de la misma tela empleada en su construcion.

Al efectuar el corte de los husos, y sin perjuicio de haber arreglado sus dimensiones á la anchura de la tela de que se disponga, siempre que ésta no

se encargue exprofeso á las fábricas, para que desde luego tenga la más conveniente, se ha de procurar hacerlo con las menores pérdidas posibles, combinando oportunamente los diversos trozos que se hayan de sacar de cada pieza.

Merece citarse á este propósito el procedimiento seguido por el célebre ingeniero Mr. Giffard para el corte de los 104 grandes husos de que se componía su famoso globo cautivo de la exposición de 1867 en París, que tenía 36 metros de diámetro y exigía por consiguiente que aquellos tuviesen una longitud de 56 metros y una anchura máxima de 1,07 metros.

Cada uno estaba dividido en 14 partes, de las que las dos extremas superior é inferior, después de cortadas sus puntas en relación con las dimensiones de las aberturas correspondientes, tenían cada una 1^m,60 de longitud, siendo de 4^m,20 la de todas las demás.

Los diferentes trozos se combinaron de modo que salieran dos á la vez de la anchura de la tela, de modo que mientras el 2-3 (lám. 1.^a, fig. 3) estaba comprendido dos veces en ella, el 1-2 se cortaba con el 3-4 y el 0-1 con el 4-5, utilizando de este modo casi toda la superficie de aquella, con la economía que debía observarse en una construcción tan importante.

El corte se verificó superponiendo ocho paños, en obsequio á la brevedad, perfectamente estirados con prensas de madera colocadas de distancia en distancia, y sujetos á la mesa con alfileres, empleando una cuchilla especial que el operario apoyaba sobre el hombro por su extremidad para conservar libres las dos manos y poder guiarse por el trazado, que se hacía siguiendo exactamente el contorno de una plantilla de cartón.

El cosido se ejecutó á la máquina, con separación de las porciones correspondientes á cada uno de los dos hemisferios en que se consideró dividido el globo por el ecuador, y que después se unieron á lo largo de éste.

Todas las costuras eran dobles y paralelas, y á fin de prevenir los escapes de gas que hubieran podido efectuarse á través de los agujeros producidos por la aguja, se cubrieron con dos tiras, pegadas con cauchú líquido, una interior de muselina, y otra exterior formada por dos telas, entre las que existía una capa de aquella misma sustancia vulcanizada.

Tambien se construyen los globos sin costuras, uniendo sus diferentes pie-

zas con un cemento á propósito, con lo que se economiza mucho tiempo y trabajo.

Los de papel se pegan con cola, y para hacerlos más sólidos ó suspender algun objeto, sin necesidad de red ni de otra disposicion alguna especial, se introducen al construirlos en cada una de las uniones, una estrecha cinta de seda ó de algodon y hasta un simple cordoncito, reforzando la parte superior con un disco de papel barnizado que se pega en el punto de union de los husos, y terminando la parte inferior con un apéndice del mismo material, que sirve para la introduccion del gas.

MATERIALES EMPLEADOS EN LOS AEROSTATOS. La naturaleza de los materiales empleados en la construccion de los globos, varía generalmente con los objetos á que estos se destinan, por cuya razon, así como por la importancia de este asunto, parece oportuno indicar los más comunmente empleados, para deducir del exámen de los resultados que con ellos se han obtenido, los que sean más convenientes segun los casos.

Tres son las condiciones esenciales á que han de satisfacer, á saber: impermeabilidad, resistencia y ligereza.

La impermeabilidad es seguramente la más difícil de conseguir y acaso tambien la más importante para las aplicaciones militares, en cuanto permite conservar llenos los globos durante mucho tiempo, ofreciendo de este modo la grandísima ventaja de tenerlos siempre dispuestos para efectuar rápidamente las ascensiones necesarias.

Los tejidos de uso más frecuente para satisfacer á las exigencias dichas son de algodon ó seda, cubiertos con barnices especiales, de los que se han ensayado muchos, y que en su mayoría se componen principalmente de aceite de linaza mezclado con goma, cauchú ú otras sustancias análogas.

Los primeros globos de los hermanos Montgolfier eran de lienzo tosco, forrados interiormente con papel pegado, ó simplemente de papel; y los de Charles, fueron ya de tela cubierta con un barniz especial.

Hoy mismo, los globos de aire caliente se hacen de tela cubierta con hojas de papel encolado ó enlucida con una capa de pintura; pero como para conservar la fuerza ascensional suelen llevar un hornillo encendido que conserve en lo posible la temperatura de aquél, se corre el riesgo de que se in-

cendien, ó cuando ménos de que el calor los inutilice ó los destruya, aún empleando telas incombustibles y aparatos de calefaccion ó estufas especiales que alejen este peligro.

De aquí el que aún siendo fácil de conseguir la incombustibilidad de las telas se haya tratado de sustituirlas con otro material más seguro, proponiendo al efecto el asbesto ó amianto, que parece se ha probado ya en alguna ocasión con éxito satisfactorio, pero que siempre presentará los dos graves inconvenientes de su peso excesivo y mucho coste, suficientes probablemente para que no pueda generalizarse en las construcciones aerostáticas.

Los tejidos de los que hayan de henchirse con gas suelen ser de algodón, por razon de economía, como eran los que partieron de Paris durante el sitio; y aunque entre ellos hubo algunos que con una capacidad de 2000 metros cúbicos, llenos de gas del alumbrado, eran capaces al cabo de diez horas, de elevar todavía un peso de 500 kilogramos, es lo cierto que por regla general dieron muy malos resultados.

Al decir del director de correos y telégrafos Mr. Steenackers, luego que descendían se les arrollaba en la barquilla revueltos con las cuerdas, y se remitían á Tours por camino de hierro. De este modo el barniz se calentaba por el contacto y el frotamiento durante el viaje, y en cuanto llegaban era preciso colgarlos en un paraje cubierto á fin de despigar todas las partes que se habían adherido, llenándolos de aire caliente para impedir nuevas adherencias. En fin, los globos dichos tenían además el grave defecto de que por la excesiva porosidad de los tejidos perdían rápidamente grandes cantidades de gas, á pesar de llevar varias capas de barniz, siendo indudablemente este defecto el que más contribuyó á ocasionar el descenso de algunos de ellos en territorio ocupado por los alemanes.

Despues de examinar por transparencia sus desperfectos metiéndose en su interior, se remendaban y barnizaban de nuevo; pero como estas reparaciones eran muy laboriosas y poco eficaces, cuando fué necesario construir uno para el servicio de reconocimientos del ejército del Loire, se resolvió hacerlo de seda de la mejor calidad, encargándola á Orleans con este objeto, y consiguiendo así que resistiera perfectamente durante toda la campaña.

Sin desechar, pues, en absoluto los tejidos de algodón, una vez que pue-

den ser suficientes para ciertas aplicaciones y que siempre serán mucho más baratos que los de seda, puede decirse que los globos militares deberán hacerse generalmente de este último material, por su mayor solidez y duracion. Aquél se deteriora pronto por la accion del gas, y no sólo es más pesado que éste, sinó que absorbe mayor cantidad de barniz por efecto de su gran porosidad y nunca resulta bastante impermeable para oponerse eficazmente á una pérdida rápida de fuerza ascensional, especialmente cuando se emplea el hidrógeno.

De seda escogida eran los empleados por los americanos durante la guerra de la secesion, y á esta circunstancia y á la de haber usado un excelente barniz preparado por Mr. Lowe, debieron la ventaja de que sus globos, llenos de gas hidrógeno, conservasen durante más de quince días la fuerza ascensional suficiente para efectuar en el momento cuantas ascensiones hicieron necesarias los sucesos de la guerra.

Los ingenieros militares ingleses han ensayado tambien satisfactoriamente las telas de hilo finas, cubiertas con un barniz de cola y aceite hervido, y con otras composiciones especiales, obteniendo de este modo una economía no despreciable, no sólo por razon del precio, sinó por ser mucho más ancha que la seda, la batista de hilo.

En unas pruebas verificadas en el arsenal de Woolwich en 1878, con uno de los globos que forma parte del material aerostático del ejército inglés, se ha conseguido que permaneciera lleno de hidrógeno, sin pérdida alguna apreciable, durante toda una noche, y que al cabo de ocho días sólo hubiera experimentado la de unos 28 metros cúbicos. Este resultado fué tanto más satisfactorio cuanto que el globo era de construccion reciente, y parece que bajo este aspecto son preferibles, según ha demostrado la experiencia, los que ya se hayan usado algunas veces, por cuya razon conviene efectuar con ellos una serie de ascensiones preliminares antes de emplearlos en objetos prácticos.

El coronel Laussedat, como jefe de la comision de oficiales de ingenieros que en Francia se ocupa en el estudio de las aplicaciones y progresos de la aerostación militar, afirma que los capitanes á sus órdenes Mrs. Delamibre y Renard, despues de pacientes y largas investigaciones han encontrado el

magnífico barniz cuya composición había indicado vagamente Mr. Conté, y que tan buenos resultados había dado en los primeros globos militares, asegurando que permitiría conservarlos hinchados durante meses enteros, como sucedía con aquellos. Dice también, que después de recibir cinco capas de la composición dicha, el peso de la tela no excede de unos 25 gramos por metro cuadrado, y que los mencionados oficiales han inventado y construido, al mismo tiempo, un aparato para probar la impermeabilidad de los tejidos bajo presiones superiores á las que pueden suponerse al gas encerrado en los globos.

Cuando estos hayan de tener dimensiones muy grandes, como los construidos por los célebres ingenieros Giffard y Dupuy de Lome, de los que habrémos de ocuparnos más adelante, es preciso que los tejidos sean de gran resistencia, y entonces hay que recurrir á otras disposiciones más eficaces:

El de Mr. Dupuy de Lome era de un tejido formado por dos telas de seda blanca superpuestas, con una capa de cauchú intermedia y barnizado por ambas caras con una composición de glicerina y de cauchú que aseguraba su impermeabilidad, siendo su peso de 52 gramos por metro cuadrado. Se consiguió la completa adherencia de estas diferentes partes, pasándolas bajo una fuerte presión entre dos cilindros calientes.

Los que construyó Mr. Giffard para las exposiciones universales de París y de Lóndres, en los años de 1867 y 1869, y en la más reciente de 1878, necesitaban, por la naturaleza misma del objeto á que se destinaban, así como por sus dimensiones, un tejido muy sólido y completamente impermeable, y en efecto, después de muchas investigaciones y de numerosos ensayos, se consiguió fabricar uno tan eficaz, que siendo el volumen del último de aquellos de 25000 metros cúbicos, y efectuando varias ascensiones diarias, era suficiente suministrarle unos 200 metros cúbicos cada dos ó tres días para que conservase toda su fuerza ascensional. Comparando esta pérdida con su inmenso tamaño y teniendo en cuenta la que siempre se verifica por los intersticios de las válvulas, se comprende que la que se efectuase á través de la tela sería verdaderamente insignificante, y por tanto puede considerarse resuelto este problema para los grandes aerostatos.

El tejido en cuestión (lám. 1.^a, fig. 5) se componía de cuatro telas super-

puestas, de fabricacion especial, que presentaban la misma resistencia en todos sentidos, separadas por tres capas de cauchú.

Se obtuvo la adherencia de todas ellas por un procedimiento análogo al que se siguió en la fabricacion de la tela para el aerostato de Mr. Dupuy de Lome, haciéndolas pasar juntas por entre dos cilindros que las comprimían fuertemente, girando uno sobre otro, siendo su peso de 1,50 kilogramos por metro cuadrado.

La superficie exterior se barnizó con una composicion de aceite de linaza, cocido con una pequeña cantidad de litargirio, y mezclado con una disolucion de cauchú en esencia de trementina, y encima se le dió una capa de pintura blanca para evitar cuanto fuese posible la elevacion de la temperatura del gas interior bajo la influencia de los rayos solares.

Para probar la resistencia del tejido dicho y estirarlo al mismo tiempo, á fin de prevenir las deformaciones que despues de empleado podría experimentar sin esta precaucion, á consecuencia de la dilatacion del gas, y á fin de evitar que el barniz se resquebrajara, por ser ménos elástico que aquél, se sometió á la traccion de 1000 kilogramos, durante 15 minutos, suponiendo este esfuerzo tres veces superior al que sobre él ejercería la presion del hidrógeno, habiendo obtenido de este modo un alargamiento del tejido, equivalente al 3 por 100 de su longitud primitiva.

Despues de sometidas á esta operacion todas las piezas, se arrollaban en cilindros de madera y se colocaban enfrente de la mesa en que se cortaban los husos.

El barnizado se efectuó al aire libre, no sin algunas dificultades procedentes de las lluvias, dándole una segunda mano despues de seca la primera, antes de proceder á pintarlo.

Refiérese acerca de este asunto, que los obreros encargados de barnizar el globo de la exposicion de Lóndres, al ir á colocar la red y encontrando demasiado duras las cuerdas, creyeron que sería conveniente engrasarlas con sebo, y cuando éste empezó á fundirse se extendió sobre la tela, atravesando la capa de barniz y dejando aquél acribillado por una multitud de agujeros que lo inutilizaron.

Claro es que los tejidos empleados en la construccion de estos grandes

aerostatos son demasiado pesados para los globos militares, que han de ser de dimensiones mucho menores, á fin de que puedan transportarse fácilmente, por lo que se hacen de materiales más ligeros, que tengan la impermeabilidad suficiente para conservar el gas durante algunos días.

Aunque suele emplearse á veces un tejido formado por una hoja de cauchú, interpuesta entre dos telas, los más ordinariamente usados son la seda y el algodón, procurando que sean muy ligeros, tupidos y resistentes. Los de seda son preferibles siempre, pero más especialmente cuando haya de henchirse el globo con hidrógeno, pudiendo emplear los de algodón, como más económicos, con el gas del alumbrado, por ser éste mucho más denso que el primero.

La composición de los barnices es también muy variable. Uno de los más comúnmente usados, consiste en una mezcla de esencia de trementina y de aceite de linaza, que se hace secante hirviéndola con una proporcionada cantidad de litargirio y se aplica caliente con una muñeca ó una esponja, mejor que con brocha ó pincel, para que penetre bien en los poros del tejido.

Resulta mucho más eficaz para el objeto si en la mezcla anterior se disuelve una cantidad de cauchú, y entonces, para fabricarlo, se empieza por hacer la disolución de esta sustancia en la trementina al baño de María, teniendo cuidado de agitar frecuentemente la vasija durante la operación. Luego que esta primera mezcla alcanza la consistencia de jarabe, se la deja enfriar y se la decanta, echando después encima el aceite de linaza.

Se encarece también como muy bueno el inventado por Mr. Troost, formado de gelatina, tanino, glicerina y ácido pirogálico, mezclados y calentados varias veces al baño de María.

Generalmente sólo se extiende una capa de barniz sobre cada una de las caras del globo, dejando transcurrir el tiempo necesario para que se haya secado la primera antes de dar la segunda, y es de advertir que cuando aquél es de seda blanca, esta operación le hace tomar un color gris, que por ser poco visible á distancia, no deja de tener sus ventajas en los globos destinados á reconocimientos militares.

A parte de otros materiales de fabricación especial que se han propuesto para efectuar estas construcciones, y de los que ya se han ensayado algunos

sin éxito, entre los cuales figura el cobre en hojas muy delgadas, se indica tambien como muy conveniente, por su impermeabilidad, la tripa de buey oportunamente preparada al efecto; pero es de creer que nunca tenga gran aplicacion á causa del gran número que se necesitaría, habiendo de emplearlas en varias capas superpuestas, por cuya razon es más que probable quede limitado su uso, como hasta aquí, á la construccion de globos pequeños, que puedan servir de señales en ciertas circunstancias y tambien como correos ó pilotos.

En fin, puesto que los aerostatos de tamaño reducido, así por sus aplicaciones como por la facilidad y economía con que se construyen, podrán ser de uso frecuente en la guerra, parece oportuno hacer algunas indicaciones acerca de los materiales que deberán emplearse en ellos y de las modificaciones que pueden introducirse en su construccion.

Merecen, pues, consignarse con este objeto los repetidos ensayos realizados en Metz, durante el sitio de 1870, dirigidos á encontrar un material económico que pudiera servir para hacer globos pequeños, destinados al transporte de paquetes de cartas en la forma ya descrita, puesto que en estas condiciones sería posible elevar varios en un mismo día y era de esperar, por consiguiente, que algunos habrían de salvar las líneas enemigas.

El problema estaba, pues, reducido á encontrar un tejido muy ligero y bastante impermeable, á fin de que los globos pudieran permanecer algunas horas en el aire, calculando el número de éstas por el trayecto que habrían de recorrer segun las diferentes velocidades de los vientos, para caer en lugares seguros y no ocupados por el enemigo.

Al efecto se empezó por ensayar algunos tejidos ligeros impregnados de barniz al cauchú, pero además de que éste tardaba mucho en secarse, las telas adquirían un peso tan considerable que no era posible construir con ellas globos de pequeñas dimensiones, y aunque por estas causas se probó el sustituirlo con otro de colodion, no sólo no se consiguieron mejores resultados en cuanto al peso, sino que eran tambien muy grandes las pérdidas de hidrógeno.

Vista la ineeficacia de estas diversas tentativas, se recurrió al papel vejetal, del que había una gran existencia en la escuela de aplicacion de artillería é

ingenieros, con la esperanza de que siendo fino, flexible y muy resistente, se prestaría muy bien al objeto. Se dispuso, pues, un saco capaz de contener unos 500 litros de gas, y aunque inmediatamente después de hinchido se elevó al techo de la habitación en que se hacían las pruebas con un peso de 60 gramos, cayó al suelo á los diez minutos, á consecuencia de las pérdidas considerables que experimentaba.

Entonces se pensó en barnizarle con un compuesto formado por dos volúmenes iguales de colodion y éter, al que se añadía el 1 por 100 de aceite de ricino, consiguiendo de este modo permaneciera ya tres horas en el aire con 35 gramos de lastre, con lo que se consideró resuelto el problema.

Construido, en efecto, un globo de la misma capacidad, barnizado por ambas caras y lleno con hidrógeno en sus tres cuartas partes, se conservó elevado cinco horas con un peso suspendido de 40 gramos, y ya en vista de estos resultados y teniendo en cuenta que durante aquel tiempo hubiera podido recorrer una distancia de 90 kilómetros con un viento moderado, y que, por consiguiente, podría conducir muy bien una carga de 35 gramos de correspondencia por encima de las líneas enemigas, se adoptaron desde luego los materiales indicados para el servicio aerostático que se deseaba establecer.

Puede servir también, al efecto, el papel ordinario, cubriéndolo por ambas caras con una capa de aceite cocido con litargirio, pero tiene el inconveniente de que con esta preparación se hace quebradizo al cabo de algún tiempo, y por consiguiente no conviene más que cuando los globos hayan de usarse inmediatamente después de construidos, en cuyo caso parece que sería suficiente el aceite común.

Por último, aún siendo necesario que los globos sean de dimensiones un poco más grandes (de 0^m,60 á 0^m,80 de diámetro) á consecuencia del mayor peso de la envoltura, es preferible usar un papel ligero, doble, pegando las dos hojas correspondientes á cada huso con una disolución de cauchú ó de goma elástica en esencia de trementina: esta se prepara al baño de María en una vasija de barro ó de cristal, cortando la goma en pequeños pedazos y decantándola al cabo de algún tiempo de reposo, luego que haya adquirido la consistencia de jarabe.

APARATOS PARA PROBAR LA RESISTENCIA Y LA IMPERMEABILIDAD DE LAS TELAS. La resistencia y la impermeabilidad de los tejidos empleados en la construccion de los aerostatos, son indudablemente las condiciones que más influyen en la seguridad y en la duracion de los viajes aéreos.

Para darse cuenta de la parte que en estos resultados tiene la primera, es suficiente recordar que á medida que el globo se eleva en la atmósfera va siendo más enrarecido el aire que atraviesa y menor por consiguiente la presion exterior que experimenta, al paso que es mayor la que ejerce sobre la tela la dilatacion del gas.

Esta circunstancia no presenta inconveniente en los globos que se conservan abiertos en su parte inferior, lo cual puede hacerse sin peligro alguno, una vez que el gas tiende á ocupar siempre la parte superior y que por tanto no es de temer que se escape, mientras que no se dilate mucho por un aumento considerable de temperatura ó por la disminucion de la presion exterior, en cuyos casos la abertura dicha hará las veces de válvula de seguridad.

Pero cuando los aerostatos sean completamente cerrados, como sucede tambien con frecuencia, especialmente siempre que se hayan de hinchir con hidrógeno, si el aire se enrarece ó la temperatura aumenta, puede ocurrir que la presion interior del gas adquiera la suficiente energía para hacer estallar la envoltura, á menos de haber dado á ésta la resistencia préviamente calculada, á parte de las medidas de precaucion que se adoptan para prevenir y evitar semejante peligro.

En tal concepto, y como quiera que se ignoran casi por completo los datos más esenciales respecto á la resistencia de los tejidos ordinariamente empleados en la confeccion de los globos, es necesario sujetarlos á pruebas y ensayos previos, y entre los varios sistemas que pueden seguirse con este objeto, nos limitaremos á describir el adoptado por Mr. Giffard.

El aparato de que se servía al efecto, consistía en una mesa especial (lámina 1, fig. 6) en la que se aseguraba una estrecha tira de la tela entre las prensas m y m' por medio de dos tornillos V y V' , haciendo girar despues á la manviela M que obliga á la prensa m á separarse poco á poco de la m' , hasta que la tira se rompía. Una manecilla que se movía sobre un cuadrante semi-

circular, daba la resistencia en kilogramos, y por este procedimiento pudo deducir que el tejido se estiraba $\frac{1}{20}$ de su longitud ántes de romperse, y por consiguiente que el globo podría aumentar mucho de volúmen ántes de que el material cediese á la presion.

En cuanto á la prueba de la impermeabilidad, son tambien varios los aparatos imaginados para apreciarla; pero generalmente se reducen á una vasija cerrada herméticamente con un trozo del tejido que se desea experimentar.

En ella se inyecta el hidrógeno á una presion superior á la máxima que se calcule podrá adquirir en el interior del aeróstato por medio de un tubo de cauchú perfectamente adaptado por uno de sus extremos, al agujero que aquella deberá tener con este objeto en su fondo ó en sus paredes laterales.

VÁLVULAS. En virtud del principio mismo en que se funda la ascension de los globos, se comprende la necesidad de que el aeronauta pueda disminuir á voluntad el gas interior cuando se proponga descender ó moderar el movimiento ascensional, y limitar la altura á que haya de elevarse. Esta es la razon de que, como ya hemos indicado, todos los globos tengan una abertura en su parte superior cerrada herméticamente, con una válvula que se puede abrir desde la barquilla cuando se desea conseguir alguno de aquellos efectos.

La válvula es, pues, una de las partes más esenciales y delicadas de los aeróstatos, y ha sido objeto de repetidas modificaciones. La más sencilla (lámina 1, fig. 7) se reduce á un disco circular de madera de dimensiones variables en relacion con el tamaño del globo, aunque generalmente su diámetro está comprendido entre $\frac{1}{15}$ ó $\frac{1}{16}$ de aquel. Se sujetá sólidamente á la tela misma, reforzando ésta, como hemos dicho, con uno ó más discos superpuestos para conseguir una resistencia suficiente en esta parte, que ha de estar sometida á mayores esfuerzos. En la corona de madera, y en el sentido de uno de sus diámetros, se conserva un listoncito $a b c d$, y á lo largo de éste dos charnelas $a c$ y $b d$, alrededor de las que giran los batientes ó sectores circulares $a m c$ y $b n d$, que se abren hácia el interior del globo. En el centro o se levanta una varilla, de cuyo vértice parten dos cordones ó cintas de goma, que sujetos por sus extremos á los bordes exteriores de los sectores, conservan éstos cerrados contra la corona mencionada; en todo su con-

torno se le aplica un mástic formado con sebo fundido y harina de linaza, que los aeronautas conocen con el nombre de *cataplasma aerostática*.

Los dos sectores llevan unas cuerdas sujetas en sus caras inferiores, que se unen á poca distancia con la que atraviesa el interior del globo y baja hasta la barquilla al alcance del aeronauta, de modo que cuando éste quiere descender tira de la cuerda dicha; se rompe el mástic que rodea los discos, éstos se abren y el gas sale, y en cuanto cesa la traccion, aquéllos se cierran automáticamente por medio de las cintas de goma de su parte superior, aunque por la destrucción del mástic ya no es la válvula tan eficaz como ántes de haberla abierto la vez primera. El mástic se prepara siempre momentos ántes de empezar á hinchir el aeróstato, empleando á veces la harina de linaza con aceite; pero como se comprende, es un recurso tan imperfecto y tan precario que muy frecuentemente basta un movimiento brusco del globo, mientras se está llenando, para que la cataplasma se rompa sin que el aeronauta lo conozca mas que por la disminucion rápida de la fuerza ascensional; y una vez rota pierde ya su adherencia definitivamente.

Por eso no es de extrañar que esta clase de válvulas no tengan hoy aplicación mas que en aquellos casos en que se carezca absolutamente de otros elementos, y que las que se emplean en general sean de las metálicas, entre las que debe citarse tambien la de Mr. Giffard, que consiste en un gran disco apoyado en una corona ó anillo de cauchú, contra la que se oprime por unos resortes. En los globos cautivos, ya citados, estaba montada en el centro de una tela circular muy gruesa, que juntamente con la tela del globo se hallaba cogida entre dos círculos de madera unidos y apretados por tornillos.

La maniobra se efectuaba en la misma forma dicha, por medio de una cuerda que bajaba por el interior hasta la barquilla. La válvula se encontraba protegida contra la lluvia por una especie de caperuza ó pequeña tienda cónica, formada por una ligera armadura de madera cubierta con tela embebida tendida sobre ésta por medio de cuerdas.

Además de la válvula que indefectiblemente deben llevar todos los globos en su parte superior, hay otras que se llaman automáticas, porque se abren bajo una presion determinada del gas interior y permiten que se escape por ellas el exceso debido á la dilatacion. Se aplican en la parte inferior de aqué-

llos, que para evitar pérdidas innecesarias no tienen abertura alguna, y que por consiguiente pueden conservar durante un período más largo la suficiente fuerza ascensional.

Son análogas á las anteriores, y solamente se diferencian en que los resortes que oprimen el disco metálico contra el anillo de goma son muy delicados y de gran sensibilidad, y como aquéllas, van tambien montadas en collares de madera sujetos á la envoltura del globo.

De este modo, cuando el gas se dilata y aumenta la presion interior, éstas se abren automáticamente y previenen la ruptura de la tela.

CONSTRUCCION DE LA RED Y DE LA BARQUILLA Y MODO DE SUSPENSION DE ÉSTA. Otra de las partes más importantes de los aeróstatos es la red de cuerda que cubre su hemisferio superior, y que tiene el doble objeto de contribuir á la mayor resistencia de la envoltura, y el de permitir la suspension de la barquilla, repartiendo el peso de ésta en una gran superficie. La red está limitada por dos círculos ó anillos de cuerda, de los cuales el superior corresponde al agujero ó abertura de la válvula y el inferior al círculo máximo horizontal del globo, que tambien se suele llamar ecuador. Las mallas que la forman van siendo sucesivamente mayores á medida que se acercan á éste, por debajo del cual se reunen las cuerdas destinadas á suspender un círculo ó corona de madera, que es próximamente como el aro de un tonel, aunque más fuerte y del que vá colgada la barquilla.

Los numerosos nudos que es preciso hacer en los cruces de las cuerdas para formar las mallas de la red, rozarían la tela del globo por efecto de su dureza y de las prominencias que presentan y llegarían á romperla, al cabo de algun tiempo, especialmente cuando aquéllas son un poco gruesas, á causa del peso que han de resistir. Para atenuar este inconveniente, se pueden cubrir las uniones dichas con pedazos de paño, de badana ó de otra piel análoga cualquieta, porque de este modo, al mismo tiempo que se hacen más sólidas, se disminuye el rozamiento; y sería mejor todavía, en lugar de los nudos, hacer pasar las cuerdas unas en otras cubriendo despues estos enlaces de la manera dicha.

La barquilla debe ser á la vez, muy sólida y muy ligera, lo que se consigue haciéndola, como efectivamente sucede las más veces, de mimbres entre-

lazados con las cuerdas mismas destinadas á suspenderla. Sus dimensiones varían con el tamaño del globo, y con el número é importancia de los objetos que haya de contener, y en cuanto á su forma, tambien muy variable, es generalmente la de un gran cesto con dos banquetas para sentarse.

El sistema de suspension está reducido ordinariamente á colgarla de un cierto número de cuerdas amarradas al ya citado círculo de madera, de modo que éste resulte á la altura del pecho de un hombre colocado de pie en el fondo de la barquilla.

Para facilitar esta operacion que, como veremos, se efectúa luego que se ha terminado la de llenar el globo y momentos ántes de la partida de éste, cada una de las cuerdas termina en un lazo, en el que se introduce una cabilla de madera sólidamente sujetada al extremo de las que forman parte del tejido de la barquilla.

Siempre que hubiera de elevarse un gran número de personas, podría seguirse el sistema de Mr. Giffard, respecto á la forma y construccion de la barquilla de sus grandes globos cautivos, así como para la suspension de ésta.

Aquella consistía en un corredor anular de madera, limitado por dos círculos concéntricos, de los cuales, el exterior tenía 6 metros de diámetro y el interior, formando una galería de más de un metro de anchura, que podía contener hasta 50 personas.

La suspension se efectuaba por medio de dos círculos paralelos, colocados por debajo del globo á diversa altura; el superior estaba unido á la red y el inferior colgado del primero por medio de ocho cuerdas, siendo el que recibía, á su vez, los extremos de las que sostenían la barquilla.

Se ha propuesto tambien, como medio de evitar las desagradables consecuencias que suelen ocurrir á consecuencia de los fuertes choques de la barquilla contra el suelo, que se producen ordinariamente en los descensos rápidos, el construir aquélla de dos pisos y hasta poner á cada uno de estos un doble fondo de cauchú lleno de aire, que sin aumentar mucho el peso atenuarían considerablemente los efectos dichos.

Con el mismo objeto se ha tratado de variar el sistema de suspension de la barquilla, teniendo en cuenta que cuando ésta toca en tierra el globo se encuentra aligerado de toda su carga, y por consiguiente se eleva de nuevo

para volver á caer á los pocos momentos, produciéndose de este modo una serie de choques y sacudidas violentas, muy perjudiciales para los aeronautas y para la conservacion del material. No sucedería así si se sustituyeran las cuerdas con intermedios rígidos, porque entonces el globo y la barquilla formarían una sola masa y el peso del conjunto no podría encontrarse momentáneamente aligerado del de una de las partes.

LASTRE, GUIDE-ROPE, ANCLAS. Una vez que la ascension de los aeróstatos es debida á la diferencia entre su peso y el del volúmen del aire que desalojan, y que á medida que suben en la atmósfera van encontrando capas que son progresivamente menos densas que las anteriores, sucederá indispensablemente que, disminuyendo la presion exterior, aumentará el volúmen del globo por efecto de la fuerza expansiva del gas, y que si la envoltura fuese bastante resistente llegará un momento en que se establezca el equilibrio, en cuyo caso, haciendo abstraccion por el momento de otras causas que tienden á alterarlo sin cesar, el globo se conservaría siempre al mismo nivel. Pero si se advierte que el gas interior se pierde poco á poco de una manera constante, y que por tanto disminuirá forzosamente la fuerza de flotacion, se comprende de que el aerostato descenderá hasta caer al suelo, al cabo de cierto tiempo, sin que al aeronauta le fuera posible las más veces elegir el punto más á propósito para su descenso, ni siquiera moderar la velocidad de éste.

Para obviar estos inconvenientes, se adoptan desde luego las medidas que vamos á indicar y se proveen los globos de algunos aparatos ideados con este objeto. El tamaño del globo y su consiguiente fuerza ascensional, es siempre superior al que sería estrictamente necesario para arrastrar la barquilla con los aeronautas y los objetos ó instrumentos que haya de llevar, de modo que puede compensarse el exceso de aquélla con un peso igual de *lastre*, que ordinariamente consiste en arena encerrada en sacos, que el aeronauta puede vaciar á voluntad á puñados, así para alcanzar mayores alturas, como para moderar los descensos, y en fin, para obtener, en combinacion con el juego de la válvula superior, el gobierno y la dirección del aerostato, como oportunamente veremos.

Los sacos dichos van generalmente colocados en el fondo de la barquilla; pero á veces se les sujetá á los bordes para tenerlos más á mano y poder va-

ciarlos por completo con mayor facilidad si las circunstancias lo exigiesen; y aun tambien se suspenden algunos por medio de cuerdas de 1^m,50 á 2 metros de longitud, á fin de que llegando á tierra en los descensos ántes que la barquilla, se anule su peso y se disminuya por tanto el choque.

Ahora bien, mediante el juego combinado de la válvula y del lastre, se comprende la posibilidad de que el aeronauta se eleve ó descienda á su antojo, desprendiéndose de parte de éste ó abriendo aquélla; pero no es posible que pueda tener completamente á su voluntad estos movimientos, determinándolos de una manera precisa, por la imposibilidad de sujetar al cálculo las relaciones de éstos con las pérdidas del gas ó del lastre, y porque además carece de los medios que serían necesarios para medir éstas. Por eso no es posible tampoco conservar el globo á la misma altura durante algun tiempo recorriendo una horizontal, y su marcha está representada siempre por una curva producida por el movimiento de traslacion y por los de subida y bajada, que son continuos, no ya sólo por las causas indicadas, sinó por las variaciones de temperatura y de humedad de la atmósfera.

Para atenuar estos inconvenientes y aproximarse en lo posible á conseguir aquel resultado sin grandes pérdidas de lastre, que es de un valor inapreciable para el aeronauta, ya Mr. Fonvielle conviene en renunciar definitivamente al uso de la arena, á no ser para la subida y la bajada, sustituyéndola en todo lo demás con agua encerrada en una vasija provista de un grifo. Merced á esto y mediante una disposicion especial, se promete apreciar instantáneamente las variaciones de presion y conservar la horizontalidad del camino seguido por el aerostato, con gran precision y mucha economía de lastre.

A un expediente análogo han recurrido los ingenieros franceses, puesto que segun el ilustrado coronel Laussedat, han sustituido el lastre sólido con un líquido que no puede congelarse á las más bajas temperaturas de la atmósfera accesible, estableciendo una relacion entre la válvula y el vacia-lastre, que permite funcionar automáticamente á estos dos órganos, conservando el globo á una altura préviamente determinada, sin la intervencion constante del aeronauta que ántes era necesaria.

A fin de atenuar los choques de la barquilla contra el suelo, y con el ob-

jeto de moderar la velocidad en los descensos y preparar éstos en buenas condiciones, ya que frecuentemente son peligrosos, especialmente en días de mucho viento, se ha inventado por el aeronauta inglés Mr. Green, el *guide-rope*, que no es en resumen otra cosa que una larga cuerda de 90 á 100 metros de longitud próximamente, que se lleva arrollada y se cuelga al exterior en el momento de la bajada.

El principio de este tan sencillo como utilísimo aparato, débese, al parecer, al célebre aeronauta Robertson, que en uno de sus viajes aéreos se encontró sin lastre alguno en el momento del descenso para poder efectuarlo con seguridad. Ocurriósele entonces meter en los sacos vacíos todos los víveres é instrumentos de que disponía, atándolos al extremo de una larga cuerda que colgó de la barquilla, consiguiendo de este modo que al llegar aquéllos al suelo ántes que ésta, la descargáran de su peso, mitigando mucho el choque y haciendo inofensiva la operación que amenazaba ser comprometida.

Algunos años más tarde se adoptó definitivamente el *guide-rope*, que entre otras ventajas ofrece al aeronauta la de apreciar con exactitud la altura á que se encuentra el globo en las bajadas, desde que el extremo inferior de aquél toca en tierra, permitiéndole este oportuno aviso tomar las últimas precauciones para su seguridad.

Por otra parte, á medida que el globo desciende, el *guide-rope* se va extendiendo en el suelo, con lo que se anula progresivamente su peso, disminuyendo tanto el de aquél, cuya velocidad será menor sucesivamente, hasta el punto de que en determinadas circunstancias pudiera llegar á tierra en el momento en que sea cero y muy frecuentemente con una tan pequeña que no inspire el menor cuidado.

En días de mucho viento, al tocar el globo en el suelo es á veces arrebatado con tal rapidez, que pudiera romperse el ancla y volcarse la barquilla, y en estos casos el *guide-rope*, rozando la tierra y enredándose en los arbustos y en las matas, modera considerablemente el movimiento y permite no echar el ancla hasta que ha desaparecido el peligro. Por eso muchas veces, para aumentar los efectos dichos, se suele armar el *guide-rope* de distancia en distancia (lám. I, fig. 8) con unos anillos de crines á manera de puntas de

erizo, ó se termina su parte inferior con una ancha faja, que produce mayor rozamiento.

De todos modos, con este aparato no se conseguiría detener completamente el globo, y al efecto se emplea el llamado ancla (lám. 1, fig. 9) de la misma forma que las de la marina, aunque más ligera y de menores dimensiones. Se compone de la caña terminada en un anillo en su parte superior, al que se amarra la cuerda correspondiente, y lleva en su extremidad inferior dos brazos en forma de arco de círculo, terminados por una especie de uñas que les permitan introducirse en el suelo. El peso del ancla varía con el tamaño del globo, siendo ordinariamente de 25 á 30 kilogramos.

* Se usan tambien anclotes de cuatro brazos dispuestos en dos planos perpendiculares, con el objeto de que puedan morder el terreno más fácil y sólidamente, y evitar de este modo que el globo sea arrastrado por los vientos un poco violentos chocando con todos los obstáculos que encuentre al paso, y con el peligro consiguiente para los aeronautas.

El ancla parece ser otro de los aparatos perfeccionados por la comision de ingenieros militares franceses, de quienes se dice la han sustituido con una especie de rastrillo de hierro imaginado por el capitán Mr. de la Haye, despues de haber ensayado otros varios sistemas de detencion, entre los que parece se encuentra tambien otra ancla especial debida á Mr. Meusnier. A pesar de las serias dificultades que el asunto presenta todavía, la comision dicha se prometía vencerlas todas llegando á resultados satisfactorios, en vista de los que habían podido conseguir en las experiencias realizadas, apreciados por medio del dinamómetro.

Por ultimo, cuando se prevea la posibilidad de descender en el mar, debe llevarse un aparato inventado por Sivel y conocido con el nombre de *cono-ancla* (lám. 1, fig. 10). Se reduce á un cono de tela sujetado con una cuerda, que cuando se deja caer se llena de agua y hace las veces de freno, permitiendo esperar á que un barco de socorro ó un viento favorable pueda volver el globo á tierra ántes de haberse separado mucho de la orilla. En el segundo caso, para ascender de nuevo, el aeronauta tira de la cuerda unida al vértice del aparato, que de este modo vierte el agua que contiene y se puede retirar con facilidad.

Las cuerdas de ancla deben amarrarse al círculo de suspencion de la barquilla, y no á ésta, que podría volcar con el esfuerzo; y aun así conviene que lleven un gran anillo de cauchú para amortiguar la sacudida que experimenta en el momento de agarrar aquella en el terreno.

GASES QUE DEBEN EMPLEARSE PARA HENCHIR LOS GLOBOS. En virtud del principio en que descansa la teoría de los aerostatos, claro es que será suficiente para elevarse en la atmósfera, un gas más ligero que el aire, calculando las dimensiones y demás circunstancias de aquéllos en la forma que de una manera general dejamos establecida.

Pero no todos los gases satisfacen igualmente bien al objeto, y de aquí el que se haya fijado la atencion en unos cuantos que parecen los más ventajosos, y que son los más comunmente usados.

En un principio, los hermanos Montgolfier, despues de haber ensayado inútilmente el vapor de agua, que se enfriaba en seguida sin otro resultado que el de volver al estado líquido y mojar el globo haciéndole caer al suelo, recurrieron al humo, que ni aun llegaba á elevar el más pequeño aparato; y en fin, cuando se convencieron que el gas hidrógeno ó gas inflamable, como entonces se llamaba, tampoco convenía á su objeto, puesto que la envoltura de papel en que lo encerraban apenas podía contenerlo breves momentos, y despues de haber probado otros varios, tan estéril é infructuosamente como los anteriores, pensaron que la electricidad podría producir el efecto deseado, e idearon en su consecuencia el empleo de un gas que tuviese propiedades eléctricas.

Para resolver este problema, imaginaron una mezcla de dos vapores, de los cuales el uno tuviese propiedades alcalinas y el otro careciese de ellas, como la que resultaría de quemar un compuesto de paja ligeramente humedecida, y de lana.

En efecto, la combustion de estas dos sustancias debajo de un globo de tela ó de papel, provocaba al poco tiempo su rápida elevacion, y de aquí el que á los productos de aquella se les designara entonces con el nombre de *gas Montgolfier*, sin advertir, como probó Mr. de Saussure á los pocos meses, que la ascension era debida simplemente á la dilatacion del aire interior, que al calentarse se enrarecía y se hacia más ligero que el aire ambiente; y que

lejos de producir las ventajas que se creían, la gran cantidad de humo procedente de la combustion, contribuía á aumentar el peso, contrariando la accion del aire caliente.

Este es, pues, el primero de los gases empleados con éxito, y fácilmente se concibe el resultado, calculando el volúmen de un globo que lleno de aire dilatado contenga ménos cantidad y sea, por tanto, de menor peso que el mismo volúmen de aire ambiente, de tal manera, que la diferencia entre los dos produzca una fuerza ascensional superior al peso de la envoltura y de todos los accesorios.

Pero este procedimiento tiene los numerosos inconvenientes que expondremos más adelante, y aunque todavía se aplica frecuentemente en ciertos casos, por lo rápido, económico y fácil de preparar, no es el que comunmente se emplea en las aplicaciones serias, en las que se hace uso casi exclusivamente del hidrógeno ó del gas ordinario del alumbrado.

El hidrógeno es, en efecto, el más ligero de todos los gases conocidos y muy propio por consiguiente para el objeto, así porque permite reducir considerablemente el tamaño de los globos, como porque siendo éstos más pequeños, ofrecen menor resistencia al viento.

En cambio tiene los inconvenientes de ser más costoso y más difícil de preparar y sobre todo el de ser tan difusivo, que atraviesa los mejores tejidos, lo cual ha sido causa de que se prefiriese generalmente el gas del alumbrado, que se encuentra fácilmente y á bajo precio.

Aunque su fuerza ascensional sea un poco menor que la mitad de la del hidrógeno puro, y á parte de que puede hacerse más ligero por varios procedimientos, se encuentra en todas las grandes poblaciones, y ésta circunstancia lo hace propio hasta para las aplicaciones militares en los países civilizados, puesto que muchas veces será preferible usar este gas y remolcar los globos llenos hasta los puntos en que sean necesarios, que fabricar el hidrógeno en el momento preciso.

El presidente de la sociedad aeronáutica inglesa, ha sostenido recientemente en una de las sesiones celebradas por ésta, que el actual sistema de llenar los globos es muy defectuoso, y que podría perfeccionarse empleando á la vez varias clases de gases, en lugar de uno sólo.

Tambien podría servir el amoniaco, cuya fuerza ascensional es próximamente igual á la del gas del alumbrado, y que á esta circunstancia reune la preciosa ventaja de ser incombustible, y de que, por consiguiente, pudiera emplearse una lámpara ú otro aparato análogo cualquiera para su dilatacion, facilitando la maniobra de subir y bajar á voluntad; pero aquella propiedad y la de ser absorbido por el agua, que tambien es atendible por otras razones, quedan más que compensadas con el gravísimo inconveniente de atacar y pudrir el material.

Durante el sitio de Paris, y en la prevision de que pudiera faltar completamente el gas del alumbrado para llenar los globos, propuso Mr. H. de Villeneuve para sustituirlo, el gas extraido por la destilacion de la madera verde que, aunque más ligero en cuanto su fuerza ascensional (se calcula en unos 800 gramos por metro cúbico, mientras que la de aquél es solamente de 600 á 650 gramos) presenta los defectos, que neutralizan sobradamente aquella ventaja, de contener una cantidad considerable de óxido de carbono, y de ir constantemente acompañado de vapores ácidos que podrían deteriorar la tela, cuyas dos circunstancias son muy perjudiciales para la seguridad de los aeronautas.

PRODUCCION DEL HIDRÓGENO. De las ligeras indicaciones anteriores acerca de las propiedades que respectivamente presentan los diversos gases que pueden emplearse en las aplicaciones aeronáuticas, dedúcese desde luego, que el hidrógeno es indudablemente, á pesar de sus defectos, el que mejor conviene para los usos militares, así por su notable ligereza, que permite el empleo de globos relativamente pequeños, lo que es ya una ventaja considerable atendida la mayor facilidad de su transporte y la menor superficie que presentan al viento, como porque además puede producirse en campaña sin grandes dificultades.

Es, pues, necesario ocuparse en los procedimientos que comúnmente se siguen para obtenerlo en grandes cantidades y de una manera relativamente rápida.

El gas hidrógeno es uno de los más profusamente repartidos en la naturaleza, hasta el punto de que casi todos los cuerpos lo contienen en cantidades variables y pueden, por tanto, producirlo por la descomposición; pero

se ha elegido el agua con este objeto entre todos ellos, como el más abundante y más fácil de encontrar en todas partes, y porque, como se sabe, se compone de unas 89 partes de oxígeno y 11 de hidrógeno, de modo que cada litro de agua que pesa un kilogramo, contiene en números redondos 900 gramos de oxígeno y 100 de hidrógeno aproximadamente.

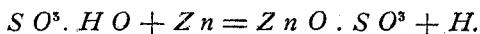
Entre los varios métodos que pueden seguirse para la producción del hidrógeno, uno de los más sencillos y rápidos es el de introducir en el agua una cantidad determinada de sodio, y también el de efectuar la descomposición de aquélla por medio de una corriente eléctrica; pero el primero resultaría sumamente caro, lo cual es suficiente para desecharlo; y el segundo, aunque propuesto en la idea de que con una pequeña máquina de vapor podría moverse al mismo tiempo un torno para arrollar el cable de los globos cautivos; no tenemos noticia de que se haya aplicado hasta ahora con este objeto, y por consiguiente, nos limitaremos á describir los más generalmente seguidos, que consisten:

1.^º En la descomposición del agua por la acción combinada del ácido sulfúrico y del hierro ó del zinc.

2.^º En descomponer el vapor de agua, haciendo pasar una corriente sobre limaduras de hierro enrojecidas.

3.^º En obtener este mismo resultado por medio del carbon calentado al rojo.

PRIMER MÉTODO. Este es indudablemente el más recomendable por su sencillez y economía, ya que hoy se encuentra el ácido sulfúrico en el comercio á precios sumamente bajos. Tiene por base la gran afinidad del oxígeno por el hierro ó el zinc, que produce la separación del hidrógeno bajo la influencia del ácido sulfúrico, y tiende á combinarse con el óxido de hierro, como indica la siguiente sencilla fórmula:



Es, decir, que si en una vasija cualquiera que contenga agua y hierro ó zinc, se vierte ácido sulfúrico, empieza por elevarse la temperatura á consecuencia de la mezcla íntima del agua y del ácido, é inmediatamente, por efecto del aumento de calor, el hierro se oxida á expensas del oxígeno del agua y se combina con el ácido sulfúrico, formando un proto-sulfato de hierro,

mientras que el hidrógeno libre se desprende perdiéndose en la atmósfera ó se recoge en el receptáculo que se le haya destinado.

El hierro es el metal más comunmente empleado en esta operacion, por la facilidad y economía con que se le obtiene; pero el zinc, aunque no produce la misma cantidad de hidrógeno, ofrece en cambio un gas más puro y por consiguiente más ligero.

En cuanto á las proporciones en que deben emplearse estas diversas sustancias para la produccion de un volúmen determinado de hidrógeno, conviene saber que para cada metro cúbico se necesitan en rigor unos 3 kilogramos de hierro y 5 de ácido sulfúrico, de modo que no sólo pueden calcularse fácilmente las cantidades que son indispensables para obtener cierto número de metros cúbicos, multiplicando éste por 3 y por 5 respectivamente, sino que á la vez se determina tambien la capacidad de las vasijas que han de emplearse en la operacion ó el número de éstas, conocido que sea su volúmen.

Es preciso advertir, sin embargo, que en la práctica no se observan rigurosamente aquellos datos y menos todavía cuando se quiere acelerar la operacion, llegando á emplear 5 kilogramos de hierro, 5 de ácido sulfúrico y hasta 25 ó 30 de agua, para cada metro cúbico de gas.

Conviene tambien tener presente que á consecuencia de las impurezas del hierro y del ácido sulfúrico, generalmente empleados, el hidrógeno sale siempre mezclado con cierta cantidad de ácido sulfuroso é hidrógeno sulfurado, y como estos dos gases son solubles en el agua, debe pasar aquél, ántes de emplearlo, por una vasija de este líquido, en la que se lava y se purifica.

Del mismo modo y para retener las pequeñas cantidades de vapor de agua y de ácido carbónico que generalmente le acompañan, conviene hacerle pasar, antes de penetrar en el globo, por un tubo lleno de cal viva, que las absorbe.

Los aparatos empleados para aplicar este procedimiento son una imitacion de los que se usan en los laboratorios y consisten en uno ó varios toneles que contienen agua y hierro, en los cuales se vierte el ácido sulfúrico necesario para determinar la formacion del hidrógeno. Este es el que ya emplearon Charles y Robert para llenar el primer globo de gas y el que todavía puede tener hoy aplicacion en algunos casos. (Lám. I.^a, fig. II.)

Los toneles que contenían las limaduras de hierro y el ácido sulfúrico, estaban colocados en círculo alrededor de una gran cuba llena de agua, que ocupaba el centro, y en la que se introducían los extremos de los tubos que llevaban el hidrógeno desprendido de cada tonel. Sobre la cuba dicha, se había colocado una especie de campana, que muy bien puede reemplazarse en caso necesario con otra cuba vacía, en la que se acumulaba el gas ya lavado y de cuya parte superior salía á su vez por otro tubo en comunicación con el aeróstato. Al lado de cada uno de los toneles había otro de repuesto, para poder reemplazarlos cuando fuese preciso, y todos ellos tenían dos agujeros en su tapa superior; uno para enchufar el tubo de desprendimiento del gas, y el otro para la introducción de los materiales.

Una vez dispuestos los toneles con sus tubos de desprendimiento en la forma que definitivamente hubiese de aceptar el conjunto del aparato y llenos de agua con la cantidad de hierro préviamente calculada, se introduce en ellos, mediante un embudo, el ácido sulfúrico correspondiente, que, sin embargo de las indicaciones anteriores, ha de ser siempre proporcionado á la cantidad de gas que se quiera obtener, como lo indicará en breve la práctica de estas operaciones.

La reacción será muy tumultuosa y violenta al principio, y se producirá una gran elevación de temperatura, pero se hará sucesivamente más lenta, á medida que sea más abundante la producción del hidrógeno, puesto que el metal se cubre progresivamente de una capa que lo aisla del contacto directo del líquido, en términos que muchas veces después de terminada la operación se forma en el fondo de los toneles una gruesa cristalización, que es preciso romper para poder retirar los residuos.

Por eso se aconseja emplear siempre una cantidad de hierro muy superior á la rigurosamente necesaria para la producción de una cantidad determinada de gas y se recomienda extender todo lo posible las superficies de contacto del metal con el líquido, siendo éste el principio en que se funda el procedimiento llamado de Lunardi, que consiste en disponer en los recipientes una ó varias capas de aserrín ó de paja, que dividiendo el metal en tongadas, le impida formar una masa, al mismo tiempo que se consigue un desprendimiento más rápido y más constante de hidrógeno.

Durante la operacion es preciso tener cuidado de no cerrar nunca los tubos de desprendimiento, para evitar los efectos de la explosion que se produciría en otro caso, siendo muy preferible perder alguna cantidad de gas, á correr el riesgo de que estalle el aparato.

Conviene emplear el hierro con preferencia al zinc y así como no hay que temer el exceso de estos cuerpos, se ha de procurar por el contrario no forzar jamás la dosis del ácido y no echar éste nunca mientras se efectúa el desprendimiento de gas.

Para poder apreciar el momento en que se haya consumido todo el ácido, puede emplearse el papel de tornasol, puesto que el sulfato de hierro es una sal de reaccion ácida; pero el medio indudablemente más práctico consiste en dejar subsistir el contacto del ácido con el hierro durante mucho tiempo, aun á trueque de perder gas, y de añadir alguna nueva cantidad de hierro en caso de duda.

Una vez terminada la reaccion, se pueden recoger las aguas madres, vaciándolas en otra vasija, y emplearlas como desinfectantes ó evaporarlas para recoger los cristales, en cuyo caso se ha de suspender el fuego tan pronto como el líquido se cubra con una película, puesto que ya entonces se formarán por sí mismos los cristales en las aguas no ácidas.

Durante el desprendimiento del gas es preciso evitar cuidadosamente toda clase de fuego, impidiendo rigurosamente que fumen en las inmediaciones los encargados de la manipulacion.

Los tubos para el ácido deberán cerrarse herméticamente con llaves de plomo y mejor aún de vidrio.

Para preparar el hidrógeno en pequeñas cantidades como las que son necesarias para henchir los globos pilotos ó los de señales de muy pequeño diámetro, es suficiente introducir las limaduras de hierro en un frasco lleno de agua, en el que se vierte luego el ácido sulfúrico, poniéndolo en comunicacion por medio de un tubo con la abertura inferior del globo, hasta que éste se haya llenado completamente.

SEGUNDO MÉTODO. *Descomposicion del vapor de agua por el hierro calentado al rojo.*—Este procedimiento consiste en hacer pasar una corriente de vapor de agua sobre virutas de hierro enrojecidas. Al efecto se colocan éstas

en tubos de fundicion, y aún mejor de bronce ó de barro, instalados sobre un hornillo, en el que se calientan al rojo y á través de los que se hace pasar la corriente dicha, produciendo el vapor en una gran caldera. El oxígeno se combina con el hierro, y queda libre el hidrógeno, que pasa á un purificador y á un baño refrigerante de agua de cal, resultando mucho más ligero que el que se consigue por el método anterior.

Seguramente no es el hierro el metal más á propósito para efectuar de esta manera la descomposicion del agua, por la cantidad de oxígeno que puede absorber, y hay otros muchos de capacidad muy superior á la suya; pero la circunstancia de su baratura, unida á la abundancia con que se encuentra en todas partes, ha sido y sigue siendo la causa determinante de la preferencia que se le concede para el objeto.

Las cantidades necesarias de agua y hierro para obtener un volumen determinado de hidrógeno, se pueden calcular aproximadamente, teniendo en cuenta que por regla general es de un cuarto la capacidad para el oxígeno del hierro enrojecido, ó en otros términos, que una masa de hierro incandescente absorbe una porcion de oxígeno igual á la cuarta parte de su propio peso, de modo que para producir mil metros cúbicos de hidrógeno, por ejemplo, se necesitarán á lo menos 1000 kilogramos de agua y 3000 de hierro.

Este método, que además de lento y embarazoso exige una instalacion muy larga, puesto que es preciso establecer hornillos que llevan un trabajo de mampostería muy considerable, fué, sin embargo, el que siguieron los primeros aeronautas militares en Francia, no ciertamente por su voluntad, sino porque les habían prohibido el uso del ácido sulfúrico, en virtud de la escasez de azufre que entonces se sentía y que en tal concepto se aplicaba exclusivamente á la fabricacion de la pólvora, que lo exigía en grandes cantidades.

Describiremos, pues, el hornillo y la marcha de la operacion, como entonces se verificaba, al decir de los autores que la presenciaron, una vez que puede servir de tipo para otros análogos y puesto que á pesar de los graves defectos de este procedimiento, pudiera ser conveniente en algun caso.

El hornillo estaba sólidamente construido de ladrillos fabricados y cocidos en el paraje mismo de su instalacion y contenía (lám. 1.^a, fig. 12) siete

tubos de hierro ó de bronce de 3 metros de longitud y 3 decímetros de diámetro, llenos de limaduras y virutas de hierro bastante apretadas, que antes se limpiaban perfectamente para despojarlas del óxido que pudieran tener, sin embargo de lo penosa que era esta tarea.

Cerrados y embetunados los extremos de los tubos, se colocaban en el hornillo en dos tongadas separadas; cuatro en la inferior y tres en la superior, dejando solamente uno ó dos agujeros para observar el interior del horno. A uno de los lados de éste y á un nivel un poco superior al de los tubos, se disponía una gran cuba llena de agua, en comunicacion con los extremos correspondientes de estos por medio de otros más pequeños. Al lado opuesto, se colocaba sobre el suelo otra gran vasija llena de agua saturada de cal, á la que venían á parar los conductos de desprendimiento del gas, que al atravesar ésta se purificaba.

Encendido el horno con leña menuda, hasta que los tubos estaban al rojo blanco, se ponían en comunicacion con la primera cuba para que al atravesarlos la corriente de agua, dejase el oxígeno en el hierro y pudiese desprenderse el hidrógeno, pasando á la cuba inferior, en la que se purgaba del carbono y de la que, por su ligereza, salía á llenar el globo por otro tubo de cauchú. Durante la operacion era preciso tener gran cuidado de entretener el fuego con uniformidad á lo largo de los tubos y vigilar que no se produjeran hendiduras en ninguno de ellos que permitiesen escapes de gas. Estas se descubrían fácilmente por la aparicion de unas pequeñas llamas azuladas que los denunciaban y entonces era preciso taparlos, observando á la vez las mayores precauciones para que todo marchase con regularidad.

En la época á que nos referimos, se tardaba de 36 á 40 horas en llenar el globo.

TERCER MÉTODO. Tambien se puede producir el hidrógeno por la descomposicion del vapor á su paso sobre carbones encendidos, con lo que se obtiene una mezcla de óxido de carbono y de hidrógeno carbonado, sobre la que se hace obrar otra corriente de vapor de agua, que convierte respectivamente el óxido de carbono y los carburos de hidrógeno, en ácido carbónico y en hidrógeno, los cuales pasan primero por un serpentín, en el que se condensa el vapor de agua en exceso, y despues por una vasija de varios compartimien-

tos cargados de cal, sustancia que absorbe el ácido carbónico y deja libre el hidrógeno casi puro.

Este método fué ensayado por el aeronauta Mr. Dupuis Delcourt, antes de usar el gas del alumbrado; pero hubo de renunciar á emplearlo por los efectos tóxicos del óxido de carbono que siempre va mezclado al hidrógeno, en más ó menos cantidad, atendiendo á que una corriente de gas que saliera del globo por efecto de la dilatacion, podría ser de fatales consecuencias para los aeronautas.

Por último, Mr. Giffard, despues de haber utilizado el primer procedimiento descrito para henchir sus grandes globos cautivos, á cuyo efecto había proyectado un gran aparato que le permitía obtener una produccion abundante de hidrógeno, comprendiendo que resultaba relativamente caro, y al mismo tiempo que para conseguir un desprendimiento continuo era indispensable eliminar sucesivamente y á medida que se produce el sulfato de hierro, residuo de la operacion, y renovar constantemente los elementos necesarios para la fabricacion del gas, se propuso conseguir el mismo objeto con más economía, por otro sistema, fundado en dos reacciones bien conocidas, á saber:

- 1.^a Reduccion del óxido de hierro por el óxido de carbono.
- 2.^a Descomposicion del vapor de agua por el hierro reducido mediante la reaccion precedente.

Renunciamos á describir el notable aparato que imaginó con este fin, puesto que no parece aplicable á los aeróstatos militares.

MODO DE HENCHIR LOS GLOBOS. Por regla general, para efectuar esta operacion se suspenden los globos por medio de una cuerda, cuyos dos extremos pasan por dos poleas colocadas en las partes superiores de dos grandes postes, á cuyos piés se amarran cerca del suelo, en el caso de que no las sujeten los encargados de subirlos ó bajarlos, hasta que se encuentre á la altura deseada. (Lám. 1.^a, fig. 13.)

Otras veces, y especialmente en campana, no se considera necesario recurrir á estos preparativos, limitándose entonces á extender el globo en el suelo sobre una lona, como lo hacían los norte-americanos, procediendo por lo demás en la forma ordinaria cuando el globo se levanta á medida que se va llenando.

De todos modos conviene siempre elegir un sitio abrigado del viento, particularmente si éste es un poco fuerte y puede entorpecer la operacion, por lo que, cuando no es posible levantar una pantalla de lona ó de tablas, ni se encuentra un edificio ó una tapia á propósito, se procura colocarse detrás de un obstáculo cualquiera que satisfaga al objeto, evitando los remolinos que podrían oponerse á la ascension del globo, á menos de desplegar una fuerza ascensional considerable.

Cuando el globo se haya de llenar con aire caliente, despues de suspendido en la forma dicha ó en otra análoga, se hace un fuego vivo debajo de su abertura inferior, quemando haces de paja ó de madera menuda, impregnados de espíritu de vino, para acelerar la operacion, y de este modo se consigue terminarla en poco tiempo, aun en los de mayores dimensiones.

La intensidad del calor es condicion indispensable por la naturaleza misma del problema que se trata de resolver, que consiste en elevar rápidamente la temperatura del aire interior del globo, lo que no podría alcanzarse de buena manera calentándolo lentamente, á causa de la actividad con que se verifica el enfriamiento, dependiente á su vez de la temperatura del aire exterior, por cuya razon estos aeróstatos son más difíciles de llenar en invierno que en verano.

Habiendo de usar el gas del alumbrado ó el hidrógeno puro, es suficiente poner el globo en comunicacion, por medio de un tubo de goma, con las cañerías subterráneas que sirven para la distribucion de aquél, ó con el tubo de desprendimiento que parte del purificador del hidrógeno, evitando cuidadosamente las fugas que pudieran ocurrir por defectos del aparato.

En todos los casos, mientras el globo se llena, se le sujetan con sacos terreros atados á la red, de pesos suficientes para contrarestar la fuerza ascensional, sustituyéndolos por hombres que agarran las cuerdas y las sueltan simultáneamente á una voz ó señal convenida, en el momento en que haya de partir aquél.

Algunas veces se sujetan los globos por hombres, en la forma dicha, desde el principio de la operacion, y aun suelen sustituirse los sacos de arena con piquetes fuertemente clavados en el suelo; pero ninguno de estos dos procedimientos es preferible al anterior, ni aun recomendable, á menos que las

circunstancias los impongan, porque ni en el primero se puede conseguir generalmente que todos los hombres presten la atencion y vigilancia necesarias, ni el segundo se presta á ofrecer una resistencia conveniente en todos los puntos para contrarestar los diversos y variados esfuerzos que producen los balances del globo, dando lugar estas circunstancias á que sorprendidos aquellos por una traccion extraordinaria, suelten las cuerdas que no pueden retener, ó á que ejerciéndose los esfuerzos dichos especialmente sobre dos ó tres de los piquetes de sujecion y siendo éstos insuficientes para resistir, se rompan, escapándose aquel en ambos casos antes de estar preparado para la partida.

*Los globos no deben llenarse nunca completamente y menos todavía cuando han de alcanzar grandes alturas, pues como la presion del gas interior aumenta á medida que el globo se eleva, podría suceder que, estando completamente lleno desde el principio, aquella fuese superior en un momento dado á la resistencia de la tela, que entonces se rompería, como sucedió en la primera experiencia del Campo de Marte, en París.

Por lo demás, esta precaucion no ofrece inconveniente alguno en los globos libres, puesto que ordinariamente no se necesita más que un exceso de fuerza ascensional de algunos kilogramos, que en caso necesario puede medirse y arreglarse por medio del dinamómetro, y en tal concepto, suele limitarse la cantidad de gas á las dos terceras partes de la que sería susceptible el globo, á fin de que vaya redondeándose sucesivamente á medida que se eleva en la atmósfera, sin pérdida de fuerza ascensional y sin ejercer otra presion que la necesaria para hacer equilibrio á la del aire exterior, hasta que alcance su volumen definitivo.

Parece, pues, que hasta sería posible calcular el hidrógeno que debería llevar un aeróstato para que no pudiera ascender más que á una altura determinada, y así sería, en efecto, si la temperatura del gas interior fuese á cada instante exactamente igual á la del aire ambiente; pero lejos de ser así, sucede que aquella es casi siempre mayor, y entonces ya sería preciso tener en cuenta este nuevo dato, que es por cierto difícil de apreciar.

El exceso de calor del gas interior, aumenta evidentemente la fuerza ascensional, y procede de dos causas que no es posible sujetar á medida, á

saber: primero, de que el gas no puede ponerse más que muy lentamente en equilibrio de temperatura con el aire frio de las regiones elevadas de la atmósfera; y segundo, de que los rayos del sol calientan de una manera muy considerable el interior de los aerostatos.

Para poder juzgar aproximadamente estas diferencias, será suficiente el ejemplo de un globo que á la altura de 5300 metros tenía el gas interior á 23°, mientras que solo marcaba 5° el termómetro en la barquilla como temperatura del aire exterior, y unos 14° en la superficie de la tierra.

Se comprende, por tanto, la imposibilidad de efectuar el cálculo dicho con algunas garantías de acierto, y que, para evitar el peligro de un exceso de fuerza expansiva, se deba conservar abierta la parte inferior de los globos en defecto de válvulas automáticas que cedieran bajo una presión inferior á la resistencia de la tela, proporcionando oportuna salida al gas.

Aun entonces conviene no llenar el globo completamente, pues cuando se introduce una cantidad de gas mayor que la debida ó cuando éste adquiere una gran tensión, se produce una salida abundante y violenta por la boca inferior, que puede tener consecuencias desagradables, como lo prueba el hecho de que por esta causa se hayan asfixiado algunos aeronautas que no habían tomado oportunamente las precauciones necesarias.

En la ascension científica de Mr. Barral y Bicsio, á consecuencia de haber hinchido mal el globo y de llevar el apéndice inferior demasiado próximo á la barquilla, se vieron repentinamente envueltos en la tela, que se les cayó encima á manera de capuchon, ocasionándoles el gas violentos vómitos que les impidieron adoptar las más elementales precauciones para efectuar el descenso, y acaso hubieran perecido si no se hubiese rasgado la envoltura á los desesperados esfuerzos del primero para abrir la válvula.

MANIOBRA DE LOS GLOBOS CAUTIVOS. El primero y acaso el más interesante de los problemas que se ofrecen en las maniobras de los globos cautivos, es el relativo al sistema de sujecion que parezca preferible entre los varios que pueden adoptarse, por cuya razon describiremos los que se han empleado hasta ahora más generalmente.

Los primeros aeronautas militares franceses optaron por el de sujetar el globo mediante dos cuerdas atadas al ecuador, agarradas por cierto número

de hombres que contrarestaban los esfuerzos de aquél (lám. 2.^a, fig. 22). La ventaja principal de este procedimiento consiste, al decir de Coutelle, en la elasticidad que por decirlo así ofrece, y que difícilmente podría conseguirse con otro, dado que los hombres pueden ceder sin soltar las amarras á la traccion del globo, y cuando ésta sea extraordinaria acabarán siempre por detenerlo, á cuyo efecto, para evitar sorpresas y descuidos, se propone que todos ellos aseguren sus cabos correspondientes á pequeñas anillas fijas en los cinturones de gimnasio de que deberían ir provistos, pero tiene el inconveniente de ser muy fatigoso.

Los americanos empleaban tres cuerdas amarradas al círculo de suspension de la barquilla, para que ésta permaneciera siempre colgando casi verticalmente, cualquiera que fuese la inclinacion que tomára el globo bajo la accion del viento. Una de ellas pasaba por la garganta de una polea amarrada á un árbol ó á otro cualquiera objeto que ofreciera bastante resistencia; y las otras dos, así como el cabo libre de la primera, se sujetaban por hombres, de cuya atencion y habilidad dependía en gran parte la eficacia de las observaciones.

Los aeronautas franceses del ejército del Loire, durante la guerra de 1870 á 1871, conservaban cautivos los globos de observacion, instalando en tierra plataformas de madera, cargadas de piedras, con dos fuertes poleas por cuyas gargantas pasaban los cables de sujecion, destinando una partida de 30 hombres á la maniobra de cada uno de éstos.

El sistema de emplear varias cuerdas, tiene la ventaja de que aun cuando una de ellas se rompa, no por eso se escaparía el globo, además de facilitar las maniobras permitiendo dividir en dos grupos, por lo menos, los hombres encargados de efectuarlas: á fin de hacer más cómodo y eficaz el trabajo de éstos se pueden tambien terminar los cables de sujecion con dos anillas y atar á éstas tantos cabos como sean los hombres de cada grupo.

La disposicion adoptada por Mr. Giffard para la sujecion de sus grandes globos cautivos, consistía, sin embargo, en un sólo cable arrollado á un torno movido por una máquina de vapor, y éste ha sido el sistema preferido por la mencionada comision militar francesa, que ha instalado el torno en un carroaje bastante ligero, en el que va tambien una pequeña máquina de va-

por destinada á moverlo, con lo cual se facilita extraordinariamente el transporte del globo lleno, que se verifica en condiciones casi idénticas al de una pieza de artillería.

En fin, los ingenieros militares ingleses, con el objeto de atenuar los grandes cabeceos ó movimientos oscilatorios á que están sujetos los globos cautivos y poder efectuar las observaciones de una manera más cómoda, han ensayado el procedimiento de atar sólidamente á los cables de sujecion, varios sacos terreros, con peso suficiente para equilibrar la fuerza ascensional de aquellos, dejándolos en libertad de moverse á impulsos del viento, como si estuvieran libres, y haciendo que les sigan algunos soldados que agarran las cuerdas y los detienen á una señal del oficial ó del aeronauta que vá en la barquilla.

Los alemanes, por su parte, parece que han ensayado con el mismo objeto otro medio de suspension, que consiste en sustituir el círculo de madera con una barra de hierro de 10 metros de longitud y $0^m,05$ ó $0^m,06$ de diámetro, amarrada á las cuerdas de la red. De los extremos de dicha barra parten dos cuerdas de 20 metros de largo y de $0^m,01$ de diámetro, que se reunen á cierta distancia suspendiendo la barquilla de su punto medio, sin perjuicio de unirla igualmente á los extremos, para mayor seguridad, con lo que se consigue hacerla independiente del globo y de sus movimientos oscilatorios.

Es de advertir que aún siendo innecesarios, aparentemente, en los globos cautivos el *guide-rope* y el ancla, se deben llevar siempre, en prevision de una ruptura casual ó voluntaria de los cables de sujecion, y con mayor fundamento todavía conviene disponer de una buena cantidad de lastre, no ya sólo por la razon indicada, sino porque aún siendo la ascension cautiva sirve para arrojarlo con el fin de aumentar la fuerza ascensional cuando el globo se abate violentamente á impulsos del viento, como ya hemos indicado.

Las inteligencias entre los tripulantes de la barquilla y los encargados de la maniobra en tierra, se verificaban, en un principio, por medio de señales hechas con banderolas y gallardetes, y aún con toques de corneta y con silbatos; sistema que, si era suficiente para las necesidades ordinarias del servicio, resultaba de todo punto ineficaz para comunicar el resultado de las observaciones. Ya los primeros aeronautas militares emplearon con este objeto el

de escribir los partes en un papel, asegurándolos á un saquito lleno de tierra que dejaban caer al suelo, despues de hacer una señal convenida para llamar la atencion, y fijando al saco un gallardete ó una cinta que lo hiciera más visible para que fuera más fácil seguirle con la vista. Así y todo, existían los inconvenientes de que los partes cayeran en puntos inaccesibles en que no fuese posible recogerlos, y el más grave todavía de que la correspondencia no podía ser recíproca, es decir, que el general no podía trasmisir sus órdenes al oficial instalado en la barquilla, lo cual es, sin embargo, de suma importancia, hasta para aclarar las dudas que pudieran ofrecer las noticias de éste.

Los americanos, como ya hemos visto, emplearon el telégrafo, y aún se dice que en las batallas que tuvieron lugar al frente de Richmond, estaba unido con la línea telegráfica de Washington el alambre que partía del aparato situado en la barquilla, de modo que el gobierno podía comunicarse directamente por telégrafo con el globo que flotaba sobre el campo de batalla. Este acontecimiento se repitió despues durante la guerra de 1870 á 1871, en la que tambien se instaló un aparato Morse en la barquilla de un globo cautivo del ejército del Loire, y enlazado el alambre que bajaba hasta el suelo con otro que llegaba á Tours, pudieron trasmisirse algunos despachos en los primeros ensayos verificados en horas de gran calma atmosférica, y recibirse las contestaciones á una altura de 180 metros.

En los globos de reconocimientos que se emplearon en Paris en los primeros días del sitio para observar las operaciones de los alemanes, los partes se metían en cajitas de madera con unas anillas que las unían á los cables de sujecion, de modo que pudieran bajar á lo largo de éstos.

En fin, actualmente se indica, como llamado á prevalecer para el objeto, el uso del teléfono, ya ensayado con éxito satisfactorio, segun parece, y no falta quien proponga que se utilicen como conductores los mismos cables de sujecion, dotándolos de un ánima metálica, puesto que por esto no perderían nada de su resistencia.

Los parajes elegidos para efectuar las ascensiones cautivas, deben estar lo más abrigados que sea posible de los vientos reinantes, y como los globos se han de conservar hinchados, para que aquéllas puedan ejecutarse rápidamente en los momentos precisos, se les amarra al abrigo de una casa, de un

muro ó de otro obstáculo equivalente, multiplicando el número de cuerdas alrededor del ecuador y sujetándolas sólidamente á piquetes clavados en el suelo. Los aeronautas franceses de 1870 emplearon 16 de aquéllas, y los de la primera república cubrían el globo con una gran lona fuerte sujetada con piquetes (lám. 2.^a, fig. 20).

Aunque no indispensable, es muy conveniente para mayor seguridad, sobre todo cuando el globo ha de permanecer algún tiempo en el mismo sitio y éste no ofrece abrigo suficiente, hacer una gran excavación semiesférica en el terreno, de modo que pueda encerrarse en ella durante el reposo la parte inferior de aquél.

El procedimiento para trasladar de un punto á otro los globos hinchados, es, en resumen, el mismo que emplearon los primeros aeronautas militares franceses, y consiste simplemente en amarrar al ecuador un gran número de cuerdas, cuyos extremos libres sujetan los hombres encargados de la conducción, los cuales marchan por ambos lados de los caminos, conservando el globo á bastante altura, para que puedan desfilar por debajo las tropas y los carruajes (lám. 2.^a, fig. 21).

Los ya repetidos del ejército del Loire, se transportaban por medio de cuatro cuerdas de 50 metros de longitud á una altura de 30 metros próximamente, llevando á los aeronautas en la barquilla. Esta altura es, sin embargo, excesiva, especialmente en días de viento un poco fuerte, por cuya razón se consideró oportuno reducirla á dos ó tres metros por encima del suelo, ó sea casi tocando las cabezas de los soldados, cuando el terreno lo permitía, con lo cual era mucho menor la amplitud de las oscilaciones y se facilitaba la tracción, sin que por eso dejara de ser siempre fatigoso este género de transporte.

Para salvar los obstáculos que encontraban en el camino, como los muros, los alambres del telégrafo, y otros del mismo género, se soltaban dos de las cuerdas de sujeción pasándolas por encima de aquéllos, y reteniendo el globo, entre tanto, con las otras dos, que se soltaban á su vez para pasárlas después de agarrar las primeras.

En tiempos de calma se efectuaba el transporte sin grandes dificultades; pero con viento era casi imposible, aún á costa de los mayores esfuerzos, y el globo se balanceaba fuertemente como un péndulo invertido, llegando hasta

producir el mareo de los tripulantes de la barquilla, y causando frecuentes deterioros en el material, como la ruptura de los círculos de suspensión y otros análogos, que exigían frecuentes recomposiciones.

Verdad es que estos ensayos no pueden servir de fundamento para juzgar acerca de la cuestión, pues que no sólo tenían lugar en un ejército en retirada, y con un material improvisado e insuficiente, circunstancias que bastan para explicar el poco éxito alcanzado, sino que se luchaba además con el malísimo estado de los caminos y con las inclemencias de un invierno rigurosísimo, y á juzgar por lo que dicen los aeronautas que tomaron parte en dichas operaciones, no había orden ni concierto en nada, y ni aún estaban determinadas las relaciones de éstos con las autoridades militares.

Por lo demás, el manejo de los globos cautivos, que parece y es en efecto fácil en tiempos de calma, no lo es tanto en circunstancias atmosféricas menos favorables, y entonces es preciso conocer, como resultado de larga experiencia, los medios más adecuados de combatir con eficacia las dificultades que presenta.

Para atenuar éstas en lo posible, y una vez que el viento fuerte es el origen de todas las contrariedades que se oponen al éxito de las ascensiones cautivas, así por los esfuerzos que ejerce sobre los cables y sobre el material todo, como por la gran fuerza ascensional que se necesita para triunfar de la tendencia que aquél imprime á los globos haciéndoles girar alrededor de los puntos de sujeción para arrojarlos contra el suelo, y sin embargo, de las ventajas que ofrece la forma esférica que tienen ordinariamente, se ha propuesto sustituirla con otra alargada, á fin de que presenten menor superficie al viento.

Esta disposición, que parece se había ensayado ya estérilmente en 1793 y que en sentir de algunos no llegó á aplicarse al servicio en campaña por haberse perdido en la expedición de Egipto todo el material aerostático, es defendida, entre otros autores como muy conveniente, segun hemos indicado ya, por el capitán Mr. Gade, y no falta quien atribuya á Mr. Giffard el privilegio de haberla iniciado, afirmando que si no la realizó en la construcción de sus inmensas y notables construcciones aéreas, no fué ciertamente porque desconociera sus ventajas, sino porque lo limitado de los terrenos de que

disponía para la instalacion de aquéllas le obligaron á prescindir de esta innovacion, que parece poco aceptable en las poblaciones, en las que no sería fácil encontrar el vasto círculo de terreno necesario para las maniobras de un gran aeróstato de esta figura.

Dicen los partidarios de los globos de formas alargadas, que éstos poseen la preciosa ventaja de colocarse á manera de veletas en el sentido de la direccion del viento, y en tal concepto, que si no aplicables dentro de las poblaciones podrían prestar buenos servicios en campaña, en donde no hay que preocuparse por aquel detalle de localidad, añadiendo que serían más fáciles de transportar contra el viento, aún en pasos angostos con menores esfuerzos, y que tendrían gran estabilidad para las observaciones.

Al inconveniente más grave que ofrece su aplicacion, cual es el de que pudieran volverse y tomar una posicion inclinada con respecto á la vertical, en cuyo caso presentarían una gran superficie al viento, dicen que este defecto desaparecería probablemente haciendo rígidas sus extremidades, mediante armazones especiales y ligeras, ó adoptando uno de los varios medios propuestos para conservarlos siempre completamente llenos de gas, sin otra limitacion para sus longitudes que la que originára dificultad de suspender la barquilla en buenas condiciones; pero á pesar de todas estas ventajas, parece que en los ensayos que se han hecho con ellos no han dado buenos resultados, y no sabemos que se hayan adoptado en ningun ejército.

INSTRUMENTOS Y REGLAS QUE DEBEN APLICARSE EN LA NAVEGACION AÉREA. Al acometer la tarea de indicar algunas de las reglas más generales que deben seguirse en la maniobra y direccion de los globos libres, debemos recordar nuestra incompetencia y advertir una vez más que el arte aeronáutico requiere principalmente un profundo conocimiento de la física y especialmente de la meteorología, aparte de la experiencia que solo puede adquirirse en los viajes aéreos y con la lectura de las obras en que relatan los suyos los aeronautas más distinguidos.

De este último origen proceden las que nos proponemos exponer, fundadas en el testimonio de los autores que refieren sus expediciones aéreas con todos los incidentes ocurridos y con las observaciones necesarias para espli-

car el orígen de aquellos, así como los medios más oportunos para evitar su reproducción.

Empezaremos por advertir que en las ascensiones libres, que tienen por principal objeto los estudios científicos y los progresos de la aeronáutica, se deben llevar siempre en la barquilla, además del lastre, del *guide-rope* y del ancla, algunos instrumentos de observación, que al mismo tiempo que para apreciar las variaciones atmosféricas, sirven de guías para gobernar los globos en relación con éstas.

Entre aquellos figuran el termómetro y el higrómetro, para medir respectivamente la temperatura y el grado de humedad de la atmósfera; el anemómetro, para calcular la velocidad de las subidas y de los descensos; el barómetro, para deducir de sus indicaciones las diferentes alturas á que se ha elevado el globo y juzgar cuándo éste sube ó baja, segun que aquél baje ó suba; la brújula, para orientarse y distinguir la dirección en que se marcha; y en fin, todos los que se juzguen convenientes para el objeto de la expedición, contando siempre entre ellos como muy convenientes unos buenos anteojos, para la exploración del terreno á grandes distancias, y á fin de elegir el punto que parezca preferible para el descenso, ya que esta es la maniobra más difícil.

En las ascensiones á grandes alturas suelen llevarse tambien instrumentos de máxima y de mínima, á fin de que aun en el caso de que los aeronautas se vieran imposibilitados de observarlos en tiempo oportuno, puedan consultarse sus indicaciones despues de llegar á tierra; pero estas realmente no merecen la mayor confianza, á menos de una gran tranquilidad en la atmósfera, dado que no se puede responder que no se hayan movido los índices de aquéllos.

En fin, advertiremos tambien, que á causa de la movilidad incansable del globo, y por la necesidad de que los instrumentos y aparatos dichos se pongan rápidamente en equilibrio con el medio ambiente, para la exactitud de sus indicaciones es indispensable que estén perfectamente construidos y que sean de gran sensibilidad, condiciones que han sido objeto de solicita atención y estudio por parte de los ingenieros militares ingleses y franceses, quienes han introducido en ellos, al parecer, notables perfeccionamientos,

cuidadosamente reservados en el más impenetrable secreto, y que por esta razon no nos ha sido posible conocer.

La primera operacion despues de henchido el globo es la de poner en orden dentro de la barquilla todos los objetos que debe llevar, procurando, previo un atento estudio preliminar, que ésta reuna las condiciones necesarias para tener á la vista los instrumentos de observacion, y al alcance de la mano todos los que se han de emplear en las maniobras.

La cuerda de la válvula debe ir siempre atada al círculo de suspension, para poder cogerla fácilmente si alguna vez se escapa de la mano, como suele suceder, y del mismo modo debe atarse, como hemos dicho, el extremo libre del cabo del ancla.

En el minucioso reconocimiento á que deben sujetarse las partes todas del aeróstato, antes de proceder á llenarlo, para asegurarse de su resistencia y buen estado de conservacion, ya que la negligencia ó los descuidos en esta materia son el origen más frecuente de acontecimientos funestos, ha de concederse marcada preferencia á la válvula superior, por la importancia que tiene el juego fácil y expedito de este órgano especial.

Aun despues de todas las precauciones, sucede á veces que se entorpezca por causas independientes del aeronauta, especialmente cuando es de las que hemos descrito en primer lugar, como le sucedió al celebrado Blanchard en uno de sus muchos viajes aéreos, en el que era tan intenso el frio, que cuando quiso descender, sólo á costa de grandísimos esfuerzos pudo conseguir que se abriera la válvula, á consecuencia de hallarse como petrificada la cataplasma de que se había servido para cerrarla.

Es tambien de la mayor importancia, antes de emprender un viaje aéreo, el observar la direccion de los vientos reinantes en las capas superiores de la atmósfera, haciendo caso omiso de las indicaciones de las veletas más elevadas, siempre insuficientes para el objeto, pues si bien es cierto que en muchos casos no se necesita una rigurosa exactitud en la apreciacion de este dato y entonces es suficiente mirar á simple vista la direccion del movimiento de las nubes, en cambio se recurre en otras á observar éste por reflexion sobre la luna de un espejo, colocado horizontalmente en el suelo y perfectamente orientado.

A veces se emplea tambien con ventaja el recurso de elevar algunos globos de pequeñas dimensiones desde un lugar despejado, en el que se debe trazar previamente el meridiano, observando la marcha de aquéllos con respecto á éste, á las diferentes alturas que hayan alcanzado, sin perjuicio de relacionarla con los puntos elevados y más notables del terreno inmediato.

Es preciso advertir, sin embargo, que tampoco son siempre exactas semejantes indicaciones, porque sin duda á causa de las diversas corrientes superpuestas que existen en la atmósfera, ó por cambios repentinos en la dirección del viento, sucede con frecuencia que dichos globos de ensayo marchen todos al principio en un sentido, cambiando de rumbo después de elevarse más, y acabando al fin por tomar la dirección completamente opuesta á la primera, de modo que para prejuzgar con alguna seguridad la dirección del viaje que se haya de emprender en relación con la de los vientos reinantes, nunca serán sobradas las precauciones, á fin de evitar los errores en que se pudiera incurrir.

Mr. Fonvielle, partiendo del principio de que un globo cautivo de fuerza ascensional conveniente, puede dar la medida de la velocidad del viento por su inclinación y sus oscilaciones, recomienda como muy interesante que se hagan estudios y ensayos con pequeños globos cautivos, en la seguridad de que considerándolos á manera de péndulos, darán indicaciones muy útiles, deducidas de la amplitud, duración y ángulo medio de separación de sus balances, y propone para apreciar la tensión del cable, el empleo de un cordón de cauchú que tenga la resistencia apropiada al objeto.

Indica además, que en días de poco viento podría sondarse la atmósfera hasta una altura considerable, estableciendo una cadena de globos de esta clase, previas todas aquellas precauciones que aconseja la prudencia, como son, entre otras, la de que estén perfectamente barnizados para que no experimenten grandes pérdidas de fuerza ascensional; la de no llenarlos completamente, á fin de que la dilatación del gas interior en las grandes alturas se verifique de una manera progresiva y sin violencia; y la de fijar, por último, á la cuerda de sujeción, de trecho en trecho, otros globos más pequeños que hagan equilibrio al peso de ésta, que convendría fuera de seda por su mayor ligereza.

Sea como quiera, es preciso convenir en que todas estas pruebas contribuirían sin duda alguna muy eficazmente al conocimiento de los movimientos de la atmósfera, y en que será siempre muy recomendable el uso de los globos pilotos, como precursores de las ascensiones aéreas, para darse cuenta del estado de aquélla; y prevenir en lo posible sucesos desagradables.

Adoptadas todas las precauciones dichas, y despues de medir con un dinamómetro la fuerza ascensional del globo, si se considera oportuno ó necesario, se reemplazan los sacos de tierra empleados en la sujetacion, por hombres agarrados á las cuerdas, y una vez suspendida sólidamente la barquilla é instalados en ella los aeronautas, se dá la voz, ó se hace la señal convenida para que en el mismo instante suelten simultáneamente las amarras todos aquellos, y ya libre el aeróstato pueda elevarse en la atmósfera.

Cuando el lugar en que hayan de efectuarse estas operaciones esté rodeado de casas, árboles ú otros objetos elevados, y en vista de la fuerza ascensional y de la dirección é intensidad del viento, se teme que el globo al subir pueda chocar con alguno de aquellos obstáculos, se le imprime un fuerte impulso con la mano, que le comunica una velocidad notable.

Por lo demás es de advertir, que así como los vientos fuertes son muy incómodos y hasta peligrosos para las ascensiones cautivas, en casi nada perjudican las de los globos libres, que una vez hinchados al abrigo de un obstáculo cualquiera del terreno ó de un cercado de lona, se elevan en las mismas condiciones y con la misma seguridad que en tiempos de calma.

Las maniobras principales en que estriba la dirección de los globos libres, consisten esencialmente en subir ó bajar á voluntad, conservándose en lo posible, durante algun tiempo, á la misma altura, cuando así parece conveniente.

Al efecto es preciso recordar que la velocidad ascensional permanece casi inalterable durante algun tiempo, puesto que haciendo abstraccion de otras causas, á medida que el globo sube y la presion exterior disminuye por efecto de la menor densidad del aire, el volúmen de aquél aumenta por la expansion consiguiente del gas interior, con tendencia á conservarse constante la diferencia entre su peso y el del aire desalojado.

En tal concepto, si con el mismo peso en la barquilla se dá salida á una

parte del hidrógeno, aquella diferencia habrá disminuido, moderando la velocidad ascensional y aún haciendo descender al globo cuando la pérdida del gas sea suficiente al efecto; y por el contrario, si conservando constante la diferencia dicha se arroja ó se pierde una parte del peso de la barquilla, se hará más rápido el movimiento ascendente, ó se atenuará y retardará el descendente.

Se comprende, pues, que el gobierno del globo se reduce al manejo de la válvula y del lastre, abriendo la primera por medio de la cuerda correspondiente, cuando se desea moderar la subida ó bajar decididamente, y arrojando el segundo, á puñados y aún vaciando sacos enteros si fuera necesario, cuando hay que moderar ó detener el movimiento de descenso, ó se quiere acelerar la subida.

En todos los casos, la primera condicion para poder aplicar estas reglas es la de que el aeronauta pueda darse cuenta del sentido en que se mueve, lo que es á veces bastante difícil de apreciar á simple vista, por cuya razon se recurre á las indicaciones del barómetro, que dan á conocer si el globo sube ó baja, segun que baje ó suba la columna de mercurio, y tambien á los movimientos de unas hojitas de papel ó cintas muy ligeras que se atan á las cuerdas de suspension de la barquilla y que se separan más ó ménos de éstas cuando el globo desciende, y se adhieren, por el contrario, á las mismas cuando éste se eleva.

Por lo demás, el aeronauta debe observar una prudencia hasta exagerada en el uso indicado de la válvula y del lastre, no ya sólo por lo que influyen estos dos elementos en la duracion de los viajes aéreos, sinó tambien por la importancia que tienen para su seguridad, permitiéndole en cierto modo dominar el aeróstato en tanto que conserva la facultad de subir y bajar, y por consiguiente, la elección del paraje más oportuno para efectuar la crítica operacion del descenso.

A fin de que se comprenda mejor todo el interés que debe concederse á esta recomendacion y el dicho casi vulgar de que «el lastre constituye un verdadero tesoro para el aeronauta», será suficiente recordar la gran sensibilidad de los aeróstatos con respecto á las variaciones de temperatura y del estado higrométrico del aire.

Los rayos del sol, en efecto, aumentan de una manera extraordinaria la

temperatura del gas interior, como ya hemos tenido ocasión de advertir, produciendo una expansión de aquél considerable, y aumentando mucho el volumen y la fuerza ascensional, mientras que es bastante que el globo pase, aún á buena distancia, por encima de un bosque ó de un río un poco notables para que se advierta un rápido descenso, debido á la mayor humedad de la atmósfera ó sea á la condensación del vapor de agua sobre la envoltura: se comprende, por lo tanto, la necesidad de tener muy en cuenta estos fenómenos, para evitar maniobras perjudiciales y que hasta pudieran ser peligrosas en ciertas ocasiones.

La influencia que puede ejercer la mayor ó menor humedad de la atmósfera en la fuerza ascensional de un aeróstato de dimensiones conocidas, se revela fácilmente suponiendo la superficie de éste cubierta por una capa de agua de pequeño espesor, $\frac{1}{10}$ de milímetro, por ejemplo. Calculando entonces el peso en kilogramos que representa esta carga; comparándola con la fuerza ascensional dicha; y teniendo presente que aquélla puede evaporarse, total ó parcialmente, bajo la influencia del calor solar, pudiendo repetirse estos fenómenos varias veces durante un viaje aéreo, á consecuencia de atravesar nubes más ó menos cargadas de humedad, ó que intercepten momentáneamente los rayos del sol, se comprenderá perfectamente la importancia de las variaciones indicadas.

Al mismo tiempo demuestran la necesidad de que el aeronauta inteligente consulte con frecuencia el barómetro, el termómetro y el higrómetro, para resolver en virtud de las indicaciones de estos instrumentos los complicados problemas que se le ofrecen, si ha de aprovechar todas las circunstancias que le permitan economizar el gas y el lastre, y prolongar el viaje todo lo posible.

Prueban además, como ya lo hemos indicado, que realmente los navegantes aéreos deben poseer extensos conocimientos de física y meteorología, á la par de mucha práctica para poder apreciar con rapidez y con alguna aproximación los efectos que producirán sobre la fuerza ascensional del globo las variaciones dichas, y las consecuencias que originarán inmediatamente y en relación con todas las demás circunstancias que puedan influir en el tiempo que haya de durar la expedición proyectada.

Por otra parte, explican la casi imposibilidad de mantener los globos á la misma altura durante algun tiempo, y la precaucion de pintar de blanco la superficie exterior de éstos para atenuar un poco la accion de los rayos solares, á la vez que se procura con verdadero interés realizar algunos progresos acerca del modo mejor de aligerarlos, ensayando aparatos automaticos que permitan conservar el equilibrio deseado entre las pérdidas y las expansiones del gas, y el peso del lastre.

Con el mismo objeto, y en vista de su incuestionable importancia, se estudian los medios de poder conservar el globo en el estado de inflacion que se quiera á cada momento, proponiendo entre otros el de llevar en el fondo de la barquilla una cierta cantidad de gas comprimido, ó las sustancias y los aparatos necesarios para producirlo; pero sin que hasta ahora se haya llegado á resultados concluyentes en estos ensayos.

En cuanto á la velocidad de traslacion que puede adquirir un globo libre, nada puede decirse de una manera absoluta, puesto que dependerá de muchas causas; y segun los datos recogidos acerca de los globos que salieron de Paris durante el sitio, se vé que aquélla varió en los diferentes viajes entre 6 y 144 kilómetros por hora, ó sea entre la del viento fresco y la del huracán.

Su velocidad de rotacion no es tan grande como generalmente se supone, pues se calcula que ordinariamente tardan de 120 á 180 segundos en dar una vuelta entera al rededor de su eje vertical.

Respecto al modo de alumbrar la barquilla de noche para poder observar siquiera los instrumentos, hemos visto que en una de las sesiones celebradas por la ya citada sociedad aeronáutica de la Gran-Bretaña, se propusieron varios medios que no ofrecían peligro alguno, y despues de examinar el uso que podría hacerse al efecto, de las propiedades luminosas del fósforo, cuya claridad se desechó por insuficiente, lo mismo que la que emiten los gusanos de luz, puesto que éstos la pierden á bajas temperaturas, se convino en que sería lo mejor emplear lámparas Davy, bien construidas, sin perjuicio de aplicar tambien la luz eléctrica.

Para iluminar el terreno en las ascensiones nocturnas, pueden emplearse, como ya hemos indicado, las luces de bengala, á juzgar por lo que manifies-

ta el repetido Mr. Fonvielle, que dice haber experimentado en uno de sus viajes este procedimiento con tan buen resultado, que podía distinguir perfectamente los objetos terrestres, deduciendo de esto que con un aparato de luz eléctrica hubiera alcanzado un éxito más satisfactorio sin el menor peligro, lo que indudablemente constituiría una preciosa ventaja en las expediciones que fuese preciso realizar de noche durante la guerra.

Consideramos oportunas algunas indicaciones acerca de los fenómenos que más comunmente suelen verificarse en los viajes aéreos, así para evitar la sorpresa que producirían en los que sin tener conocimiento de ellos los observáran por primera vez, como para prevenir las desagradables consecuencias que á veces originan.

Desde luego conviene tener presente que en algunas ocasiones se sienten unos ruidos en la tela del globo, como si ésta se rasgara, ocasionados por la acción combinada del viento y de la elasticidad del gas interior, que dan lugar á que aquélla se extienda con violencia, después de haberse encogido, produciendo efectos análogos á los que se observan al flamear las velas de los buques.

Es también digno de advertirse que siendo ordinariamente opaco el gas con que se llenan los globos, á causa de la condensación del vapor de agua que siempre contiene, se hace transparente cuando aumenta su temperatura, y entonces, al mirar el interior de aquéllos por su abertura inferior, ofrecen el aspecto, por una extraña ilusión de óptica, de inmensas cúpulas ó medias naranjas.

Sucede también con mucha frecuencia que, como la temperatura interior suele ser distinta y casi siempre más alta que la del medio ambiente, por la energía con que á veces obran sobre aquél los rayos solares á causa de la transparencia del tejido y de la forma esférica del globo, que el gas se dilata y sale por la abertura inferior con el aspecto de vapores blanquecinos, así como cuando se abre la válvula superior se oye un ruido seco, debido al choque de los discos de madera, y áun á veces como un sonido musical.

No consideramos tampoco fuera de propósito el insistir aquí en las ligeras indicaciones que ya hemos apuntado respecto á los efectos fisiológicos que en algunas ocasiones se sienten en las ascensiones aerostáticas. Mien-

tras que la altura no excede de 2000 á 3000 metros, los aeronautas no experimentan malestar alguno ni la menor alteracion; pero cuando aquélla es mucho mayor, como sucede en las expediciones que se emprenden en interés de los progresos de la ciencia para el estudio y conocimiento de los fenómenos atmosféricos, ya no sucede lo mismo y se requieren algunas precauciones. Así, por ejemplo, en una de las verificadas el año 1862, por el repetido Mr. Glaisher acompañado del aeronauta Coxwel, en la que alcanzaron una altura de mas de 10.000 metros, el primero perdió el conocimiento por completo y quedó inmóvil delante de los instrumentos de observacion; é igual suerte hubiera experimentado indudablemente el segundo, por más que hasta entonces había soportado sin desvanecerse los efectos de la depresion, ocupado en las maniobras del globo, si ántes no hubiese logrado abrir la válvula superior para descender á capas de aire menos enrarecido y de más elevada temperatura, en las que volvieron á recobrar rápidamente el calor perdido y á confortarse más y más á medida que se acercaban á tierra.

Mr. Coxwel se vió atacado en otra ocasion de violentos vómitos á una altura no muy considerable y en el momento en que ya estaba bajando, lo que hizo suponer que habría tragado algunas bocanadas del gas del alumbrado que llenaba el globo. De este modo se explica tambien que algunos aeronautas hayan aparecido muertos en la barquilla, sin heridas ni lesiones aparentes.

Los dos casos anteriores, entre algunos otros análogos que se pudieran citar, corroboran por una parte las recomendaciones ya indicadas, que deben tenerse presentes en la inflacion de los globos, especialmente cuando éstos han de elevarse á grandes alturas; y por otra, las precauciones y cuidados que siempre deben observarse rigorosamente dentro de las reglas que dejamos establecidas.

Es otra de éstas, tambien muy importante y recomendable, la de que cuando el aeronauta no conozca el país que probablemente habrá de recorrer, segun la dirección del viento reinante, procure informarse perfectamente de las poblaciones y de todas las particularidades más notables del terreno que podrá descubrir en una zona de anchura proporcionada á las desviaciones que pueda experimentar el globo, ya que nunca es posible contar con

una dirección absolutamente invariable de las corrientes aéreas. De este modo, apreciando anticipadamente y con la posible exactitud la situación relativa de aquéllas respecto á la dirección probable del aeróstato, y anotando las que deberán encontrarse á la derecha ó á la izquierda de dicha dirección, podrá guiarse durante el viaje y juzgar aproximadamente, si no con entera certeza, del país sobre que marcha y elegir el paraje en que debe efectuar su descenso.

Esta es la operación más crítica y arriesgada de los viajes aéreos y la que exige más serenidad y prudencia en el aeronauta, pues si cuando la atmósfera está completamente en calma puede verificarse sin accidente, con una velocidad de hasta 500 á 600 metros por minuto, siempre que se disponga de un buen *guide-rope*; cuando por el contrario aquélla se halla un poco agitada, el viento obra sobre el globo con una fuerza tan considerable, que es muy difícil de contrarestar y que lo arrastra rápidamente y á saltos á través de la comarca en que desciende, derribando á veces los árboles pequeños y hasta algunos muros y otros obstáculos del mismo género, volcando la barquilla y causándole una serie de violentas sacudidas, con grave peligro de los tripulantes, que en tan penosa y difícil situación suelen quedar magullados y contusos, hasta que agotado el gas ó sujetada el ancla, se detienen en su vertiginosa carrera.

Se atenúan, sin embargo, mucho estos peligros manejando convenientemente la válvula y el lastre para regular la velocidad del descenso, y maniobrando con habilidad y destreza el *guide-rope* y el ancla, que siendo de buenas condiciones disminuyen considerablemente el choque, moderan el movimiento, y detienen y aseguran el aeróstato.

El *guide-rope* se desarrolla y se deja colgar desde luego en cuanto se pretende descender, y como ya hemos indicado, no solo sirve de guía al aeronauta para apreciar con seguridad la distancia que le separa del suelo, sinó que obrando sobre el globo á manera de un resorte, le aligera á medida que más desciende de una parte del peso equivalente al de la parte que ya descansa sobre el terreno, moderando en consecuencia el descenso de aquél, y oponiéndose además por su rozamiento y por lo que se enreda en las piedras y en las matas, al movimiento de traslación, que de este modo se hace

más lento, y permite aprovechar la oportunidad de lanzar el ancla en buenas condiciones para sujetar el aeróstato definitivamente.

Para el descenso debe elegirse con preferencia un lugar despejado, pero resguardado del viento reinante por algun edificio ó alguna elevacion del terreno, ateniéndose, si hay lugar á ello, á las indicaciones del anemómetro, que darán á conocer la velocidad con que se verifica y servirán para adoptar las medidas más oportunas á fin de prevenir accidentes desagradables.

En fin, cuando sin embargo de todas las precauciones es de temer todavía un choque violento, puede apelarse como último recurso á salir de la barquilla y suspenderse de las cuerdas de sujecion de ésta en el último momento, con lo cual se consigue por el alivio del peso de la barquilla, que naturalmente llega antes al suelo, y proteger las piernas contra un golpe demasiado fuerte; pero en ningun caso se debe saltar desde la barquilla, porque esta operacion rarísima vez podrá intentarse sin consecuencias funestas.

Claro es que si al tocar en tierra los globos se vaciaran completamente, habrían desaparecido los repetidos saltos que experimentan hasta que pierden la fuerza ascensional que los motiva durante la salida del gas. Seducido por la idea de abreviar cuando ménos este período, el hábil aeronauta inglés Mr. Harris, imaginó una válvula de grandes dimensiones, que únicamente debía funcionar en el momento preciso de llegar al suelo; pero al ensayar este nuevo aparato lo hizo con tan mala suerte, efecto sin duda de la imperfeccion con que lo había dispuesto, que se abrió cuando todavía el globo se hallaba en las nubes y cayó con la velocidad del rayo, estrellándose sobre las casas de Londres.

Con este mismo objeto, si bien proponiéndose hacerlo funcionar solamente en casos excepcionales, Mr. Duruof propone el uso de una cuerda especial, que llama *de misericordia*, destinada á rasgar la envoltura del globo si fuese indispensable al tocar en tierra, á fin de vaciar éste casi instantáneamente; pero aunque al parecer la haya ensayado con éxito y por más que sean grandes las precauciones y la seguridad que ofrezca su instalacion, es indudablemente un órgano muy peligroso, en cuanto pudiera darse el caso de que obrara inopportunamente.

Los aeronautas verdaderamente prácticos consiguen bajar casi en el

momento y en el paraje en que lo desean, en virtud del acierto con que combinan el juego de la válvula y del lastre, y es indudable que con las modificaciones introducidas en los aparatos destinados á detener los aeróstatos, han disminuido mucho las probabilidades de accidente, aún con tiempos muy malos, que es cuando realmente son más de temer.

Por otra parte, á pesar de todas las peripecias que pueden ocurrir en los viajes aéreos, hay que conyénir en que el aeronauta inteligente y sereno, que sabe desafiar el peligro sin inmutarse, tiene á su disposicion muchos recursos para luchar contra los peligros indicados, y entre los numerosos ejemplos que pudiéramos citar en prueba de ello, profusamente relatados con nímita escrupulosidad en casi todas las obras que se ocupan de la aerostacion, parécenos uno de los más notables y dignos de conocerse el viaje realizado por Hodsman, en 1867, sobre el mar de Irlanda, no sólo por las especiales circunstancias en que lo llevó á cabo, sinó porque prueba á la vez la esquisita sensibilidad de los aeróstatos para las pérdidas de gas y de lastre, y corrobora los cuidados y precauciones que dijimos deben observarse al manejarlos, así como el tino y la prudencia que en estos casos se necesitan.

No bien había partido el globo de Dublin, cuando fué arrastrado hacia el mar por una fuerte corriente de aire que le impedía descender, viniendo á sorprenderle la noche en esta situacion, para que todavía le fuera más imposible tomar una resolucion acertada con algun conocimiento de causa, como por ejemplo, la de ganar altura en busca de otra corriente favorable que le pusiera en salvo.

Léjos, sin embargo, de entregarse á la desesperacion, ni de intimidarse ante el peligro, se le ocurrió la idea de viajar algun tiempo casi tocando la superficie de las aguas. Al efecto, sentado en el fondo de la barquilla dejó colgar el ancla por medio de una cuerda de 40 metros de longitud, sosteniéndola con una mano, mientras que con la otra arrojaba el lastre á puñados á medida de las necesidades, cogiéndolo de uno de los sacos que había colocado abierto entre las rodillas. De este modo, cada vez que el ancla tocaba en el agua, el globo experimentaba una sacudida, y el aeronauta tiraba inmediatamente un puñado de lastre que le permitía elevarse un poco, y repitiendo constantemente esta operacion, sin olvidar que aquél se hacía más pe-

sado por efecto de la lluvia, consiguió viajar durante más de dos horas con una velocidad que ha calculado le permitió recorrer en dicho intervalo más de 200 kilómetros, elevándose al fin y consiguiendo volver á tierra, aunque perdiendo el globo.

En resumen: observando las reglas anteriores, que ya en su mayor parte habían sido dictadas por Charles, puede decirse que si los viajes aéreos ofrecen indudablemente algunos peligros, son sin embargo menores que los que se suponen y éstos únicamente en los descensos, cuando el viento es fuerte, como lo acredita, por otra parte, la estadística de los accidentes que registra la historia de la aerostacion, segun ya hemos tenido ocasión de advertir. Por lo demás conviene repetir que el mayor número se debe á negligencias inesplícables ó ignorancia de los aeronautas, y tambien á la mala disposicion y conservacion del material. En efecto, cuando éste es de buenas condiciones y el aire no está demasiado agitado, puede prepararse con habilidad la bajada en términos de llegar al suelo con muy poca velocidad y sin sacudidas, eligiendo aproximadamente el punto más á propósito para efectuarla, abriendo por completo la válvula y arrojando oportunamente el ancla, cuando ya es corta la distancia y ha disminuido la velocidad de traslacion del globo, por la accion del *guide-rope*, que algunos llaman por estas circunstancias, *cuerda-freno*.

No hemos mencionado el paracaídas entre los aparatos de navegacion aérea, por más que se recomiende como un medio de salvacion en los accidentes que pudieran ocurrir á ciertas alturas, porque además de ser éstos muy raros, se considera poco práctico el uso de aquél, á causa de que no siempre se despliega en el momento oportuno para evitar el peligro, y porque además, para que pueda ser verdaderamente eficaz, y moderar en la medida conveniente la caida de un solo hombre, se necesita que tenga una gran superficie (siete metros de diámetro lo menos) y que sea de una tela muy resistente, y por tanto muy pesada.

En fin, tratando de obviar algunos de estos inconvenientes, se ha propuesto otro medio que no queremos pasar en silencio, aun ignorando los resultados que realmente pudiera ofrecer en la práctica. Consiste simplemente en disponer una faja de tela ligera al rededor del ecuador del globo,

sujeta con cuerdas al perímetro de la barquilla, formando una especie de paracaídas circular, al que podrían dársele dimensiones considerables para que pudiese moderar convenientemente la velocidad de los descensos, aún despues de rasgado el globo.

Por último, conviene advertir, que como las maniobras todas deben ejecutarse con la mayor puntualidad cuando son varios los encargados de efectuarlas, es indispensable que lleve la dirección el más práctico y que los demás obedezcan sin vacilaciones sus órdenes, observando la más severa disciplina.

DIRECCION DE LOS GLOBOS LIBRES APROVECHANDO LAS CORRIENTES AÉREAS;
Indicadas las reglas más usuales para el manejo de los globos libres, y en vista de la incuestionable y grandísima utilidad que ofrecería el poder dirigirlos con alguna exactitud, parece oportuno que, reservando para otro lugar la descripción de los principales medios inventados para conseguirlo, empleando motores mecánicos más ó menos ingeniosos y eficaces, expongamos aquí, siquiera sea ligeramente, los que se proponen á fin de utilizar al efecto las varias corrientes aéreas que indudablemente se encuentran en la atmósfera á diversas alturas.

La existencia de estas corrientes superpuestas, de diferentes direcciones, que fué el primero en anunciar el doctor Potain, en una ascension verificada en Inglaterra el año 1785, ha sido confirmada despues en multitud de ocasiones por los más célebres aeronautas, mientras que la ignorancia de este fenómeno ha originado algunas catástrofes, haciendo suponer á los navegantes aéreos poco peritos, que marchaban en ciertas direcciones en vista de las que tenían las corrientes observadas en la superficie de la tierra, siendo así que á veces seguían las diametralmente opuestas y que eran arrastrados hacia el mar.

* Aunque son numerosísimos los testimonios que sobre este asunto registran los relatos de las expediciones aéreas más notables, nos limitaremos á citar el de Mr. Fonvielle, que refiriéndose á una de las ascensiones que ha verificado en París, asegura que el globo hizo varios zig-zags sobre la población ántes de marchar en una dirección fija; el de Mr. Flammarion, en la historia de sus notables viajes aéreos; el de Mr. Glaisher, que dice cambió

un gran número de veces la dirección del viento durante la rápida ascension que llevó á cabo desde el arsenal de Woolwich, el 12 de enero de 1864; el del conocido aeronauta Mr. Duruof, que en el otoño de 1867 emprendió un viaje en Calais, con viento que se dirigía al interior, y que apenas se encontró á 200 metros de altura se vió arrastrado hacia el mar, en el que acaso hubiera perecido á no haber observado que por debajo del globo se movían las nubes en dirección al continente, abriendo en consecuencia la válvula para bajar hasta ellas y seguir el mismo rumbo, que le restituyó á tierra sin peligro; el de Mr. Tessandier, que al describir el viaje del primer globo que salió de París de noche, durante el sitio, observa que permaneció diez horas en el aire para bajar á muy pocas leguas de distancia, lo que unido á los informes de los tripulantes, que dicen haber pasado varias veces por encima de aquella capital, le induce á explicarse el hecho por haber sido arrastrados por corrientes de diferentes direcciones; y en fin, las repetidas observaciones de que más adelante haremos mérito, de los oficiales de ingenieros ingleses.

Este fenómeno atmósferico, tan repetidamente comprobado y que tiene explicacion lógica, en cuanto la existencia de una corriente aérea induce á creer que por compensacion haya otra en una dirección distinta, es la base en que se funda la teoría de la dirección que nos proponemos indicar, iniciada por el hábil y osado aeronauta de los Estados Unidos Mr. Lowe, y seguida despues por otros muchos, y se reduce, en resumen, á elevarse más ó menos en la atmósfera hasta encontrar la corriente que se dirija en el sentido deseado.

A parte de los procedimientos indicados para apreciar la diversa dirección de las corrientes atmosféricas ántes de emprender los viajes aéreos, existe otro muy ingenioso empleado con éxito por los ingenieros militares ingleses. Consiste en llevar atado á la barquilla, por medio de un ligero cordon de seda de 600 á 700 metros de longitud, otro pequeño globo, que algunos quieren designar con el nombre de *globo satélite*, del volumen extrictamente necesario (5 á 6 metros cúbicos), para elevarse en la atmósfera á una altura igual á la longitud del cordon, á la que será claramente visible, y provisto de su barquilla correspondiente, que deberá cargarse de arena cuando convenga que descienda y flote por debajo del globo principal. Con el importante auxilio

de este tan hábil como sencillo aparato, que el aeronauta puede subir ó bajar á voluntad, se deduce fácilmente la dirección é intensidad de las corrientes en una altura bastante considerable, efectuando un verdadero sondeo de la atmósfera.

Respecto al modo de apreciar la dirección de la marcha, se han propuesto tambien varios y muy diferentes sistemas, siendo uno de los más notables el debido á Mr. Dupuy de Lome, que oportunamente daremos á conocer.

Mr. Glaisher, en la sexta ascension que llevó á cabo en el arsenal de Woolwich, se sirvió de la brújula, observando los objetos terrestres que se podían apercibir á través de los claros que dejaban las nubes.

Pero los ingenieros ingleses, en vista de que ninguno de los instrumentos conocidos ofrecía bastante exactitud para este objeto, tuvieron que recurrir á otro de su invencion, que parece servir perfectamente, y habiéndolo encargado á Mr. Casella, hábil constructor de aparatos, establecido en Lóndres, éste construyó tambien otros varios, entre los que se cita un excelente anemómetro para medir la velocidad en las subidas y en los descensos, sin que nos sea dado decir otra cosa acerca de esto, por el secreto que observan en todo lo que se refiere á los progresos realizados en la aerostacion.

Por lo demás, pudiendo subir y bajar en la atmósfera á voluntad y admitida la existencia de varias corrientes de aire en distintas direcciones, fácil es darse cuenta del modo de aprovecharlas para viajar en una dirección determinada. Suponiendo en efecto (lám. I.^a, fig. 14), que sea *O* el punto de partida, y *P* el paraje á donde se ha de dirigir el globo, y admitida la existencia de dos corrientes superpuestas, *O E* y *O NE*, en dirección del Este y del Nordeste, entre cuyos dos rumbos se encuentra *P*, claro es que para dirigir el globo de modo que se acerque en lo posible á su destino, deberá aprovecharse la primera corriente *O E* hasta *M*, y una vez sobre la vertical de éste, elevarse hasta la altura de la *O NE* para seguir la línea *MP*, pudiendo formar análogamente otras muchas combinaciones con las diferentes corrientes atmosféricas.

En virtud de las velocidades de éstas y de las distancias que se han de recorrer, podrá determinarse el tiempo que se deberá viajar á impulsos de

cada una de ellas ántes de cambiar de dirección, una vez que el globo marcha siempre con velocidad igual á la de la corriente que lo arrastra.

Es indudable que para alcanzar tan satisfactorios resultados se necesita, en primer término, acabada destreza y larga práctica, y un conocimiento exacto de la dirección y de la velocidad de las diferentes corrientes aéreas; pero no cabe duda tampoco que, mediante estas condiciones, puede conseguirse el objeto muchas veces, como se deduce de los ensayos realizados en Inglaterra.

Partiendo de las observaciones del acreditado aeronauta Mr. Green, y de las hechas por el conocido capitán Templer, de las que resulta, que dentro de una altura de 1.000 á 1.500 metros se encuentran ordinariamente tres corrientes de aire en distintas direcciones, se han emprendido con éxito algunos viajes aéreos, recorriendo itinerarios previamente marcados. El capitán Templer ha realizado algunos desde el palacio de cristal á Aldershot, y de Southal á Harrow, y el capitán de ingenieros Elsdale, que tambien se ha ocupado mucho en estas pruebas, observando las corrientes y tratando de aprovecharlas con el propio fin, ha podido marchar en globo desde Woolwich á Colchester, utilizando tres corrientes que lo condujeron en media hora, despues de hacer varios ensayos con globos pilotos.

Uno de los ejemplos más notables es el viaje efectuado por el capitán Templer, desde el palacio de cristal á Barnet, punto que se halla situado respecto al primero á una distancia de 32 kilómetros, entre las direcciones Norte y Nordeste, y bastante más cerca de la primera que de la segunda. Confiando en la existencia de dos corrientes de aire, cuyas direcciones podrían averiguarse con exactitud en una ascension preliminar, utilizándolas en la proporcion necesaria, se elevó desde luego, observando que á una altura de unos 300 metros era arrastrado por el viento hacia el Noroeste, mientras que otro globo que había partido al mismo tiempo y que se hallaba próximamente á la altura de 900 metros, se dirigía por el contrario al Este. Aprovechando, pues, alternativamente cada una de las dos corrientes dichas en relacion con sus velocidades respectivas, consiguió efectuar sin contratiempo y con admirable exactitud el viaje que se había propuesto, en corroboracion de sus afirmaciones y de sus cálculos, acerca de la posibilidad de dirigir por este medio los globos libres.

Fundados en el éxito de estas empresas, los aeronautas ingleses consideran posible el problema en que fracasaron los franceses, á pesar de su pericia y de su incontestable buen deseo, cuando se propusieron regresar á París durante el rigoroso bloqueo de esta plaza. Opinan de este modo con tanto más motivo, cuanto que ya que fuera imposible bajar dentro del extenso perímetro de los fuertes exteriores, serían muchas por lo menos las probabilidades de hacer pasar el globo tan inmediato que pudieran distinguirse con entera claridad las señales telegráficas hechas desde la barquilla de aquél y arregladas á una clave convenida de antemano, puesto que en algunas de sus experiencias se convencieron de que podían comunicarse á grandes distancias, estando á una altura conveniente, por medio de señales hechas con banderas, con aparatos de brazos móviles, ó con otros análogos.

Tambien los franceses han realizado posteriormente algunos ensayos con el mismo objeto, entre los que mencionaremos el de Mr. Jovis, que en vista de las indicaciones recogidas respecto á la dirección de los vientos reinantes y al orden de sucesión que en ellos se advierte á diversas alturas, concibió la idea de realizar un viaje aerostático en una dirección dada, invitando á los oficiales de caballería, de guarnición en los puntos por cuyas inmediaciones se proponía pasar, para que saliesen al encuentro del globo, desde el que pudo cambiar con ellos algunas señales.

Por lo demás, las tentativas hechas para regresar á París en la fecha indicada, no pueden tampoco servir de punto de partida para deducir conclusiones definitivas en esta materia, puesto que en rigor sólo se efectuaron dos ascensiones en Rouen con dicho objeto por los hermanos Tissandier, los días 7 y 8 de noviembre, no habiendo podido realizarse por varias causas, las que Mr. Fonvielle se proponía efectuar en Lille. Por otra parte, en las críticas circunstancias en que se verificaban no era posible tampoco que los servicios inherentes á semejantes empresas pudiesen funcionar con la regularidad y el orden necesarios, ni que estas pruebas se llevasen á cabo con la perseverancia suficiente y en condiciones variadas para deducir las esperanzas que podrían fundarse en estos procedimientos.

De todas maneras, la excesiva sensibilidad de los globos exige, como ya hicimos observar, un gasto constante de gas y de lastre para poder conser-

varlos al mismo nivel durante algun tiempo dentro de una misma capa de aire, y puesto que á los mismos recursos es preciso apelar para subir ó bajar á diferentes alturas, se comprende que forzosamente ha de ser muy limitado el tiempo que pueden permanecer en la atmósfera, siendo así que cuando éste fuera mayor, mayores serían las probabilidades de alcanzar los resultados propuestos.

En vista, pues, de la inmensa trascendencia que tendría para la navegacion aérea la acertada solucion del problema de subir y bajar indefinidamente en la atmósfera, sin pérdidas de gas ni de lastre, son numerosísimos los medios y los aparatos propuestos para conseguirlo, siquiera en su mayoría se resientan de un defecto que suele ser bastante común á todos los inventos que se refieren al arte aerostático, cual es el de ser más ingeniosos que prácticos.

Merecen, sin embargo, citarse algunos de ellos, así porque revelan los esfuerzos que se hacen al efecto, como porque indican los principios en que se fundan casi todos ellos.

Prescindiendo, pues, de las hélices verticales de que ya nos hemos ocupado anteriormente, y que por su accion habían de producir un movimiento ascendente del globo, permitiéndole por tanto cambiar de nivel á voluntad del aeronauta, empezaremos por indicar la ingeniosa combinacion de Mr. Jobert, fundada en el principio de la dilatacion del gas.

Redúcese á construir el aeróstato de modo que la mitad sea de tela blanca y la otra mitad de tela negra, y que una y otra puedan presentarse alternativamente á la accion directa del sol, segun convenga. Como ya se adivina, prométese de esta disposicion, que segun se presente á los rayos solares la parte negra ó la blanca, el gas se dilatará más ó menos, por las diversas propiedades de absorcion de dichos colores, y que por consiguiente el aeróstato subirá ó bajará.

Se ha propuesto tambien llevar un depósito de gas condensado en la barquilla, ó una bomba que por medio de un tubo pudiera retirar á ésta una parte del gas interior del globo y devolvérsela en la medida necesaria siempre que fuera preciso. De esta manera, al mismo tiempo que por una parte se disminuiría la fuerza ascensional, se aumentaría por otra el peso, sin que nada impidiese repetir estas maniobras un número indefinido de veces,

y mediante un contador especial adaptado á este mecanismo, podría el aeronauta arreglar á cada instante las compensaciones indispensables.

Este mismo resultado se obtendría más sencillamente, segun otros, impieliendo el aire exterior en un receptáculo inextensible cuando se quiera bajar, y dejándolo salir por medio de una válvula en el momento en que se deseara subir; procedimiento que se funda en el aumento de peso consiguiente al aire comprimido, y que por tanto equivale á tomar lastre en la atmósfera cuando convenga, pero que tendría muchos inconvenientes en la práctica, puesto que para que dicho aumento fuese un poco sensible, se necesitaría, por una parte, una capacidad bastante considerable, y por otra, una presion muy enérgica, de modo que ya se alojara en una vasija independiente, ya en un departamento reservado en la barquilla, construyendo ésta de hierro, siempre resultaría un grán exceso de peso para producir un recurso poco importante.

Es suficiente para formar juicio aproximado acerca de la eficacia de este sistema, la sóla consideracion de que para obtener un peso de unos 10 kilogramos se necesitaría un metro cúbico de aire comprimido á la presion de diez atmósferas, y realmente la facultad de disponer de esta carga sería poco apreciable en aeróstatos de dos á tres mil metros cúbicos de capacidad.

Por estas razones opina Mr. Fonvielle que acaso sería preferible aspirar el aire atmosférico que obra sobre la parte superior del globo, por medio de una bomba que tendiese á hacer el vacío, puesto que entonces, siendo menor la presion de aquél, se elevaría éste por reaccion, pudiendo descender por el contrario cuando se quisiera, con sólo invertir el aparato de modo que funcionara hacia la parte inferior.

En fin, se ha indicado tambien con este objeto, el uso del gas amoniaco encerrado en un pequeño globo accesorio, fundándose en la gran afinidad que tiene por el agua, y suponiendo que no sería difícil condensar cierto número de kilogramos poniéndolo en comunicacion con una vasija cerrada llena de aquel líquido, puesto que absorbe instantáneamente varios cientos de veces su volúmen de gas, y éste podría devolverse al aeróstato por la accion de un calor moderado, restituyéndole toda la fuerza ascensional que se le hubiese disminuido por la condensacion.

Por último, se ha propuesto recurrir al mismo principio que originó la catástrofe de Pilatre de Roziers, quien había imaginado combinar, aunque de un modo muy toscos, las ventajas de los globos de gas con las de los de aire caliente, y que dió por resultado la inflamación del aparato.

Este medio, basado en la alteración artificial de la temperatura del gas y la mayor fuerza ascensional consiguiente á su dilatación, se realizaría estableciendo en el interior del aeróstato otro pequeño globo vacío que estuviese en comunicación por medio de un tubo con una poderosa lámpara de seguridad, instalada á bastante distancia en la barquilla; pero aún en el caso de que pudiera emplearse sin peligro, como se pretende, es dudoso que la temperatura del gas se acomodase bastante rápidamente á las variaciones que se desean para conseguir el resultado en condiciones verdaderamente prácticas.

Por lo demás, ya el célebre ingeniero militar y malogrado general Meusnier, que recién inventados los globos aerostáticos había consagrado más de diez años de su corta existencia á determinar las condiciones de equilibrio y de dirección de estos aparatos, con una inteligencia y un acierto universalmente reconocidos, había propuesto un medio tan científico como ingenioso para alcanzar el objeto á que se aspira.

En efecto, entre las actas de la academia de ciencias de París, del año 1870, se encuentra un curioso informe que le fué remitido por el general Morin, escrito de mano de Monge, y que lleva por título *Memoria sobre el equilibrio de las máquinas aerostáticas; sobre los diferentes medios de hacerlas subir y bajar; y especialmente, sobre el de ejecutar estas maniobras sin arrojar lastre, ni perder aire inflamable, dejando en el globo una capacidad particular destinada á contener aire atmosférico; por Mr. Meusnier.*

«Empieza el autor, dice el coronel Laussedat, por examinar el estado de equilibrio de una máquina aerostática sencilla, es decir, compuesta solamente de una envoltura incompletamente llena de un gas más ligero que el aire, y reconoce que una máquina semejante se encuentra en equilibrio á todas las alturas posibles que desde luego haya alcanzado sobre la superficie de la tierra, procediendo esencialmente este defecto de equilibrio permanentemente, del cambio de volumen que experimenta á la más pequeña variación de altura. Mr. Meusnier, concluye, que la primera condición que hay

»que cumplir, es la de que el gas interior esté siempre á una presion un poco superior á la del aire que le rodea.

»Si, en efecto, una causa cualquiera lleva entonces la máquina por encima ó por debajo de su punto de equilibrio, no alterando su volumen, el peso del aire desalojado cambiaría como la densidad del aire que lo rodea; el equilibrio no podrá subsistir en esta nueva posición, y el aeróstato se verá obligado á tomar la que ocupaba ántes.

»Despues de haber indicado este medio de conservar una posición constante, Mr. Meusnier quiere los de cambiarla á voluntad sin perder el exceso de presion necesaria para cada una y sin ningun consumo de gas interior ni de lastre, de modo que pueda efectuar una navegacion de duracion ilimitada. No puede evidentemente alcanzarse este resultado más que por dos métodos generales.

»1.^º *Hacer variar á voluntad el volumen del globo sin cambiar su peso.*
»Comprimido bajará; dilatado se elevará.

»2.^º *Hacer variar á voluntad el peso del globo sin cambiar su volumen.*
»Mr. Meusnier prefiere este segundo medio, como de más fácil aplicacion, y al efecto propone servirse del fluido mismo en que flota el aeróstato; será suficiente, en efecto, introducir en la máquina una cierta cantidad de aire atmosférico cuando sea necesario hacerla bajar; extrayendo este mismo aire, se la forzará á subir; y como en este caso arrastraría una porcion del gas interior, si estuviesen mezclados, resulta que es necesario destinar para el aire una capacidad particular. Tal es, en pocas palabras, la marcha del razonamiento que lleva á Mr. Meusnier á reconocer la necesidad de un espacio separado en el interior de la máquina para contener el aire atmosférico. Propone, en consecuencia, formar el aeróstato de dos envolturas concéntricas y superpuestas, encerrado el gas en la interior, y el aire atmosférico en el intervalo de ésta y de la exterior.»

Más adelante veremos la aplicacion que ha hecho de este principio otro célebre ingeniero de nuestros días, Mr. Dupuy de Lome, en sus ensayos de navegacion aérea; pero desde luego se comprenderá que la aeronáutica alcanzará un gran desarrollo el día en que se pueda cambiar de nivel en el aire de una manera racional y científica,



CAPÍTULO IV.

AERÓSTATOS DIRIGIBLES.

El deseo de elevarse á las regiones superiores de la atmósfera y atravesarlas rápidamente á semejanza de las aves, se remonta sin duda alguna á la antigüedad más remota, siquiera hayan sido estériles los esfuerzos del hombre para realizarlo, desprovisto de los órganos indispensables al efecto y sujeto inexorablemente á la superficie de la tierra por el cumplimiento fatal de las leyes de la gravitacion. Armado, sin embargo, del genio que le había de asegurar el pleno dominio del mundo entero, no es mucho, en verdad, que así procurase descubrir los misterios de las profundidades del mar, como explorar las regiones desconocidas ó inaccesibles en que se fraguan las tempestades. Por eso en todas las edades han sido en tan gran número los ensayos emprendidos para cumplir aquella invencible aspiracion, por más que los procedimientos empleados á este fin se hayan fundado casi siempre en consideraciones empíricas y no hayan alcanzado, por consiguiente, resultados más halagüeños que los que la fábula nos conserva de la audaz tentativa de Ícaro. Pretendíase en efecto, por regla general, la imitacion del vuelo de las aves, olvidando que si es dado al hombre copiar más ó menos imperfectamente los órganos de que aquéllas se sirven en sus movimientos, nunca le sería posible adquirir en justas proporciones la energía muscular que los pone en accion, ni penetrar los misterios que la naturaleza oculta á las investigaciones humanas.

Con la invencion de los globos, suponiendo este notable acontecimiento precursor inmediato de una solucion satisfactoria del problema perseguido

en vano durante tantos siglos, distrájose un momento la atención de los inventores, que renunciaron á los antiguos métodos para emprender los nuevos rumbos que aquel suceso les trazara; pero pronto se trocó en desdénoso abandono su irreflexivo entusiasmo, ante las dificultades que se les ofrecieron, que no pocos juzgaron insuperables, volviendo de nuevo á sus primeras investigaciones, y dando así origen á las dos escuelas que hoy separan á los partidarios de la navegacion aérea: la de los que aspiran á realizarla empleando aparatos mecánicos más pesados que el aire, cuyo sistema se conoce con el nombre de *aviacion*, por su origen y por sus medios; y la de los que consideran indispensable, al efecto, el globo aerostático.

Renunciamos, desde luego, á describir ni aún someramente algunos de los innumerables inventos que se han imaginado hasta el día para alcanzar el objeto dicho, y nos limitaremos á citar algunos de los que se refieren á la aerostacion, más inmediatamente relacionados con nuestros propósitos, y á exponer ligeramente los argumentos que aducen unos y otros en pró de sus procedimientos, sin atrevernos á decidir cuáles serán los más acertados ó si estarán todos acaso en el camino de resolver el problema por medios distintos, por más que sea forzoso reconocer que los segundos han conseguido ya conclusiones experimentales más concretas y decisivas que los primeros.

Pero sin que nos sea dado prejuzgar si la interesante solucion del problema se hallará más fácil y razonablemente en una reproducción artificial tan exacta como sea posible del vuelo y de las condiciones del pájaro en el aire, ó si serán los aeróstatos los llamados á obtenerla, podemos asegurar que en vano será buscarla en el empirismo, y que planteado el problema en sus términos más generales consiste en la invención de un aparato que permita elevarse, sostenerse y dirigirse en la atmósfera durante algún tiempo.

LA AVIACION. Los partidarios de la aviacion, sostienen la necesidad del peso para la locomoción aérea, fundándose en que no existe en la naturaleza un ser volador más ligero que el aire.

«Es preciso renunciar al globo, dicen. El globo es un obstáculo para la navegación aérea, es una boya ó cuando más una balsa; una máquina atalajada á un globo es el movimiento asociado á la inmovilidad; es el buque amarrado y con las velas desplegadas.»

«El aeróstato es un punto de partida vicioso, al rededor del cual se extraían la mayor parte de los inventores. Para luchar contra el viento es necesario ser específicamente más pesado que el aire. La hélice movida por el vapor, es el órgano mecánico que nos promete una conquista vanamente perseguida hasta aquí. Gracias á la hélice, penetraremos en el dominio de los vientos, no como esclavos, sino como dueños. En lugar del aeróstato, queremos crear el *aeronave*, el *helicóptero*, que será un aparato que se eleve y se dirija por su propia fuerza. A la aerostacion queremos sustituir la automocion aérea.»

Este sistema, robustecido al parecer por el éxito del juguete llamado *espiralifero*, que, como se sabe, se eleva en el aire, merced al impulso que recibe de una cuerdecita desarrollada rápidamente, ha encontrado nuevo apoyo en la gran aceptacion que han tenido los *helicópteros*. Estos se elevan á dos ó tres metros de altura por la accion de una hélice que pone en movimiento un mecanismo de relojeria, y desde luego constituyen un progreso sobre los anteriores, puesto que llevan consigo el aparato automotor. Deben su nombre al distinguido sabio Mr. Balinet, que presta á la hélice la autoridad de su palabra en los siguientes términos: «Pudiera presentar, escribe, todos los cálculos matemáticamente infalibles que garantizan el éxito de la navegacion aérea por la hélice. Estos cálculos son análogos, por no decir idénticos, á los que se han hecho para las aspas de los molinos de viento, para las paletas de las turbinas, para los ventiladores, y en fin, para la hélice marítima. Pequeños modelos dotados con resortes de una fuerza regular se elevan y se sostienen en el aire durante todo el tiempo de la accion del resorte. Luego si un pequeño aparato de vapor, fácil de imaginar, devolviese al resorte motor la tension que pierde poniendo la hélice en movimiento, el mecanismo en cuestion podría elevarse indefinidamente, sostenerse y dirigirse en la atmósfera..... Un modelo en grande es siempre más ventajoso que un aparato pequeño, y cuando se haya elevado un *raton*, quedará probado á *fortiori* que se elevará un elefante; será cuestión de tecnología y de dinero, pero no de ciencia.»

En fin, Mr. Petigrew, distinguido profesor del colegio real de Edimburgo, despues de proljas y repetidas observaciones y de un profundo análisis de

los medios de la naturaleza para realizar en condiciones diferentes los diversos movimientos de la marcha, de la natacion y del vuelo, ha procurado dar una base verdaderamente científica al sistema de lo más pesado que el aire, separándose del empirismo de sus predecesores, y demostrando que, así como el hombre ha llegado á imitar los movimientos de la natacion, conseguirá del mismo modo la locomoción aérea, puesto que lejos de ser una imposibilidad el vuelo artificial, está simplemente reducido á un problema de mecánica.

En apoyo del método que se deberá seguir para alcanzar este resultado, repite á su vez, que no existe en la naturaleza ningun pájaro más ligero que el aire, añadiendo que, si es cierto que la tierra y el agua sostienen respectivamente en sus movimientos al cuadrúpedo y al pez, no lo es menos que tambien el aire sostiene á todos los animales voladores, y deduciendo por tanto, que la causa de que todos se sostengan en sus medios respectivos, reside esencialmente en la vida, que es el motor esencial, puesto que desde el instante en que cesa, todos aquellos seres quedan reducidos á masas inertes sometidas únicamente á las leyes de la gravedad. Como la vida exige para manifestarse un organismo material, y éste es siempre más pesado que el aire, sienta como axioma, que el peso en cantidad razonable es indispensable al vuelo.

Sea como quiera, y aún prescindiendo de las dudas que algunos reputados autores manifiestan respecto á la terminante afirmacion de que las aves sean más pesadas que el aire, dado que los pulmones de éstas se ensanchan, y que la infinidad de pequeñas cavidades membranosas que contienen sus cuerpos se dilatan y se llenan de aire caliente durante el vuelo, es lo cierto que la mayor parte de dichas teorías están fundadas en hipótesis más ó menos verosímiles, pero sin base alguna experimental en que apoyarse.

Por lo demás, de la grandísima variedad de las disposiciones adoptadas y del examen detenido de los más notables aparatos volantes, que siempre se proponen conseguir las tres fuerzas, de elevacion, de suspension y de propulsión, en que descansa el problema, se deduce que todos estos pueden reducirse á tres tipos diferentes y clasificarse de la manera siguiente:

1.^o Los *helicópteros*, en los cuales se obtiene la suspension y la traslacion por medio de hélices verticales y horizontales.

2.^o Los *aeroplanos*, que se sostienen por la presion del viento sobre grandes superficies planas más ó ménos inclinadas al horizonte y que se mueven empujados por hélices.

3.^o Los *orthópteros*, ó pájaros mecánicos, que tienden á realizar la locomoción aérea con movimientos alternativos de elevacion y de descenso por medio de planos que obran á semejanza de las alas de los pájaros, pero cuya construccion ofrece todavía muchas y serias dificultades.

De todos modos, sin afirmar que deba abandonarse inoportunamente el estudio de asunto tan interesante, ya puede considerarse el éxito más ó ménos lejano, y en tanto que los inventores aguzan su ingénio para dilucidar las múltiples y difíciles cuestiones que envuelven, adoptando las formas más generales de los aparatos voladores, en lo que se refiere á su apoyo en el aire, á sus condiciones de propulsion y de equilibrio, á la invencion de motores ligeros, y á todas aquellas, en fin, que con él se relacionan más ó ménos directamente, es lo cierto, que ni Mr. Babinet ha desarrollado una teoría científica, ni la mayor parte de los aparatos fundados en los principios indicados han conseguido resultados medianamente satisfactorios, sinó que, por el contrario, fueron absurdos en su mayoría, y en general, de consecuencias funestas para los que han tenido el valor de experimentarlos. Y es que, como dice muy oportunamente Mr. E. Collignon: «El pájaro es una de las mayores maravillas de la mecánica natural; posée una gran potencia con un peso muy pequeño, alianza que nuestra grosera mecánica es incapaz de realizar por ahora.»

Por último, aun cuando sea este sistema el llamado á resolver satisfactoriamente el problema de la locomoción aérea y aun despues de vencidas el sinnúmero de dificultades que se ofrecen para conseguir en los grandes aparatos la fuerza de suspension y el modo de efectuar la partida, y sobre todo el descenso; dado que se construya un mecanismo bastante poderoso y en que los pesos estén perfectamente equilibrados para producir á la vez las fuerzas que han de resistir á la gravedad, existirá siempre el gravísimo inconveniente de no poder garantizar el movimiento regular de la máquina durante un tiempo dado, puesto que una perturbacion insignificante ó la más pequeña avería que produjesen la menor detencion de la hélice, tendría por

inmediata é includible consecuencia, la caída del aparato y la muerte inevitable de sus tripulantes.

LA AERONÁUTICA. El aeróstato posée desde luego las dos primeras condiciones de elevacion y de suspension, pero es completamente esclavo de los vientos y aunque por la accion combinada de la válvula y del lastre puede elevarse y descender, y mediante esta sola condicion aprovechando inteligentemente las corrientes aéreas, se consigue con frecuencia marchar á voluntad en una dirección prevista, esto no constituye la solucion del problema que se persigue, siquiera sea ya una base importante y un punto de partida de inestimable valor.

«Se pueden resumir en algunas palabras, dice Mr. Blerzy, las condiciones que es preciso satisfacer para realizar la navegacion aérea por los globos. Hacer la envoltura impermeable al gas, gobernar el globo en sentido vertical y en sentido horizontal; tales son los tres términos del problema que hay que resolver. Hoy día el mejor aeróstato no conserva su fuerza ascensional durante cuarenta y ocho horas; los movimientos verticales no se verifican más que á expensas de la carga; la traslacion horizontal se hace á merced de los vientos; tal es el estado de la cuestión. Es decir, que se está tan lejos de la solucion, como lo estaban Montgolfier, Charles y los demás aeronautas de los primeros días. Todo está aún por crear.»

Es, en efecto, indudable, el relativo atraso de la aeronáutica, debido principalmente, entre otras causas, á la manifiesta incompetencia de la mayor parte de los que se consagraban á su estudio; pero en la actualidad ya no pueden admitirse las conclusiones de Mr. Blerzy, sobre todo después de los importantes progresos realizados durante los últimos años.

Los obstáculos principales que es necesario vencer para conseguir la dirección de los aeróstatos, en planos paralelos al horizonte, son, por una parte, la circunstancia de que la atmósfera no sea un medio absolutamente homogéneo, sino que su densidad varía segun las alturas; y por otra, las diversas corrientes que existen en su seno y la agitan en sentidos contrarios, ocasionando que el globo que se encuentra sumergido en ellas, y que es más ligero que el aire, no encuentre ningun punto de apoyo para resistirlas,

De aquí que hayan fracasado todas las tentativas de dirección fundadas en los principios de la navegación acuática, empleando la fuerza de los vientos, análogamente á lo que se verifica en ésta, puesto que las condiciones son muy diferentes, desde el momento en que los globos no encuentran en el aire el apoyo que el agua ofrece á los buques.

Así sucede, que mientras los globos cautivos oponen resistencia á las corrientes aéreas, como lo demuestran los esfuerzos que ejercen en los cables de sujeción, á manera de los que se desarrollan en las velas de los buques, los globos libres ceden por completo al viento que los arrastra, formando, por decirlo así, parte de la corriente, y ya sea ésta fuerte ó débil, es siempre insensible para los tripulantes de la barquilla, que no experimentan la menor sensación por esta causa, y que en todos los casos perciben los objetos que les rodean en perfecta inmovilidad.

De este modo, cuando el aeronauta se aleja lo suficiente para no poder descubrir los objetos fijos de la superficie de la tierra, á los que refería su marcha, y se encuentra en medio de las nubes que se mueven á impulsos de la misma fuerza que conduce al aeróstato, no solo pierde por completo la conciencia del movimiento en cuanto carece de los medios de comprobarlo, sino que se juzga completamente inmóvil en el seno de la atmósfera. Es, pues, evidente que siguiendo el globo la dirección del viento sin que éste se haga sentir, en vano se tratará de aprovechar para modificar la marcha de los aeróstatos, que siempre se verán fatalmente arrastrados, mientras no posean órganos ó mecanismos capaces de contrarestar la acción de aquél, siendo por consiguiente absurdo pretender semejante resultado por medio de velas ni de otros aparatos que tengan por objeto utilizar una fuerza que en realidad no existe.

Impónese, pues, como condición indispensable, la existencia de una fuerza independiente del medio en que se mueven. Es preciso proveerlos de un motor y de un propulsor que puedan vencer las corrientes aéreas, ya sea aquél de vapor, de gas, eléctrico ó cualquiera otro, y siempre que éste ejerza su acción sobre el aire, análogamente á como lo hacen sobre el agua los propulsores de los buques, siendo de notar que son tan estrechas las relaciones que existen entre la navegación aérea y la navegación acuática, que apenas

hay más diferencia entre una y otra que las que proceden de la diversa densidad de los dos fluidos, y que por eso le son igualmente aplicables muchas condiciones mecánicas, como sucede, por ejemplo, con el timón y la hélice.

La realización práctica del motor á que se aspira presenta dificultades grandísimas, puesto que si se ha de conseguir que los aeróstatos marchen en todas direcciones, es forzoso imprimirles una velocidad propia, superior á la resistencia que puedan experimentar de los vientos reinantes, siempre muy considerable, á consecuencia de la gran superficie que aquellos les presentan.

Basta, en efecto, recordar que la presión por metro cuadrado, del viento animado de una velocidad de 9^m,70 por segundo, es de 10 kilogramos; y de 40, cuando la velocidad dicha llega á 20 metros, de modo que aún para un globo de pequeñas dimensiones, cuya superficie expuesta al viento sea de unos 100 metros cuadrados, será de 550 kilogramos la presión ó la resistencia que habrá de vencer debida á esta sola causa. Como este resultado ha de alcanzarse con un motor de un peso relativamente muy pequeño, puesto que en otro caso sería preciso aumentar mucho el volumen del globo, y por consiguiente la superficie y la resistencia, resulta que el problema está todavía en las mismas condiciones en que lo había enunciado hace ya muchos años Mr. Navier, en una memoria aprobada por la academia de ciencias: «Se trata ante todo, de descubrir un nuevo motor cuya acción sea producida por un aparato mucho menos pesado que los que conocemos hoy.»

Intimamente relacionada con la invención de un motor de las condiciones indicadas, encuéntrase la cuestión de la forma más conveniente del aeróstato, bajo el punto de vista de su estabilidad en el aire y de su menor resistencia, y para determinarla es preciso apelar á la teoría general de equilibrio de los cuerpos flotantes.

De ésta se deducen los métodos más convenientes para calcular teóricamente la resistencia de una superficie cualquiera sumergida en un fluido en movimiento, y deducir la figura más conveniente para conseguir que aquélla sea la menor posible; pero fundados los cálculos dichos en hechos experimentales, están todavía muy lejos de la exactitud matemática.

Así, por ejemplo, admitiendo que la resistencia fuese proporcional al

cuadrado de la velocidad, se aceptaba que la de un cuerpo sumergido en una corriente de anchura indefinida sería equivalente al choque de una vena fluida limitada á la extension de la superficie chocada, ó en otros términos, que la resistencia del cuerpo sumergido dependía exclusivamente de su sección principal; pero hoy está experimentalmente probado que no depende solamente de la figura de la parte anterior del mismo, sino que tambien disminuye dentro de ciertos límites á medida que crece su longitud, y que por consiguiente pueden formularse los dos principios siguientes:

- 1.^o Que la resistencia de un cuerpo sumergido en un fluido incompresible, es proporcional al cuadrado de la velocidad de la corriente.
- 2.^o Que para cuerpos de figuras semejantes, la resistencia es proporcional al cuadrado de sus dimensiones homólogas.

Admitíase tambien, que la resistencia en los fluidos incompresibles, como el agua, era la misma que en los fluidos elásticos, mientras está experimentalmente demostrado que la del aire es bastante mayor que la del agua, hasta el punto de que midiéndose el valor de ésta por el peso de un prisma líquido que tuviera por base la superficie chocada y por altura la que corresponde á la velocidad, la resistencia en el aire debe considerarse como el doble de la debida á la altura dicha.

Por otra parte, la resistencia no solo varía con la naturaleza del fluido, sino tambien porque sea éste ó el cuerpo sumergido el que se halle en movimiento, contrariamente á lo que estaba admitido. En efecto, segun las experiencias de Dubuat, las leyes fundamentales que rigen estos fenómenos experimentan sensibles variaciones, segun que el fluido en movimiento ejerce su acción contra un cuerpo sólido en reposo, ó que por el contrario, es éste el que se mueve dentro de un fluido estancado, siendo á igualdad de velocidades, mayor la resistencia en el primer caso que en el segundo, y debiendo sumarse ó restarse respectivamente los efectos, cuando los dos estén en movimiento, segun que éstos se verifiquen en el mismo sentido ó en sentidos contrarios.

En resumen, puede afirmarse que á pesar de las numerosas observaciones y de los cálculos que se han hecho desde Newton hasta el día, para la resolución de este problema, no puede determinarse todavía de una manera pre-

cisa y exacta la forma más conveniente del sólido que presente la menor resistencia al fluido en que se halle sumergido, y que, por consiguiente, es forzoso proceder por vía de ensayos y de tentativas más ó menos fundadas, como sucede en la adopcion de las formas más convenientes para los buques.

Parece, pues, que de acuerdo con lo que hoy se practica en las construcciones navales, para que un sólido sumergido en un fluido experimente por parte de éste la menor resistencia posible, deberá tener una longitud cinco veces mayor próximamente que el diámetro de su mayor sección transversal, y que ésta debe estar situada un poco delante del medio de la longitud dicha.

Estas son las consideraciones que tuvieron en cuenta en sus experimentos de navegacion aérea para la forma de sus respectivos aeróstatos, como sucesivamente tendremos ocasión de apreciar, los distinguidos ingenieros Mr. Giffard y Mr. Dupuy de Lome, los ilustrados físicos Mr. Tissandier y especialmente los capitanes Mrs. Renard y Krebs, con todos los que en estos últimos tiempos consagraron sus vigilias y sus conocimientos científicos á la resolución de este interesante problema.

De la simple enumeración y del somero conocimiento de los hechos notables que se han realizado en estos últimos tiempos, se deduce la consecuencia de que, si como dice Mr. Petigrew y los partidarios del sistema de la aviacion, los globos han sido perjudiciales para la solucion del problema del vuelo artificial, lo cierto es, que ni la dirección de los aeróstatos puede considerarse como una utopía que deba figurar entre los problemas sin solución, como la cuadratura del círculo ó el movimiento continuo, ni es posible dudar, después de los últimos ensayos, que si no se ha llegado á la meta, haciendo de este sistema un medio de locomoción de condiciones verdaderamente prácticas, todos los resultados obtenidos autorizan y aún inducen á creer que se está en el camino de conseguirlo, merced al trabajo y á la perseverancia de los que hoy se consagran incansablemente á su estudio.

LOS GLOBOS DIRIGIBLES EN EL SIGLO XVIII. Ya lo hemos indicado: una buena parte del inmenso entusiasmo con que fué acogido, en todas partes, el magnífico descubrimiento de los hermanos Montgolfier, se debió indudablemente á las esperanzas que hizo concebir respecto á la posibilidad de resolver

el difícil problema de la navegación aérea, que durante tanto tiempo había sido un sueño y que merced á la invención de los aerostatos parecía entrar desde luego en el dominio de la ciencia.

Apenas se habían realizado satisfactoriamente los primeros ensayos, cuando ya un gran número de sabios, y todos los que creían poseer algunos de los secretos del arte marítimo, ó que se habían dedicado al estudio del vuelo de los pájaros, considerando que el nuevo invento había hecho dar un paso considerable á la cuestión, se decidieron á conseguir el medio de dirigirlos, con tanto más motivo, cuanto que á la ambición por la gloria de ser los primeros, se añadía la creencia de que la solución parecía próxima.

Desgraciadamente no tardaron en desvanecerse tan halagüeñas esperanzas ante las muchas inesperadas dificultades que se revelaron en la práctica, y después de un gran número de infructuosas tentativas, sucedió al período verdaderamente febril de los experimentos y de los proyectos, otro de abandono casi completo y de descreimiento absoluto, que relegó los globos á servir solamente en las exhibiciones públicas, en descrédito de la seriedad con que en un principio se había planteado el problema de su dirección.

Aunque es grandísimo el número de los proyectos y de los ensayos que han aparecido y se han verificado desde aquella época, hemos de limitarnos á describir ligeramente un corto número de ellos, entre los más notables, para satisfacer al objeto de indicar algunos de los métodos que se proponen seguir los inventores dentro de una inmensa variedad de combinaciones, en su mayor parte descabelladas y químéricas, siendo digno de advertirse, que hasta los hombres de verdadera autoridad científica han incurrido en crasísimos errores al ocuparse de este asunto.

Uno de los primeros que, renunciando á sus teorías y proyectos de vuelo mecánico á que ántes consagraba su atención, entró más ardientemente en la lid, aceptando resueltamente los globos como medio indudable de sostenerse en la atmósfera, fué Mr. Blanchard, que más tarde habría de ser celebrado aeronauta.

Con fé ciega y constancia inquebrantable, creyóse poseedor del secreto que, permitiéndole dirigirse á voluntad en los aires, habría de asegurarle gloria imperecedera. El mecanismo ensayado al efecto en París, el año 1784, en

presencia de una multitud considerable, no podía ser más sencillo. Consistía únicamente en una barquilla de una forma especial, provista de cuatro remos, destinados á impulsarla en el sentido deseado; mas pronto hubo de convencerse de la ineficacia de su aparato viendo el globo arrastrado por el viento, como si la barquilla no llevase mecanismo alguno para contrarestar la acción de éste.

Pocos meses después ejecutaba un experimento análogo delante de la academia de Dijon el distinguido químico Guyton de Morveau, pero con solos dos grandes remos y el aditamento de un timón para dirigir la marcha del globo. No es de creer que haya sido más feliz que su predecesor, por más que afirmara haber conseguido realizar algunas evoluciones, pues que, en este caso, es más que probable que hubiese repetido las pruebas insistiendo en sus proyectos, siendo así que más tarde se limitó á proponer el uso de los globos cautivos en los ejércitos, como oportunamente hemos referido.

A estos primeros ensayos, sucedió el más atrevido del valiente aeronauta Pilatre de Roziers, que se proponía salvar el canal de la Mancha y pasar en globo á Inglaterra, utilizando al efecto las corrientes aéreas favorables que se suponía debían existir dentro de una altura determinada. Desgraciadamente, para realizar este proyecto y poder variar de altura según le conviniera, sin pérdidas de lastre, había imaginado utilizar el calor para dilatar el gas. Con este fin, concibió el propósito de combinar un globo de hidrógeno, con otro de aire caliente, pero con tan mala suerte, que pocos momentos después de haber emprendido el viaje se prendió fuego al aparato y se vió precipitado con un amigo que le acompañaba, encontrando ambos la muerte en su temeraria empresa. Un proyecto análogo fué más tarde ocasión del mismo funesto desenlace para el decidido aeronauta Zambeccari, que al combinar los dos globos, había procurado, á diferencia de Pilatre, conservarlos separados, pero sin que fuese bastante esta precaución ni aún para probar la eficacia del timón con que había dotado su aparato, prometiéndose dirigirlo á voluntad por medio de esta mejora.

El conocido sabio Mr. Monge, proponía también para la resolución de este problema, una serie de veinticinco pequeños globos esféricos, unidos á manera de las cuentas de un collar. Cada uno llevaría su correspondiente

barquilla, tripulada por dos aeronautas encargados de ejecutar las maniobras que indicase el jefe de la expedicion, prometiéndose conseguir de este modo, merced á la flexibilidad del aparato, que marcharía serpenteando en el aire; pero este proyecto no se llevó nunca á la práctica, sin duda porque áun dada la autoridad de su autor, se consideró desde luego irrealizable.

En fin, los que entonces se ocuparon más acertadamente de las verdaderas condiciones del problema, fueron indudablemente Lavoisier y Meusnier.

El primero, sábio distinguido, que formó parte de la comision designada por la academia de ciencias en 1783, para ocuparse de los aeróstatos, expuso con verdadero acierto las condiciones más indispensables para el perfeccionamiento de estas máquinas, en la forma siguiente:

1.^a Construir una envoltura ligera, sólida é impermeable; 2.^a, disponer de un gas ligero, fácil de obtener en todas partes y en todos los tiempos y poco dispendioso; 3.^a, hallar un medio de hacer subir y bajar el globo á voluntad, dentro de una altura determinada, sin perder gas ni lastre; 4.^a, y en fin, encontrar un procedimiento fácil para dirigirlo.

Este sencillo enunciado, revela de un modo indudable que hace ya un gran número de años que se conocen todos los elementos que es preciso reunir para llegar á soluciones satisfactorias. Toda la dificultad consiste en saber obtenerlos y coordinarlos, lo cual exige ciertamente conocimientos científicos y no poca destreza. Son todavía mucho más notables los estudios y proyectos de Mr. Meusnier, notable oficial de ingenieros y uno de los físicos y geómetras más distinguidos de su tiempo, apasionado por la invención de los aeróstatos, á los que consagró un buen número de años de su corta existencia, habiendo conseguido en sus trabajos todo lo que entonces era dable obtener, como lo atestigua el que todavía sirven hoy de base sus ideas y proyectos, á los más notables ensayos de navegacion aérea realizados en nuestros días.

Renunciando, desde luego, á luchar contra la accion del viento, proponíase especialmente conseguir la facultad de elevarse y bajar en la atmósfera sin necesidad de perder gas ni arrojar lastre, y obtener al mismo tiempo un movimiento propio del aeróstato, que le permitiese separarse de la direc-

ción de las corrientes aéreas contrarias á la que debiese seguir hasta encontrar otras que le fuesen favorables. Esperaba alcanzar estos dos objetos con un globo de forma alargada, que llevase una envoltura interior de una capacidad equivalente al 25 por 100 próximamente del volumen total. El espacio comprendido entre ésta y la envoltura exterior se llenaría de gas hidrógeno, y el globo interior vendría á ser una especie de bolsa, en la que se podría comprimir el aire á voluntad, por medio de unos fuelles ó bombas neumáticas. De este modo se podría aumentar ó disminuir á discrecion la fuerza ascensional del aparato, puesto que la inyección del aire aumentaría el peso haciendo bajar el globo, mientras que sustrayendo el aire interior ó dándole salida, disminuiría el peso, y el aeróstato se elevaría sin necesidad de perder gas ni lastre en estas maniobras.

Para obtener el movimiento propio, proyectaba unos propulsores á manera de alas de molino de viento, movidos por los tripulantes, sin que se le ocultase la debilidad de este motor para vencer las corrientes aéreas, pero prometiéndose conseguir la velocidad de una legua por hora, y estimando que sería suficiente para buscar corrientes favorables, á cuyo efecto indicaba tambien el empleo del timon.

Compréndese, pues, por estas someras indicaciones, la importancia del proyecto de Mr. Meusnier, y se explica bien que sean todavía en la actualidad dignos de meditacion y estudio los cálculos y los planos que había preparado para su ejecucion, que no se realizó por el gasto que exigía y por considerarlo de dudosos resultados, sin embargo del general aprecio que había merecido á los hombres de ciencia.

Por lo demás, no pueden ser más racionales ni más prácticos los principios en que se fundaba, cuyo olvido ha sido la causa más frecuente de los fracasos que han experimentado los inventores, siquiera no pueda asegurarse que aquel hubiese vencido todas las dificultades y resuelto el problema por completo, puesto que el motor humano que se proponía emplear hubiera sido insuficiente, y los órganos de propulsion demasiado imperfectos.

AERÓSTATOS DIRIGIBLES DE MR. GIFFARD. Estos profundos estudios, ligeramente bosquejados, fueron el punto de partida en que se apoyaba Mr. Marey-Monge para proponer el primero, en 1847, la idea de mover los aeróstata-

tos alargados, por medio de una hélice y un timón, empleando máquinas de vapor.

La realización práctica de semejante pensamiento, presentaba entonces una dificultad, que se juzgaba insuperable, en el gran peso que tenían las más ligeras de las máquinas dichas, por caballo de fuerza, puesto que exigirían aeróstatos de grandes dimensiones, capaces de elevar máquinas bastante poderosas para vencer la resistencia que el aire opondría al movimiento del sistema, sin que las condiciones de la industria permitiesen obtener aquéllas con la necesaria ligereza, ni la arquitectura aérea estubiese suficientemente adelantada para construir los enormes globos que serían precisos, en buenas condiciones de impermeabilidad y de resistencia.

Estos dos inconvenientes capitales, juntamente con el peligro que presentaba la existencia de un hogar encendido cerca de un gran depósito de gas inflamable, fueron ingeniosamente vencidos pocos años después, por el célebre ingeniero Mr. Giffard, que consiguió á la vez satisfactoriamente la impermeabilidad de las envolturas y un motor muy ligero, hábilmente preparado para el objeto. En el año de 1852, jóven y desconocido todavía, concibió y llevó á la práctica el proyecto de Mr. Marey-Monge, superando, á fuerza de constancia e ingenio, las muchas y graves dificultades que se le ofrecieron, con no pequeña sorpresa de la opinión y de los hombres de ciencia, que así admiraban el genio del inventor, como el atrevimiento de que daba tan señaladas muestras, al realizar con imperturbable serenidad un experimento que todos juzgaban temerario.

El aeróstato de Mr. Giffard (lám. 2, figuras 15 y 16), de forma alargada y terminado en dos puntas, tenía 44 metros de longitud y 12 de diámetro en el medio, con una capacidad de unos 2500 metros cúbicos. Estaba rodeado, excepto en su parte inferior y en las puntas, con una red, que sostenía por medio de varias cuerdas, un travesaño horizontal de madera, de 20 metros de largo, con una vela triangular en uno de sus extremos á manera de timón, y que por consiguiente podía girar al rededor de la última cuerda de suspensión de la red, á la que estaba sujetá mediante el juego de dos cuerdas que el aeronauta podía maniobrar desde la barquilla, para dirigir la marcha del aeróstato.

Por debajo del travesaño, á unos 6 metros de distancia, llevaba suspendida una plataforma de madera, destinada á la instalación de la máquina de vapor, con todos sus accesarios, y á llevar los tripulantes y los abastecimientos necesarios de agua y de carbon en dos receptáculos, colocados á uno y otro lado de la máquina dicha. Esta pesaba unos 150 kilogramos próximamente, y desarrollaba un esfuerzo de tres caballos, con el que ponía en movimiento una hélice de tres paletas, de 3^m,40 de diámetro, con una velocidad de 110 vueltas por minuto.

La máquina de vapor consistía en una caldera cilíndrica vertical, sin tubos y con hogar interior, en el que se efectuaba la combustion del carbon sobre una rejilla, rodeada de un cenicero por todas partes, de modo que ni aún era posible distinguir al exterior la menor señal del fuego.

El vapor pasaba inmediatamente á un cilindro colocado en la parte superior, en el cual se movía un émbolo que, por el intermedio de una biela, hacía girar el árbol acodado, en cuyo extremo estaba montada la hélice impulsora.

Para disminuir más todavía el peligro de incendio, la caldera estaba rodeada exteriormente de una envoltura de palastro, que al mismo tiempo que permitía aprovechar mejor el calor, facilitaba el que los gases de la combustion saliesen á una temperatura más baja, mientras que la chimenea de desprendimiento de éstos era invertida, es decir, dirigida de arriba á abajo. El tiro se activaba considerablemente utilizando al efecto el vapor, que á su salida del cilindro se lanzaba con fuerza en la chimenea, y mezclándose con el humo y los productos de la combustion, rebajaba aún notablemente su temperatura, proyectándolos rápidamente en dirección opuesta á la de la marcha del aeróstato.

El agua se introducía en la caldera por medio de una bomba, movida por la máquina misma, y el combustible empleado era carbon de cok, de muy buena calidad. El aparato entero estaba montado sobre unas pequeñas ruedas, que facilitaban su transporte en tierra, y que además podrían ser útiles para el caso en que la máquina viniese á tocar el suelo en un descenso, con alguna velocidad horizontal.

El experimento de este aparato aeronáutico, se ejecutó en el mes de setiembre.

bre de 1852, y con él desaparecieron los temores que hiciera concebir la atrevida asociacion que parecía imposible, ó cuando ménos imprudente y temeraria, de una máquina de vapor suspendida de un globo de gas, así como los que inspiraba la forma alargada del globo, respecto á su estabilidad en el aire.

Del mismo modo, y ya que no pudiera luchar con el viento que desgraciadamente reinaba el día de este primer ensayo, lo cual, por lo demás, no había entrado tampoco en los cálculos del autor, se demostró, de acuerdo con la teoría y con los resultados previstos, que el aeróstato tendría una velocidad propia de 2 á 3 metros por segundo, en un aire perfectamente en calma, y aun que ésta es insuficiente para oponerse á corrientes de alguna intensidad, permitía por lo ménos separarse de la dirección de éstas en relación con la intensidad dicha. En cuanto á la acción del timón se manifestó de una manera tan concluyente y con tal grado de sensibilidad, que bastaba una ligera desviación del mismo para que el aeróstato cambiara de dirección inmediatamente.

Estos resultados, y la completa seguridad con que pudo efectuar el descenso, eran motivos más que suficientes para alentar al inventor á perseverar en sus propósitos. En 1855 volvió á repetir las pruebas con un aeróstato de la misma forma, aunque de mayores dimensiones, pues cubicaba unos 3000 metros y llevaba una máquina de vapor más poderosa. En esta segunda experiencia se confirmaron las deducciones de la primera, siquiera tampoco haya podido resistir más que por breves instantes á la violencia del viento.

A partir de estos célebres ensayos, puede considerarse resuelto el problema de la navegación aérea, quedando sancionada y definitivamente admitida la forma alargada del globo como la única posible para el objeto, dada la necesidad de reducir al mínimo la resistencia que el aire opone al movimiento. Así se advierte que casi todas las experiencias y proyectos que se verificaron después, están basados en la aceptación de la forma dicha, procurando dar al globo la mayor longitud posible en el sentido del movimiento, para disminuir la sección transversal, de la que depende, en gran parte, la resistencia, pero teniendo presentes las exigencias de la estabilidad conveniente del aparato.

Compréndese tambien, por otra parte, que si la velocidad propia del aeróstato, que era de 3 á 4 metros por segundo, hubiese llegado á ser de 10 á 15 metros, ó sea un poco superior á la de los vientos medios, los resultados habrían sido mucho más concluyentes, y por tanto, puede afirmarse que las dificultades del problema consisten en obtener máquinas de gran fuerza y de muy poco peso, y en construir aeróstatos de grandes dimensiones.

El aeróstato primero de Mr. Giffard, que pesaba en conjunto unos 1560 kilogramos, se había llenado con gas del alumbrado, por razon de economía y por la dificultad de obtener un volúmen de hidrógeno tan considerable como era necesario para henchirlo. En estas condiciones poseía una fuerza ascensional de 1800 kilogramos próximamente, que se hubiera elevado á 2800 por lo menos empleando el hidrógeno; de modo que si antes disponía de un exceso de 240 kilogramos, para el agua, el carbon y el lastre, tendría en este caso un exceso de fuerza de 1000 kilogramos más para aumentar el peso de la máquina, que entonces podría ser mucho más poderosa.

Conviene advertir tambien que la superficie de los aeróstatos no crece en la misma proporcion que sus volúmenes y como á medida que éstos son mayores pueden elevar pesos más considerables y es menor la resistencia que relativamente les opone el viento, no admite duda que en este concepto bastaría para conseguir la dirección apetecida hacerla de grandes dimensiones y dotarla de máquinas de fuerza suficiente.

Cierto es que si este principio es aceptable en teoría, puede presentar serias dificultades en su realizacion práctica; por más que el mismo monsieur Giffard se haya encargado de vencerlas en parte con la confeccion de los enormes globos cautivos que figuraron en Paris y Lóndres durante las últimas exposiciones universales que se verificaron en dichas capitales, una vez que al efecto ha tenido que conseguir tejidos sólidos é impermeables y la preparacion económica del gas hidrógeno en grandes cantidades, resolviendo acertadamente todos los detalles de estas gigantescas máquinas aéreas y demostrando que en lo sucesivo no ofrecerá ya dificultades insuperables la construcción de los grandes aeróstatos.

Si ahora consideramos la máquina de vapor empleada por Mr. Giffard, advertiremos desde luego, que la fuerza de tres caballos que poseía con un

peso de 150 kilogramos próximamente, equivale á un peso de 50 kilogramos por caballo de vapor, ó sea de 5 á 6 kilogramos por hombre. En este concepto si se hubiese procurado obtener los mismos resultados por medio de la fuerza humana, habría sido preciso elevar 25 ó 30 hombres, que pesarían unos 2000 kilogramos, ó sea un peso 14 ó 15 veces más considerable, y muy superior á la fuerza ascensional del aeróstato. Dedúcese, pues, de estas consideraciones, la necesidad de buscar la fuerza motriz en una máquina poderosa y ligera, renunciando desde luego á la fuerza humana.

En resumen, se comprende que si los resultados conseguidos no han sido más satisfactorios, no es seguramente porque sea imposible impeler los globos con una velocidad determinada, sinó porque no se ha encontrado todavía una máquina de suficiente fuerza y poco peso para el objeto. Sin afirmar, pues, que sea fácil de obtener, es indudable que la resolucion del problema estriba en imaginar una máquina que con un peso dado produzca un esfuerzo muy superior al de todas las máquinas de vapor construidas hasta el día.

Para que pueda formarse idea de los resultados alcanzados en este camino, siquiera sea con otros objetos, consignaremos que las máquinas de vapor, sistema Thornycroft, que parecen ser de las más ligeras, pesan unos 270 kilogramos por cada ocho caballos de vapor y consumen unos 20 kilogramos de carbon por hora.

De todos modos, aplicada esta clase de máquinas á la dirección de los globos, presentarán siempre el grave inconveniente de que por las grandes cantidades de carbon y agua que consumen, aligerarían aquellos considerablemente, y por tanto sería preciso sacrificar sucesivamente una parte del gas, en compensacion de lo que, aparte de otros inconvenientes, impondría una duracion muy limitada á los viajes aéreos.

Sensible es que una muerte prematura nos haya privado de los nuevos ensayos que se proponía realizar Mr. Giffard, como continuacion de los que había llevado á cabo en 1852 y 1855, con un ingenioso aeróstato, al que Mr. Tissandier consagra las siguientes palabras:

«Había concebido un proyecto grandioso, el de un inmenso aeróstato de 50.000 metros cúbicos, provisto de un motor muy poderoso accionado por dos calderas, una de gas alimentada por el globo, y la otra de petróleo, á

»fin de que pudiesen equilibrarse las pérdidas de peso y de fuerza ascensional. El vapor formado por la combustion se recogería en estado líquido en »un condensador de gran superficie, de modo que equilibrase las pérdidas de »agua de la caldera.....»

De todos modos y teniendo presente los defectos indicados, hace ya algunos años que se trata de aplicar á este objeto las máquinas dinamo-eléctricas, que no tienen los inconvenientes de las de vapor, y de las que se espera por algunos la resolucion definitiva del problema.

PROYECTOS Y ENSAYOS DE GLOBOS DIRIGIBLES DURANTE EL SITIO DE PARÍS. En la guerra de 1870-71 entre Francia y Alemania, luego que los ejércitos de esta última, merced á una serie de victorias asombrosas, consiguieron poner estrecho cerco á la populosa capital de la primera, aislando completamente del resto del país, y cuando sus defensores se convencieron de la esterilidad é ineficacia de todos los medios ensayados para comunicarse con el exterior, sin que al efecto les quedara abierto otro camino posible que el de los aires, volvieron de nuevo los ojos á los globos aerostáticos, que ciertamente no defraudaron sus esperanzas, como ya hemos tenido ocasión de advertir.

Pero empleados de la única manera que entonces era práctica, no bastaban á satisfacer el vehemente deseo de establecer una correspondencia regular con los departamentos, y en tal concepto fueron innumerables los inventores que se consagraron á perseguir la antigua y nunca abandonada idea de conseguir la dirección de dichos aparatos. Así la academia de ciencias, como los comités científicos creados por el gobierno de la defensa nacional, y en fin, todas las sociedades sábias se vieron materialmente asediados por el sinnúmero de proyectos de todas clases que les remitían para su exámen, los pretendidos inventores de la navegacion aérea, acompañándolos de grandes cálculos y de especiosas teorías y solicitando los recursos necesarios para realizar las pruebas prácticas, que ninguno podía invocar en apoyo de sus afirmaciones.

Excusado parece añadir, que todos ó la mayor parte eran proyectos químéricos y proposiciones descabelladas, y que por consiguiente, ni era posible acordarles los créditos que pedían, ni la ocasión era tampoco muy á propósito para emprender ningun ensayo serio, de modo que como resultado

de tantas promesas halagüeñas, sólo se recogieron esperanzas frustradas y amargas decepciones.

La academia de ciencias hizo, sin embargo, una excepcion en favor del proyecto presentado por uno de sus más distinguidos miembros, el ilustre y conocido ingeniero Mr. Dupuy de Lome, del que habremos de ocuparnos aparte con alguna extension por su verdadera importancia, limitándonos ahora á reseñar la única experiencia emprendida, y á dar una idea ligerísima de algunos de los proyectos que cuando ménos fueron dignos de figurar en las actas de las sesiones de aquella docta corporacion, y contribuirán á dar idea de los múltiples caminos que se proponen seguir los inventores en la resolucion de este árduo é interesante problema.

La única tentativa de direccion de los aeróstatos ensayada durante el sitio de Paris, se verificó con el globo titulado *Duquesne*, provisto de dos hélices construidas y aplicadas segun las ideas del almirante Labrouse. El globo era de forma esférica y de 2000 metros cúbicos de volúmen, y el inventor esperaba que movidas aquéllas simultáneamente por dos ó tres hombres, ejercerían un esfuerzo suficiente para imprimir al aparato una velocidad de un metro por segundo ó de 3 á 4 kilómetros por hora, prometiéndose por tanto conseguir la facultad de regresar á Paris, partiendo de un punto convenientemente elegido.

Los resultados, sin embargo, estuvieron muy lejos de aquellas esperanzas, puesto que habiendo partido el globo el 9 de enero, á las tres y cincuenta minutos de la mañana, con viento fresco del Este, fué á caer cerca de Reims, sin que las hélices consiguieran desviarle, y gracias al auxillo de los habitantes del país, pudieron salvarse el aeróstato y los aeronautas de caer en poder de los alemanes.

Atribuyóse entonces este fracaso á faltas é imperfecciones que se consideraba posible corregir en otras pruebas, y á la circunstancia de ir tripulado el aeróstato por cuatro hombres que nunca habían hecho ascension alguna, y que no consiguieron maniobrar las hélices con la armonía necesaria para prevenir el movimiento giratorio á que se hallaba sujeta la máquina por efecto de su forma esférica; pero en rigor, nos parece difícil que aun con los más hábiles aeronautas se hubiesen conseguido resultados más concluyentes.

Entre los proyectos que merecieron la atencion de la academia de ciencias, sin duda alguna por lo ingenioso de las teorías en que se fundaban, más que por lo que tuviesen de prácticos, como se comprenderá por las dificultades que había de presentar su realizacion, pueden citarse los siguientes:

El de Mr. Deroide, que provisto de un paracaidas ó plano inclinado, esperaba poder dirigirse elevándose verticalmente en un punto, y bajando despues de orientado en una direccion oblícua, repitiendo sucesivamente esta maniobra durante el curso del viaje. Las necesarias variaciones de fuerza ascensional del aeróstato, para realizar esta no interrumpida serie de subidas y bajadas, sin pérdidas de gas ni de lastre, se prometía obtenerlas empleando en combinacion el hidrógeno y el amoniaco, utilizando la propiedad de este último de ser absorbido por el agua, para disminuir la fuerza ascensional y efectuar los descensos.

Mr. Bouvet proyectaba ejecutar un número considerable de subidas y bajadas del aeróstato, por medio de dos disposiciones diferentes para utilizar el gas del globo como combustible, y elevar la temperatura en términos de conseguir una compensacion á las pérdidas que experimentaría por este concepto, y á las que tuviesen lugar á través de la envoltura. De este modo, pudiendo obtener un gran aumento de fuerza acensional á expensas de la combustion de una pequeña cantidad de gas, podría alargar considerablemente el viaje aéreo.

Estas ó parecidas idas fueron despues de la guerra patrocinadas por un aleman, que tambien se proponía emplear como fuerza motriz la combustion de una porcion del gas del aeróstato; pero no tenemos noticia de que se haya ensayado siquiera, ni parece que sea tampoco muy práctico, así por las complicaciones que introducirían en el aparato las bombas destinadas á sacar el gas, como porque el procedimiento no parece demasiado tranquilizador para la seguridad del aeronauta.

El proyecto presentado por Mr. Sorel, descansa en el principio de producir una diferencia de velocidad entre la del aeróstato y la del viento, utilizando la fuerza de éste. Al efecto proponía una barquilla provista de una hélice lateral, destinada á resistir la accion del viento que se ejercería sobre un sistema de tres velas que llevaría aquélla, y que en union de otra hélice pro-

pulsora en la popa, permitiría al globo marchar en una dirección determinada, formando un ángulo más ó menos abierto, con relación á la de las corrientes aéreas. La marcha y la dirección del globo, se efectuarían en el sentido de la resultante de dichas tres fuerzas combinadas; pero es mas que probable que sometido á la experiencia, que es el juez supremo en esta clase de asuntos, no se conseguirían los resultados que esperaba, entre otras causas, porque el globo por sí solo presentaría una superficie á la acción del viento, que sería difícil de contrarrestar por la sola acción de la hélice lateral.

En fin, el aeróstato dirigible propuesto por Mr. Hir, había de llevar tres hélices: una, en su parte anterior, en el extremo del eje mayor, girando perpendicularmente á éste, destinada á taladrar el aire en el sentido de la dirección deseada; otra, en la extremidad opuesta del mismo eje, moviéndose en un plano perpendicular á la primera, haciendo veces de timón, y con el objeto de conservar el globo constantemente en la misma dirección; y en fin, una tercera hélice, girando horizontalmente por debajo de la barquilla, para elevarse ó bajar voluntad, sin sacrificar gas ni lastre y poder alcanzar en diferentes capas de aire corrientes favorables á la dirección que se pretendiera seguir, pudiendo utilizarla al mismo tiempo en moderar el descenso del aeróstato al tomar tierra.

No fueron más afortunados ni más prácticos los inventores de la navegación aérea, que también en gran número ofrecieran sus descubrimientos y servicios á la delegación del gobierno establecida en Tours, porque á más de ser poco serios, generalmente, é insensatos y utópicos en su mayoría, no presentan novedad alguna respecto á los descritos, en cuanto á los principios y á las teorías en que se fundaban, aunque todos esperaban maravillas. Nos abstendremos de mencionarlos, con la sola excepción del que consistía en proponer muy seriamente atalajar 2000 palomas á un globo para dirigirla, pues este pensamiento es consecuencia de otra teoría sobre el mismo tema.

En efecto, sostienen algunos que podría utilizarse la fuerza de tracción de ciertas aves poderosas para atalajarlas á globos de pequeñas dimensiones, que se guiarían en los aires como se dirigen los carruajes en la tierra, admitiendo, desde luego, que ciertas especies de aquéllas, dotadas de una fuerza

considerable, no son más difíciles de domesticar que los caballos salvajes. No tenemos noticia de qué se haya intentado la realizacion de este pensamiento, aunque sus partidarios lo proponen solamente para un período de transicion, en tanto no se llega á conseguir la direccion mecánica, pretendiendo que la locomocion aérea debe seguir la misma marcha que la terrestre, en la que se ha empleado el caballo durante muchos siglos, ántes de llegar á los caminos de hierro. No parece necesario el exámen de semejantes proposiciones, ni de su fundamento más ó ménoas racional, ni aun siquiera el de las analogías que puedan existir en la comparacion indicada.

AERÓSTATO DIRIGIBLE DE MR. DUPUY DE LOME. Ya lo hemos dicho: entre los innumerables proyectos de aeróstatos dirigibles presentados á la academia de ciencias durante el sitio de Paris, mereció honrosa y justísima excepcion el del ingeniero naval, Mr. Dupuy de Lome (lám. 2, fig. 17), célebre ya por la construccion de los primeros buques acorazados. Ciento es que no se había ocupado hasta entonces de este género de estudios; pero la importancia que tenía en aquellas circunstancias la resolucion acertada de este difícil problema, por lo que podía influir en la salvacion de la capital y en los resultados de la guerra, fué motivo suficiente para que con perfecto conocimiento de los motores aplicables á los trásporates en general, formase el empeño de conseguir la direccion de los aeróstatos, haciendo concebir halagüeñas esperanzas el nombre que se había conquistado en sus magnificos trabajos marítimos. Concediósele, pues, por el gobierno, á propuesta de la mencionada academia de ciencias, un crédito de 40.000 francos y todos los recursos en hombres y material que le fueran necesarios para la construccion que proyectaba y que entonces emprendió, sin que se le ocultaran las muchas dificultades que se le habían de presentar, por la desorganizacion de la industria en aquella capital, á consecuencia de la guerra.

Antes de entrar en la descripcion razonada del conjunto y de cada una de las partes esenciales del ingenioso aparato, y á fin de poder apreciar con más exactitud la importancia de los resultados obtenidos en la prueba á que se le sometió algunos meses despues del sitio, parece oportuno exponer las consideraciones que le sirvieron de base al plantear el problema, precisando los límites en que lo había encerrado. Así nos será más fácil deducir el acuerdo

y las diferencias entre los cálculos y las previsiones del autor, y los resultados y observaciones de la práctica.

Mr. Dupuy de Lome participaba de la opinion más general entonces entre los hombres de ciencia prácticos, respecto al estado de la cuestión y al juicio que les merecían todos los experimentos de aerostatos dirigibles por medio de máquinas y aparatos especiales. En la memoria que acompañaba á su proyecto, manifestaba desde luego que ninguno de los ensayos anteriores se había realizado en condiciones verdaderamente prácticas, ni se había llegado á un estudio del asunto, fundado en datos y cálculos bastante aproximados á la verdad, y que, por consiguiente, todos habían presentado muchas y grandes dificultades.

Esto no obstante, como las circunstancias apremiaban, puesto que por el momento se aspiraba solamente á hacer posibles las comunicaciones de Paris con los departamentos, prescindió, en cuanto le fué posible, de todo experimento preliminar, adoptando los procedimientos y los detalles más sencillos que tuvieran á su favor la circunstancia de haber sido aplicados ya con éxito en ascensiones anteriores, de modo que su aparato fuera sencillamente el resultado de la combinacion de medios ya probados por los aeronautas.

Comprendiendo que las dificultades prácticas aumentarían considerablemente con la velocidad que se propusiese alcanzar, y que en el estado en que se encontraban las ciencias y la industria sería pretension quimérica la de obtener máquinas de propulsion capaces de imprimir al globo una marcha que le permitiera luchar con ventaja, ni aun hacer frente siquiera á todas las corrientes atmosféricas; limitaba sus aspiraciones á conseguir una velocidad propia de 8 kilómetros por hora, que es próximamente la del viento que se conoce con el nombre de brisa ligera. Estaba, por tanto, muy lejos de pretender moverse en todas direcciones, puesto que sólo podría conseguirlo contra el viento cuando la velocidad de éste fuese menor que aquella, lo cual es muy poco frecuente.

Por lo demás, aun en estas condiciones, cuando el aerostato se encontrase impelido por un viento más fuerte, podría siempre dirigirse á un punto cualquiera de los comprendidos en el ángulo que resulta de la composición

de las dos velocidades. Así, por ejemplo, como es fácil demostrar, cuando la velocidad del viento fuése de unos 4 metros por segundo, ó sea de 14 á 15 kilómetros por hora, que es la que corresponde á la brisa fuerte; el aeróstato podría seguir una dirección arbitraria, dentro de un ángulo de unos 33 grados á cada lado de la dirección del viento, ó lo que es lo mismo, tendría la facultad de moverse á voluntad en un sector de 66 grados, que disminuiría gradualmente á medida que fuese mayor la velocidad de la corriente atmosférica, sin que para conseguir este resultado en la práctica, fuese preciso otra cosa que conservar el eje del aeróstato en una dirección, con respecto á la del viento, que formase con ésta un ángulo un poco mayor que el recto.

Planteado el problema en estos términos, para realizar la solución que se proponía, así por lo que respecta á la forma, dimensiones y detalles del aeróstato, como por lo que se refiere á las condiciones y energía del propulsor, en relación con la velocidad propia del aparato, eran dos especialmente los principios fundamentales ó las condiciones esenciales á que se debía satisfacer:

- 1.^a Obtener un eje horizontal de menor resistencia, en una dirección sensiblemente paralela á la de la fuerza propulsora.
- 2.^a Conservar la forma del aeróstato, sin ondulaciones sensibles, en la superficie de su envoltura.

La primera de las dos condiciones enunciadas, es consecuencia inmediata de la necesidad de conservar la dirección del aeróstato en línea recta, de modo que no pueda alterarse más que por la voluntad del aeronauta, obrando sobre el timón. Era indispensable, por consiguiente, renunciar á la forma esférica, no ya sólo para reducir la superficie expuesta á la acción del viento, y la resistencia consiguiente, sino porque presenta el grave inconveniente de un equilibrio instable, y es causa de que los globos de esta figura giren sobre sí mismos al rededor de su eje vertical. En vista de estas consideraciones le pareció preferible la forma de lanzadera; y después de vencidas las dificultades que también ésta ofrece por las peculiares disposiciones que exige para evitar las inclinaciones demasiado sensibles del eje y conseguir que éste permanezca horizontal, adoptó como más conveniente la superficie de revolución engendrada por un arco de círculo, girando alrededor de su cuerda,

que era en este caso el eje horizontal del aeróstato, siendo la flecha la quinta parte próximamente de la longitud de aquélla, que tenía unos 42 metros, y daba por tanto un aeróstato de 3860 metros cúbicos de volúmen, y de 154 metros cuadrados de sección vertical principal. Mr. Dupuy de Lome reconoce que una forma más alargada hubiese reducido todavía la resistencia aumentando la velocidad, pero se ha limitado á las dimensiones indicadas, comprendiendo que con la mayor longitud, crecen las dificultades relativas á la construcción de la red y á la suspensión de la barquilla.

Para satisfacer á la segunda de las condiciones dichas, de modo que fuese inalterable la forma del aeróstato, ha procurado conservar el gas interior en estado de expansión completa, y al efecto, para compensar las pequeñas pérdidas que constantemente se producen á través de la envoltura, y las más considerables que forzosamente ocurren al efectuar descensos parciales en la atmósfera, recurrió al expediente ideado por Mr. Meusnier, adaptando al aparato un pequeño globo interior, colocado en la parte más baja de la envoltura exterior y unido á las paredes de ésta. Aquél tenía un volúmen igual á la décima parte del aeróstato, y estaba destinado á ser hinchado de aire por medio de un ventilador instalado en la barquilla, que se comunicaba con él por medio de un tubo especial que le permitía ejercer su acción de un modo exactamente igual á las vejigas natatorias de los peces. Ocupado, en efecto, por el gas el espacio comprendido entre la superficie interior del globo mayor y la superficie exterior del pequeño, claro es que cuando la tensión del gas disminuyera por las pérdidas, podría compensarse fácilmente hinchando con aire el globo pequeño y reduciendo consiguientemente el espacio reservado al gas.

El volúmen asignado al globo interior, relativamente al del aeróstato, se ha calculado en la idea de que éste pudiera descender de una altura de 866 metros, conservándose completamente lleno, á pesar del aumento correspondiente de la presión barométrica.

El aparato estaba provisto de dos tubos abiertos, que bajaban 8 metros por debajo del plano tangente á su parte inferior, para evitar los peligros de ruptura por una expansión excesiva del gas, y con el objeto de prevenir que la introducción del aire pudiese rechazar el hidrógeno hasta obligarle á salir por

los tubos dichos, se había dotado el globo interior de una válvula arreglada por resortes, que se abría hacia afuera de modo que al inyectar aire con exceso ó inoportunamente pudiese escaparse por ésta antes de producir el efecto indicado y disminuir la cantidad de gas. Por lo demás, el aeróstato tenía tambien otras dos válvulas para la evacuacion del hidrógeno, colocadas en el meridiano superior y en dirección de las prolongaciones de los dos tubos inferiores mencionados, por cuyo interior bajaban hasta la barquilla las cuerdas de maniobra de aquéllas.

Si despues de estar completamente lleno el globo interior fuese todavía imperfecta la inflacion del aeróstato, podría introducirse directamente en éste un suplemento de aire atmosférico que se mezclaría con el gas, y aunque es cierto que si se hubiese adoptado este solo procedimiento se evitaría el peso de la tela del globo interior, que es de unos 50 kilogramos, y éstos podríanadirse de lastre, no se conseguiría, en cambio, como con el globo interior, la facultad de efectuar ascensos y descensos parciales y alternativos sin pérdidas de gas ni de lastre. Es, pues, preferible sin duda alguna la solucion adoptada, en cuanto permite á voluntad cambiar de nivel, conservando todo el lastre para utilizarlo exclusivamente en subvenir á las pequeñas pérdidas de gas que se producen por filtracion á través de la tela del aeróstato.

La forma de la barquilla fué tambien cuidadosamente estudiada, á fin de facilitar su paso á través del aire, en cuanto lo permitiesen las necesidades que lleva consigo el manejo del aparato propulsor que va colocado en ella, y la relativa comodidad y movimientos de la tripulacion, que había de ser de 14 hombres, y necesitaba, por consiguiente, un gran espacio. La parte central era de mimbre, en la longitud necesaria para contener bastante cómodamente el torno motor con 8 hombres destinados á moverlo, el ventilador para llenar el globo pequeño y el hombre que lo maneja, el timonel, el encargado del lastre, el de las válvulas, el del *guide-rope* y del ancla, y en fin, los dos encargados de la dirección, uno de los cuales hacía las observaciones, mientras que el otro las inscribía en el mapa del país atravesado.

La longitud de esta parte de la barquilla era de 6^m,50, pero se prolongaba por ambos extremos con bastidores de bambú, y su forma alargada, así como el sistema de suspension adoptado, tenían el doble objeto de disminuir todo

lo posible la resistencia del aire y obtener para aquélla una completa estabilidad. Con esta idea se sustituyó la parte superior de la red de cuerda que ordinariamente envuelve á los aeróstatos hasta el ecuador, con una funda de tela cortada por las mismas plantillas que habían servido para la construcción del globo, y de ella partían, á la altura dicha, dos redes concéntricas. La exterior, destinada principalmente á la suspensión de la barquilla, estaba unida á la funda de modo que se repartiese uniformemente sobre la tela del aeróstato la tracción de las cuerdas, y la interior se destacaba de éste tangencialmente á su superficie, á las tres cuartas partes próximamente de su altura, formando por debajo un cono, cuyo vértice caía entre aquél y la barquilla, en la vertical que une los centros de estas dos partes.

Empleando este nuevo é ingenioso sistema de suspensión, afirmaba monsieur Dupuy de Lome que podía calcularse la estabilidad del conjunto como si fuese un cuerpo rígido, en tanto que las inclinaciones laterales y longitudinales no excediesen de 20 y de 28 grados respectivamente, y que estando el centro de gravedad del sistema, aún después de agotado todo el lastre, á 15^m,54 por debajo del eje horizontal del aeróstato, el estado de éste en la marcha no diferiría en medio grado del que tuviese en el reposo, aún bajo el esfuerzo máximo de los 8 hombres empleados en mover la hélice, mientras que un hombre que se trasladase de un extremo á otro de la barquilla no produciría una inclinación de ésta superior á dos tercios de grado.

El timón se reducía simplemente á una vela triangular de 5 metros de altura y 15 metros cuadrados de superficie, colocada por debajo de la parte posterior del aeróstato y sostenida en su parte inferior por una varilla rígida horizontal de 6 metros de longitud, que podía girar alrededor de su punto de sujeción por medio de dos drizas que desde su extremidad iban á la proa de la barquilla á manos del timonel. El aparato de propulsión instalado en la barquilla consistía en una hélice, cuyo árbol se prolongaba por la parte de atrás hasta sobresalir un poco de los extremos de los bastidores, pudiendo desmontarse fácilmente el espigón de la hélice que llevaba las paletas. El árbol dicho estaba dispuesto de modo que pudiera girar en un plano vertical alrededor de su extremidad anterior, para evitar que tocaran al suelo las paletas antes de la ascension del aeróstato ó en el momento de la bajada.

El torno para imprimir el movimiento se componía sencillamente de un árbol acodado, cuyas manivelas estaban dispuestas de modo que el centro de gravedad de los 4 ú 8 hombres encargados de manejarlo permaneciese sensiblemente en el mismo punto durante la maniobra.

Antes de continuar la descripción de todas las partes del aeróstato, parece oportuno hacer algunas indicaciones respecto al modo de apreciar el trabajo necesario para imprimir al aparato la velocidad de 8 kilómetros por hora, que era la que debía tener, y al efecto es indispensable empezar calculando la resistencia que había de experimentar al moverse en la atmósfera.

Estimando separadamente la que experimentaría sus diversas partes, y puesto que la sección principal del aeróstato era de 154 metros cuadrados, se admitió aproximadamente que la de la barquilla y de los cuerpos de los tripulantes sería equivalente á unos 4 metros y de 10 la de la red y de las cuerdas de suspensión. Previos estos datos, y suponiendo las superficies dichas reducidas á un plano que se presentase perpendicularmente al viento, no sería difícil calcular la resistencia indicada, puesto que entonces la presión ejercida por una corriente de una velocidad de 8 kilómetros por hora, ó sea de $2^m,222$ por segundo, sería de 0,665 kilogramos por metro cuadrado; pero esta presión disminuye considerablemente cuando se ejerce sobre superficies de formas convenientes para penetrar en el aire.

En efecto, ya sea el aire ó el agua el medio en que se produzca el movimiento, se facilita el resbalamiento de sus moléculas, hasta el punto de que entre los buques que pudieran compararse con el aeróstato en que nos ocupamos, no hay ninguno cuya resistencia en el agua, relativamente á la superficie de su sección principal, sea mayor que un cuarentavo de la que experimentaría por metro cuadrado un plano perpendicular á la corriente, y en algunos es solamente de un ochentavo.

Admitiendo, pues, para el aire los datos relativos al movimiento del agua alrededor de los cuerpos sumergidos en ella, puede inferirse legítimamente que conservando el globo su forma teórica, invariablemente habría de experimentar una resistencia igual á un cuarentavo, de la que ofrecería un plano de la misma superficie que su sección transversal, y puesto que aquella circunstancia sea imposible de conseguir en la práctica y hayan de producirse

desde luego varias deformaciones en la envoltura por las mallas de la red, lo cual dará por resultado un aumento de presion, se ha supuesto doble la resistencia y de un veinteavo el coeficiente.

Respecto á la de la barquilla y los tripulantes, dada la irregularidad de estos objetos, se calculó en un quinto del plano correspondiente el coeficiente de resistencia, suponiéndolo de un medio para las cuerdas de suspencion, atendida la pequeñez de sus diámetros y su curvatura.

Se obtenía, pues, la del conjunto sumando todas las resistencias parciales en la forma siguiente:

$$\text{Resistencia total} = \frac{1}{20} \text{ (sección del aeróstato)} + \frac{1}{5} \text{ (barquilla y accesorios)} \\ + \frac{1}{2} \text{ (red y cuerdas).}$$

Ahora bien, el trabajo que es preciso desarrollar para vencer esta resistencia es igual al producto que se obtiene de multiplicarla por la velocidad propia del aeróstato, y puesto que el propulsor había de ser una hélice de cuatro paletas, era necesario calcular su diámetro, el paso de la misma y el número de revoluciones que habría de efectuar por segundo para obtener aquel resultado.

Considerando solamente el aeróstato de la forma geométrica indicada é invariable, haciendo abstraccion por el momento de la red y de la barquilla y tomando por tipo la hélice de mejores proporciones de los buques, resulta que para obtener la misma relacion que existe en ésta entre la velocidad V y el producto $p \times n$ del paso por el número de revoluciones, es necesario que la superficie del círculo descrito por ella sea igual á la cuarta parte de la sección principal, y como en este caso es de 154 metros cuadrados en números redondos, el diámetro de la hélice sería de 7 metros.

Pero si se tienen en cuenta las resistencias que proceden de la red y de la barquilla y se aumenta la sección principal del aeróstato en la parte que proporcionalmente corresponde á este aumento de presion, la resistencia total que se debe tener en cuenta es, en rigor, la que correspondería á un globo imaginario cuya sección principal fuese la suma en metros cuadrados de aquellas resistencias parciales; y si, por otra parte, se recuerda que las numerosas deformaciones de la envoltura elevan al doble la resistencia, resulta que la sección dicha del globo imaginario debería ser doble tambien, y,

por tanto, el diámetro del círculo correspondiente sería de unos 11 metros, que ya es difícil de conseguir en la práctica, por cuya razon se ha reducido á 8 metros, á expensas de alguna pérdida de fuerza.

Pero reemplazando una hélice por otra de diámetro diferente, y permaneciendo igual la resistencia, se verifica que los cuadrados de los retrocesos están en razon inversa de las superficies de los círculos de las dos hélices, y por consiguiente de los cuadrados de sus diámetros, ó lo que es lo mismo, que el retroceso está en razon inversa del diámetro. Haciendo, pues, igual á éste el paso de la hélice, con lo cual quedaría en buenas condiciones la inclinacion de las paletas, se obtendría un número de revoluciones por minuto que se acomoda bien á un propulsor de mano.

Calculando ahora el trabajo de la hélice, y teniendo en cuenta el rozamiento del aire sobre las paletas, que eran de seda fuerte, se dedujo que la fuerza total que habría de trasmisitirse á aquélla sería solamente de unos 30 kilogramos, y que por consiguiente no se necesitaba recurrir á máquina alguna para conseguirla. Distribuída, en efecto, entre cuatro hombres, trabajando en un torno, correspondería á cada uno de ellos una parte de 7,50 kilogramos, que representa el trabajo que pueden soportar sin fatiga durante una hora; de modo que con un relevo de otros dos podría tener media hora de descanso cada uno de ellos por cada hora de trabajo, durante las seis que debería durar el viaje, que era otra de las condiciones del proyecto.

El eje de la hélice era horizontal y paralelo al eje longitudinal del globo, á la distancia de 16^m,80 y á la altura de 6^m,20 por encima del fondo de la barquilla.

El torno llevaba una polea que actuaba sobre otra del mismo diámetro, fija al eje de la hélice y unidas las dos por una correa. El número de revoluciones del torno y de la hélice era de unas $21\frac{1}{4}$ por minuto para una velocidad de 8 kilómetros por hora.

En momentos determinados, como sucedería, por ejemplo, cuando al efectuar el descenso quisiera alcanzarse un punto dado del suelo, podrían trabajar los seis hombres á la vez en el torno y duplicar sus esfuerzos, con lo cual se obtendría una velocidad del aeróstato de 3^m,20 durante algunos minutos.

Ahora, antes de consignar los resultados obtenidos en el ensayo á que se

sujetó este notable aparato aéreo, parece oportuno indicar, por vía de recuerdo, los diferentes extremos que se trataban de probar, y describir ligeramente los instrumentos ideados por Mr. Dupuy de Lome, para apreciar aquéllos en la práctica.

Desde luego era preciso, por una parte, asegurarse de la estabilidad del aeróstato y de la influencia que sobre él ejercería el timón al seguir una dirección determinada y al cambiar ésta á voluntad, y por otra medir la velocidad propia del mismo bajo la influencia de la hélice movida con una rapidez determinada.

Con este último objeto, y en la imposibilidad de emplear una corredera análoga á la de los buques, puesto que en este caso existía el grave inconveniente del gran diámetro de la hélice, que no permitía usarla, se construyó un anemómetro, que consistía en una pequeña hélice de cuatro paletas, dispuesta de modo que pudiera contarse fácilmente el número de sus revoluciones.

Ensayado directamente en tierra este aparato, haciéndole avanzar en el sentido de su eje, con una velocidad conocida, en una atmósfera completamente en calma y á cubierto de toda corriente que pudiera alterar los resultados, se encontró la fórmula:

$$V = 1^m,12 \frac{n}{60} + 0^m,21$$

relación entre la velocidad V de traslación y el número n de revoluciones por minuto.

Por su medio se formó una tabla que daba en el acto la velocidad de traslación del aeróstato correspondiente al número de vueltas del anemómetro, y al efecto se colocaba éste en la proa de la barquilla. La dirección se obtenía, como en los buques, merced á una brújula instalada delante del timonel, con la línea de fé paralelamente al eje mayor del aeróstato.

El instrumento para apreciar la dirección y medir la velocidad con relación á la tierra, consistía simplemente en una brújula marina, que tenía adosada á una de sus caras laterales, paralelamente al plano vertical que pasa por la línea de fé, una plancheta de madera, cuya superficie vertical estaba pintada de blanco, mientras que era negro su canto superior, con el objeto

de asegurarse más fácilmente de que la visual dirigida por ella estaba comprendida en el plano vertical que resultaba naturalmente de la suspensión de la brújula.

De este modo, observando un objeto visible de la superficie de la tierra en el momento de pasar sobre la vertical correspondiente, y haciendo girar la plancheta para dirigirle una nueva visual después de hallarse á bastante distancia del mismo, se deducía fácilmente de las lecturas correspondientes de la brújula el camino seguido por el aeróstato.

De un modo análogo se determinaba muy aproximadamente el camino recorrido en un tiempo dado y la velocidad consiguiente en función de la altura del aeróstato, dada con suficiente exactitud por un barómetro aneróide graduado con este objeto.

Al efecto se había trazado sobre la cara vertical de la plancheta un triángulo cuya altura era doble de su base, fijando tres puntas metálicas en sus vértices. Dirigiendo una visual á un objeto terrestre por el lado del triángulo más próximo á la vertical, y midiendo el número de segundos transcurridos entre esta observación y el momento en que el objeto observado pasaba por la prolongación del lado más inclinado, se tenía el número de segundos que el aeróstato había tardado en recorrer una distancia terrestre igual á la mitad de la altura á que se encontraba sobre ésta, operación que facilitaba mucho una tabla calculada de antemano, que presentaba á la vista la velocidad del globo con relación á su altura y al tiempo en segundos de las observaciones.

Para mayor sencillez, todas las direcciones se apreciaban con relación al meridiano magnético, y la temperatura por medio de un termómetro ordinario, que aunque no muy sensible, era suficiente para el objeto.

Señalado el mes de enero de 1872 para efectuar la prueba experimental de este notable aparato aéreo, fué necesario aplazarla hasta el día 30 á causa del mal tiempo, procediendo entonces á hinchirlo de gas hidrógeno.

Obteníase esto mediante la descomposición del agua por el ácido sulfúrico y el hierro, y al efecto se instaló una batería de 40 toneles, que produjo la cantidad que se había calculado, con una fuerza ascensional de 1120 gramos por metro cúbico. La operación necesitó más tiempo del que se había creido, puesto que se tardó tres días en llenar el globo, pero se verificó, en cambio,

con éxito completo. Terminados estos preparativos, y resuelta la ascension, á pesar de los anuncios poco tranquilizadores de los observatorios meteorológicos respecto al tiempo, se procedió, no sin experimentar algunas dificultades y algunas pequeñas averías, producidas por el viento, á instalar en la barquilla la hélice y todos los aparatos indispensables, con unos 600 kilogramos de lastre, encerrado en sacos de 10 y de 15 kilogramos cada uno, y de los cuales se arrojaron diez de á 15 en el momento de la partida, que se efectuó á la una de la tarde, con viento fuerte y llevando el aeróstato sus 14 tripulantes.

Pocos minutos despues, y cuando ya se hubo observado la direccion en que el globo era arrastrado, se bajó la hélice á su lugar, moviéndola primero moderadamente y despues con rapidez, y haciendo girar el timon al mismo tiempo á la derecha y á la izquierda para examinar la influencia que ejercía en la marcha.

El objeto de estas diferentes maniobras, que se repitieron varias veces durante el viaje, á intervalos de quince minutos, suspendiéndolas alternativamente para precisar en todos los casos la verdadera direccion del viento, por el sentido en que marchaba el aeróstato, era el de asegurarse si éste obedecía en efecto á la accion de la hélice y del timon, moviéndose en la direccion deseada.

De esta manera pudo observarse de una manera concluyente que no solamente se hacía sentir el efecto del timon, sino tambien que el sistema poseía una velocidad propia, debida al movimiento de la hélice, confirmando el hecho por medio del anemómetro instalado en la proa de la barquilla, que permaneciendo quieto mientras no se movía la hélice, giraba en cuanto ésta se ponía en movimiento, como resultado indudable de la velocidad propia del aeróstato.

En el curso del viaje se anotaron cuidadosamente, en cada una de las indicadas evoluciones, la velocidad dicha, el número de revoluciones de la hélice, el de hombres que la movían, la temperatura del aire ambiente, la altura á que se encontraba el globo, su direccion con respecto á la tierra, y en fin, todas aquellas circunstancias que pudieran contribuir á explicar mejor los resultados de este notable experimento.

Por último, á las tres de la tarde, y en vista de que ya no presentaba interés alguno el prolongar el viaje, se efectuó el descenso con éxito completamente satisfactorio, á pesar de la fuerza del viento, debido sin duda á la forma del aeróstato, que le obligaba á presentarse en el sentido de su longitud tan pronto como se hacía sentir un poco el roce del *guide-rope* sobre el suelo, siendo un hecho digno de señalarse, siquiera no revista una importancia exagerada, el de que habiendo tenido la precaucion de anotar cuidadosamente sobre un mapa el camino recorrido en vista de las repetidas observaciones de los instrumentos empleados con este objeto, pudiera anunciarase con entera exactitud en el momento de emprender el descenso el pueblecito en que se efectuaba.

Este famoso viaje experimental demostró perfectamente la gran impermeabilidad de la envoltura, puesto que las pérdidas de gas producidas por la filtracion á través de la tela fueron tan insignificantes, que segun parece hubiera sido posible permanecer en el aire con suficiente fuerza de flotacion un largo período de tiempo. Durante el viaje se probó tambien la horizontalidad del eje longitudinal del aeróstato, así cuando éste estaba completamente lleno de gas y no había, por consiguiente, motivo alguno para comprometer la horizontalidad dicha, como cuando se llenó de aire el globo pequeño interior, en reemplazo del hidrógeno perdido.

La estabilidad de la barquilla fué perfecta, merced al sistema de suspension adoptado, sin que los ocho hombres, trabajando en el torno de la hélice, produjesen oscilacion alguna más perceptible que la que pudiera causar en el suelo de una habitacion cualquiera el movimiento de varias personas trasladándose de un extremo á otro, pues si bien se advertía una alteracion insignificante en todo el aparato por la variacion del centro de gravedad, no así en la barquilla con relacion al aeróstato, cuando la tripulacion ocupaba sus sitios.

El pequeño globo interior funcionó con bastante regularidad, sin que haya sido preciso arrojar más lastre que el suficiente á compensar la disminucion de fuerza ascensional ocasionada por la condensacion del gas debida al frío y por la pequeña cantidad de lluvia que cayó sobre el tejido, aparte del que se perdió para poder alcanzar la altura de 1020 metros con la misma

fuerza ascensional que tenía al partir. En el momento de la bajada se observaron algunas arrugas en la parte inferior, sin que por esto se haya empezado á llenar de aire el globo auxiliar hasta que la altura quedó reducida á 600 metros. Entonces fueron muy marcadas aquéllas y más sensible la disminucion de volúmen, por lo que se movió el ventilador. Por lo demás, aunque el volúmen del globo pequeño fué insuficiente para compensar la reduccion del gas perdido durante un descenso de 866 metros de altura, y por consiguiente los pliegues longitudinales se hicieron más profundos, se demostró, sin embargo, la posibilidad de conservar la forma mediante uno de dimensiones convenientes.

La accion del timon se hizo sentir de una manera eficaz, permitiendo conservar la direccion deseada durante el movimiento de la hélice de propulsión, prescindiendo de algunas desviaciones debidas principalmente á la inexperiencia del timonel.

La velocidad propia del aeróstato ascendió á 2^m,82 por segundo, ó sea 10 $\frac{1}{4}$ kilómetros por hora, cuando la hélice era movida por los 8 hombres, con 27 $\frac{1}{2}$ revoluciones por minuto, y aunque no ha podido medirse exactamente el esfuerzo empleado por éstos, se calcula que apenas excedería de 60 kilográmetros, aún teniendo en cuenta la necesaria para vencer los rozamientos extraordinarios del árbol de la hélice.

Ciertamente no se ha demostrado que la velocidad propia en el sentido de la direccion deseada tenga verdadera importancia, porque comparando la que seguía cuando se le dejaba libre á impulsos del viento con la observada al mover la hélice, se encontró que la resultante formaba sólo un ángulo de 10 á 12 grados con aquélla, aunque es preciso tener presente que la velocidad del viento reinante era de 16 á 17 metros por minuto.

Sea como quiera, unidos estos resultados á los obtenidos por Mr. Giffard, quedó definitivamente probado que un aeróstato de las condiciones enumeradas, provisto de una hélice, puede moverse en el aire con entera independencia, dentro de ciertos límites, y se comprende, por tanto, que este proyecto haya servido de base para otros posteriores, así por las conclusiones referentes á la forma del globo, á sus dimensiones, á la instalacion especial de la hélice y al modo de ponerla en movimiento, como por lo que hace á

la manera más conveniente de construirlo, venciendo todas las dificultades que se ofrecieran, y en fin, por las condiciones que presentaba respecto á la seguridad y á la fuerza del aparato como resultado todo ello de haber calculado ingeniosamente las relaciones que existen entre el diámetro de la hélice, la resistencia del viento y la fuerza ascensional del aeróstato, en términos de que las teorías fuesen satisfactoriamente confirmadas por la experiencia.

Por lo demás, el mismo Mr. Dupuy de Lome calculaba que con un peso equivalente al de los 8 hombres empleados en la maniobra de la hélice podría obtenerse una máquina de vapor de 8 caballos de fuerza, cuya energía sería diez veces mayor que la obtenida, y que por consiguiente imprimiría al aeróstato una velocidad de unos 22 kilómetros por hora, suficiente á desviarle de la dirección de los vientos ordinarios bajo un ángulo considerable, aprovechando el combustible y el repuesto de agua como una parte del lastre.

Cierto es que las máquinas de vapor ofrecen el peligro consiguiente á la existencia de un hogar encendido próximo á un gran receptáculo de gas hidrógeno, pero es también indudable la posibilidad de conseguirlo, desde el momento en que lo ha llevado intrépidamente á cabo Mr. Giffard con sus máquinas de vapor de chimenea invertida y de hogar interior, siquiera estas precauciones no se consideren suficientes para precaverse eficazmente contra el peligro indicado, pues que en otro caso, ya en el estado actual de la ciencia y de la industria, podría construirse alguna de gran energía y relativamente ligera que habría hecho progresar mucho la cuestión del motor aéreo, verdadero punto espinoso del problema.

LOS GLOBOS DIRIGIBLES EN AUSTRIA. En la misma época próximamente en que el célebre Mr. Dupuy de Lome estudiaba la dirección de los aeróstatos, otro ingeniero austriaco, Mr. Hanlein, ejecutaba en Viena algunos experimentos con un pequeño globo de su invención, logrando reunir en poco tiempo los fondos necesarios para la construcción de otro de grandes dimensiones, con el que pudiera continuar aquéllos en grande escala. El aeróstato era también de forma alargada, y su inventor se proponía sustituir la fuerza muscular del hombre por un motor ligero que evitase los peligros de incendio inherentes á los de vapor, habiendo imaginado al efecto aplicar al movimiento de la hélice propulsora una máquina de gas, del sistema Lenoir, que

á más de ser ligeras, sencillas y económicas, se empleaban ya hacia algunos años en ciertos establecimientos industriales, aunque en pequeñas proporciones.

En ellas se obtiene el movimiento de los émbolos por la presión que ejerce alternativamente sobre sus caras la combustión dentro del cilindro, de una mezcla de aire é hidrógeno, que se enciende con una corriente eléctrica por medio de una pequeña bobina de Rumkorff.

El gas necesario para la alimentación del motor provendría del que llevase el globo, y de este modo, al mismo tiempo que el peso quedaba muy reducido, puesto que sería solamente el de la hélice y de una pequeña máquina sin caldera ni hogar, y sin necesidad de reservas de agua y de carbon, se conseguía la importantísima ventaja de evitar el peligro de incendio.

En fin, se prometía también la facultad de subir y bajar independientemente del gas del aeróstato y del lastre, merced á la disminución sucesiva de la fuerza ascensional producida por el consumo de aquél y esperaba que se podría conseguir la considerable velocidad de 25 kilómetros por hora, aplicando solamente una máquina de la fuerza de 12 caballos próximamente.

Para responder á la objeción que naturalmente se ofrece respecto á la disminución progresiva de la fuerza ascensional, ocasionada por el consumo del gas y de las pérdidas mayores ó menores que hubiera de experimentar por la filtración á través de la envoltura, decía el autor que una máquina de la fuerza de 12 caballos, no consumiría más que un metro cúbico de hidrógeno por caballo y por hora, y que, por tanto, el consumo en 24 horas sería de $12 \times 24 = 288$ metros cúbicos, ó sea la treceava parte próximamente del gas que contiene un aeróstato de las dimensiones del de Mr. Dupuy de Lome, siendo entonces indudable que para hacer frente á esta pérdida y poder restablecer en todos los momentos la fuerza ascensional primitiva, sería suficiente arrojar gradualmente á medida del consumo de aquél cierta cantidad de lastre.

Haciendo, en efecto, aplicación de estos cálculos al repetido aeróstato de Mr. Dupuy de Lome, y una vez que en la práctica puede admitirse que cada metro cúbico de hidrógeno corresponde á un kilogramo de fuerza ascensional, se advierte desde luego que los 288 kilogramos de lastre que serían ne-

cesarios en este caso, equivalen aproximadamente al peso de 4 hombres, y que por consiguiente quedaría disponible el peso de otros 4 de los 8 que aquél calculaba necesarios para la maniobra de la hélice, que serían reemplazados por el peso de la máquina entera, obteniendo, sin alterar en nada las condiciones, una velocidad de 25 kilómetros por hora, en vez de los 8 ó 10 que se podían conseguir con aquél.

Cierto es que al cabo de las 24 horas empezaría á perder fuerza ascensional; pero durante este tiempo habría recorrido ya un trayecto de 600 kilómetros, suponiendo la atmósfera en calma perfecta, y entonces podría descender, para reponer las pérdidas de gas y ponerse en condiciones de continuar el viaje.

Seguramente es difícil que se verifique la supuesta condición de una perfecta tranquilidad atmosférica, aún en las mejores estaciones del año; pero no debe olvidarse tampoco que provisto el aeróstato del globo interior empleado por Mr. Dupuy de Lome, por cuyo medio podía cambiar de nivel á voluntad, elevándose ó descendiendo mediante la maniobra de hinchir ó vaciar aquél, y puesto que está probado por repetidas observaciones que existen ordinariamente en la atmósfera diversas corrientes de diferentes direcciones, segun la altura, podría sin dificultad abandonar el nivel en que soplasen los vientos contrarios á la dirección que se propusiera seguir y buscar una corriente más favorable, combinando oportunamente la velocidad propia del aeróstato con la del ambiente atmosférico.

Para prevenir el peligro de incendio que pudiera originar el excesivo caldeamiento de los cilindros de la máquina, ocasionado por la combustión del gas, adoptaba Mr. Hanlein el mismo procedimiento que con este mismo objeto se sigue en la industria, cual es el de enfriar aquéllos por una pequeña corriente de agua. Propone, al efecto, que los 288 kilogramos de lastre fuesen representados en realidad por 288 litros de agua, haciendo caer ésta sobre el cilindro por una disposición especial y regulando la salida de modo que á cada metro cúbico de gas consumido correspondiese la de un litro de agua, con lo cual debía conservarse teóricamente constante la fuerza ascensional del aeróstato durante las 24 horas del viaje.

De todos modos, parece que intentado el ensayo en grande de este sistema

el año 1873, en Moravia, estuvieron lejos de corresponder á las esperanzas los resultados obtenidos, pues que el peso excesivo de la tela empleada por una parte y la circunstancia de haberle hinchido con gas del alumbrado en lugar del hidrógeno, por otra, impidieron que el aeróstato adquiriese la fuerza ascensional suficiente, y al parecer fué preciso limitarse á que funcionara á una altura bastante pequeña y conservándolo cautivo, con el único objeto de probar su tendencia á marchar en una dirección distinta de la del viento.

No tenemos noticia alguna de que se hayan repetido estos ensayos, circunstancia que nos hace sospechar no han de haber sido muy concluyentes los primeros.

ENSAYOS DE GLOBOS DIRIGIBLES EN INGLATERRA. Los ingenieros militares encargados del servicio aerostático en Inglaterra dedican preferentemente su atención y sus estudios, como ya hemos tenido ocasión de advertir, á conseguir la dirección de los globos aprovechando las diversas corrientes atmosféricas, y como también hemos visto, han conseguido ya efectivamente resultados muy notables, sin que por eso dejen de ensayar, cuando las ocasiones se presentan, todos aquellos inventos y aparatos que se les ofrecen con algún carácter racional y práctico, para realizar la navegación aérea por medio de globos impulsados por propulsores mecánicos.

Entre los que han experimentado en estos últimos años parécenos digno de citarse, por lo que ha llamado la atención del público y por las esperanzas que hiciera concebir, y que por cierto estuvieron bien lejos de realizarse, el presentado por Mr. Bowdler, ensayado el año 1875 en el arsenal de Woolwich bajo la dirección del comandante de ingenieros Mr. Beaumont.

El aparato consistía sencillamente en dos hélices y un timón, que pesaban en total unos treinta y tantos kilogramos solamente. Una de las hélices se movía alrededor de un eje vertical por medio de engranajes, y podía girar con una velocidad de 600 á 700 vueltas por minuto, siendo su objeto hacer subir ó bajar el globo sin pérdidas de gas ni de lastre. La segunda hélice, análoga en un todo á la primera, actuaba sobre un eje horizontal, con la misma velocidad próximamente, y tenía por objeto imprimir al globo un movimiento propio en un sentido cualquiera. A continuación de ésta se effecontraba el timón, que era sencillamente un trozo de lana fuerte, con las orillas

llas reforzadas, y que se hacía girar por medio de cuerdas, como de ordinario.

El programa de las pruebas á que había de sujetarse el aparato comprendía los tres puntos siguientes: 1.^º, permaneciendo el globo cautivo, se elevaría y bajaría repetidas veces á una altura de 45 á 50 metros por el sólo efecto de la hélice vertical para poner de manifiesto la eficacia de ésta; 2.^º, ascendería el globo libre, y luego que estuviese determinada su dirección con seguridad, se pondría en movimiento el propulsor horizontal, en una dirección á ángulo recto con la primera, para apreciar el máximo efecto obtenido en estas condiciones; 3.^º, en fin, se elevaría y bajaría el globo libre varias veces por medio de la hélice vertical, sin pérdidas de gas ni de lastre. El día señalado para los ensayos, después de fijar el mecanismo á un costado de la barquilla, entraron en ella el comandante Beaumont, el aeronauta Mr. Cowxell, Mr. Bowdler y un sargento de ingenieros, habiendo lanzado previamente una serie de pequeños globos pilotos para asegurarse de la dirección del viento y poder apreciar la marcha probable del aeróstato cuando estuviese libre. El volumen del aeróstato era de 2000 metros cúbicos, y ya Mr. Bowdler advirtió que no estaba en relación con las dimensiones del aparato, prometiéndose, sin embargo, que éste demostraría su acción y su eficacia de una manera precisa y bastante perceptible.

Efectuadas las pruebas con sujeción al programa indicado, se observó, desde luego, que la hélice vertical destinada á producir el movimiento ascendente del aeróstato ejercía una acción indudable, puesto que estando el globo en equilibrio se elevaba en el momento en que la hélice se ponía en movimiento, desarrollando sucesivamente, sin pérdida alguna de lastre, la cuerda que servía para conservarlo cautivo, y que volvía á descender, por efecto del exceso de peso, en cuanto se suspendía la maniobra. Esta parte de la operación parece, pues, haber tenido un éxito bastante satisfactorio.

En cambio no parece haberse demostrado de una manera sensible la trascisión que se esperaba de la maniobra de la hélice horizontal, por más que aunque haya sido demasiado pequeño se consiguió indudablemente imprimirle un movimiento propio de cierta energía, si es cierto que obedecía al timón y que fué posible gobernar.

Por lo demás, aparte de la observacion de Bowdler respecto á las dimensiones del mecanismo con relacion á las del aeróstato, la forma esférica de éste ofrecía una gran superficie al viento y la consiguiente resistencia, y además la hélice, de 3 metros de diámetro, era movida por solos dos hombres, y la propulsion se obtenía, como hemos dicho, por el intermedio de un sistema de engranajes, que siempre absorben una gran parte de la fuerza empleada; así es que no es de extrañar este resultado, conforme con lo que dicta la razon, pues si un propulsor de mano puede producir efectos apreciables en días tranquilos y de gran calma atmosférica, ya se comprende que si se encontrase en una corriente de alguna intensidad se necesitaría un esfuerzo mucho mayor para conseguir la traslacion del aparato.

PROYECTOS Y ENSAYOS DE AERÓSTATOS DIRIGIBLES EN ALEMANIA. En estos últimos años han vuelto á despertar la atencion en Alemania las cuestiones relativas á la navegacion aérea, y entre los diversos proyectos á que han dado origen los estudios emprendidos para la direccion de los aeróstatos, indicaremos, siquiera sea muy someramente, por los principios en que se funda, el debido al capitán Gœde.

Considerando éste que son equivocados los métodos seguidos por los inventores que le precedieron, en cuanto á la debilidad y malas condiciones de los motores elegidos, y atendiendo á que la hélice no puede producir, en su concepto, la fuerza de propulsion necesaria, se propone sustituir aquélla con varios pares de ruedas que, obrando simultáneamente, cumplirían acaso mejor el objeto. Al mismo tiempo espera obtener mejores resultados empleando como fuerza motriz una máquina de gas y aplicando la fuerza directamente sobre el mismo aeróstato, en lugar de ejercerla en la barquilla.

Opina tambien que, dada la enorme resistencia que el viento opondrá siempre al movimiento de un aparato de grandes dimensiones, es preciso renunciar á una lucha imposible y utilizar por consiguiente las corrientes atmosféricas, adoptando las disposiciones convenientes para poder subir y bajar alternativamente con el expresado objeto.

A este fin propone el empleo de dos receptáculos de aire caliente y otro de gas hidrógeno, unido á la barquilla por medio de la red, y de un bastidor de ligeras barras de hierro articuladas. Los dos primeros receptáculos se

llenan con un ventilador movido por una máquina de gas, sistema Lenoir, y la corriente de aire se calienta á su paso por una caja ó depósito que encierra varios tubos, en la que se inflama el gas por medio de un hilo de platino enrojecido mediante una corriente eléctrica. El juego combinado de estos diversos órganos permite que el globo suba ó baje á voluntad, y se lo dirige con un timon que se maneja desde la barquilla.

El aeróstato dirigible con ruedas consiste en un gran receptáculo de hidrógeno, de forma de cigarro, que tendría 70 metros de longitud y 14 de diámetro en una extensión de 40 metros. Estaría dividido en compartimentos por tabiques transversales de 10 en 10 metros, para prevenir los accidentes que pudieran ocurrir á consecuencia de una ruptura grave, que ocasionaría rápidamente una gran pérdida de gas. Suspendida la barquilla por medio de bastidores de hierro, lleva una máquina de gas, sistema Laugen-Otto, que por el intermedio de correas pone en movimiento varios pares de ruedas, cuyas paletas consisten en unas celosías ó enrejados de junco cubiertos de tela, y dispuestas de tal modo que todas obren eficazmente para empujar el globo en el mismo sentido, sin que los efectos de una sean entorpecidos ó embarazados por los remolinos que produzcan las otras. El timon se reduciría, como siempre, á una vela triangular fija en la parte posterior del bastidor.

El capitán Gœde estima aproximadamente el peso total del aparato en 8050 kilogramos, manifestando que sólo la experiencia permitirá determinar las dimensiones de las paletas, el diámetro de las ruedas y la distancia á que deban colocarse unas de otras, así como la velocidad del aeróstato, la facilidad de su transporte y todas aquellas condiciones que es preciso realmente tener en cuenta para poder decidir con acierto de la utilidad y eficacia de su proyecto.

Como se desprende de lo dicho, no establece en realidad ningun principio nuevo, y todo se reduce á combinar de una manera más ó menos ingeniosa medios ensayados ya, pero que no tienen en su abono ningun resultado práctico satisfactorio, por cuya razon, y por tratarse de un proyecto puramente especulativo, nos permitimos dudar que las pruebas correspondiesen á las esperanzas del autor.

No parece tampoco muy fundado el juicio que á éste merecen la hélice y las máquinas motrices empleadas en otras ocasiones, puesto que los resultados obtenidos en los experimentos anteriores de Mr. Giffard y Mr. Dupuy de Lome autorizan á creer que con hélices de buenas dimensiones, en relación con el volumen de los aerostatos que habían de impeler, y movidas con la velocidad suficiente, se hubieran conseguido resultados más concluyentes. Ciento es que el motor humano será siempre débil para este objeto, pero no puede decirse lo mismo de la máquina de vapor, y respecto á los peligros que pudiera ofrecer no parecen en verdad muy superiores á los que presenta la combinación de los globos de gas hidrógeno y de aire caliente. La idea de aplicar directamente al aeróstato el aparato locomotor en lugar de conservarlo en la barquilla, tiene su explicación en que estando ésta suspendida por cuerdas parece que ha de ejercer su acción como si llevara aquél á remolque, y que por consiguiente hará tomar una posición oblicua á todo el sistema; pero está ya probado experimentalmente que las cuerdas de suspensión adquieran siempre una tensión suficiente para que el globo obedezca sin pérdida al esfuerzo producido en la barquilla, y que aun para velocidades muy grandes de traslación no se producen más que muy pequeñas inclinaciones.

De todas maneras, esta idea la había emitido ya en el año 1865 el ilustrado teniente coronel de artillería de nuestro ejército D. Manuel Rivera, indicando que la fuerza motriz debería ejercerse sobre el eje principal del aeróstato, habiendo dado conocimiento de ella á la sociedad francesa de navegación aérea con motivo del concurso celebrado en 1876.

El mismo principio admitió en Francia la comisión militar encargada del estudio de los aerostatos, pues segun el entendido coronel de ingenieros Mr. Laussedat, en lugar de colocar la hélice en la barquilla, á gran distancia del punto de aplicación de la resistencia del aire, se ha construido un globo, en el que la hélice podía funcionar en el centro, disponiendo al efecto un tubo en el sentido del eje mayor por medio de cierto número de tabiques radiantes fijos al tubo dicho y á la envoltura del globo. Los ensayos verificados han demostrado al parecer la exactitud de las previsiones del autor del proyecto, por más que, como veremos, no prevalecieran en los últimos experimentos.

Esto no obstante, debemos anticipar que precisamente uno de los progresos obtenidos por Renard y Krebs consiste en haber acercado mucho más que lo estaba en los anteriores el aeróstato y la barquilla, en la que va instalado el mecanismo motor, á fin de atenuar todo lo posible la causa que da origen al par entre la resultante de la resistencia del aire y la fuerza de la hélice motriz, y ahora se dice que el ingeniero Runge ha obtenido privilegio para un aeróstato dirigible de su invencion, que al parecer alcanzará una velocidad de 36 kilómetros por hora, y en el que todo el mecanismo se trasporta sobre el globo mismo.

De este modo la hélice obrará exactamente en donde está concentrada la fuerza de resistencia producida por el movimiento del aeróstato, resultado que el inventor se propone conseguir mediante una ligera armazón de cañas de bambú y delgados alambres de acero, dividida en varios compartimentos, en los que irán el motor, el combustible y la barquilla, que afectando la misma forma que el aeróstato, se adapta perfectamente dentro de la mitad inferior de éste y estará suspendida por una red que envuelva la superficie superior.

En fin, á principios del año 1882 se han verificado en Charlothemburgo pruebas interesantes, que llamaron mucho la atencion, con un aeróstato dirigible de Mrs. Baumgarten y Wolfert, á presencia de numerosos oficiales del ejército aleman. El aparato tenía la forma de un elipsóide, siendo la longitud de su eje mayor de 17^m,50 y su capacidad de 330 metros cúbicos. Se diferenciaba esencialmente de todos los que hemos examinado en que despues de henchido el globo con hidrógeno, su fuerza ascensional era sólo de un kilogramo próximamente, y por consiguiente era necesario que conservase siempre la misma cantidad de gas.

El propulsor era doble y constaba de una hélice de eje vertical, destinada á subir ó bajar sin pérdidas de gas ni de lastre, y de otra horizontal, que por su accion debía imprimir el movimiento de traslacion al aeróstato. El motor empleado poseía una fuerza de cuatro caballos, con un peso relativamente muy pequeño.

La suspension de la barquilla se efectuaba por medio de varillas rígidas, evitando de este modo los inconvenientes que oportunamente hemos señalas-

do en los descensos cuando esta union se verifica por medio de cuerdas, porque así se consigue que el globo y la barquilla formen un conjunto que no puede aligerarse momentáneamente al tocar ésta en el suelo.

Los primeros experimentos, favorecidos por la perfecta tranquilidad de la atmósfera, han sido satisfactorios, al decir de los periódicos; pero no sucedió lo mismo en los que tuvieron lugar en público algunos días después, á consecuencia de un accidente imprevisto que fué causa de que se rompiera la envoltura y de que el mecanismo propulsor experimentase algunas averías. No tenemos noticia de que se hayan verificado los nuevos ensayos que entonces se anunciaron, ni podemos añadir nada tampoco respecto á la eficacia y disposiciones de este nuevo proyecto.

ENSAYOS DE NAVEGACION AÉREA EN RUSIA. En el mismo año en que tuvieron lugar en Alemania los experimentos referidos, se verificaron otros en Rusia con un aparato debido al profesor Baranovski, que presentaba ciertas analogías con el empleado en aquéllos.

El del inventor ruso se asemeja en su aspecto exterior á una ave gigantesca y consiste en un cilindro terminado en punta en sus dos extremos, con dos grandes alas y dos ruedas en los costados, además de otra de éstas que lleva en su parte posterior, asemejándose todas á las de los molinos de viento. En su interior se reserva el espacio necesario para instalar una máquina de vapor y para que dos hombres puedan atender cómodamente á su manejo. Esta cavidad estaba en comunicación con uno de los extremos del cilindro, preparado de modo conveniente para la entrada del aire necesario á la respiración de los tripulantes y á la combustión del hogar de la máquina dicha. En la extremidad opuesta iba el timón, que tenía la forma de un remo grande.

Este mecanismo no puede elevarse en el aire hasta después de haber corrido por el suelo durante algún tiempo, y con este objeto está provisto de unas ruedecillas á propósito.

Mediante el juego de sus diferentes partes se consigue que las dos alas, golpeando vigorosamente el aire, produzcan un movimiento ascensional del sistema, y la rotación rápida de las ruedas determina el movimiento de traslación.

Parece que las pruebas que se llevaron á cabo con un pequeño modelo han sido aceptables; pero aun así nada podría aventurarse realmente para el porvenir, en tanto no se repitan con un aparato de grandes dimensiones.

AERÓSTATO ELÉCTRICO DE LOS HERMANOS TISSANDIER. Los notables progresos realizados en las aplicaciones de la electricidad hicieron concebir á los hermanos Tissandier la idea de aplicar una máquina dinamo-eléctrica á la dirección de los aeróstatos, utilizando la gran suma de energía que bajo un peso relativamente pequeño almacenan los pares secundarios de Mr. Planté.

Construyeron al efecto, por vía de ensayo, un pequeño globo de 3^m,50 de longitud y 1^m,30 de diámetro en el medio, análogo en su forma al de Mr. Dupuy de Lome, provisto de una pequeña máquina dinamo-eléctrica Siemens, que pesaba 220 gramos y movía una hélice de dos paletas de 0^m,40 de diámetro, instalada en la parte posterior del aeróstato, con un par secundario de Mr. Planté que pesaba 1,300 kilogramos. Este curioso aparato, cuya máquina había sido cuidadosamente construida por Mr. Trowé, funcionó regularmente durante la exposición de electricidad en París, demostrando que en las condiciones expresadas la hélice daba unas $16\frac{1}{2}$ vueltas por minuto, y actuando como propulsor imprimía al aeróstato, en un aire perfectamente tranquilo y durante unos 40 minutos, una velocidad de un metro por segundo.

Después de varias pruebas para medir el trabajo desarrollado por el motor, aumentando y disminuyendo las velocidades, se convencieron de que podrían construir motores dinamo-eléctricos de varios caballos de fuerza, sin que excediera su peso del que podría elevar fácilmente un globo de las dimensiones de los ya ensayados por Giffard y Dupuy de Lome, y al que podría imprimirse una velocidad considerable. Emprendieron, pues, la construcción de un aeróstato de gran tamaño, seducidos por las indudables ventajas que en su concepto ofrece sobre todos los otros un motor eléctrico de suficiente energía, en cuanto funciona sin hogar, y por consiguiente sin el peligro de las máquinas de vapor, ofrece un peso constante, puesto que nada pierde durante su acción, y se pone en marcha con suma facilidad y sencillez por medio de un conmutador.

El aeróstato, de forma idéntica á la de los ya citados, tenía 28 metros de longitud, 9^m,20 de diámetro en el medio y un volúmen de 1060 metros cúbicos.

bicos, habiendo aplicado un nuevo barniz especial y de muy buenos resultados para obtener la impermeabilidad del tejido empleado en su construcción (lám. 2, fig. 18).

En su parte inferior va provisto de un apéndice de forma cónica, terminado por una válvula automática, que consiste en un pequeño círculo de hierro galvanizado, cubierto por una membrana de tripa de buey y sostenida por resortes de cauchú que la mantienen contra la abertura inferior del aeróstato y la permiten abrirse bajo la presión del gas.

La red de suspensión de la barquilla se ha sustituido con una serie de cintas cosidas á los husos de la envoltura, en la posición que definitivamente han de ocupar; de modo que se aplican perfectamente sobre la tela cuando está lleno el globo, sin formar resalto alguno, á diferencia de lo que sucedería con las mallas de una red ordinaria. El conjunto constituye una especie de cubierta, que se asegura en los costados, á lo largo del ecuador, á dos largas varas de bambú, que por su flexibilidad se adaptan á la forma de la sección longitudinal del globo. De las varas dichas parten las patas de ganso, formadas por las cuerdas que salen de los extremos de cada una de las cintas, terminando en veinte cabos que se amarran de cinco en cinco por uno y otro costado del globo á los cuatro ángulos superiores de la barquilla.

Esta tiene la forma de una caja de 1^m,90 de longitud y 1^m,45 de anchura, construida con cañas de bambú unidas con cuerdas de cáñamo y de alambre de cobre cubiertas de gutapercha. El fondo está formado por un tejido de mimbres apoyado en unos travesaños de nogal, entrelazados con las cuerdas de suspensión, que se han cubierto con un forro de cauchú para preservarlas del contacto del ácido de las pilas instaladas en la barquilla.

Las cuerdas de suspensión están reunidas entre sí horizontalmente por una corona de cable situada á 2 metros por encima de la barquilla, á fin de que se reparta el peso con igualdad entre todas ellas al efectuar los descensos y de que sirva á la vez para atar el *guide-rope* y el cabo del ancla.

El timón consiste en una gran vela triangular de seda, sin barnizar, adaptada en la parte posterior del aeróstato y sostenida por una caña de bambú horizontal.

El aparato motor se componía de un propulsor de dos paletas helizoidales,

de 2^m,85 de diámetro, cuidadosamente construido, y cuyo peso no llegaba á 7 kilogramos. Era movido por una máquina Siemens de unos 55 kilogramos de peso, que trasmisíá el movimiento á la hélice mediante un engranaje en la relación de $\frac{1}{10}$, de modo que á las 1200 vueltas de la bobina por minuto correspondían 120 de la hélice.

Con la velocidad de 1200 á 1400 vueltas, y por medio de 20 acumuladores Faure en tensión, se ha podido obtener un trabajo efectivo de 75 kilómetros, ó sea un caballo de vapor; pero forzando la velocidad y aumentando el número de los acumuladores el trabajo llegaba á 100 kilómetros.

Las pilas fueron tambien objeto de estudios y de ensayos preliminares para decidir las que con mayor energía y menor peso fuesen más á propósito para el objeto, adoptando al fin una de bicromato de potasa, que se componía de cuatro baterías. Cada una de éstas estaba formada por una artesa de ebonita dividida en seis compartimentos, en cada uno de los cuales había once carbones delgados y diez hojas de zinc perfectamente amalgamadas, del espesor de 0^m,0015, estrictamente preciso para que funcionara regularmente durante tres horas. Estaban colocados alternativamente con los carbones, unos al lado de los otros, y suspendidos de una varilla por medio de piezas que permitiesen reemplazarlos fácilmente. Con el objeto de producir ó detener á voluntad el trabajo de las pilas, todos los compartimentos dichos se comunicaban en su parte inferior por medio de pequeños tubos con otro grande de cauchú, que partía de una vasija, en la que se encontraba la disolución de bicromato de potasa, y que por medio de una cuerda y de una polea podía ocupar una posición más alta ó más baja que la pila. Cuando estaba más alta se vaciaba llenándose los compartimentos mencionados, haciendo funcionar á la pila, y por el contrario, cuando estaba más baja, la pila quedaba vacía y sin acción alguna.

A cada una de las cuatro baterías correspondían 30 litros de la disolución de bicromato de potasa, muy concentrada y muy ácida y á la temperatura de 40 grados, para aumentar la cantidad de sal disuelta en beneficio de la energía; de modo que con los veinticuatro elementos en tensión el trabajo del motor era de 100 kilómetros, sin que el peso de las pilas cargadas excediera de unos 180 kilogramos.

El peso de las vasijas vacías era sólo de 3 kilogramos cada una, é iban cubiertas con una hoja de cautchú para evitar que se derramase el líquido.

Por medio de un conmutador de mercurio podía emplearse á voluntad el número de baterías que se quisiera, obteniendo así cuatro velocidades diferentes de la hélice.

La disposicion de todos estos objetos en la barquilla obedecía á la idea de que ocupasen el menor espacio posible, dejando el necesario para las maniobras. Al efecto, dos de las baterías estaban colocadas á continuacion una de otra á 0^m,35 por encima del fondo y las otras dos á 0^m,15 encima de aquéllas sobre unos travesaños de madera. Las vasijas de alimentacion correspondientes descansaban tambien sobre el fondo de la barquilla, en condiciones de surtir de líquido aisladamente y con facilidad á cada una de las baterías. Y por ultimo, además de los sacos de lastre y los aparatos para el descenso, llevaban en un pequeño cesto de mimbre los útiles necesarios para desmontar la pila ó hacer las reparaciones necesarias en caso de accidente.

La préparacion del gas hidrógeno se efectuó por la descomposicion del agua mediante el hierro y el ácido sulfúrico, empleando al efecto un gran aparato de construccion económica y que podía producir 300 metros cúbicos por hora.

El gas obtenido tenía una fuerza ascensional de 1180 gramos por metro cúbico, y siendo de 1060 metros cúbicos el volúmen del globo y de 1240 kilogramos el peso total del aparato, resultaba con una fuerza ascensional de 1250 kilogramos, contando con disponer de 10 kilogramos de exceso de fuerza.

El primer ensayo se verificó el día 8 de octubre de 1883, estando la atmósfera casi completamente tranquila en la superficie de la tierra, pero con una velocidad de 3 metros por segundo, segun ha podido apreciarse por el movimiento de traslacion del aeróstato á la altura de 500 metros.

Uno de los hermanos Tissandier se ocupaba en conservar el globo á una altura constante y no muy elevada, habiendo conseguido, en efecto, que flotara con bastante regularidad entre 400 y 500 metros, mientras que el otro atendía á las maniobras de la máquina eléctrica y á las observaciones consiguientes.

El globo se conservó perfectamente lleno durante el experimento, funcionando de una manera muy regular la válvula automática inferior, que se abría bajo la presión del gas y dejaba escapar el exceso debido á la dilatación. El sistema de suspensión de la barquilla aseguraba una gran estabilidad.

Pocos momentos después de la partida se hicieron funcionar las pilas, poniendo en acción sucesivamente, por medio del conmutador, varios elementos con velocidades de 60 á 180 vueltas por minuto, y se demostró que con doce elementos en tensión la velocidad era insuficiente, pero que cuando actuaban los veinticuatro era ya mucho más favorable y se conseguía el movimiento horizontal del aeróstato.

Haciendo frente al viento permanecía inmóvil durante algunos instantes; pero inmediatamente empezaba á girar, sin que fuere posible dominar este movimiento, que se producía todavía con más intensidad cuando se intentaba marchar perpendicularmente á la dirección de la corriente, á causa de que entonces el timón se hinchaba como una vela.

En cambio, á la par que se aceleraba mucho la velocidad cuando se marchaba en el mismo sentido del viento, se obtenían fácilmente desviaciones laterales bajo la influencia del timón.

La bajada se verificó con éxito completo, y quedó demostrado que la electricidad proporciona un motor de los más favorables, y cuyo manejo en la barquilla es de una facilidad incomparable.

Este primer experimento fué considerado como un ensayo preliminar, y teniendo en cuenta que llevaban un gran exceso de lastre, y que por consiguiente hubieran podido emplear un motor más energético, los hermanos Tissandier emprendieron la tarea de modificar algunas partes del material, y especialmente el timón, que tiene grandísima importancia y que fué necesario construir de nuevo bajo otras bases.

En la nueva disposición adoptada está dividido en dos partes, de las cuales la mitad próximamente de su superficie se conserva rígida y forma como una especie de quilla del buque aéreo, mientras que la otra mitad, que constituye el timón propiamente dicho y que es continuación de la anterior, puede girar á derecha e izquierda. Se ha confeccionado con un tejido de percalina, y va colocado en la parte posterior extrema del aeróstato, sobresaliendo sen-

cillamente de la punta de éste, como se indica en la figura, con las líneas de puntos. En estas condiciones ejerce una influencia inmediata y eficaz en la marcha cuando la hélice se mueve, determinando las desviaciones de todo el aparato correspondientes á los movimientos de su parte móvil.

Otra de las modificaciones para conseguir mayor energía en el motor fué la de dar mayores dimensiones á las planchas de zinc de la pila, empleando á la vez una disolucion de bicromato de potasa más caliente, mas ácida y más concentrada. Así obtuvieron la fuerza de caballo y medio de vapor con una rotacion de la hélice de 190 vueltas por minuto.

El 26 de setiembre de 1884, dos meses despues del experimento del aeróstato dirigible de la comision militar francesa, de que nos ocuparemos á continuacion, se repitió el ensayo del año anterior, con un viento de una velocidad de 3 metros por segundo.

En esta segunda prueba el aeróstato tenía una velocidad de 4 metros por segundo próximamente, es decir, un poco superior á la del viento reinante, y no sólo se ha demostrado de nuevo su perfecta estabilidad, sino tambien que obedecía al timon con la mayor sensibilidad. Se pudieron ejecutar varias evoluciones y hasta fué posible varias veces remontar de frente la corriente aérea, por más que cuando se hubo calmado el viento marchó mejor y fueron más regulares todas las maniobras.

Del resultado de estas experiencias se dedujo que si un globo de 900 metros cúbicos de capacidad puede elevar un motor eléctrico bastante á producir un trabajo de 75 á 100 kilográmetros durante tres horas, imprimiendo al aeróstato, en un aire en calma, una velocidad propia de 4 metros por segundo, ó sea de 15 kilómetros por hora en números redondos, con uno más voluminoso que pudiera elevar una máquina de seis á ocho caballos de vapor, el éxito hubiera sido mucho más favorable, dado que la resistencia del aire sería menor en la misma relacion en que disminuiría proporcionalmente la superficie respecto al volúmen, como lo demostraron las experiencias que vamos á describir, realizadas por los ingenieros militares franceses.

AERÓSTATO ELÉCTRICO DIRIGIBLE DE MRS. RENARD Y KREBS. Severamente aleccionados los franceses por las duras lecciones que tuvo para ellos su última guerra en Europa, y alentados en sus vastos proyectos de reorganización

militar por la esperanza de una revancha más ó menos próxima, procuran allegarse todos los elementos que en su día puedan contribuir al logro de aquella ardiente aspiracion de su patriotismo exaltado por la desgracia.

Era natural, por consiguiente, que despues del sitio de París y de los servicios que en él desempeñaron los globos aerostáticos, no echaran en olvido el partido que de ellos se puede sacar, y que recordando épocas más gloriosas de su historia militar, en las que tambien tuvieron importante influencia las máquinas aéreas, no desatendieran su estudio y el de todas las cuestiones que naturalmente se relacionan con las aplicaciones que pueden tener en la guerra.

*Confiaron, pues, este asunto al cuerpo de ingenieros de su ejército, en el que se nombró una comision de comunicaciones por vía aérea bajo la dirección del distinguido coronel Laussedat, en la que sobresalieron por sus trabajos y por los progresos y perfeccionamientos que consiguieron realizar los capitanes Mrs. Delambre, Renard y Krebs.

Provistos de los recursos y de los elementos necesarios para consagrarse con fruto á estos estudios especiales, débense á los dos últimos especialmente los ensayos de un globo dirigible de su invencion, en los que consiguieron resultados mucho más satisfactorios y concluyentes que los obtenidos en cuantos se habían verificado hasta entonces, siguiendo, segun ellos mismos confiesan, el camino que les trazaron Mr. Dupuy de Lome en sus cálculos y Mr. Tissandier en sus aplicaciones eléctricas, consiguiendo imprimir un nuevo progreso al arte de la navegacion aérea, que ya no deja lugar á dudas respecto al porvenir y lleva el convencimiento al ánimo de los más desconfiados.

Propusieronse desde luego la realizacion práctica de las condiciones siguientes:

- 1.^a Obtener la indispensable estabilidad en la marcha, mediante una forma adecuada del aeróstato y la disposicion del timon.
- 2.^a Disminuir todo lo posible la resistencia al movimiento, por la elección de las dimensiones más convenientes al efecto.
- 3.^a Aproximar los centros de traccion y de resistencia, para disminuir el momento perturvador de estabilidad vertical.

4.^a Conseguir una velocidad suficiente para resistir á los vientos reinantes más comunes.

El aeróstato (lám. 2, fig. 19) es un sólido de revolucion, geométricamente definido, que tiene la forma de cigarro, con un diámetro en la parte anterior mayor que el de la parte posterior, siendo aquél de 8^m,40, de 50^m,42 su longitud y de 1864 metros cúbicos su volúmen. En su interior lleva un pequeño globo, análogo al de Mr. Dupuy de Lome, y está provisto en su parte inferior de dos tubos que bajan hasta la barquilla, de los cuales el uno está destinado á llenar de aire el globo interior dicho por medio de un ventilador, y el otro sirve probablemente para procurar salida al exceso de gas debido á las dilataciones. Análogamente al de aquel sabio ingeniero, se ha sustituido en éste la red ordinaria de suspension de la barquilla por una funda ó cubierta que, adaptándose perfectamente á su superficie, le envuelve por todas partes, excepto por la inferior.

La barquilla tiene unos 33 metros de longitud y 2 metros de altura próximamente, y está formada por cuatro perchas de bambú, unidas por travesaños. Hacia el medio de sus costados existen tres pequeñas ventanas para que los aeronautas puedan descubrir el horizonte y ver la tierra. Va cubierta con una tela de seda tendida sobre sus paredes para disminuir la resistencia del aire, resultando de una gran ligereza y hasta de un aspecto elegante.

Está suspendida por una serie de cuerdas, unidas á su vez hacia el medio por otra longitudinal que da rigidez al sistema.

El timon, colocado en la popa de la barquilla, es próximamente rectangular, y sus dos caras ó superficies laterales afectan la forma de pirámides cuadrangulares de muy poca altura, formadas por unos ligeros bastidores de madera cubiertos de seda perfectamente tendida. Se hace girar por medio de dos cuerdas que parten de su extremo exterior y se reunen en la barquilla.

La hélice consta de dos paletas y tiene unos 7 metros de diámetro. Su construcción se reduce á dos varillas, unidas entre sí por latas encorvadas y cubiertas de seda barnizada. Va instalada en la parte anterior de la barquilla, y la pone en movimiento una máquina dinamo-eléctrica, cuyo generador es una pila que conservan en secreto, pero que segun parece está dividida en cuatro baterías ó secciones que pueden agruparse á voluntad de tres maneras.

diferentes en superficie ó en tension, y cuyo peso por caballo-hora es sólo de 19,350 kilogramos.

Para evaluar el trabajo que debería desarrollar la máquina al imprimir al aeróstato una velocidad determinada, se han admitido por una parte los datos establecidos y sensiblemente comprobados por Mr. Dupuy de Lome, aplicando por otra la fórmula que se sigue en las construcciones navales para pasar de un buque conocido á otro de formas muy poco diferentes, partiendo del principio de que los trabajos desarrollados están en la relación de las densidades de los dos fluidos.

De este modo se ha concluido que para obtener una velocidad de 809 metros por segundo era necesario un trabajo útil de tracción de 5 caballos de 75 kilográmetros, y teniendo en cuenta las resistencias todas, se ha construido una máquina que pudiera desarrollar un esfuerzo de 8,50 caballos sobre el árbol que transmite su movimiento al de la hélice por medio de un piñón que engrana en una rueda grande.

En fin, ya que por el secreto que la comision militar francesa observa en todo lo que se refiere á sus trabajos, ni podemos garantizar en absoluto estas noticias ni ampliarlas con más minuciosos detalles, advertiremos que la fuerza ascensional total del globo fué de unos 2000 kilogramos próximamente, llevando más de 200 kilogramos de lastre en las experiencias que se han verificado.

Ahora lo que se puede afirmar es que la comision dicha ha extendido sus cálculos y sus estudios á todos los elementos que se relacionan con el problema y á todas aquellas partes que pudieran asegurarles el éxito, sin olvidar ninguno de los detalles de la construcción del globo, la disposición particular de la funda de suspensión y el modo de efectuar ésta en las mejores condiciones, el sistema de construcción de la hélice y del timón, la determinación del volumen del globo interior en relación con la estabilidad longitudinal del aeróstato, y por último, la construcción de una pila nueva de una potencia y de una ligereza excepcionales, que constituye una de las partes esenciales del sistema, así como el estudio del motor eléctrico, calculado por un método nuevo, basado en experiencias preliminares que permiten determinar todos sus elementos para una fuerza dada, y que merced á disposiciones especiales

reune grandes condiciones de ligereza. Llegado el momento de las pruebas, despues de dos ensayos preliminares en que conservando el aeróstato equilibrado y á unos 50 metros de altura se pudo apreciar el modo de funcionar del aparato, se elevaron por primera vez los capitanes Renard y Krebs en la tarde del 9 de agosto de 1884, con un tiempo casi en calma y con una fuerza ascensional muy moderada.

Luego que el globo hubo alcanzado una altura un poco superior á la de unas mesetas inmediatas, se puso la máquina en movimiento y se observó la marcha, recorriendo una distancia de unos 4 kilómetros y decidiendo entonces regresar al punto de partida. Al efecto se hizo girar al globo, que obedecía perfectamente á las menores indicaciones del timón, y una vez que hubo llegado á la altura del punto dicho efectuó un nuevo cambio de dirección, y previas algunas maniobras de la máquina hacia adelante y hacia atrás, á que obligaba el pequeño espacio, rodeado de árboles por todas partes, en que había de efectuar el descenso, acabó por colocarse precisamente sobre el punto indicado y largar una cuerda que sirvió para atraerle á la misma posición de donde había salido.

La resistencia al movimiento se calculó aproximadamente en 22,800 kilogramos, desarrollando un trabajo de tracción de 123 kilográmetros con 32 elementos y consiguiendo una velocidad propia de 5^m,50, con la que recorrió un trayecto de 7,60 kilómetros, medidos en tierra, en 23 minutos de tiempo, y sin otras perturbaciones que algunas oscilaciones ó cabeceos, que se atribuyeron á irregularidades de forma ó á corrientes de aire locales en el sentido vertical.

Es más que probable, sin embargo, que las oscilaciones dichas, que al parecer eran bastante sensibles, fuesen debidas principalmente á la forma demasiado alargada del aeróstato, puesto que tiene una longitud de 6 diámetros, cuando, segun los cálculos de Mr. Dupuy de Lome, no conviene que en ningun caso exceda de 3 $\frac{1}{2}$.

Emprendida una nueva experiencia el 12 de setiembre, despues de haber lanzado un pequeño globo de ensayo, con un viento cuya velocidad ha podido apreciarse aproximadamente en 5 ó 6 metros por segundo, ó sea la misma que podía alcanzar el aeróstato; éste se vió arrastrado en un principio por

aquella; pero pronto se le hizo girar bajo la influencia del timón, y acelerando un poco el movimiento de la hélice hasta unas 40 vueltas por minuto y puesta la proa al viento, pudo resistirlo, permaneciendo inmóvil durante algunos minutos, tomando después una dirección oblicua para acercarse á su punto de partida, lo que acaso hubiera conseguido sin un accidente que experimentó la máquina y la impidió continuar funcionando, después de una lucha de diez minutos.

Entonces fué ya de nuevo arrastrado por el viento, y después de recorrer unos 5 kilómetros descendió satisfactoriamente detrás de una colina, regresando á los talleres remolcado por 50 hombres que marcharon sin dificultad á través de los campos.

Por último, el 8 de noviembre siguiente tuvo lugar la tercera experiencia con un viento de una velocidad de 8 kilómetros por hora, y después de haberse elevado á la altura conveniente y de abandonar el aeróstato á la corriente aérea para medir su intensidad, se le hizo describir un semicírculo, regresando hacia el punto de partida, en donde bajó á los 45 minutos de viaje.

Durante esta nueva prueba se consiguió una velocidad de 6^m,50 por segundo, ó sea de 23,50 kilómetros por hora, superior á la de los ensayos anteriores, con una potencia efectiva de 5 caballos y 50 vueltas de hélice por minuto. Ha podido, pues, dirigirse en todos sentidos en la atmósfera con una velocidad de $23,50 + 8 = 31,50$ kilómetros por hora cuando funcionaba en el sentido de la corriente, y de $23,50 - 8 = 15,50$ cuando, por el contrario, remontaba la corriente aérea.

Estos resultados fueron confirmados en una nueva ascension verificada el mismo día, pocos momentos después de la anterior, habiendo ejecutado con gran facilidad y sencillez varias evoluciones durante los 30 minutos que permaneció en el aire, y efectuando, como siempre, con éxito completo la maniobra del descenso.

Los cuatro experimentos que acabamos de referir corresponden al año 1884, pues en el siguiente se efectuaron otros tres, cuyos resultados sirvieron de confirmacion á los que ya se habian obtenido.

El primero de éstos tuvo lugar á las cuatro de la tarde del 25 de agosto, empleando una nueva batería eléctrica después de haber modificado algunas

partes del aeróstato y de haber mejorado el timón, y especialmente la barquilla, dotándola al parecer de un sistema de contrapesos, mediante los que puede volver la proa hacia arriba ó abajo, según se trate de subir ó descender.

Aunque el viento era bastante fuerte, dícese que el aeróstato pudo efectuar numerosos cambios de dirección durante su viaje y bajar en el punto previamente designado, en Villacoublay.

Las otras dos pruebas se verificaron en la tarde del 22 de setiembre, y en ellas se ha visto el aeróstato dirigirse hacia París, luchando contra el viento, y volver desde Billancourt al punto de salida, en el que descendieron los aeronautas después de hacer una maniobra sencillísima y de echar una cuerda á los soldados de ingenieros que los esperaban.

A continuación se indican los resultados conseguidos en las siete ascensiones verificadas en 1884 y 1885:

Número de ascensiones.	FECHA.	Número de vueltas de la hélice por minuto.	Velocidad del aeróstato en metros por segundo.	OBSERVACIONES.
1	9 de agosto.	42	4,58	El aeróstato regresó á Chalais.
2	12 de setiembre.	50	5,45	Por avería en la máquina descendió en Vélezizy.
3	8 de noviembre.	55	6,00	Regresó á Chalais.
4	8 de noviembre.	35	3,82	Regresó á Chalais,
5	25 de agosto.	55	6,00	Descendió en Villacoublay por ser la velocidad del viento superior á la del aeróstato.
6	22 de setiembre.	55	6,00	Regresó á Chalais.
7	22 de setiembre.	57	6,22	Idem.

Es de advertir que siempre fué perfecta la estabilidad del sistema y la barquilla permaneció absolutamente horizontal, sin que haya dejado nada que desechar la marcha regular de la máquina; de modo que se han considerado estos ensayos como decisivos, dando por resuelto el problema de la dirección de los aeróstatos, siquiera no pueda considerarse todavía como realmente práctica en su actual estado la navegación aérea.

Y ahora, para completar en lo posible las noticias que nos ha sido dado

adquirir acerca del repetido aeróstato, insertamos á continuacion el informe presentado por el capitán Renard á la academia de ciencias sobre las experiencias ejecutadas en 1885, leída en la sesion del 23 de noviembre é inserta en el número de las *Actas* del 7 de diciembre del mismo año.

Dice así:

«Hemos dado á conocer en el último año los resultados obtenidos con el globo dirigible construido en los talleres militares de Chalais.

»En 1884 se efectuaron cuatro ascensiones: una el 9 de agosto, otra el 12 de setiembre, que no dió resultado á causa de una avería de la máquina, y dos el 8 de noviembre, que tuvieron éxito satisfactorio. De cuatro veces, tres el aeróstato ha regresado á su punto de partida.

»No pudiendo llevar el aeróstato en 1884 más que dos aeronautas, había sido imposible obtener medidas precisas de su velocidad propia. Se trataba este año de llenar este vacío, y al efecto fué necesario modificar ciertas partes del globo.

»Desde luego fué preciso aligerarlo para ganar el peso de un aeronauta, lo que conseguí fácilmente modificando ciertos órganos (ventiladores, pilas, acumuladores, etc.)

»Habiendo dado lugar á varios accidentes la máquina motriz multipolar empleada el año último, la reemplacé con un motor de dos polos, cuya construcción se confió á Mr. Gramme. Nuestro eminente ingeniero electricista nos entregó un aparato excelente, muy fuerte, admirablemente equilibrado y de un peso sensiblemente igual al primero.

»Fué tambien necesario modificar la trasmision del movimiento. Para evitar la ruptura de los dientes de los engranajes, debidas á las deformaciones inevitables de la barquilla, suspendí todo el mecanismo de las ruedas dentadas al árbol mismo de la hélice, dejando unido el piñon á la máquina solamente por el intermedio de un manguito elástico, que permite alteraciones notables de aquél sin que cese de verificarse la trasmision.

»En fin, se tomaron minuciosas precauciones para asegurar el engrase continuo y el enfriamiento de los cojinetes del piñon, cuya velocidad podía llegar en un momento dado á 3600 vueltas por minuto.

»Todo el sistema se probó hasta el último extremo, habiendo adquirido

en estos ensayos entera confianza en la nueva disposicion. Con la velocidad de 3600 vueltas, que ha podido sostenerse indefinidamente, la fuerza motriz desarrollada sobre el árbol llegó á 9 caballos.

»Medido el empuje de la hélice, se encontró que estaba relacionado con la intensidad de la corriente por la fórmula

$$H = 0,753 \cdot C - 17,3.$$

(H empuje en kilogramos de la hélice y C corriente en amperes). Esta fórmula se verifica muy exactamente para valores de C que varíen de 0 á 108 amperes. Se ha podido demostrar que se aplica sensiblemente al caso en que el aeróstato, en lugar de estar inmóvil, obedece libremente al esfuerzo de la hélice.

»En fin, me he dedicado á mejorar la pila y he conseguido aligerarla modificando ligeramente la composicion del líquido de los elementos.

»El procedimiento para medir la velocidad del aeróstato con relación al aire ambiente es muy sencillo. Como la hélice va en la parte anterior del globo, no podía emplearse un anemómetro, porque daría indicaciones exageradas; pero nada se opone en cambio al empleo de un *loch* aéreo. Este se preparó del siguiente modo: un globo de película de buey, de 120 litros, se llenó de gas de modo que permaneciese exactamente en equilibrio en el aire atado á la extremidad de un hilo de seda de 100 metros de longitud arrollado á un carrete. Para emplearlo, el operador arrolla alrededor de un dedo la otra extremidad del hilo y suelta el globo, que se aleja horizontalmente hacia atrás, produciendo un esfuerzo sensible cuando llega al extremo de su curso. Apreciando con un cronómetro el tiempo transcurrido entre éste y el instante de la partida, se midió cuidadosamente la derivacion del *loch* y se encontró igual á $0^m,117$ por segundo. La velocidad v del aeróstato estará, pues, en relación con el tiempo t que tarde en desarrollarse el hilo, como indica la fórmula

$$v = \frac{100}{t} + 0^m,117.$$

(v expresado en metros y t en segundos).

Preparadas así las cosas, se aprovechó el primer día bueno para ensayar en el aire el nuevo mecanismo.... (Sigue la descripción de las siete exp-

riencias verificadas desde el 25 de agosto de 1884 hasta el 23 de setiembre de 1885).

»*Fórmulas del trabajo.* Las medidas de la velocidad que hemos ejecutado durante los dos últimos experimentos, nos permiten establecer sobre bases serias las fórmulas fundamentales que pueden servir para la evaluacion de la resistencia de los aerostatos análogos á la *France*, comprendiendo la red y la barquilla.

»Las resistencias medidas son mucho mayores de lo que habíamos creido fundados en experimentos muy incompletos, con los que habíamos tenido que contentarnos para nuestro proyecto.

»Si se designa por

R la resistencia en kilogramos del aire al movimiento longitudinal del aparato,

V la velocidad en metros por segundo,

θ el trabajo de traccion directa,

T el trabajo sobre el árbol de la hélice,

D el diámetro del aerostato,

se tendrá:

$$R = 0,01685 D^2 V^2 \quad [1]$$

$$\theta = 0,01685 D^2 V^3 \quad [2]$$

$$T = 0,0326 D^2 V^3 \quad [3]$$

»Si se trata, por ejemplo, de un aerostato de 10 metros de diámetro (3142³ próximamente), la fuerza motriz necesaria para imprimirle una velocidad propia de 10 metros por segundo, que sería suficiente para dirigirlo en la mayor parte de los casos, sería, segun la ecuacion [3]:

$$T = 0,0326 \times 10^2 \times 10^5 = 3260 \text{ kilogramos, ó sea } 43,5 \text{ caballos.}$$

Termina, en fin, resumiendo en la forma que ya hemos indicado los resultados obtenidos en las siete ascensiones dichas, en las que la velocidad ha variado de 3^m,82 á 6^m,22 por segundo, y el número de vueltas de la hélice de 35 á 57 por minuto, habiendo regresado cinco veces al punto de partida.

Hé aquí, por ultimo, el juicio que ha merecido á un distinguido aeronauta alguno de los experimentos que acabamos de describir:

«Para imprimir al globo una velocidad de 6 metros por segundo se nece-

sita la fuerza de 3 caballos, y por consiguiente un peso de pila de 60 kilogramos por hora. Fijando en 600 kilogramos el peso máximo de las pilas, el globo podría recorrer en una atmósfera tranquila 6 metros por segundo durante diez horas, es decir, 216 kilómetros. Para duplicar la velocidad sería necesaria una fuerza motriz ocho veces mayor y consumir en una hora de viaje la energía desarrollada por 480 kilogramos de pila. Tomando por base el límite de peso establecido, semejante velocidad (12 metros por segundo) no podría conservarse más que una hora y cuarto, recorriendo en total 54 kilómetros.

»De aquí que con las pilas empleadas en la experiencia del 9 de agosto no se podrían emprender largos viajes aéreos, sino algunos reconocimientos en caso de guerra, siempre que el aeróstato pueda: 1.^º, elevarse rápidamente á suficiente altura para huir de los proyectiles enemigos; 2.^º, mantenerse en equilibrio en una atmósfera medianamente agitada; condiciones ambas que no tuvieron lugar en la experiencia antedicha.»

En fin, como testimonio de los diversos y encontrados pareceres que se han emitido sobre este asunto con motivo de los referidos ensayos aeronáuticos, recordarémos que mientras el distinguido ingeniero Mr. Hervé-Mangon, encargado de presentar á la academia de ciencias la memoria del capitán Renard, á que nos hemos referido, lo hacía en términos tan expresivos y llevaba su entusiasmo hasta el punto de dar como completa y definitivamente resuelto el problema de la navegación aérea, el Dr. Lux declaraba erróneas las opiniones de aquél, asegurando que los experimentos se habían realizado en condiciones muy excepcionales y muy diferentes de las que se presentarán en casi todos los casos en que se hubiera de hacer aplicación útil de los aeróstatos.

«Las experiencias de Meudon, dice, han dado lugar á las observaciones siguientes:

»1.^º La marcha del aeróstato ha sido muy lenta y penosa, y muy penosa también la dirección.

»2.^º Estaba muy ligeramente cargado, y casi no parece posible que si la carga hubiera sido más considerable, la hélice de dos pequeñas alas que le hacía moverse pudiese ser suficiente para asegurar la marcha muy lenta que ha efectuado.

»3.^o Si se hubiese tratado de hacer un viaje de observaciones ó con otro objeto por encima de un cuerpo de ejército enemigo, la altura del aeróstato habría sido insuficiente, puesto que con ella no estaría fuera del alcance de los proyectiles lanzados por los fusiles actuales.

»4.^o En fin, una circunstancia no menos grave que todas las demás es la de que la atmósfera el 23 de setiembre de 1885 estaba tan en calma que apenas se repiten diez ó quince ejemplos semejantes durante el año en el clima de Paris y en general en la Europa del Norte....»

Mr. G. Tissandier decía, por su parte, que en virtud de los resultados conseguidos en las pruebas dichas, podía considerarse absolutamente demostrada la navegación aérea por medio de los aeróstatos alargados, y que para hacerla práctica y utilizable sólo se necesitaba construir buques aéreos muy alargados y de dimensiones muy grandes, que pudiesen elevar máquinas muy potentes para alcanzar velocidades de 12 á 15 metros por segundo y poder funcionar casi constantemente; al paso que Mr. Fonvielle no les concede apenas otra importancia que la de servir de demostración práctica á los ignorantes y á los escépticos que consideraban la dirección de los globos entre los problemas sin solución.

ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA. Verdaderamente, aún después de los resultados conocidos, no puede formarse un juicio rigorosamente exacto acerca de las condiciones actuales del problema de la navegación aérea por medio de globos aerostáticos, puesto que el haber conseguido imprimirlas direcciones determinadas fué debido indudablemente á que si el aeróstato no estaba desde luego en equilibrio con el medio ambiente, lo alcanzaba por lo menos con un pequeño esfuerzo de sus máquinas motrices, á todas luces insuficiente para luchar contra corrientes aéreas un poco violentas.

Cierto es que en teoría se sosténía por algunos la presunción de que ya todas las dificultades quedaban reducidas á cuestión de dimensiones y que una vez conocida la relación que debería existir entre el volumen del aeróstato propiamente dicho y la potencia necesaria de la máquina motriz, para obtener una velocidad dada, todo estribaría en hacer un globo suficientemente grande para elevar una máquina poderosa que le permitiese vencer las corrientes atmosféricas; pero aún admitida esta consecuencia, desde los no-

tables ensayos de Mr. Giffard y de Dr. Dupuy de Lome se ofrece la duda de si la realizacion práctica de este pensamiento no presentará dificultades insuperables y si áun despues de vencidas éstas no se romperá este siempre frágil aparato á impulsos de los enormes pesos de los esfuerzos considerables á que estaría sujeto.

En estos términos estaba planteado el problema despues de aquellos dos notables experimentos, afirmando algunos prácticos, por comparacion, que si el globo de Giffard se hubiese hinchido de hidrógeno en lugar de haberlo sido con gas del alumbrado, habría podido elevar una máquina de vapor mucho más poderosa, y que si Mr. Dupuy de Lome hubiese empleado el peso de los numerosos tripulantes de su aeróstato en arrastrar un motor como el de aquél, con la energía proporcional á su mayor peso, seguramente se hubieran podido obtener velocidades muy superiores á las registradas en ambas experiencias, y resultados bastante más satisfactorios y concluyentes.

Así lo fueron, en efecto, los alcanzados por Mrs. Tissandier, y muy especialmente por la comision militar francesa; pero los motores eléctricos empleados, tan ventajosos desde el punto de vista de su sencillez y de la facilidad de su manejo, así como porque no alteran el peso inicial del aeróstato, no poseen el grado de energía suficiente en las condiciones indicadas, y no son, por otra parte, susceptibles de funcionar más que durante un período de tiempo relativamente corto: circunstancias ambas que si no son obstáculo para nuevos y más decisivos ensayos, lo serán mientras subsistan para la práctica en grande escala de la navegacion aérea.

Por lo demás, si á continuacion de aquellos notables ensayos, en que se demostró la posibilidad de separar los aeróstatos de una manera muy marcada de la direccion que tiende á imprimirles el viento, permitiéndoles alcanzar todos los puntos comprendidos en el ángulo formado por la direccion dicha y la del aeróstato mismo, pudo considerarse resuelto el problema de la direccion, á lo menos en principio, con mayor razon pueden establecerse actualmente las dichas conclusiones despues de los últimos experimentos.

Se puede, en efecto, calcular con bastante exactitud la fuerza que es preciso desarrollar para imprimir una velocidad determinada á un globo de un volumen conocido, y por las relaciones que existen entre éste y la superficie,

en que aquél representa la potencia y ésta el obstáculo, ha podido deducirse que los aeróstatos dirigibles deben ser enormes.

«En mi con concepto, dice, en efecto, Mr. Penaud, miembro de la sociedad francesa de navegacion aérea, se harán cuando se quiera globos dirigibles de un volúmen superior á 100.000 metros cúbicos, en forma de lanzadera y con un motor térmico y hélices. Estos globos podrán moverse con una velocidad propia de 12 á 15 metros por segundo. Serán capaces, por consiguiente, de dirigirse en todos sentidos, salvo el caso en que el viento tuviese una violencia igual: caso bastante raro en las capas inferiores de la atmósfera, en las que tendrían el mayor interés en mantenerse estos grandes navegantes, advirtiendo, por lo demás, que para vientos contrarios demasiado violentos les bastará esperar al ancla el fin de la tormenta.....»

Por otra parte, es preciso tener en cuenta, como uno de los términos interesantes de este difícil problema, que si cuando Marey-Monge proponía la máquina de vapor para realizar la navegacion aérea, se calculaba en 1000 kilógramos el peso medio de un caballo de vapor con su abastecimiento de agua y de carbon, los progresos industriales permitieron á Mr. Giffard, pocos años despues, reducir éste considerablemente, y en la actualidad se obtienen máquinas ligerísimas que hubieran permitido repetir aquellos experimentos en condiciones ventajosísimas bajo este aspecto.

Esta consideracion, unida á la de que en la tierra está muy lejos todavía la electricidad de poder competir con el vapor como fuerza de transporte, es causa de que no sean pocos los que afirman que en éste, y no en aquélla, es donde se ha de buscar la resolucion práctica del problema, una vez que ya no se pretende otra cosa que construir motores muy ligeros y que tengan fuerza suficiente para imprimir á los aeróstatos una velocidad propia suficiente para que puedan marchar en todas direcciones, aún luchando con vientos de no gran intensidad.

Objétase, en efecto, á los aeróstatos eléctricos, además de la poca duracion de sus motores, su peso excesivo, muy superior al de las máquinas de vapor, pues segun los datos de sus mismos autores, el de Mr. Tissandier necesita un peso de 127 á 128 kilógramos por caballo, y el de Mr. Renard de 73 á 74 kilogramos, mientras que el de una máquina de vapor de gran velocidad del sis-

tema Compound, de triple expansion, como las que se emplean en los torpederos rápidos de la marina, ha podido reducirse en la actualidad á menos de 35 kilogramos por caballo, comprendiendo en el peso dicho, además de la máquina, la caldera y el condensador. Comparando, pues, con éste los pesos de aquéllas, se verá que estarán respectivamente representados por las relaciones siguientes:

$$\text{La de Mrs. Tissandier. . .} \frac{127,675 \text{ kilogramos}}{35} = 3,647, \text{ ó sea } 1 \text{ á } 3\frac{1}{2}.$$

$$\text{La de Mrs. Renard y Krebs.} \frac{73,822 \text{ kilogramos}}{35} = 2,109, \text{ ó sea } 1 \text{ á } 2.$$

Estas cifras dan, pues, la razon á Mr. Fonvielle, entusiasta é inteligente defensor de las máquinas de vapor aplicadas á la navegacion aérea, con tanto más motivo cuanto que á la vez opina que el tamaño de los globos no debe exceder del que sea suficiente y nada más para desviarse de la dirección del viento y no luchar con éste, sin sacrificar á la velocidad las buenas condiciones aeronáuticas del aparato.

Sea como quiera, es ya indudable la posibilidad de dirigir mecánicamente los globos aerostáticos, puesto que el movimiento de estos cuerpos en la atmósfera obedece á las mismas leyes fundamentales que se observan en la navegacion submarina, sin más diferencia que la que procede de la resistencia que las dos clases de flotantes experimentan en los medios respectivos, cuya naturaleza física es diversa, pero que son, en resumen, fluidos homogéneos.

Como se ha tenido ocasion de apreciar, la única dificultad verdaderamente importante que es preciso superar para conseguir la completa solucion del problema, estriba exclusivamente en las grandísimas velocidades que á veces alcanza el viento, pues cuando la atmósfera está en calma ya se ha visto la posibilidad de mover los aparatos dichos en todos sentidos, obedeciendo á la única fuerza que entonces los solicita, procedente del mecanismo que les imprime la velocidad propia. Pero cuando la atmósfera está agitada por corrientes de aire más ó menos fuertes, el aeróstato se encuentra sometido á dos fuerzas distintas, de cuya composicion se originará el que pueda marchar en el sentido del viento con una velocidad igual á la suma de la de éste y de la

suya propia, ó en sentido contrario, con velocidad igual á la diferencia de aquéllas, con tal de que la segunda sea mayor que la primera.

De todos modos siempre será posible marchar en una dirección oblicua á la del viento, formando con ésta un ángulo más ó menos abierto, segun la intensidad respectiva de las velocidades mencionadas; y como la del viento no es constante, sino que varía á cada momento, serán tambien muy variables los resultados, segun que ésta sea moderada ó violenta. Mientras que unos días podrá conseguirse la dirección del globo en todos sentidos, habrá otros que será imposible en direcciones determinadas, y tanto más numerosas serán las ocasiones de conseguirla cuanto mayor sea la energía del motor empleado. Es, por consiguiente, indiscutible que todo el problema queda reducido, bajo este aspecto, á una simple cuestión de mecánica.

Por lo demás, éste parece ser en la actualidad el verdadero enunciado de problema, pues como dice Mr. Fonvielle:

«El gran problema de la dirección de los globos no consiste en manera alguna en marchar contra el viento, porque semejante resultado supone la producción de una fuerza motriz tan poderosa, con un pequeño peso, que podría prescindirse del globo y realizar las maravillas esperadas por los partidarios de lo más pesado que el aire. Hasta el descubrimiento de este precioso aparato, que nada autoriza á suponer próximo, los aeronautas deberán limitarse á utilizar los vientos reinantes. Es preciso ser oportunista, á lo menos en la región de las nubes, y aprender el arte de servirse de los vientos....»

Aun entonces, teniendo en cuenta los datos recogidos respecto á la velocidad media de 44 kilómetros que alcanzaron los diferentes globos que salieron de París durante el sitio, y la mayor velocidad propia de 21,6 kilómetros que se ha podido conseguir hasta ahora con dichos aparatos, no es posible desviarse de la dirección del viento en las indicadas condiciones más que

dentro del ángulo correspondiente á tangente $A = \frac{21,6}{44}$, ó sea $A = 26^{\circ}$

Preciso es reconocer, por tanto, que el porvenir de la navegación aérea se halla íntimamente ligado al de la meteorología científica, que todavía está en la infancia.

Por último, aunque la ejecución de estos aparatos, en condiciones prá-

ticas satisfactorias, presente todavía grandes dificultades, no admite duda tampoco que ya se han realizado progresos muy atendibles y de gran consideracion en la arquitectura aerostática, merced á los grandes globos cautivos de Mr. Giffard, y por consiguiente, siendo ya bien conocidos actualmente los principios teóricos en que se fundan, no es muy aventurado afirmar, en vista de los concluyentes resultados obtenidos por los esfuerzos perseverantes de la ciencia, que si hasta aquí han sido los globos esclavos demasiado dóciles de los elementos, están ya próximos á obedecer en lo sucesivo á la voluntad del aeronauta que los dirija.

En fin, no podemos resistir al deseo de trascibir íntegros los siguientes párrafos que Mr. Durassier consagra elocuentemente á este asunto, en un folleto que ha dedicado hace algunos años á su exámen:

«La mayor parte de los grandes descubrimientos—dice aquel publicista— antes de ser consagrados por la experiencia y universalmente aplicados, han pasado por un período de pruebas y de apostolado científico, durante el cual, contestado su principio, ridiculizado, considerado como una utopía, ha tenido que luchar contra la reaccion que provoca entre los hombres toda innovacion que choca entre las ideas comunmente admitidas. La historia de Copérnico, de Kepler, de Galileo, de Harvey, de Cristóbal Colon, de Gutenberg, de Papin, de Fulton, de Franklin y de tantos otros sabios desatendidos por sus contemporáneos, es un ejemplo de ello.

»El problema de la navegacion aérea no ha escapado á esta ley. Despues de haber sido considerado como insoluble por mucho tiempo y relegado á la categoría de las quimeras, con el movimiento continuo y la cuadratura del círculo, ha concluido por conquistar su derecho de ciudadanía en el dominio de la ciencia. Un gran número de talentos distinguidos, de sabios eminentes, se empeñan en su solucion, y nada prueba que no llegue un día en que el hombre viaje por los aires, tan fácilmente como por los mares.

»¿Quién hubiera creido hace doscientos años que el vapor y la electricidad trasformarían tan profundamente las condiciones de la sociedad y abrirían como una era nueva en el mundo? Este milagro se ha cumplido, sin embargo, y actualmente el hombre es dueño, desde el punto de vista de la locomoción, de la tierra y del mar. Falta conquistar el aire: acaso esté reservado á la

aeronáutica completar, con los caminos de hierro y el telégrafo eléctrico, la trinidad de los más poderos agentes de la civilización moderna. ¡Qué maravilloso progreso se habrá realizado el día en que ya no sea un misterio la dirección de los globos! ¡Cuántos nuevos horizontes para la actitud humana! El buque se retrasa y pierde un tiempo precioso en bordear los continentes que obstruyen su camino; la locomotora se ve obligada á seguir servilmente el camino sinuoso que le traza la configuración del suelo. Para el globo, al contrario, no hay obstáculos: libertad completa. Por todas partes el espacio inmenso se extiende y le ofrece mil vías rápidas hacia todos los puntos del globo.»

PORVENIR DE LOS GLOBOS DIRIGIBLES EN LA GUERRA. Despues de conocida sumariamente la historia de la aerostacion militar, no hay para qué insistir sobre la utilidad de la adopcion de estos aparatos en los ejércitos. Establecido queda de una manera bastante definida la extension de los servicios que los globos han prestado realmente en la guerra, y no son difíciles de colegir los que hubieran podido prestar si á su aplicación hubiera precedido un estudio y una preparacion convenientes que hubiesen permitido apreciar con más exactitud las condiciones prácticas de su empleo. Entonces habrían desaparecido muchas de las dificultades y de los obstáculos que se ofrecieron á su aplicación, como ya puede asegurarse que sucedería en la actualidad, y los servicios que de ellos se obtuvieran estarían más en relación con las esperanzas que hicieran concebir, siquiera hayan tenido, desde luego, bastante importancia para fijar la atención de los militares inteligentes, aún refiriéndose solamente á los globos cautivos y sin atender á cuánto extenderían su acción el día en que se realice la posibilidad de dirigirlos en condiciones prácticas.

Este acontecimiento habría de ejercer seguramente trascendental influencia en todos los ramos del saber y de la actividad humana, no ya sólo por lo que pudiera contribuir á los progresos incalculables que habrían de realizar las ciencias, haciendo fácil y seguro el sondeo de la atmósfera en todos sentidos, permitiendo acometer las más atrevidas exploraciones, así en las regiones árticas como en el centro inaccesible de los continentes, sino tambien por lo que tendería á multiplicar las relaciones de los pueblos, haciendo ilusiones las fronteras que hoy los separan, y en fin, por las profundas modifica-

ciones que introduciría en la guerra. En esta parte, aún sin alcanzar el grado de perfección necesario para hacer posibles algunos de aquellos resultados, podrían ya hoy prestar servicios inmensos y pueden preverse los que procurarán en un próximo porvenir.

Basta para hacer aquéllos palpables recordar el bloqueo de París. Gracias á los globos y á las palomas mensajeras pudo conservar aquella plaza, contra toda esperanza, comunicaciones con el exterior, si no regulares, suficientes á lo méno para aliviar las calamidades de los sitiados.

Cierto es que, confiados á merced de los vientos, fueron inútiles para regresar á la plaza con noticias del exterior; pero no cabe duda que ya hoy las condiciones hubieran sido muy diferentes.

El gobierno de la defensa nacional había concebido, en efecto, el proyecto de enviar globos á diferentes puntos situados alrededor de París para aprovechar las corrientes atmosféricas de dirección favorable y procurar que alguno pudiera volver por este medio á la capital. Es probable que se hubiera conseguido alguna vez este resultado si se hubiese acometido esta empresa desde el principio del cerco, prévia la oportuna preparación, puesto que cuando se pudieron hacer algunas tentativas con aquel objeto se habían agravado considerablemente las circunstancias, en atención á que el enemigo había extendido ya considerablemente la zona ocupada, y el problema era mucho más difícil, disminuyendo grandemente las probabilidades de éxito. Esto no hubiera ocurrido seguramente con sólo poseer un aeróstato como el de Mr. Dupuy de Lome, capaz de separarse bajo un ángulo determinado de la línea del viento y de navegar á voluntad dentro de un sector de alguna consideración.

En estas condiciones, desde el momento en que fuese posible establecer comunicaciones frecuentes y regulares entre una plaza sitiada y los ejércitos de operaciones, fácilmente se comprende la inmensa importancia de este resultado para combinar la resistencia, concertar los movimientos y asegurar á las operaciones militares la unidad y el conjunto, cuyo valor se puede apreciar fácilmente desde el punto de vista de las probabilidades de éxito que ofrecería.

En este mismo orden de ideas, pudiera utilizárseles también especialmente cuando ya se consiga imprimirles una gran velocidad, para trasmisir órdenes

apremiantes ó establecer relaciones entre dos ejércitos que operen separadamente y á alguna distancia, para enviar noticias importantes al cuartel general, y en fin, en otro gran número de casos.

«Se ha de tener presente además, como dice oportunamente un escritor aleman, que no siempre se puede contar con el empleo del telégrafo en países enemigos, á causa de los numerosos accidentes á que se hallan expuestos los alambres.»

«En muchos casos, añade, un globo sería verdaderamente más rápido que un telegrama trasmítido por la electricidad, pues que en la última guerra se hicieron varias tentativas de comunicacion desde el teatro de operaciones, siendo detenidas á consecuencia de una ocupacion anterior de las líneas ó de la destrucción de los alambres que las interruñpían, hasta durante más de tres días, cuando con los globos se hubiera salvado la distancia en pocas horas.»

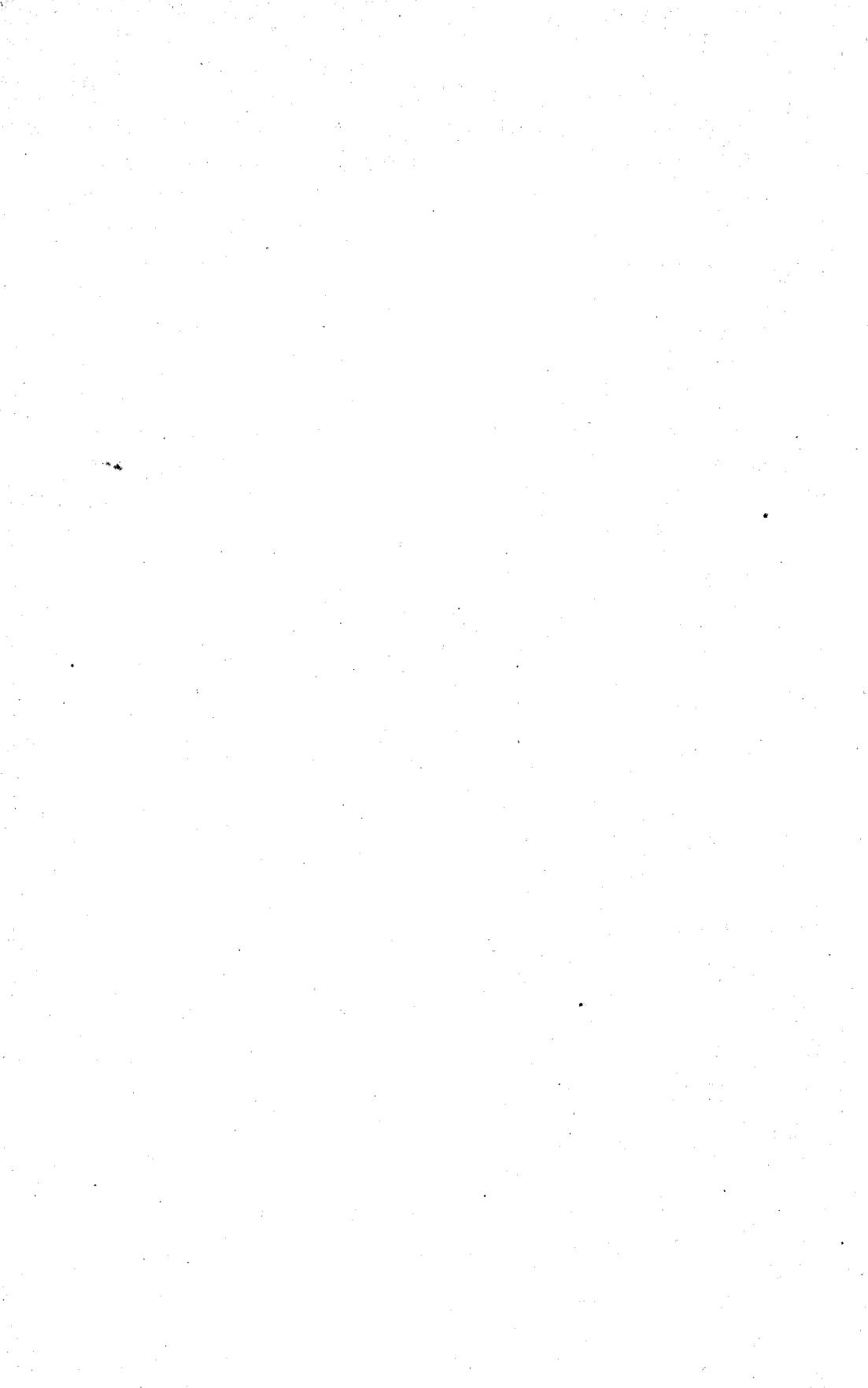
Como máquinas ofensivas podrán tambien obrar con mucha mayor seguridad y eficacia que la que hoy se espera de los globos cautivos, en casos determinados y con objetos especiales, sin que pueda exagerarse por eso todavía el papel que está llamado á desempeñar en este concepto, dado que aun cuando pudiesen realizar con toda seguridad semejantes aplicaciones, remontándose y navegando en las capas superiores de la atmósfera fuera del alcance de los proyectiles, todavía faltaría resolver el problema de que pudieran transportar los pesos de alguna consideracion que suponen estos servicios, si habían de ser un poco serios.

Por último, compréndese fácilmente que una vez dueño el aeronauta de los movimientos y de la dirección de su buque aéreo, podrá ensancharse notablemente, con ventajas grandísimas para el ejército, el círculo de los reconocimientos militares, sin que sea un obstáculo al efecto la altura á que hayan de mantenerse, á consecuencia de los grandes alcances de la artillería, porque como hemos visto, aquella no necesitará nunca ser tan extraordinaria que haga completamente imposible la observacion, aun á simple vista, para que no pudieran ser muy útiles los datos recogidos en esta forma.

Basta recordar en apoyo de esta fecunda aplicación lo que dejamos escrito acerca de los reconocimientos en globo libre efectuados en América. Lo que

entonces fué posible accidentalmente, lo sería siempre con un globo dirigible, y por consiguiente podrían observarse de continuo por este medio todos los movimientos del enemigo, sin que ni en sus marchas ni en el campo de batalla pudiera ocultarlos á favor de los obstáculos del terreno; y cuando estos reconocimientos se efectuasen á grandes distancias, fácil sería descender en las estaciones telegráficas más próximas y comunicar rápidamente al cuartel general las noticias adquiridas. No es preciso encarecer la importancia que realmente tendrían estos servicios y su influencia en el curso de las operaciones de la guerra.

Esperemos, pues, á que se cumplan las halagüeñas esperanzas que inspiran los resultados obtenidos, en cuanto al porvenir de estas nuevas é importantísimas aplicaciones.



CAPÍTULO V.

CONSIDERACIONES SOBRE LA ORGANIZACION DEL SERVICIO DE AEROSTACION MILITAR.



EMOSTRADA la incontestable utilidad de los globos aerostáticos en varias de sus numerosas aplicaciones á la guerra, y en vista de las fundísimas esperanzas que los progresos recientes hacen concebir respecto al porvenir de estos eficaces auxiliares de los ejércitos, parécenos oportuno indicar algunas de las consideraciones que deben tenerse presentes en la organización de este nuevo servicio militar, siquiera sean óbvia consecuencia en su mayor parte de las teorías, ensayos y descripciones expuestas.

Además, cuantas nuevas indicaciones se hagan respecto al material, al personal y á las operaciones y maniobras que necesariamente ha de comprender la organización dicha, contribuirán en gran parte á corroborar la importancia del asunto, al mismo tiempo que sirven de obligado punto de partida para ensayos y experimentos ulteriores y de base esencial para decidir con más acierto, independientemente de lo que se desprende de los hechos referidos y de las mejoras alcanzadas, si en el estado actual de los conocimientos y del arte aeronáutico pueden estos aparatos prestar servicios bastante señalados á los ejércitos en campaña, para compensar los inconvenientes y las dificultades que son inherentes á su empleo.

CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR EL MATERIAL AEROSTÁTICO. Uno de los primeros objetos de estudio que entraña la aplicación de los globos en la guerra, prescindiendo de los perfeccionamientos que se hayan realizado en el conjunto y en cada uno de sus elementos, y aún de los que puedan recibir en lo sucesivo, como consecuencia de inteligente consorcio entre las teorías científicas

ficas y los resultados de una experiencia racional, parece lógico empezar por exponer á grandes rasgos las principales condiciones que deben exigirse del material aerostático para apreciar en su justo valor cada uno de sus órganos más esenciales.

Desde luego es preciso recordar al efecto que los globos pueden ser libres ó cautivos, por más que estas circunstancias no implican grandes diferencias, en las principales condiciones á que han de satisfacer, para emplearlos con éxito en campaña, si se exceptúa lo que se refiere á la dirección de los primeros y á la facilidad que deben poseer de tomar tierra con seguridad y prontitud y elevarse de nuevo fácilmente.

Se comprende, pues, que una de sus primeras propiedades es la de que puedan efectuar rápidamente cuantas ascensiones sean necesarias en el momento preciso, siendo por consiguiente indispensable que la tela de la envoltura tenga la resistencia é impermeabilidad convenientes para que, conservándolos llenos, sólo pierdan la menor cantidad posible de fuerza ascensional.

Esta debe ser tambien suficiente en los cautivos para resistir la tendencia del viento á arrojarlos contra el suelo, á fin de hacer posibles las ascensiones, cualquiera que sea la fuerza de aquél y el estado de la atmósfera, haciéndolos por consiguiente de un volumen conveniente para que cuando menos se consiga aquel resultado con vientos de fuerza media.

Conviene igualmente que puedan transportarse con facilidad, llenos ó vacíos, y que en este último caso puedan doblarse y empaquetarse sin adherencias, desgarramientos ni desperfectos de ningun género.

Es tambien de la mayor importancia, para hacer practicables y tan frecuentes como sean necesarias las ascensiones, que se disponga de los medios y procedimientos que permitan henchirlos en muy poco tiempo ó subvenir á cortos intervalos al reemplazo de las pérdidas de gas que hayan experimentado los que se conserven llenos.

Por ultimo, se ha de procurar reducir todo lo posible, por los medios indicados ó por otros más eficaces, las oscilaciones de la barquilla en los globos cautivos y emplear los procedimientos más idóneos para imposibilitar el movimiento de rotación, á fin de efectuar más cómodamente las observaciones.

En vista, pues, de que á la consecucion de estos objetos deben dirigirse todas las pruebas y ensayos que se realicen con el propósito de obtener nuevos adelantos en la aerostacion militar, y ya que no nos sea dado conocer con certeza los que en otros países se han conseguido, examinaremos, con sujecion al criterio que nos imponen las condiciones indicadas, las dificultades que actualmente presenta su empleo en campaña y lo que desde luego pudiera hacerse para atenuarlas en la preparacion y organizacion de este servicio.

EXÁMEN COMPARATIVO, BAJO EL PUNTO DE VISTA DE SUS APLICACIONES MILITARES, DE LOS GLOBOS DE AIRE CALIENTE Y LOS DE GAS HIDRÓGENO. Al ocuparse del material más conveniente para el servicio militar d^e los aeróstatos se presenta en primer término la cuestion de si son preferibles para el objeto los de aire caliente á los de gas hidrógeno, y de aquí la necesidad de enumerar, siquiera sea sucintamente, las ventajas é inconvenientes de unos y otros. Si para decidir hubiéramos de recurrir á la historia, no llevarían ciertamente la mejor parte los primeros, puesto que sólo cuentan en su abono, y no muy favorablemente por cierto, los reconocimientos realizados por los franceses durante la campaňa de Italia en 1859, que, como ya hemos dicho, se verificaron en uno de aquéllos, propiedad de los hermanos Godard.

Sus ventajas principales consisten especialmente en que no necesitan una envoltura tan impermeable para estar en buenas condiciones de servicio, mientras que los de gas, á pesar de todos los cuidados y precauciones que se emplean en su construccion, pierden constantemente una parte de éste. Dicen, por otra parte, algunos prácticos en favor de los primeros, que la operacion de henchirlos es sumamente rápida y sencilla, áun siendo de grandes dimensiones, y que provistos de un hornillo conveniente en la barquilla para aumentar á voluntad la temperatura del aire interior, permiten al aeronauta elevarse ó descender sin más que activar ó disminuir la combustion. En el caso de una rotura es suficiente aumentar el calor para prevenir los peligros de la caida, lo que no se consigue con los globos de gas hidrógeno, áun dotándolos de la gran fuerza ascensional que necesitan para llevar, ademas de los instrumentos de observacion, el lastre conveniente para elevarse ó descender á voluntad.

Sin duda estas razones, y especialmente la ventaja no ménos importante de la facilidad que ofrecen para el transporte, una vez que pueden llevarse plegados por la facilidad de henchirlos, han sido la causa de que el comité de ingenieros austriaco se decidiera por ellos hace algunos años. El distinguido coronel baron de Ebner, despues de indicar las condiciones generales á que debe satisfacer un globo de guerra, análogas á las que dejamos enumeradas, se declaraba favorable á su adopcion, considerando que la produccion del gas hidrógeno era una operacion complicada, costosa y dilatoria.

Objétase, en cambio, el constante peligro de incendio que ofrecen, además de la fatiga y de la atencion que impone la necesidad de entretener el fuego, así como la poca fuerza ascensional que tienen, aun los de mayores tamaños, y la elevada temperatura que sería precisa, y que no se consigue fácilmente, para aumentar aquélla en una medida conveniente.

Contestan sus partidarios que no son de temer los incendios, una vez provistos los hornillos de una tela metálica de seguridad, semejante á la de las lámparas Davy; aparte de que construidos de una materia como el amianto, ó haciendo la tela incombustible por alguno de los procedimientos conocidos, este inconveniente podría desaparecer del todo y sería fácil usar el aire á temperaturas muy elevadas para conseguir una gran ligereza, proponiendo al efecto una pequeña máquina de vapor de muy poco peso, que á la vez llenaría el globo con el calor de la chimenea y podría mover una hélice vertical que favoreciese el movimiento ascensional.

En Austria se ha empleado para henchirlos una estufa de hierro que se asemejaba á la caldera de una máquina de vapor, en la que pasaba el aire impelido por grandes fuelles y entraba en el globo despues de haber tomado la temperatura conveniente al atravesar una serie de tubos paralelos que existían en el interior de aquélla.

Para oponerse al enfriamiento del aire en las ascensiones cautivas y economizar en beneficio de la mayor ligereza el peso de la lámpara ú hornillo que al efecto sería preciso llevar en la barquilla, conjurando á la vez todo peligro de incendio, se propone conservar el globo unido á la máquina ó estufa establecida en tierra por medio de un largo tubo que condujese un suplemento de aire caliente bastante á conservar la fuerza ascensional.

Sea como quiera, é independientemente de las dudas que puedan sugerir estos medios para obviar á los defectos dichos, parácenos que no estará de más, por lo que pueda contribuir á juzgar con acierto en esta controversia, el relato de los dos últimos experimentos que se hicieron hace pocos años todavía en Francia é Inglaterra.

La primera se llevó á cabo en Tours, durante el último período de la guerra franco-prusiana, á instancia de un aeronauta italiano que se presentó criticando el uso de los globos de gas como costosos y difíciles de hinchir, mientras que los de aire caliente no necesitaban más que unos cuantos haces de paja quemados en pocos minutos. Así sucedió, en efecto, en el ensayo, puesto que el globo se elevó en ménos de veinte minutos, sin embargo de su gran volumen, pero con una fuerza ascensional tan débil que no llegó á más de 10 metros de altura, á pesar de llevar una barquilla muy ligera y muy pequeña con una sola persona. Por lo demás, estos resultados eran fáciles de prever, pues se calcula que si un globo de aire caliente de 1200 metros cúbicos de volumen puede elevarse, en libertad, con un aeronauta en la barquilla, es completamente impotente para sostener además la cuerda de sujecion en una ascension cautiva y conservar el exceso de fuerza ascensional suficiente para luchar contra un viento de velocidad muy moderada.

La segunda se verificó en el arsenal de Woolwich, en Inglaterra, provocada por un aeronauta francés, Mr. Menier, que se decía inventor de un nuevo sistema, del que se prometía los más felices resultados. Fundado en los inconvenientes ya repetidos de los globos de gas, se proponía sustituirlos con ventaja, en sus aplicaciones á la guerra, con globos de aire caliente que pudieran permanecer bastante tiempo en la atmósfera, merced al empleo de una gran lámpara alimentada con petróleo ó con aceite y provista de un tubo en comunicacion con el interior del globo para aumentar á voluntad la temperatura.

Las pruebas verificadas á presencia de la comision militar designada al efecto por el ministerio de la Guerra, y cuyo anuncio había llamado poderosamente la atencion de los círculos militares, fracasaron por completo. De las dos tentativas hechas por Mr. Menier, en la primera se derramó el petróleo de la lámpara á consecuencia de las oscilaciones, y faltó poco para que se

prendiese fuego al globo, y en la segunda, que se verificó ocho días despues, se rasgó la tela de arriba á abajo á consecuencia de una ráfaga de viento, escapándose de su interior un humo tan denso que ahuyentó á los espectadores (1).

Sea como quiera, está fuera de duda que para que los globos de aire caliente tengan suficiente fuerza ascensional, necesitan dimensiones muy considerables, y esta circunstancia ofrece los graves inconvenientes de que por su gran volúmen presentan mucha superficie á la accion del viento y la de que son visible á largas distancias. De aquí el que sólo podrían emplearse acaso para señales á poca altura, dado que por la noche podría proveérselos de una esponja impregnada de alcohol ó de petróleo suspendida debajo de su abertura inferior, y entonces el calor producido por la llama y la combustion de dichas sustancias contribuiría á conservar la fuerza ascensional y á que por consiguiente permaneciesen más tiempo en el aire.

Por otra parte, es tambien indudable el peligro de llevar hornillo ó estufa en la barquilla, especialmente en los globos cautivos, puesto que los balances producidos por la accion del viento y la tension de las amarras pueden occasionar fácilmente el choque de la tela contra el hornillo y sobrevenir el incendio consiguiente, sin que baste á evitarlo la rejilla de alambre ó la tela metálica de seguridad.

En cambio los globos de gas hidrógeno, aún de dimensiones reducidas y sin temor á estas contingencias, pueden elevarse á grandes alturas y permanecer mucho tiempo en el aire con dos ó tres personas en la barquilla, conservando la fuerza ascensional suficiente para luchar contra el viento. Las pérdidas de gas que experimentan son tan pequeñas, que, como ya hemos visto, pueden permanecer llenos y en buen estado de servicio durante muchos días, ya que no tres meses, como segun algunos autores afirman pudo hacerlo Coutelle, sin tener que aumentar el gas durante todo este tiempo.

Por lo demás, aunque la operacion de henchirlos no fuese ya hoy suf-

(1) Para más detalles sobre el globo de Mr. Menier puede verse la acreditada revista *The Engineer* (mes de setiembre de 1874), que contiene una descripción completa del invento con sus correspondientes figuras.

cientemente rápida para poder utilizarlos siempre con oportunidad y se impusiera por tanto la necesidad de trasportarlos llenos, esta dificultad no sería en manera alguna bastante para oponerse á su empleo en campaña, pues como se ha visto, el método adoptado con este objeto por Coutelle, y seguido despues por los aeronautas del ejército francés en 1870-71, aunque fatigoso, estaba muy lejos de ser insuperable, y en cambio se conservan siempre en disposicion de elevarse para los reconocimientos, mientras que los de aire caliente, aunque se llenan pronto, ceden al esfuerzo de la menor brisa, y al enfriarse pierden toda la energía, puesto que su fuerza ascensional es insignificante comparativamente á la de aquéllos, dado que la ligereza del aire caliente apena puede llegar á la cuarta parte de la del hidrógeno.

Respecto á las condiciones que ofrecen unos y otros para las ascensiones libres, nos limitaremos á trascibir la opinion de Mr. Dupuis Delcourt, que es la de todos los aeronautas más prácticos. Dice así: «En cuanto á la eleccion que debe hacerse entre los dos medios de ascension, el fuego y el gas hidrógeno, no podría ser dudosa: con éste hay seguridad para los viajeros, y la duracion de la ascension es en cierto modo voluntaria, mientras que con el empleo del fuego existe el peligro incesante de incendio para la máquina misma y para el país por encima del cual corre. El viajero aéreo, siempre ocupado de su fuego, parece condenado al suplicio de las vestales; la conservacion y el cuidado del hornillo absorben todos los momentos, y es difícil con semejante máquina entregarse á ninguna observacion ni á ningun experimento exacto.»

En fin, el argumento más concluyente en favor de los globos de gas consiste en la unánime aceptacion que han tenido para los servicios de guerra en todos los ejércitos, lo cual podia habernos dispensado de los razonamientos anteriores, si no tuviéramos el propósito de indicar todos aquellos detalles cuyo conocimiento juzgamos pertinente para apreciar los problemas que han sido motivo de estudio en este interesante asunto.

FORMA Y VOLÚMEN MÁS CONVENIENTES DE LOS GLOBOS MILITARES DE RECONOCIMIENTO. Ya que una de las principales dificultades que entorpecen la aplicacion de los globos en campaña es lo embarazoso é incómodo de su transporte, parece oportuno que antes de exponer los datos que permitan apreciar esta

circunstancia en su justo valor, y aun prescindiendo de otros motivos que lo hacen igualmente recomendable, digamos algo acerca del volumen más conveniente de aquéllos.

Respecto á la mejor forma que podría dárseles, y que parece ha sido tambien objeto de exámen en la comision militar francesa, para conseguir que, presentando menor superficie á la accion del viento, fuesen de menor capacidad y más fáciles de trasportar, no se han confirmado las previsiones de los que se prometían alcanzar estas ventajas adoptando una figura alargada, y por el contrario, se ha demostrado que si ésta conviene perfectamente á los aerostatos dirigibles, es de todo punto inaplicable á los globos cautivos, en los que por efecto de la reaccion de las cuerdas se producen balances tan violentos, que no sólo imposibilitan las observaciones, sino que hasta llegaría á ser peligrosa la estancia en la barquilla. No ha variado, pues, en este asunto la opinion desde los ensayos emprendidos en la escuela aeronáutica de Meudon á últimos del siglo pasado con un globo cilindrico terminado por dos hemisferios, propuesto por Guyton de Morveau y desecharido por Coutelle, despues de haber efectuado varias ascensiones cautivas, declarándose terminantemente por la forma esférica, que es la que afectan desde entonces.

En cuanto á la determinacion de su volumen, claro es que influye en primer término la naturaleza y densidad del gas que haya de emplearse; pero aunque, como ya hemos indicado, el más generalmente usado hasta hoy en las ascensiones libres es el gas del alumbrado, en razon á la mayor facilidad con que se obtiene en todas las poblaciones de alguna importancia, supondremos siempre, á no expresar lo contrario, que el que se ha de emplear es el hidrógeno, con el mismo grado de pureza y poseyendo por tanto la misma fuerza ascensional, porque de este modo podrán reducirse al mínimo las dimensiones del globo, lo cual es muy importante, particularmente en los cautivos.

Otro elemento, cuyo conocimiento es indispensable para el objeto, es el peso que ha de elevar, dependiente en primer término del número de tripulantes de la barquilla. Estos deben ser dos, por lo ménos, en los reconocimientos, ya que está fuera de duda que es demasiada tarea para uno solo, si ha de anotar y escribir á tiempo los partes correspondientes, la observación

de los movimientos de las tropas en diversas direcciones y de todos los demás objetos que se han de ofrecer á su vista en un campo de batalla. Esta es la doctrina admitida entre los aeronautas militares, considerando imposible, al decir del capitan Templer, que un solo observador pueda conseguir grandes resultados en los reconocimientos á una altura de 150 ó 200 metros, por la extensión de la comarca que puede descubrir y teniendo que explorar todas las obras de los puestos avanzados del enemigo é informar acerca de todo lo que pueda ver con claridad.

Independientemente de investigar más adelante el volumen que resulte de la aplicación del cálculo con referencia á este dato, no consideramos ocioso anticipar algunas noticias procedentes de experimentos anteriores.

La capacidad ordinaria de los globos que salieron de París durante el sitio variaba entre 1200 y 2000 metros cúbicos, y llevaron generalmente de tres á cuatro personas y un peso adicional hasta de 400 y 500 kilogramos de despatcho, además del lastre y de todos los accesorios necesarios, y es preciso no olvidar que, aparte las malas condiciones de su construcción, se llenaban con gas del alumbrado, y la duración media de sus viajes fué de cinco á siete horas.

En cuanto á los globos cautivos, es indudable que convienen del menor tamaño posible, no ya sólo por las ventajas indicadas, sino también por ser menos embarazosos para el transporte y más fáciles de sujetar, á la vez que exigen cantidades más pequeñas de gas, y son, en fin, menos peligrosos en los campos de batalla por el menor blanco que presentan á los proyectiles enemigos.

En Inglaterra los tienen de diversos tamaños, comprendidos entre 400 y 800 metros cúbicos de capacidad próximamente. Los norte-americanos los emplearon también de dos tamaños, de los cuales el más pequeño no satisfacía enteramente á todas las condiciones del servicio, puesto que ni podía llevar lastre ni poseía ordinariamente la fuerza ascensional suficiente para elevar más que un solo observador, y dos únicamente cuando estaba completamente lleno, lo que sólo ocurría en el momento de dejar el gasómetro. Por estas razones daban siempre marcada preferencia al mayor, con tanto más motivo cuanto que, segun el coronel de ingenieros inglés Beaumont, el ma-

yor coste que originaba y las mayores molestias de su transporte no eran de ningun modo proporcionales á sus mayores dimensiones y á las ventajas que ofrecia, entre las cuales no era la de menor consideracion ni la ménos atendible la mayor seguridad y firmeza que proporcionaba á los observadores en el aire.

Los globos que actualmente construyen los franceses parece que son esféricos, de 10 metros de diámetro y de la mejor seda, cubierta con un barniz especial que los hace tan impermeables, que pueden permanecer henchidos más de un mes en buenas condiciones.

En fin, el material aerostático recientemente adquirido por el ejército italiano, de los acreditados talleres de Mr. Yon, en París, y satisfactoriamente ensayado en Roma por los oficiales de ingenieros encargados de este servicio, comprende globos de 500 metros cúbicos de volúmen, que henchidos de hidrógeno pueden alcanzar una altura de 500 metros con el peso de dos observadores y el de todos los aparatos accesorios.

Es, pues, indudable que los globos esféricos de 500 á 600 metros cúbicos, correspondientes á diámetros de 10 á $10\frac{1}{2}$ metros, satisfacen bien á todas las exigencias, aún teniendo en cuenta que para evitar los peligros de la dilatacion del gas, producida por el calor solar ó por la rarefaccion del aire, se adopta la precaucion ya recomendada de no llenarlos por completo, dejando un espacio equivalente á la octava ó décima parte para obviar á los efectos dichos.

El cálculo corrobora, como es consiguiente, estos datos, puesto que aplicado á un globo de 500 metros cúbicos, y siendo el peso del metro cúbico de aire de 1,293 kilogramos y de 0,089 kilogramos el equivalente del gas hidrógeno, la fuerza ascensional será:

$$\frac{9}{10} \times 500 (1,293 - 0,089) = 541,80 \text{ kilogramos,}$$

suponiendo que se deje una décima parte del volúmen del globo sin llenar.

Deduciendo el peso que ha de transportar y calculando al efecto en 0,250 kilogramos el peso del metro cuadrado de la tela, se obtienen para peso total de la envoltura unos 80 kilogramos, y suponiendo de 50 el de la red y de la barquilla, de 60 el del ancla con su cuerda, de 25 el del *guide-rope* y de 140 el

de los dos aeronautas, ó sea un total de 355 kilogramos, todavía se puede disponer de una fuerza ascensional de $541 - 355 = 186$ kilogramos para el lastre y para las cuerdas de sujecion, que aún teniendo un diámetro de $0^m,02$ y una longitud de 500 á 600 metros, no alcanzarían el peso indicado.

No es, pues, aventurado afirmar que los globos de las dimensiones dichas serán de muy buen servicio, y mucho más si en vista de alcanzar toda la posible ligereza, además de la envoltura y de la red, se hicieran de buena seda las cuerdas de sujecion cuando se hubiesen de emplear cautivos y á grandes alturas, sin perjuicio de usar ordinariamente las de cáñamo, aunque más pesadas y ménos resistentes, por razón de economía, pues el mayor coste de las primeras sería ampliamente compensado con sus ventajas por el mucho tiempo que podrían servir conservándolas con esmero.

De todas maneras podría construirse este material en relación con los principales objetos á que se destine, clasificándolo, como algunos proponen, en material ligero ó de campaña y material pesado ó de plaza, limitándose en los primeros á las capacidades indicadas, puesto que están llamados á seguir las marchas y operaciones de los ejércitos, y es por consiguiente de capital importancia la mayor ligereza posible, y adoptando dimensiones mayores para los segundos, en los cuales no es tan atendible esta circunstancia.

Por otra parte, se explica la diferencia dicha por la diversa índole de algunos de los servicios que han de prestar unos y otros, puesto que así como aquéllos habrán de emplearse generalmente cautivos y llenos de gas hidrógeno, éstos podrán servir tambien para las comunicaciones de las plazas sitiadas con el exterior, y en tal concepto pudieran tener que transportar varios tripulantes ó grandes pesos durante un tiempo relativamente largo. Además, aunque se recomienda, desde luego, teniendo en cuenta la manifiesta importancia que pueden tener para la defensa, que en todas las plazas fuertes se construyan establecimientos con carácter permanente para la elaboracion de este material y la del gas hidrógeno necesario, es indudable que como aquéllas son frecuentemente grandes centros de población, podrá encontrarse siempre gas del alumbrado, y es más que probable que conviniese utilizarlo, á pesar de tener peores condiciones, con preferencia al hidrógeno, en cuyo caso, dada su mayor densidad, serían precisos globos de mayor tamaño.

MODO DE HENCHIR Y DE TRANSPORTAR LOS GLOBOS EN CAMPAÑA. Sin embargo de que los globos puedan conservarse llenos bastantes días y transportarlos en este estado á grandes distancias, es lo cierto que aun sin accidente alguno que hiciera necesario llenarlos de nuevo, es indispensable subvenir de cuando en cuando á las constantes pérdidas de gas que experimentan, para que no pierdan fuerza ascensional y se encuentren siempre en estado de servicio.

Como ésta es acaso la principal dificultad para su aplicacion en la guerra, así por lo que se refiere á la fabricacion rápida del gas como por lo que respecta á los transportes de las materias necesarias al efecto, se han propuesto varios sistemas de obviar á estos inconvenientes, de los que enumeraremos rápidamente los principales.

En el caso de que hubieran de llenarse con gas del alumbrado, propónese desde luego que se transporten llenos, una vez que en los países civilizados siempre sería fácil proveer á cortos intervalos, en las poblaciones de alguna importancia, á las pérdidas que pudieran experimentar, y hasta podrían establecerse á pequeñas distancias, en las líneas de operaciones del ejército, aparatos para la produccion de hidrógeno, á los que acudirían los aeronautas en sus necesidades, como en las campañas de 1793 y en la de 1870-71 del ejército del Loire.

Con el objeto de facilitar el transporte, Mr. Board y algun otro han concebido la idea de hacerlos de varios pequeños segmentos que pudieran llevarse separados y reunirse pronto por medio de una disposición especial para formar el globo completo, y hasta proponen sustituirlos con unos cuantos cilindros de un diámetro bastante pequeño para que fuera dable transportarlos aisladamente por todas partes en un ligero carroaje, ó á brazo cuando no hubiese ni aun senderos para el paso de aquél, uniéndolos en el momento preciso.

Advierten los inventores que construidos con materiales de suficiente impermeabilidad, no sólo se conseguiría conservarlos en buen estado durante algunos meses, sino que divididos á su vez los cilindros por diafragmas impermeables en varios compartimientos, se tendría al mismo tiempo la ventaja de que se mantuviesen en el aire, aunque alguno de ellos llegara á romperse por accidente ó por un proyectil enemigo, y que por tanto serían más pro-

pios para efectuar reconocimientos á poca distancia de las posiciones enemigas.

No sabemos que esta idea se haya llevado á la práctica en ninguna parte, ni aun por vía de ensayo, ni es probable que fuera muy realizable tampoco, ni que se obtuvieran los resultados que se persiguen, porque el fraccionamiento por tabiques interiores no podría tener gran resistencia para las expansiones del gas, puesto que la tela de los globos recibe la mayor parte de la red que la envuelve y la refuerza, y no se nos alcanza cómo podrían disponerse aquéllos para que todos estuviesen rodeados de su red correspondiente. Es preciso advertir además que para la realización de este sistema de globos celulares sería preciso que cada fraccion ó segmento separado tuviese su correspondiente tubo para hinchirlo y la indispensable válvula para vaciarlo, y nos parecen éstas demasiadas complicaciones para que pudiesen obtenerse resultados prácticos con aparatos de este género.

Por otra parte, conviene recordar que el globo no necesitará ordinariamente más que el suplemento de gas necesario para compensar las pérdidas procedentes de la dilatación y de la endosmósí, y que si se rompiera podría llevarse al depósito más próximo para llenarlo.

Parece que los franceses en la campaña del Tonkin llevaban siempre dos globos llenos, á fin de subvenir con el gas de uno de ellos á las pérdidas que experimentase el otro, y como ya hemos indicado, los ingleses en Egipto transportaban con el mismo objeto el gas comprimido en cierto número de cilindros de acero, de peso y dimensiones convenientes para manejarlos con facilidad. Los italianos, por su parte, han adoptado también este último procedimiento en Massaua, habiendo adquirido al efecto un tren aerostático de esta especie en Inglaterra.

Las vasijas para el transporte del hidrógeno, que, como es consiguiente, debían reunir condiciones especiales, han sido objeto de un concurso entre los industriales ingleses, en el que merecieron la preferencia las presentadas por Mr. Deltore, en atención á que con menor peso é igual resistencia podían contener mayor cantidad de gas.

De todos modos es indudable que si este método puede utilizarse con ventaja en circunstancias excepcionales y en países como los mencionados,

presentará siempre un serio obstáculo en el gran peso de los receptáculos dichos, por el espesor que es preciso dar á sus paredes para que resistan las grandes presiones á que se han de sujetar.

La produccion del hidrógeno por la descomposicion de una corriente de vapor de agua pasando sobre limaduras de hierro enrojecidas, presenta en campaña la seria dificultad de la construccion del hornillo, aunque siempre pudieran encontrarse los ladrillos necesarios al efecto ó que fuera suficiente en rigor un hornillo de arcilla y aun una simple excavacion practicada en el suelo, y que se llevase una máquina de vapor análoga á las locomóviles de caminos ordinarios para producir la corriente dicha, en cuyo caso no habría que transportar más que las limaduras de hierro y los dos ó tres tubos metálicos destinados á contenerlas y servir de retortas, que entonces podrían conducirse en la misma locomóvil, aprovechando indefinidamente las limaduras, siempre que se cuidase de quitarles el óxido formado despues de usarlas.

En Inglaterra se han hecho algunos ensayos á fin de probar si podría aplicarse con fruto este procedimiento, dados los simples recursos de un ejército en campaña y una vez que es muy distinto el problema de producir el hidrógeno en un laboratorio y el de obtenerlo en bastante cantidad y oportunamente para poder llenar un globo y verificar una ascension en el momento en qué se disponga.

De los experimentos realizados parece deducirse que es suficiente un tubo metálico de $0^m,15$ á $0^m,20$ de diámetro y de metro y medio á 2 metros de longitud lleno de limaduras de hierro y un hornillo de cualquiera clase en que calentarlo al rojo, para que, atravesado por una corriente de vapor de agua, se oxiden aquéllas perfectamente y salga una abundante cantidad de hidrógeno, que privado del vapor en exceso que pudiera contener, haciéndole pasar por alguna disposicion secante, tendría una gran pureza y una gran fuerza ascensional.

El método de obtener el hidrógeno descomponiendo el agua por medio del ácido sulfúrico diluido sobre el hierro ó el zinc, es el que, como veremos, se emplea generalmente en el servicio aerostático militar.

Mas para apreciar las condiciones que requiere la aplicacion de este procedimiento en la forma que se ha descrito y en la hipótesis de que la capaci-

dad del globo fuese de unos 600 metros cúbicos, hay que tener en cuenta que sería preciso transportar grandes cantidades de dichas sustancias, aún prescindiendo del agua, que se encuentra fácilmente en todas partes, y sin comprender el de las vasijas del ácido y el de los toneles necesarios para la operacion, que á lo menos habrían de ser de 25 á 30, efectuando aquélla por cargas sucesivas.

Claro es que se reduciría considerablemente el peso limitándolo solamente al del ácido sulfúrico, si se admite que los toneles para la preparacion del gas puedan sustituirse en campaña con pipas ó barriles que hayan servido para los abastecimientos de las tropas ó que puedan encontrarse en la comarca por vía de requisicion, y que el metal se compusiera de los mil objetos de hierro viejo que pueden encontrarse fácilmente en los campos de batalla mismos y en los pueblos más miserables, aún sin apelar á las demoliciones que podrían hacerse en caso preciso.

Pero si esta segunda parte parece, y es, en efecto, realizable, como lo demostraron los americanos durante la guerra ya citada de la secesion, no sucede lo mismo en cuanto á los toneles para la produccion del hidrógeno, por la dificultad de conseguir el número de los necesarios con todas las condiciones que deben reunir para ser útiles al objeto indicado, por más que alguna vez pudiera apelarse con éxito á este recurso.

Cualquiera de los métodos indicados exige, pues, un transporte pesado é incómodo, que fué uno de los mayores obstáculos para las aplicaciones aerostáticas en los ejércitos, dando lugar á que sólo se considerasen útiles en la defensa y el ataque de las plazas fuertes, ya que en estas operaciones podrían henchirse con gas del alumbrado, haciéndolos un poco más voluminosos, ó construir talleres de fabricacion de hidrógeno en buenas condiciones.

En vista de estas dificultades se emprendieron estudios y repetidos experimentos para encontrar un procedimiento rápido y económico de fabricar el hidrógeno en aparatos portátiles.

TRENES AEROSTÁTICOS MILITARES. Una vez demostradas las útiles aplicaciones de los globos aerostáticos en la guerra, los que especialmente se dedicaban á este asunto hubieron de consagrarse su atencion á estudiar el material de mejores condiciones para satisfacer á las exigencias de este nuevo servicio militar,

Ya los norte-americanos, que, como hemos visto, fueron los primeros que en nuestros días comprendieron la importancia que aquéllos podían tener en los campos de batalla, habían procurado adoptar el material más conveniente, que transportaban en carruajes especiales.

En dos de éstos llevaban los globos, con todos los enseres y aparatos necesarios para su maniobra, y en otros dos los generadores del gas hidrógeno. Estos consistían en cilindros de madera, forrados interiormente de plomo y de suficiente resistencia para soportar la fuerza expansiva del gas, provistos de las espiras convenientes para la salida de éste y con los agujeros necesarios en sus cubiertas para introducir los ingredientes. El hidrógeno pasaba, antes de penetrar en el globo, por unos tubos de cuero llenos de cal viva, que lo purificaban, despojándolo del vapor de agua y del ácido en exceso.

El metal que ordinariamente se empleaba en la produccion del gas consistía en llantas rotas, clavos, herraduras y otros objetos análogos de hierro viejo, que podían encontrarse fácilmente; de modo que sólo era preciso atender al transporte del ácido sulfúrico, que se efectuaba, en cantidad suficiente para algun tiempo, en un carruaje de dos caballos.

Posteriormente, así en Francia como en Inglaterra, las dos naciones de Europa que con más interés se han ocupado en estos últimos años del asunto, dedicaron preferentemente su atencion á los medios más fáciles y cómodos de transportar el material aerostático, llegando á resultados relativamente satisfactorios.

En ambas se construye todo lo necesario en los establecimientos del Estado creados con este objeto y con el de servir de centros de instrucion al personal dedicado á este servicio, y así en París como en Lóndres existen talleres aeronáuticos debidos á la iniciativa privada, á los que han recurrido hasta ahora las demás naciones no tan adelantadas como aquéllas en este género de manufacturas.

De los que existen en la primera de dichas capitales merecen citarse el de Mr. Gabriel Yon y el de Mr. Lachambre, que han sido hasta la fecha los proveedores de los trenes aerostáticos, de que ya disponen casi todos los ejércitos, pues mientras el segundo los ha facilitado á los de Holanda, Bélgica y Portugal, el primero los ha construido para los de Rusia, Italia y

China, ya que en Austria y Alemania se procura tambien hacerlos en los establecimientos del Estado.

De los mencionados constructores, el primero es sin duda alguna el más conocido, y tiene á su favor la circunstancia de haber colaborado con Mr. Giffard y Mr. Dupuy de Lome en sus experimentos de navegacion aérea y la de haber construido para aquél los famosos globos cautivos de las exposiciones de París y Lóndres. Por otra parte, el material que ha facilitado á los ejércitos dichos, resume indudablemente las condiciones á que debe satisfacer para el objeto á que se destina, y es análogo, salvo pequeñas variantes, al adoptado en todas partes, á juzgar por las noticias de los periódicos profesionales; de modo que nos concretaremos á describirlo ligeramente, siguiendo las indicaciones de su autor.

Desde luego conviene advertir que ya se ha demostrado experimentalmente, y de una manera satisfactoria, en varias ocasiones, la eficacia de todas las máquinas y aparatos empleados para la inflacion, elevacion, maniobra y transporte de los globos cautivos.

El sistema en su conjunto comprende las tres partes principales siguientes:

- 1.^o El material aerostático propiamente dicho.
- 2.^o El generador de hidrógeno de produccion rápida y continua.
- 3.^o El torno de vapor para la maniobra del cable de sujecion.

1.^o—*Material aerostático.* Este consiste en un globo de seda de forma esférica, que tiene un diámetro de 10 á 11 metros, y por consiguiente un volumen de 500 á 600 metros cúbicos, para elevar dos ó tres hombres á 500 metros de altura, con el lastre y demás aparatos consiguientes, y conservando suficiente fuerza ascensional para hacer posible su empleo aun con vientos de 10 metros por segundo. La válvula de maniobra, situada en su parte superior, se cierra por medio de un anillo circular metálico, que, mediante la accion de cuatro muelles en espiral unidos á la armadura de aquélla, oprime una banda de cautchú y ofrece muy buena obturación. En la parte inferior lleva otra válvula automática, idéntica á la primera, que se abre cuando la dilatacion del gas interior excede de cierto límite, previniendo los accidentes á que pudiera dar lugar esta circunstancia.

En efecto, como quiera que así los diámetros de las dos válvulas dichas

como los espacios que han de recorrer al abrirse están calculados de modo que por cada uno de ellos pueda salir un volúmen conveniente de gas, resulta que aún en el caso de que éste experimentase una rápida y gran dilatacion, debida á que el globo se hubiese elevado mucho por efecto de la ruptura del cable de sujecion, no se correría peligro alguno, por más que se hubiese roto á la vez la cuerda de maniobra de la válvula superior, pues sería suficiente la inferior para dar salida al gas á medida que se dilatase en la ascension.

La red que rodea el globo está unida por su parte superior al cerco de la válvula y termina en veinticuatro cuerdas que sirven para sujetar el globo en el suelo. Además sostiene, por medio de una suspension trapezoidal, la barquilla de mimbre, que puede contener dos ó tres personas, y á la que bajan las cuerdas de maniobra de las válvulas. Debajo del trapecio dicho viene á unirse el cable de sujecion por el intermedio de un dinamómetro, que indica á cada instante el esfuerzo de tension que éste experimenta. El cable, como todas las demás cuerdas, es de cáñamo muy bueno; tiene 500 metros de longitud y lleva arrollados dos alambres de cobre que sirven para la comunicacion telefónica de los tripulantes de la barquilla con los que están en tierra.

Al aeróstato acompaña una ancla con su cuerda correspondiente, dos cuerdas de maniobra, de las cuales una es el *guide-rope*, y todos los pequeños accesorios necesarios para las ascensiones libres, siendo de advertir, por ultimo, que la calidad del tejido y del barniz empleados en la confeccion del globo garantiza una gran impermeabilidad, puesto que sólo se calcula en 25 ó 30 metros cúbicos la pérdida de hidrógeno que experimenta á través de la envoltura en veinticuatro horas.

La fuerza ascensional máxima de un globo de $10^m,084$ de diámetro completamente lleno puede calcularse en unos 600 kilogramos, que segun el peso permanente que ha de elevar se reparten del modo siguiente:

Peso del material aerostático.	250 kilogramos.
--	-----------------

Peso de dos hombres.	150 »
------------------------------	-------

Esfuerzo disponible.	200 »
------------------------------	-------

TOTAL.	600 kilogramos.
----------------	-----------------

El esfuerzo disponible sirve para levantar el cable de sujecion, que pesa

unos 100 kilogramos, para vencer los rozamientos del torno y dar cierta estabilidad al globo contra vientos de velocidad moderada.

Todo el material aerostático va instalado para el transporte en un carro especial de cuatro ruedas, cuyo peso, después de cargado, es de unos 2000 kilogramos (lámina 3, fig. 23).

2.^o—*Generador del hidrógeno.* Es un aparato montado en un carro de cuatro ruedas, en el que se produce el gas por la descomposición del agua bajo la influencia del hierro y del ácido sulfúrico (lámina 3, fig. 25).

Consiste en un gran recipiente *B* de palastro de hierro, forrado interiormente de plomo para resistir á la acción del ácido, que se llena de limaduras y virutas de hierro, y cuya parte superior se cubre con un cierre hidráulico.

El agua y el ácido necesarios para la producción del gas entran en el recipiente por su parte inferior, después de haberse mezclado bien en el tubo *C*, y atravesando un doble fondo agujereado suben á través del hierro, que se disuelve poco á poco y que por la acción del ácido sulfúrico descompone el agua y da origen al gas hidrógeno, que sale por un tubo á propósito, y al sulfato de hierro, que sale también de una manera continua por otro tubo sifón *D*. El hierro de la parte inferior del recipiente es sustituido con el que está encima, y baja por su propio peso; de modo que la producción del hidrógeno se efectúa sin interrupción.

Del generador *B* pasa el gas muy cargado de vapor de agua y ligeramente ácido por un gran número de tubos atravesados de pequeños agujeros á la parte inferior del lavador *F*, que es una vasija cilíndrica de palastro de hierro con cierre hidráulico, en cuya parte superior se introduce por medio de la bomba *G* una corta cantidad de agua, que cae en forma de lluvia y se renueva constantemente, saliendo á su vez de una manera continua por un tubo sifón *D* después de haber lavado y enfriado el hidrógeno, que sube á través de esta masa de agua para penetrar en seguida en los desecadores *J*.

Estos consisten en dos cilindros de palastro de doble fondo perforado y llenos de cloruro de calcio, que es muy eficaz y suficiente para la desecación del hidrógeno, pero al que conviene añadir en el primero cierta cantidad de soda cáustica, á fin de hacer el gas alcalino, y porque si éste contuviese todavía algún resto de ácido sulfúrico podría dar origen con el cloruro de

cálcio á una parte de ácido clorhídrico, que aún siendo pequeña perjudicaría á la tela del globo.

El hidrógeno llega á la parte inferior del primero de los cilindros dichos por el tubo *I*, y despues de atravesar de abajo á arriba la columna de cloruro de cálcio, pasa á la parte inferior del segundo, y atravesando nuevamente otra columna análoga á la primera, sale de la parte superior de éste por una llave y un tubo de seda que lo conduce al globo.

Entre el generador y el lavador existe una bomba para el agua y el ácido, cuyo cilindro motor recibe el vapor que la pone en movimiento de la caldera del torno, que describiremos á continuacion, por medio de un tubo de cauchú. La bomba de agua es de doble efecto, siendo de volúmen diferente cada uno de los dos lados del émbolo, de modo que el mayor sirva para alimentar el lavador y que el más pequeño suministre el agua necesaria para la produccion del hidrógeno. La del ácido es de bronce fosforoso, á fin de que no sea corroida por el líquido, y sirve para impeler el ácido sulfúrico en cantidad conveniente, de modo que cualquiera que sea la velocidad del mecanismo se conserve siempre la proporcion establecida entre el agua y el ácido.

La cantidad de hidrógeno que puede obtenerse en condiciones normales se calcula en 200 ó 250 metros cúbicos por hora de trabajo efectivo del aparato, y el peso total del generador instalado en su carroaje es de 2600 kilogramos.

3.^o—*Torno de vapor.* Este aparato, montado en un carro de cuatro ruedas (lámina 3, fig. 24), consta de una caldera de vapor vertical *A*, sistema Field, y de un motor de dos cilindros *B*, cuyos émbolos obran sobre un mismo eje por medio de dos manivelas colocadas á ángulo recto.

El árbol de la máquina pone en movimiento, por ruedas dentadas, las poleas *C*, que sirven para la traccion del cable, el cual se arrolla sucesivamente en ellas, y de las que pasa al tambor *D*, movido por la máquina, sobre el que se envuelve regularmente guiado por la polea *E*, pasando despues á la polea *G*, de movimiento universal, y de ésta al aeróstato.

Cuando el globo se eleva, la fuerza ascensional desarrolla el cable y hace girar el mecanismo en sentido inverso al de su marcha normal, y entonces

los cilindros aspiran aire del tubo de escape y se convierten en dos bombas neumáticas, que permiten hacer más lento ó detener completamente el movimiento ascensional por medio de una llave fija á un apéndice del tubo dicho, que cerrándola más ó menos convierte el aparato en un freno regulador de aire, de la mayor sensibilidad; además de otro freno de seguridad que lleva el árbol motor.

Cuando el globo se ha elevado á la altura máxima que permite la longitud del cable, la máquina puede hacerlo bajar al suelo en menos de diez minutos, con una velocidad del árbol de 200 vueltas por minuto.

Este aparato permite transportar también el globo hinchido de un punto á otro, en cuyo caso bastará elevarlo á 40 ó 50 metros, y en fin, el peso total del carro es de 2600 kilogramos.

EMPLEO DE LOS GLOBOS EN LOS CAMPOS DE BATALLA. Examinados sucesivamente los diferentes servicios que pueden prestar los globos en la guerra, nos limitaremos ahora á indicar la manera de aplicarlos en los campos de batalla para efectuar los reconocimientos que tan útiles e interesantes noticias pueden proporcionar, así en cuanto á la configuración topográfica del terreno, como respecto á las obras y trabajos realizados para fortificarlo, y en fin, en todo lo relativo á los movimientos y disposiciones del enemigo, anunciando oportunamente la aproximación de sus fuerzas y la importancia de éstas, los puntos á que se dirigen, la situación de sus reservas y cuanto pueda interesar el buen resultado de la lucha.

Como es consiguiente, la primera operación será la de hinchir el globo, transportándole después al sitio designado para verificar las ascensiones, y contando con el peso que desde luego ha de llevar la barquilla, se colocan en ésta los sacos de arena que han de servir de lastre, de modo que siempre conserve la fuerza ascensional necesaria para luchar con la del viento.

En tanto que permanezca en el suelo, se le sujetá con una serie de sacos llenos de tierra y asegurados á la red, de modo que puedan desengancharse con facilidad y rapidez en el momento preciso. Instalados los aeronautas en la barquilla, se sueltan á la vez todas las cuerdas á una señal convenida, y el globo se eleva hasta la altura deseada, regulando su movimiento con arreglo á las indicaciones del aeronauta. Los ingenieros militares ingleses aseguran

que empleando tres globos en un campo de batalla á intervalos de 3000 á 4000 metros, con aeronautas préviamente ejercitados, y que por consiguiente tengan la necesaria confianza y seguridad, podría explorarse eficazmente en todos sus detalles un frente de 15 á 16 kilómetros, y que efectuando las ascensiones de noche se descubriría la situación del enemigo por las hogueras de sus vivacs, como indica el general Sir Garnet Wolseley. Reuniendo, pues, por alambres telegráficos dichos observatorios con el cuartel general del ejército, éste podría tener noticias casi instantáneas de todas las ocurrencias y de los menores accidentes del extenso frente de batalla de su ejército, para ocurrir á ellas y adoptar las disposiciones más oportunas, con perfecto conocimiento de los sucesos.

Dicho se está que los oficiales encargados de estas observaciones deben disponer de buenos gemelos de campaña, y es de creer que una vez familiarizados con este género de observaciones conseguirán formarse pronto una idea completa del terreno y representarlo en cróquis suficientemente aproximados.

Cuando las ascensiones hayan de verificarse dentro del alcance eficaz de los proyectiles, deben ser sumamente rápidas, retirando el globo tan pronto como se descubran los puntos en que estén situadas las fuerzas enemigas ó el principal objeto del reconocimiento, á fin de evitar las consecuencias del gran alcance y exactitud de las armas actuales, pero sin perjuicio de repetirlas desde otros puntos.

Se ha propuesto también emplear los globos libres en esta clase de exploraciones, con el objeto de evitar algunos de los inconvenientes que ofrecen los cautivos, como son, entre otros, el mayor volumen que necesitan para soportar el peso de los cables de sujeción y los balances á que están sujetos en su constante lucha contra el viento; pero dudamos mucho que se consigan estos resultados por los medios que se indican, y menos todavía que puedan reemplazar á los globos cautivos, como se comprenderá fácilmente recordando lo que dejamos dicho respecto al modo de gobernar y dirigir aquéllos.

El procedimiento consiste en dejar libre el globo á merced del viento, aprovechando oportunamente la dirección de éste, de modo que cuando sea

la misma que la del frente de batalla, salga del flanco de barlovento, dejándole recorrer toda la línea por el interior de las posiciones ocupadas. Cuando el viento sople en dirección al enemigo, se efectuaría la ascension bastante á retaguardia, observando rápidamente y descendiendo antes de pasar las avanzadas propias; y cuando el viento sopla de frente, se invertiría la operación, elevando el globo en las avanzadas y descendiendo á retaguardia después de efectuado el reconocimiento. Estas operaciones se repetirían cuantas veces fuera preciso, remolcando el globo después de cada bajada hasta el punto de partida; y en fin, en algunas ocasiones convendría aventurarse aún sobre las posiciones enemigas, enviando los informes adquiridos por medio de señales ó de palomas mensajeras, y descendiendo, en fin, cuando fuera posible hacerlo en país amigo ó neutral, á retaguardia de aquéllas.

Ya hemos anticipado el juicio que nos merece este procedimiento, sin que sea necesario más detenido examen para corroborarlo, por cuya razón nos limitaremos á recordar el sistema que parece muy preferible de sujetar el globo por medio de sacos de arena, que haciendo equilibrio á su fuerza ascensional, le dejan libre en cierto modo y disminuyen el inconveniente de sus balances.

En cuanto á los reconocimientos en globo libre, con el objeto de explorar la marcha de un ejército, no es fácil que sean de frecuente aplicación, en tanto que no se haya resuelto definitivamente y de un modo verdaderamente práctico el problema de la dirección, porque el medio de aprovechar las corrientes aéreas de distintas direcciones, siempre ha de ser muy precario.

ORGANIZACION É INSTRUCCION DE LAS COMPAÑIAS Ó SECCIONES DE AERONAUTAS MILITARES. Desde luego se comprende que la organización del personal encargado del servicio aerostático en campaña ha de estar subordinada á la naturaleza y necesidades de éste, y por consiguiente que en esta parte no es posible otra cosa que hacer algunas indicaciones respecto á la organización de las tropas aeronáuticas de otros países.

Las compañías que se organizaron en Francia en 1793 estaban asimiladas á las de zapadores, y se componían de un capitán, un teniente, un subteniente, un sargento primero y todas las demás clases correspondientes, formando un total de treinta á cuarenta hombres, elegidos en todos los demás

cuerpos del ejército, entre los más robustos y los que poseían profesiones ú oficios más á propósito para el servicio que habían de desempeñar.

La sección de aeronautas militares en América se componía de cincuenta hombres, entre oficiales, clases y soldados, al mando de un capitán, y su misión principal era el servicio y vigilancia de los globos, las disposiciones necesarias para llenarlos y para su transporte y la de efectuar todos los trabajos y maniobras; pero sin la obligación de verificar ascension alguna, puesto que con este objeto estaban á las inmediatas órdenes de un acreditado y práctico aeronauta civil, que tenía asimilación á un alto empleo del ejército, y que en relaciones directas con el general Mac-Clellan disponía y ordenaba todo lo concerniente al servicio aerostático.

Las compañías improvisadas por los franceses durante la guerra de 1870-71 en el ejército del Loire, constaban de 150 hombres para el transporte y maniobras de los globos, que tenían hasta 2000 metros cúbicos de volumen, y estaban á las órdenes de dos aeronautas civiles.

Por último, en la actualidad, así en Francia como en Inglaterra, hay ya varias compañías de ingenieros consagradas á este nuevo e importante servicio militar, que se ejercitan en todas las operaciones que lleva consigo el manejo de los globos, habiendo conseguido gran práctica y destreza, gracias á la perseverancia con que se consagran á su instrucción.

En la primera de dichas naciones se decretó el año 1872 la creación de una escuela aeronáutica militar en Meudón, antigua residencia de la que se había fundado á últimos del siglo pasado, y merced á las crecidas sumas de que dispusieron para la instalación y á las que se les conceden anualmente, no sólo se ha desarrollado de una manera notable aquel centro, sino que ya disponen de varias secciones perfectamente organizadas, de 90 hombres cada una, con el material consiguiente de globos, aparatos portátiles de vapor y todo el correspondiente á los menores detalles del servicio, y según parece se proponen destinar una á cada cuerpo de ejército.

Esta conducta obedece al principio de que semejante preparación es tanto ó más esencial que en cualquiera otra rama de los servicios militares, si los globos han de ser de verdadera utilidad, confiados á un cuerpo instruido y preparado al efecto. Otra cosa pudiera creerse en vista del ligero y original

aprendizaje á que se sujetaban durante el sitio de París los improvisados aeronautas que salieron de esta plaza, puesto que se reducía á colgar del techo una barquilla, é instalado en ella el educando, enseñarle todo lo concerniente á las maniobras de la válvula y del lastre, al uso del ancla y al modo de efectuar los descensos; pero este procedimiento era impuesto y casi inevitable, dadas las circunstancias, y no autoriza, por tanto, en manera alguna á deducir que basta la resolucion y el arrojo para lanzarse á navegar en la atmósfera, y ménos todavía sin los conocimientos necesarios para hacer frente á las circunstancias extraordinarias.

En cambio no parece difícil, al decir de los prácticos, que al cabo de algunas ascensiones se llegue á conseguir la firmeza y la seguridad indispensables para desempeñar el servicio, familiarizándose con las maniobras y precauciones de uso más frecuente.

Sin entrar, pues, en otros detalles de organizacion, no ofrece género alguno de duda que sería necesario reclutar un personal especial, compuesto de hombres robustos y que tuviesen oficios de carpinteros, veleros, cordeleiros, sastres, guarnicioneros, pintores y otros análogos, ó que hubiesen ejercido alguna industria ó tuviesen alguna profesion, como las de químicos, constructorés de instrumentos, fotógrafos, telegrafistas y otros que fuesen igualmente útiles y de aplicacion á las maniobras y operaciones del servicio aerostático. Sería preciso, además, disponer de local á propósito, con todas las oficinas y dependencias necesarias, que encerrase un gran espacio de terreno cercado para las operaciones preliminares de henchir y elevar los aeróstatos, así como para la construccion, maniobras y almacenaje del material y para la instruccion del personal.

Esta debería ser progresiva y constante, sin distraer á los soldados en otros servicios, dado que de su habilidad y destreza dependerá el éxito en la mayor parte de los casos, pues como oportunamente dice el tantas veces citado Mr. Fonvielle, «tanto vale el aeronauta, tanto vale el globo,» y por consiguiente no admite duda que una buena instruccion del personal es la primera condicion de la aeronáutica y de su aplicacion á la guerra.

Por eso era objeto tan preferente en la antigua escuela de Meudon, en la que no se limitaba á las maniobras aerostáticas, sino que comprendía tam-

bien el estudio de la física, de la química, de la geografía y de la topografía, como ciencias cuyo conocimiento es de la mayor utilidad, y en muchos casos imprescindible.

La escuela poseía un globo destinado á la educación práctica de los alumnos, y los ejercicios á que se consagraban consistían desde luego en elevarse á diferentes alturas en el globo cautivo, sin exceder de ciertos límites, hasta haber dado repetidas pruebas de capacidad, así en la maniobra y gobierno del globo, como en la seguridad de las observaciones, que no son fáciles para los principiantes, por las razones que ya en otra parte dejamos aducidas, y como se comprende fácilmente.

Análogamente, la instrucción del personal debería consistir en un curso elemental de aquellas ciencias, y especialmente de la meteorología, en cuanto tuviese relación con las operaciones aeronáuticas, y en la nomenclatura, objeto y uso de las diversas partes de los globos, así como en las maniobras de prepararlos completamente para las ascensiones, ya fuesen libres ó cautivos, ejercitándose además en la gimnasia y la natación, para que pudieran subir en caso necesario por las cuerdas de la red, dominar el vértigo y salvarse á nado en último extremo.

En fin, deberían hacer repetidas ascensiones, especialmente los oficiales, para habituarse á este procedimiento de observación, á la extraña perspectiva que ofrecen los objetos terrestres vistos desde alturas tan considerables, á la apreciación de distancias y á todos los asuntos que se refieren á estos servicios de guerra, agregando á dicha escuela un observatorio meteorológico con buenos aparatos, por la capital importancia que tendrá siempre en la aerostación el conocimiento del tiempo.

Careciendo en absoluto de experiencia en el arte aeronáutico, no habíamos de pretender añadir ninguna nueva idea á las ya adquiridas, ni dar solución á ninguno de los muchos problemas que envuelve la aplicación militar de los globos, y sí sólo reunir y clasificar los resultados de experimentos anteriores y las ideas más prácticas emitidas desde el punto de vista especial en

que nos hemos colocado para tratar este asunto, pues como dice oportunamente Mr. G. Tissandier, «es necesario lanzarse á los aires para hacer progresar la navegacion aérea; que un maquinista era el que encontró los órganos de la máquina de vapor, un físico el que inventó el telescopio, y sólo el aeronauta, el práctico que ha aprendido á manejar el útil que quiere mejorar, levantará algun día la punta del velo bajo el que se oculta la solucion del gran problema.»

Por lo demás, aunque los estudios, las investigaciones y las experiencias realizadas no hayan llegado todavía á resultados tan prácticos y beneficiosos como pudieran desearse, por mucho que falte descubrir no es posible dudar tampoco que donde quiera se les ha empleado, previa alguna preparacion al efecto, fueron de incuestionable utilidad, y así se desprende de la insistencia con que los usaron los franceses, despues de los primeros ensayos, en las campañas de la república y durante el sitio de París en 1870-71, y del uso que de ellos hicieron los americanos en 1862, á pesar de las condiciones poco favorables del país.

Es más elocuente todavía que cuantos razonamientos y datos se puedan aducir y que la opinion unánime de los aeronautas más prácticos, el hecho de la atencion que merece á las grandes naciones militares de Europa.

Ya no se duda, en efecto, de su importancia,* y mientras en Francia el aprecio que ha merecido por las indudables ventajas que proporcionó al ejército y al país durante la última guerra, ha sido motivo para que, volviendo con empeño por sus antiguas tradiciones aeronáutico-militares, se haya creado una comision con abundantes recursos, consagrada exclusivamente á este objeto, y cuyos felices experimentos han fomentado las más halagüeñas esperanzas y una confianza acaso exagerada para el porvenir. En Inglaterra, que siempre había mirado con desconfianza, si no con desdeñoso abandono, este asunto, se ha organizado al fin desde hace algunos años una comision en el arsenal de Woolwich, cuyas pruebas y ensayos han obtenido un éxito tan lisonjero, que ya está decretada hace algún tiempo la adopcion de material aerostático perfeccionado para el ejército, y la creacion de compañías de ingenieros, especialmente destinadas al uso y maniobras de los globos en campaña; y en fin, en Alemania háse emprendido en estos últimos tiempos,

con no menos ardor y entusiasmo, el estudio de asunto tan importante, sin que sea posible predecir cuál será el desarrollo que está llamado á alcanzar este servicio en los ejércitos.

Lo que sí puede afirmarse desde luego es que en aquellas dos naciones se han realizado varios progresos en la calidad y resistencia de los materiales empleados, estudiando en detalle y en conjunto sus diferentes partes, perfeccionando la válvula, el lastre, el medio de suspension de la barquilla y los instrumentos necesarios para la navegacion aérea, eligiendo seda muy resistente, un barniz impermeable y las cuerdas que bajo el menor peso ofrecen mayor resistencia, construyendo e inventando aparatos especiales para la produccion del hidrógeno y para todas las pruebas y ensayos á que constantemente se entregan, perfeccionando las señales telegráficas de día y de noche y cuanto se refiere á las maniobras de los globos, y en fin, alcanzando como resultado de todos estos estudios, ventajas incuestionables respecto al tan debatido asunto de la dirección de los aeróstatos libres movidos por agentes mecánicos.

Pero si despues de todos estos progresos han disminuido considerablemente las dificultades y los obstáculos que se oponían á las aplicaciones militares de los globos, es lo cierto que en todas partes observan un silencio tan absoluto, un secreto tan impenetrable en cuanto se refiere á las ventajas obtenidas, que nada exacto es posible saber sobre dichos extremos, y reducidos á conjeturas más ó menos verosímiles y á lo poco que se ha hecho del dominio público, es preciso casi concretarse á plantear el problema que ya ellos tienen resuelto, á lo que parece, exponiendo los puntos que son motivo de estudio y lo que se ha conseguido en públicos ensayos y discusiones anteriores.

De aquí el que hayamos procurado indicar el estado en que hoy se encuentra el problema, con arreglo á las noticias que nos ha sido posible recoger en libros, periódicos y revistas nacionales y extranjeras, indicando á la vez la teoría y los principios en que se asientan las soluciones propuestas y demostrando implícitamente que los progresos de la aerostacion, como los de todas las ciencias, han pasado sucesivamente á través de los años por una serie de trasformaciones lentas y casi insensibles, que permiten esperar se resuman en nuestros días en el acontecimiento que revele al fin claramente el objeto que las ha inspirado.

Parcos hemos sido en apreciaciones propias respecto á los servicios que prometen, y no ciertamente porque dejasesen de ocurrírseños algunas dudas y observaciones, así acerca de los resultados obtenidos, como respecto á los medios propuestos ó ensayados para obviar algunos de sus inconvenientes, sino porque desconfiando por una parte de nuestras fuerzas y desprovistos en absoluto de experiencia por otra, ni habían de llevar el menor sello de autoridad nuestras palabras, ni podíamos desechar el temor de que acaso fueran debidas á falta de mayor y más profundo conocimiento de la materia.

Por fortuna, en nada perjudica esta omision, nacida de disculpable prudencia, al objeto del presente trabajo; que si es el de dar á conocer la utilidad práctica que hoy tiene para los ejércitos la aplicacion de los globos, planteando en cierto modo á la vez los problemas que realmente entraña, no entraña en manera alguna en nuestros propósitos, ni nos era dado acometer las soluciones que el porvenir les tenga reservadas, y que sólo será posible alcanzar acertadamente mediante un estudio perseverante y ordenado, unido á la indispensable experiencia de los que se consagran á resolverlos, con todos los recursos y elementos necesarios al efecto.

Por lo demás, independientemente de cuantos datos y razonamientos hemos aducido oportunamente para encarecer la importancia que en las condiciones de la guerra moderna, y dados los adelantos de todas las industrias militares, tiene para los ejércitos el estudio de esta cuestión, aún prescindiendo de los servicios que han prestado ya, como se desprende de la ligera reseña histórica de sus aplicaciones, y haciendo caso omiso de los numerosos y variados proyectos á que han dado origen, basta, y aún es superior á todos los razonamientos para llevar el convencimiento al ánimo, el ejemplo ya repetido de las principales potencias de Europa y la preferente atención que desde hace algunos años conceden á este asunto.

Puede, pues, afirmarse, sin incurrir en la menor exageracion, como legítima consecuencia de los hechos referidos, que aun sin la posibilidad absoluta de dirigirlos, estos aparatos serán ya en su actual estado de uso ordinario en todos los ejércitos beligerantes.

Pero éste, como tantos otros servicios del mismo género, no es de los que se improvisan en el momento del peligro, ni sería dable organizarlo reposa-

damente ante las dolorosas preocupaciones de la guerra, cuando se apodera de los ánimos esa agitacion febril que impone irresistiblemente la accion, sin tanteos ni dilaciones imposibles, y cuando todo ha de haber sido previamente concertado para concurrir con eficacia al comun esfuerzo.

Por eso nosotros consideramos de imprescindible necesidad el abandono de esa casi glacial indiferencia con que presenciamos los progresos realizados en otros países, en evidente ventaja del aumento de su potencia militar, y el que nos consagremos al estudio de todos aquellos elementos cuya carencia sería un motivo de inferioridad, que hasta moralmente influiría en nuestro daño, haciéndonos perder la confianza indispensable en el éxito al medir nuestras armas con enemigos mejor preparados y más fuertes. Es preciso no olvidar que precisamente las naciones débiles son las que con más motivo han de buscar en el estudio, en la instruccion y en la ciencia los medios más poderosos y efficaces de restablecer el equilibrio, alterado materialmente en la lucha por el número de los combatientes y por los recursos materiales que se pongan en accion.

Indicadas quedan en las páginas que preceden algunas de las ideas que necesitan confirmacion práctica, con los estudios y los experimentos que de ellas se derivan y que todavía son necesarios en gran número para su más acertada e inteligente aplicacion. Deben, pues, estudiarse con el mayor detenimiento todos los elementos de este interesante problema, en vista de obtener los señalados servicios que indudablemente ha de prestar á los ejércitos de nuestros días.

Lo repetimos: aún en asuntos de más fácil resolucion, sería bastante á detenernos el convencimiento de nuestra insuficiencia; pero el temor de que á nuestros deseos pudiera oponerse la consideracion de los gastos que originaría esta empresa, siquiera no debiera preocuparnos, cuando se consumen sumas tan enormes en otros objetos cuyo efecto útil acaso no sería nunca comparable á las ventajas que podrían obtenerse de los globos inteligentemente aplicados, nos mueve á decir unas cuantas palabras más acerca de la extension que juzgamos podría darse prudentemente á tan útiles ensayos, para demostrar que sería muy limitado el sacrificio impuesto al Tesoro.

No pretendemos en manera alguna rivalizar en este punto con los ejérci-

tos de otras naciones, ni aún siquiera seguir sus huellas en todos los ensayos que están llevando á cabo, porque desgraciadamente harto comprendemos la imposibilidad de obtener todos los recursos pecuniarios al efecto, dada la precaria situacion de nuestro estado financiero; pero no porque esto sea imposible, encontramos justificado el renunciar á los ensayos y á los experimentos que á muy poca costa están á nuestro alcance, y para los que casi nos atrevemos á decir que no se necesita más que la firme voluntad de realizarlos con sentido verdaderamente práctico y seguramente en la parte más útil.

En efecto, aún renunciando á emprender investigacion alguna respecto al problema de la direccion, y hasta prescindiendo de los globos libres, que despues de todo han de ser por ahora de uso ménos frecuente, siempre podríamos ensayar el empleo de los globos cautivos en sus variadas aplicaciones y disponer á lo ménos, al cabo de poco tiempo, de algun material á propósito para efectuar este importantísimo medio de exploracion en campaña, á la vez que de algun personal que hubiese adquirido la práctica necesaria en la construccion y maniobras que aquél exige.

Y puesto que estas ligeras indicaciones bastarán seguramente para poner en claro lo práctico de nuestro pensamiento, sin entrar en nuevas consideraciones, que por otra parte no serían más que una repeticion de las que dejamos consignadas, séanos permitido recordar una vez más á los indiferentes y á los escépticos, la célebre campaña de 1870-71, en la que tambien se desconfiaba al principio de la utilidad que pudieran prestar estos aparatos, que entonces calificaba de pueriles el mariscal Le Bœuf, ministro de la Guerra, contestando á los que le proponían la organizacion de algunas secciones de aeronautas, y fué preciso el rigoroso bloqueo de París y la completa desaparicion de los ejércitos franceses, tras una serie de inverosímiles derrotas, para que los eminentes servicios prestados por algunos distinguidos aeronautas los rehabilitaran ante el tribunal inapelable de la ciencia y de la opinion pública.

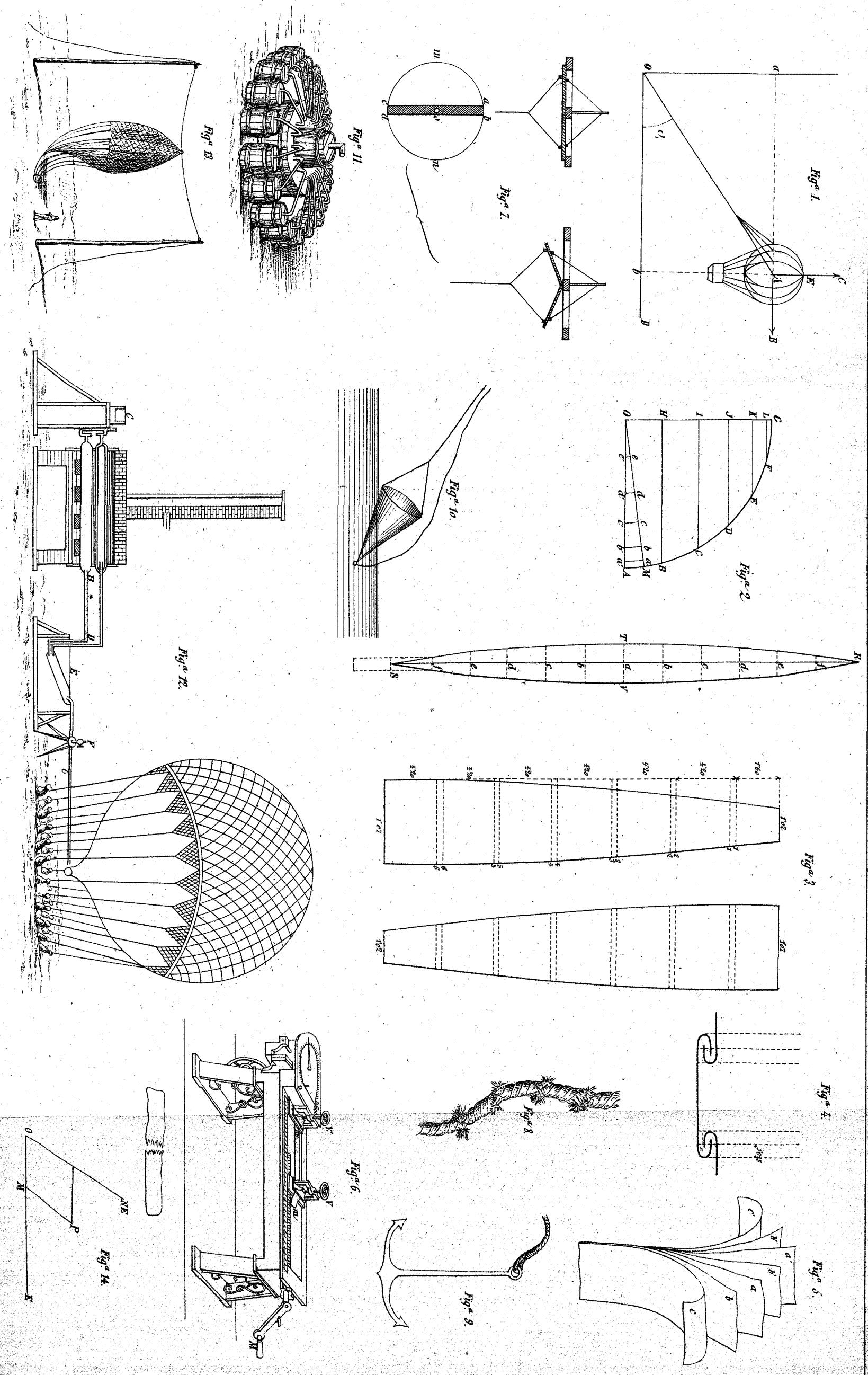
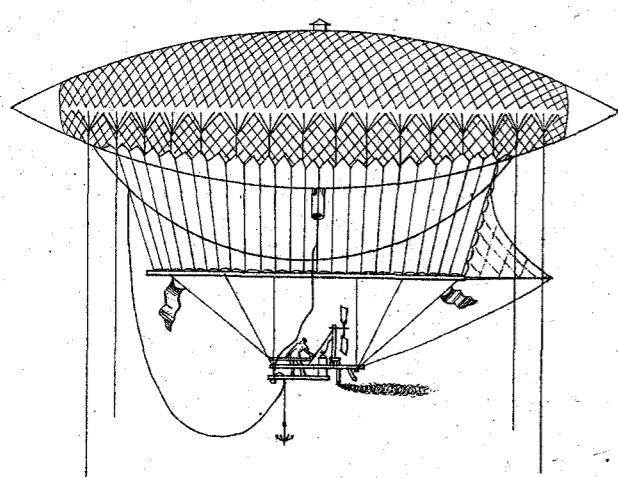
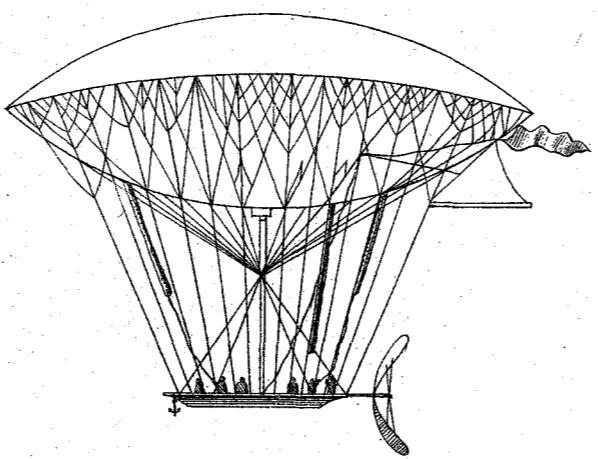
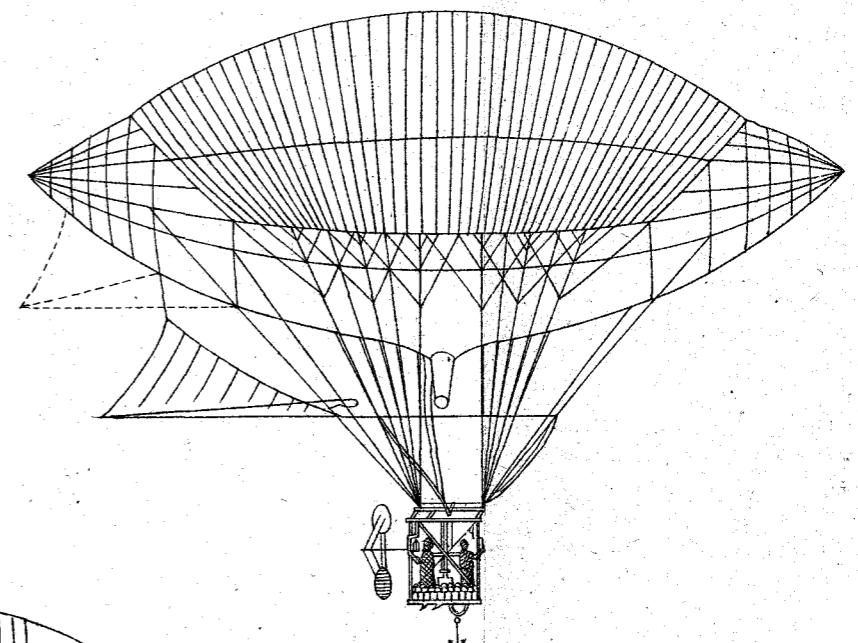
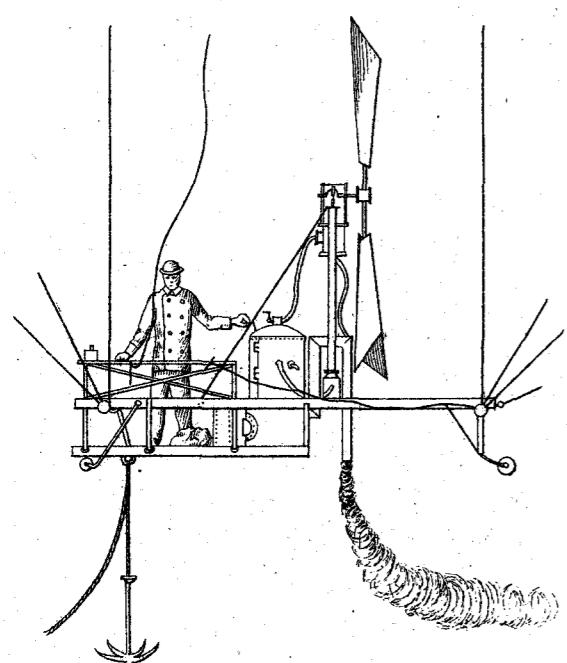
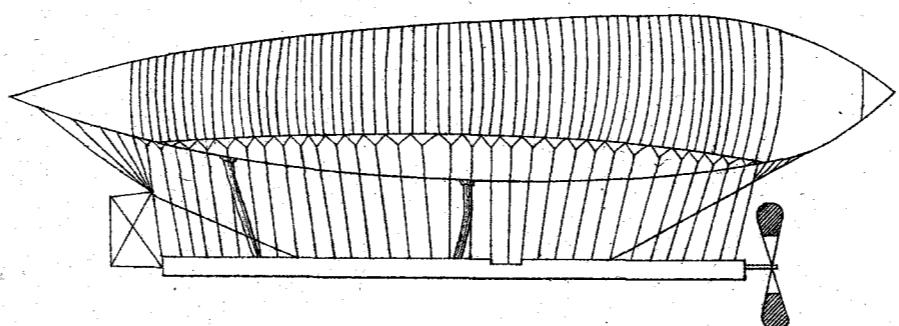
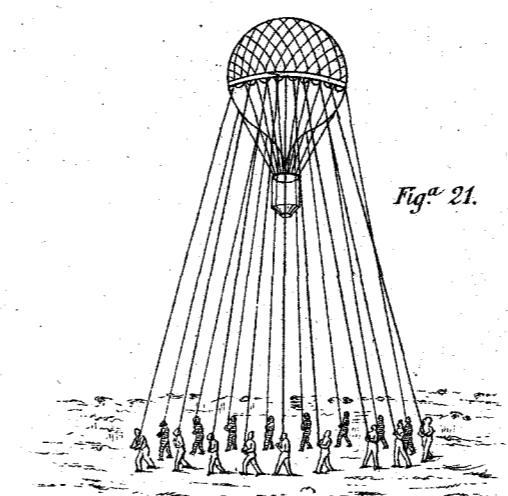
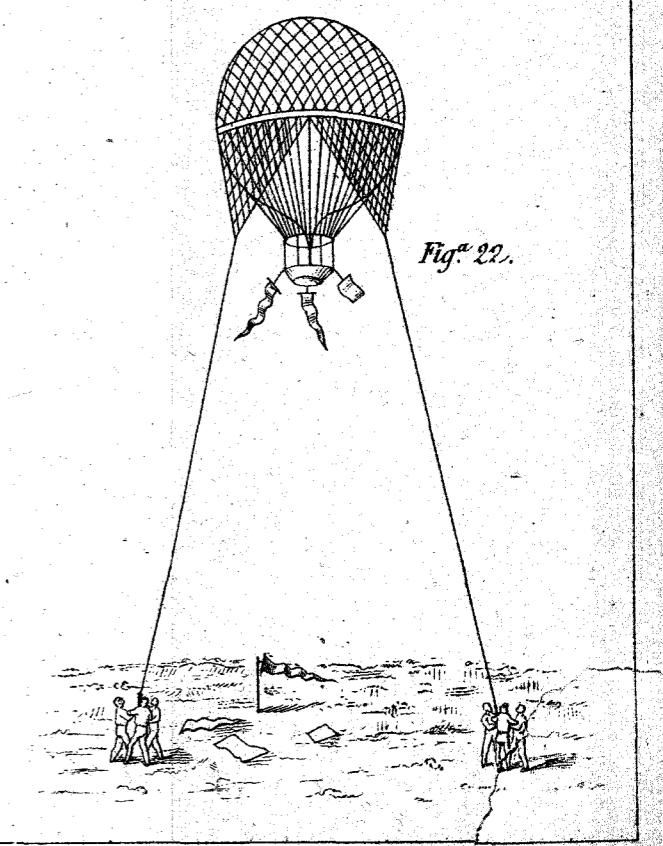
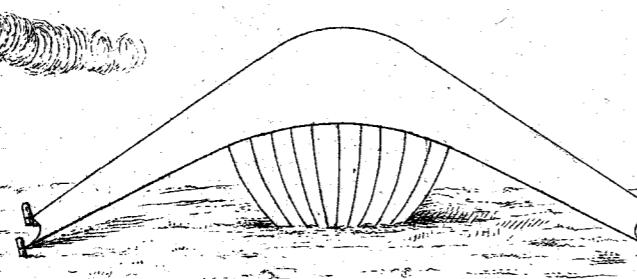
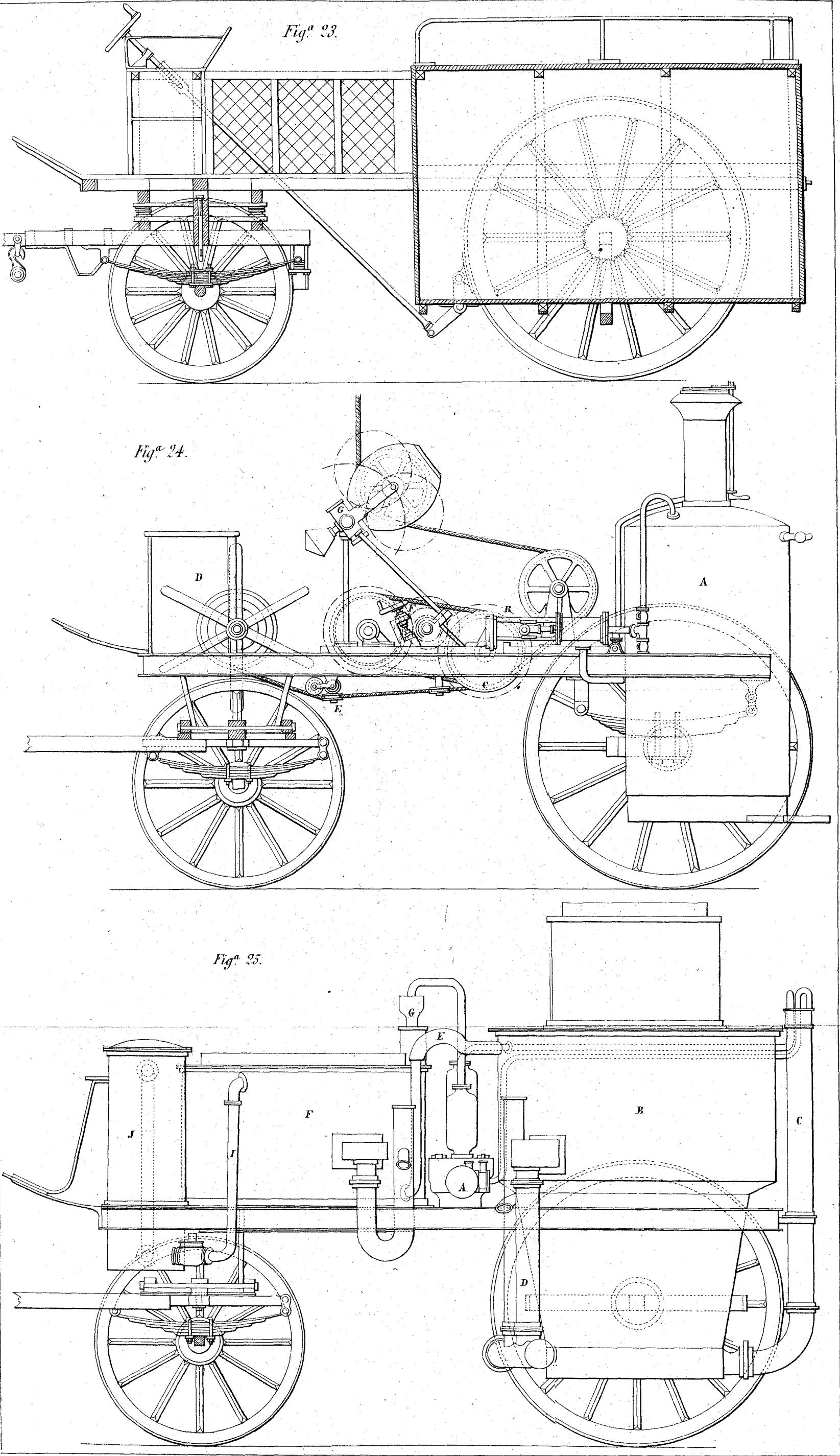
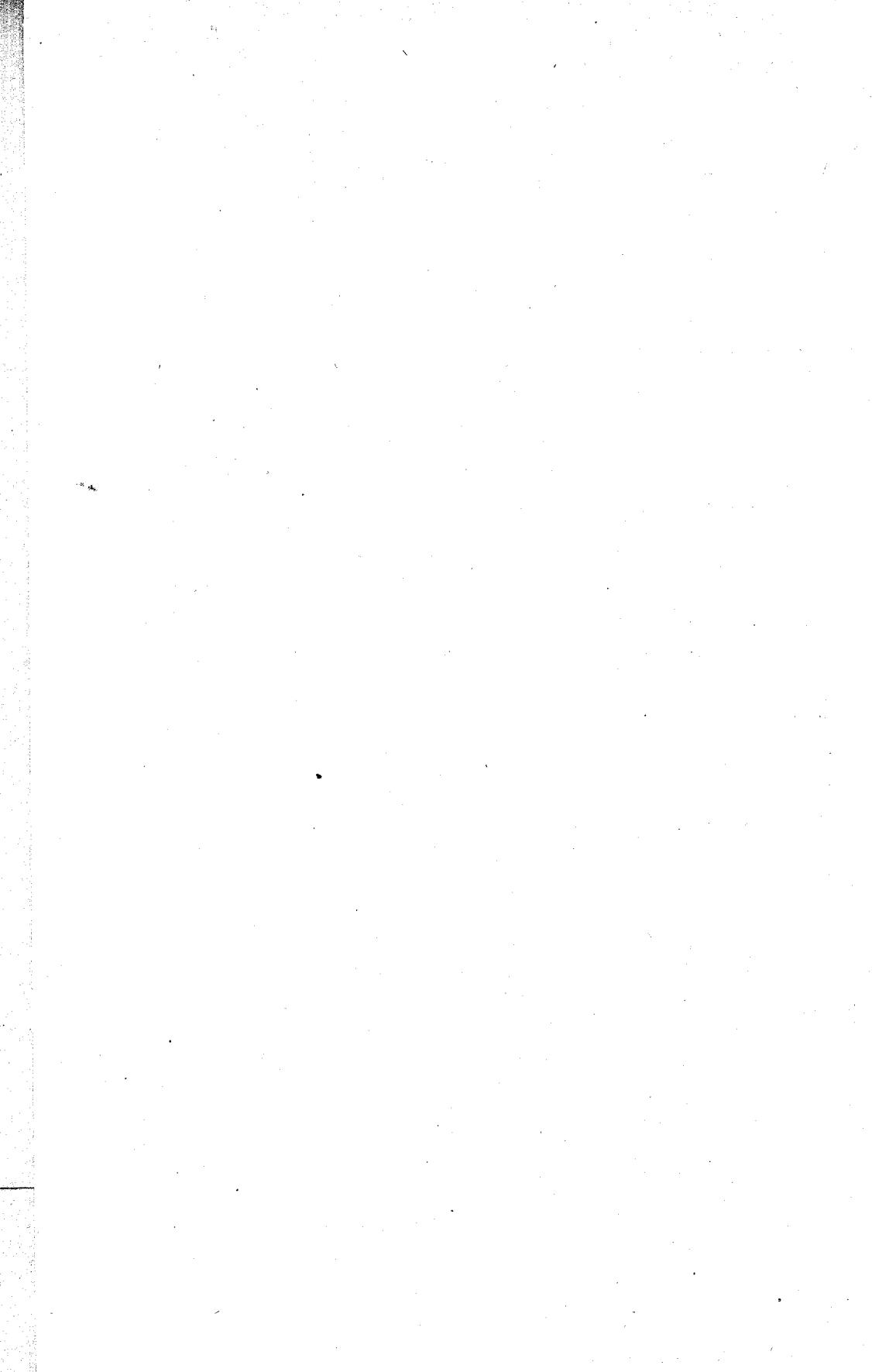


Fig.^a 15.Fig.^a 17.Fig.^a 18.Fig.^a 16.Fig.^a 19.Fig.^a 22.Fig.^a 21.







ÍNDICE.

Páginas.

PRÓLOGO	v
-------------------	---

CAPÍTULO I.

<i>Resumen histórico de las aplicaciones militares de los globos aerostáticos.</i>	1
Consideraciones preliminares.	1
Proyectos anteriores á la invención de los globos aerostáticos.	3
Invención de los globos aerostáticos.	4
Empleo de los globos en los ejércitos.	11
Primera compañía de aeronautas militares.	15
Segunda compañía de aeronautas militares.	19
Los globos cautivos militares desde 1798 á 1870.	23
Los globos cautivos militares desde 1870 á 1885.	26
Los globos militares en América.	30
<i>Enumeración y exámen de las principales objeciones opuestas al empleo de los globos cautivos en los ejércitos.</i>	35
Peligro de que los globos sean alcanzados por los proyectiles enemigos.	36
Extensión de las exploraciones.	40
Inconvenientes del humo y de las circunstancias atmosféricas.	42
Dificultades de observación debidas á los movimientos del globo.	43
Peligros de los globos y dificultades de transporte del material aéreo-táctico.	46
Utilidad real de los globos en la guerra y opiniones acerca de su valor.	48

CAPÍTULO II.

<i>Diversas aplicaciones militares de los globos aerostáticos.</i>	59
La fotografía en globo.	59
Telegrafía aerostática.	65
Empleo de los globos en la iluminación de guerra.	69
Los globos como máquinas ofensivas.	71
Practicabilidad de los proyectos indicados.	75
Globos correos.	79

Utilidad de los globos correos	81
Los globos durante el sitio de París	84

CAPÍTULO III.

<i>Construcción y manejo de los globos libres y cautivos</i>	101
Teoría de los aerostatos	101
Cálculo de la fuerza ascensional de los aerostatos	102
Cálculo de la fuerza ascensional de los globos cautivos y del peso y resistencia de sus cables de sujeción	105
Forma y construcción de la envoltura	109
Materiales empleados en los aerostatos	114
Aparatos para probar la resistencia y la impermeabilidad de las telas .	122
Válvulas	123
Construcción de la red y de la barquilla y modo de suspensión de ésta .	125
Lastre, <i>guide-rope</i> y anclas	127
Gases que deben emplearse para hinchir los globos	131
Producción del hidrógeno	133
Modo de hinchir los globos	140
Maniobra de los globos cautivos	143
Instrumentos y reglas que deben aplicarse en la navegación aérea .	149
Dirección de los globos libres aprovechando las corrientes aéreas .	163

CAPÍTULO IV.

<i>Aerostatos dirigibles</i>	173
La aviación	174
La aeronáutica	178
Los globos dirigibles en el siglo XVIII	182
Aerostatos dirigibles de Mr. Giffard	186
Proyectos y ensayos de globos dirigibles durante el sitio de París . .	192
Aerostato dirigible de Mr. Dupuy de Lome	196
Los globos dirigibles en Austria	210
Ensayos de globos dirigibles en Inglaterra	213
Proyectos y ensayos de aerostatos dirigibles en Alemania	215
Ensayos de navegación aérea en Rusia	219
Aerostato eléctrico de los hermanos Tissandier	220
Aerostato eléctrico dirigible de Mrs. Renard y Krebs	225
Estado actual del problema	236
Porvenir de los globos dirigibles en la guerra	242

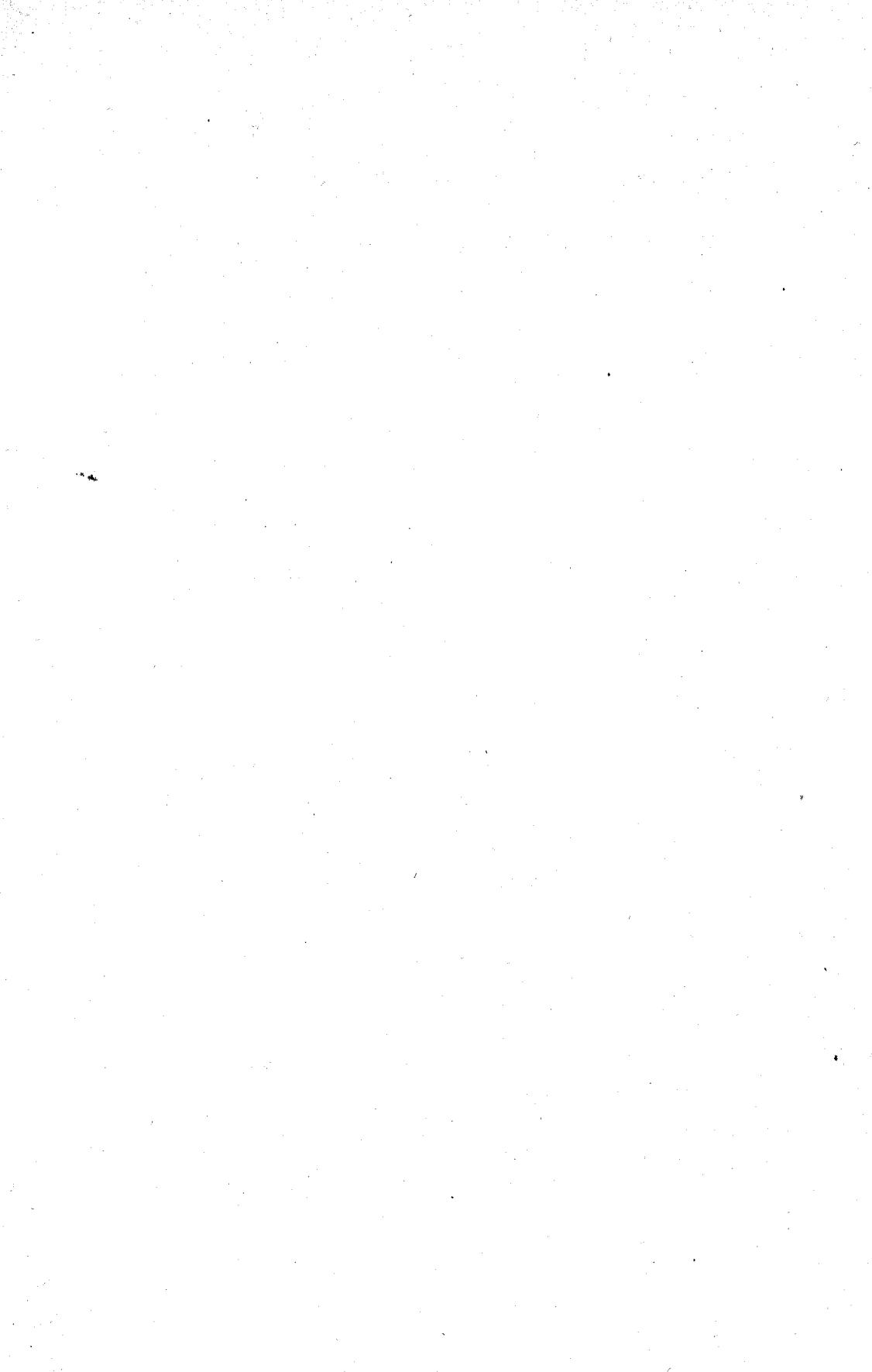
CAPÍTULO V.

<i>Consideraciones sobre la organización del servicio de aerostación militar</i> .	247
Condiciones que debe cumplir el material aerostático	247

Páginas.

Exámen comparativo, bajo el punto de vista de sus aplicaciones militares, de los globos de aire caliente y los de gas hidrógeno.	249
Forma y volumen más convenientes de los globos militares de reconocimiento.	253
Modo de hinchir y de transportar los globos en campaña.	258
Trenes aerostáticos militares.	261
Empleo de los globos en los campos de batalla.	267
Organización e instrucción de las compañías ó secciones de aeronautas militares.	269





ÍNDICE

DE LAS DISPOSICIONES INSERTAS

EN LA

COLECCION LEGISLATIVA DEL EJÉRCITO

que pueden interesar á los lectores del MEMORIAL DE INGENIEROS

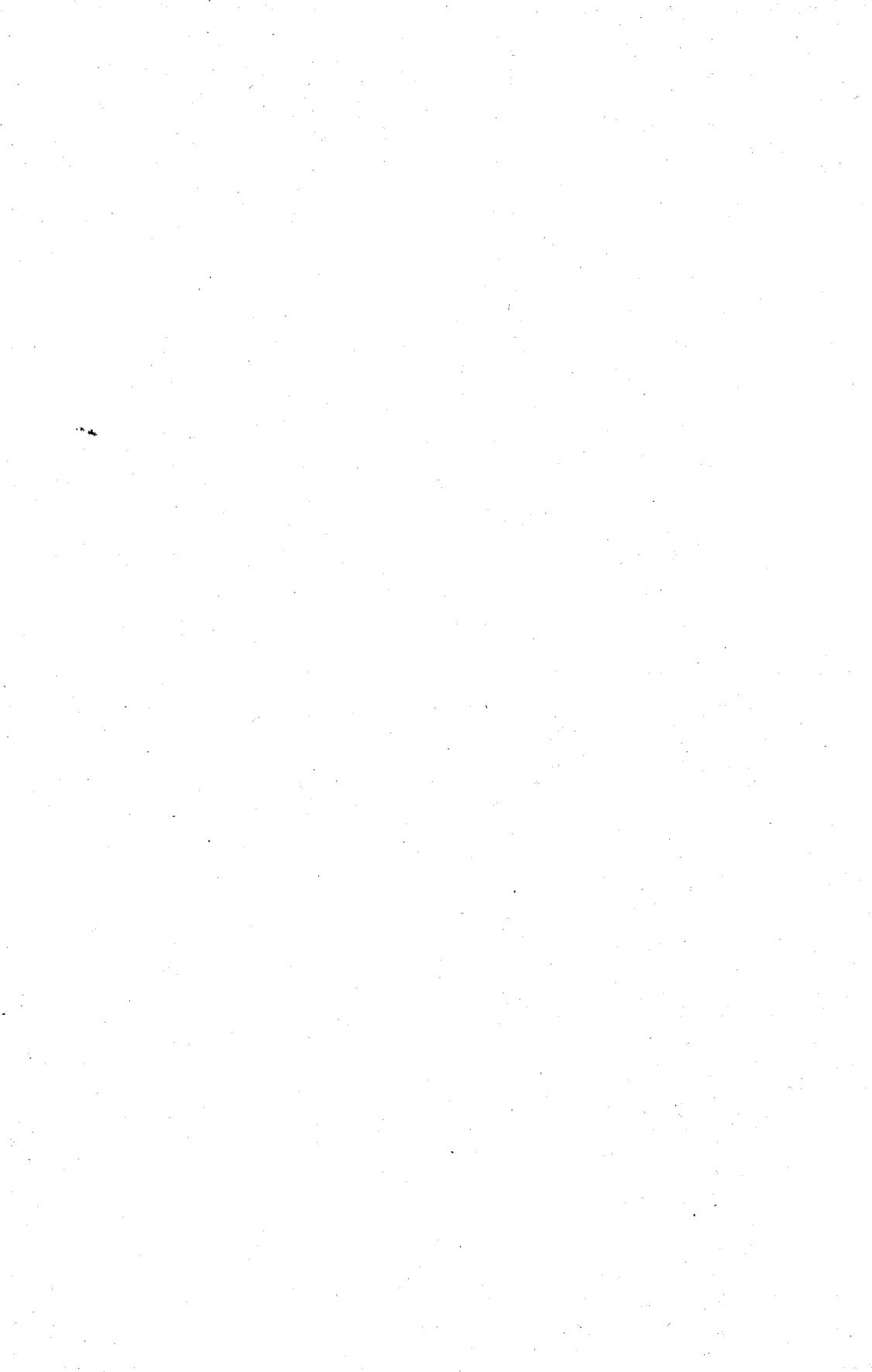
(1886-1887)



MADRID.

IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS.

—
1887



INDICE

de disposiciones insertas en la «Colección legislativa del ejército.»

TOMO XXX.

1886.

Páginas
del tomo
III.

Diciembre 1. ^o	Músicos mayores.—Academias. —Disponiendo que los hijos de músicos mayores disfruten los beneficios de la real orden de 20 de marzo de 1885 para el ingreso en las academias militares.	1076
" 2	Subastas.—Reglamentos. —Modificando los artículos 36, 37, 38 y 39 del reglamento para la contratación de los servicios del ramo de Guerra.	1046
" 4	Ingenieros. —Disponiendo que los cargos de abanderado en los cuatro regimientos de zapadores-minadores, y de portaestandarte en el regimiento de pontoneros y batallones de telégrafos y ferrocarriles, sean desempeñados por tenientes de ingenieros.	1048
" 5	Destinos.—Sueldos. —Disponiendo se procure evitar el conferir á los generales, jefes y oficiales, cargos inferiores á su categoría, consignando en este caso la forma en que han de percibir sus haberes.	1058
" 9	Reemplazos.—Contabilidad. —Sobre remisión de relaciones de las cartas de pago de redimidos, y que éstos las conserven en su poder, haciendo extensiva esta disposición á los jefes de cuerpo.	1079
" 10	Obras científicas. —Recomendando que no se eleven á informe más obras científicas que las verdaderamente útiles para el ejército.	1071
" 10	Organización.—Clases de tropa. —Determinando las plantillas de los cuadros de tropa al pie de paz en las armas de caballería, artillería, ingenieros y administración militar.	1082
" 11	Subastas.—Contabilidad. —Recordando el cumplimiento de la real orden de 4 de noviembre de 1852, respecto á la formación de pliegos de condiciones para la contratación de los servicios en todos los ramos de la administración.	1086
" 15	Academia especial de sargentos.—Exámenes. —Disponiendo queden exentos del examen de varias asignaturas los sargentos que presenten título del grado de bachiller.	1106
" 20	Matrimonios. —Haciendo extensivo el precepto del artículo 14 del decreto ley de 22 de octubre de 1886, sobre matrimonios, á todos los funcionarios de Guerra y Marina.	1109
" 23	Abono de tiempo.—Retiros. —Sobre validez del tiempo servido en las diferentes carreras del Estado, para los efectos de retiro.	1115

TOMO XV.

1887.

Páginas
del tomo
IV.

Enero.	3	Ultramar. — <i>Destinos.</i> —Disponiendo que los jefes y oficiales que pasen á los ejércitos de ultramar sean bajas en sus cuerpos en fin del mismo mes en que sean destinados.	14
"	8	Armas. — <i>Responsabilidad.</i> — <i>Reglamentos.</i> —Aclaraciones al reglamento de 6 de setiembre de 1882 sobre pérdida ó deterioro prematuro de efectos del material de Guerra.	25
"	21	Clases pasivas. — <i>Revistas.</i> —Disponiendo que las viudas y huérfanos de los oficiales generales, coroneles, y de los caballeros grandes cruces y placas de San Hermenegildo, justifiquen su existencia por medio de oficio.	70
"	21	Reuniones políticas. —Que está prohibido á los militares concurrir á los círculos de carácter político.	70
Febrero.	8	Hojas de servicios. — <i>Invalidacion de notas.</i> —Disponiendo se consigne por medio de nota en las hojas de hechos, la invalidacion concedida antes de la fecha de las instrucciones de 31 de julio de 1881.	117
"	9	Ultramar. — <i>Destinos.</i> — <i>Sueldos.</i> —Determinando el sueldo que deberán disfrutar los jefes ú oficiales que, despues de haber sido destinados á su peticion á ultramar, renuncien el pase á aquellos ejércitos.	118
"	11	Organizacion. — <i>Ingenieros.</i> — <i>Telégrafos.</i> — <i>Reglamentos.</i> —Aprobando el reglamento para el servicio telegráfico militar permanente de las plazas.	120
"	14	Armas. —Disponiendo se aclare el concepto de las prescripciones mandadas observar sobre limpieza del armamento de fuego.	176
Marzo.	7	Organizacion. — <i>Ingenieros.</i> — <i>Personal del material.</i> —Aprobando el aumento de la plantilla de oficiales celadores de fortificacion.	281
"	8	Ultramar. — <i>Destinos.</i> —Previniendo que los jefes y oficiales que despues de ser destinados á ultramar soliciten quedar nuevamente en la península, acompanien á su instancia la certificacion que se expresa.	233
"	8	Ingenieros. — <i>Organizacion.</i> — <i>Telégrafos.</i> — <i>Reglamentos.</i> —Aprobando el reglamento de las relaciones que deben existir entre el cuerpo de telégrafos y el ramo de Guerra. . . .	234
"	8	Sargentos. — <i>Matrimonios.</i> —Resolviendo se devuelva á los sargentos primeros, cuando asciendan á alfereces ó al ser baja en el ejército, el depósito que hayan hecho para contraer matrimonio.	238
"	17	Reemplazos. — <i>Redenciones.</i> —Derogando la real orden de 17 marzo de 1886, que autorizaba las redenciones á metálico fuera de los plazos legales.	279

1887.

Marzo	26	Ultramar. — <i>Retiros.</i> —Dictando reglas para la concesión de retiros por ultramar.	278
"	26	Transportes. — <i>Almacenes.</i> — <i>Oficinas.</i> —Dictando reglas para el transporte de los almacenes y oficinas de los cuerpos cuando éstos sean transportados por cuenta del Estado. . .	283
Abri.	16	Academias. — <i>Reglamentos.</i> —Reformando los artículos 88 del reglamento de las academias de aplicación de caballería y administración, 91 de los correspondientes á las de estado mayor é ingenieros, y 97 del de la de artillería.	321
"	25	Premios de constancia. —Que no tienen derecho á disfrutar premios de constancia, los individuos que estén separados de las filas.	327
"	27	Organización. — <i>Academias.</i> — <i>Reglamentos.</i> —Modificando algunos artículos de los reglamentos orgánicos de la academia general militar y de los de las academias especiales.	330
"	29	Licencias temporales. —Disponiendo que las licencias temporales concedidas para asuntos propios á las clases é individuos de tropa, sean sin goce de haber ni pan, y que cuando hayan de disfrutarlas debe declararse así.	333
Mayo	5	Subastas. —Disponiendo que las subastas de adquisición de materiales se hagan, por regla general, por un año, y que los necesarios en la comandancia de ingenieros de Granada se saquen nuevamente á subasta.	337
"	6	Contabilidad. — <i>Subastas.</i> — <i>Reglamentos.</i> —Modificando el párrafo 1º del artículo 46 del reglamento de contratación vigente.	340
"	12	Responsabilidad. — <i>Pérdida de efectos.</i> —Que sólo se informe en los expedientes de responsabilidad que se refieran á efectos que se suministren.	347
"	12	Material de guerra. — <i>Ultramar.</i> —Que para los abonos ó reintegros que se verifiquen en ultramar por pérdidas ó deterioros del material, se conceptúe el real fuerte por real de vellón.	355
Junio	4	Ultramar. — <i>Destinos.</i> —Determinando la forma en que pueden obtener su pase de uno á otro de los ejércitos de ultramar los oficiales de los cuerpos de escala cerrada. . . .	385
Julio	4	Teléfonos. — <i>Edificios militares.</i> —Disponiendo no se establezca el servicio telefónico en los edificios del ramo de Guerra para el uso particular de los diferentes funcionarios del mismo.	421
"	24	Ingenieros. — <i>Contabilidad.</i> — <i>Sueldos.</i> —Resolviendo acerca de la forma en que han de cobrar sus haberes los tenientes de ingenieros de la promoción de 1887.	502
"	31	Academias. — <i>Exámenes.</i> —Determinando que los alumnos de las academias militares que en los ejercicios ordinarios	

de fin de curso hayan obtenido aprobacion en dos de las clases teóricas, pueden repetir en setiembre el exámen de la que no hayan aprobado.....	505
Agosto...	
4 Pabellones. — <i>Edificios.</i> —Dejando sin efecto la real órden de 9 de noviembre último, relativa á pabellones de jefes y oficiales.....	516
» 18 Gratificaciones. — <i>Descuentos.</i> —Determinando se hallan exentas del descuento del 10 por 100 las gratificaciones que disfrutan los tenientes.....	559
» 29 Subastas. —Disponiendo que el director general de artillería y los de los establecimientos del cuerpo, autoricen las escrituras ó contratos de los distintos servicios administrativos de los mismos,.....	573
» 31 Teléfonos. —Autorizando á los jefes de los cuerpos armados para utilizar el servicio telefónico, siempre que establezcan aparatos en sus pabellones.....	600
» 31 Academias. — <i>Exámenes.</i> —Disponiendo que los alumnos de las academias militares tienen obligacion de sufrir el exámen de todas las clases que compongan el año respectivo, para determinar quiénes tienen derecho al segundo exámen.....	601
Setiembre	
2 Ingénieros. — <i>Obras de fortificación.</i> —Resolviendo acerca de las obras comprendidas en la calificacion 4. ^a del artículo 64 del reglamento.....	602
» 10 Academias. — <i>Exámenes.</i> —Disponiendo que las academias militares se atengan á lo resuelto en real órden de 31 de agosto último, respecto á los segundos exámenes.....	610
» 12 Ultramar. — <i>Sargentos.</i> — <i>Matrimonios.</i> —Rectificando el artículo 41 de la real órden de 16 de julio de 1886, sobre la cantidad que deben depositar los sargentos al contraer matrimonio.....	621
» 15 Ultramar. — <i>Supernumerarios sin sueldo.</i> —Ordenando que los oficiales que pidan pasar á la situacion de supernumerarios, promuevan sus instancias antes de cumplir la máxima permanencia en ultramar.....	623
» 15 Organización. — <i>Sucesión de mando.</i> —Resolviendo consulta acerca de quiénes son los llamados á ordenar la sucesión de mando en los cargos de los distritos.....	623
» 19 Academias. —Disponiendo que los alumnos de las academias de estado mayor, artillería é ingenieros que hayan de repetir curso, hagan el estudio privadamente y asistan á las clases del año inmediato como oyentes.....	359
» 19 Músicos. — <i>Matrimonios.</i> —Disponiendo que los músicos de 1. ^a , 2. ^a y 3. ^a clase pueden contraer matrimonio una vez cumplidos los seis años de servicio activo.....	360
» 20 Licencias por enfermos. — <i>Reconocimientos.</i> —Modificando los artículos 3. ^º y 4. ^º de las intrucciones para el reconoci-	

1887.

Páginas
del tomo
IV.

	miento de los jefes y oficiales que soliciten licencias por enfermos.	361
Setiembre 27	Edificios. —Determinando la forma en que han de reponerse los cristales de las ventanas ó balcones de los edificios militares.	677
Octubre. . . 1	Organizacion. — <i>Haberes.</i> —Dictando reglas para hacer extensivas á todas las armas la real órden de 24 de setiembre último sobre administracion y contabilidad de los cuerpos y distribucion del haber del soldado.	680
» 10	Organizacion. — <i>Clases de tropa.</i> —Disponiendo quedan sin efecto las reales órdenes de 8 de julio de 1869 y 30 agosto de 1871, que autorizaban las permutas de las clases de tropa de un cuerpo á otro.	686
» 10	Haberes. — <i>Alumnos.</i> — <i>Voluntarios.</i> —Disponiendo que los individuos de tropa voluntarios no tienen derecho al haber cuando ingresan como alumnos en las academias militares.	697
» 12	Reemplazos. — <i>Voluntarios.</i> — <i>Licencias absolutas.</i> —Disponiendo no se extienda licencia absoluta á los individuos que cumplen sus compromisos voluntarios sin haber jugado la suerte de soldados.	698
» 15	Sueldos. — <i>Descuentos.</i> —Dictando reglas para la excepcion del descuento del 10 por 100, segun la situacion en que se encuentran los interesados.	689
» 19	Organizacion. — <i>Conferencias de oficiales.</i> —Trasladando el real decreto de esta fecha suprimiendo las conferencias de oficiales de los distritos.	692
» 24	Ultramar. — <i>Regreso á la península.</i> —Que no se hagan excepciones para el regreso, una vez cumplida la máxima permanencia en aquellos ejércitos de los jefes y oficiales..	701
» 24	Enseñanza privada. — <i>Profesores.</i> —Recordando lo dispuesto sobre prohibicion de ejercer la enseñanza privada á los profesores de las academias militares.	703
» 25	Organizacion. — <i>Destinos.</i> —Determinando las condiciones que han de reunir los jefes y oficiales para ser destinados á las oficinas, dependencias y establecimientos que se detallan.	695
» 27	Ultramar. — <i>Contabilidad.</i> — <i>Abonarés.</i> —Determinando las bases bajo las cuales han de expedirse duplicados de abonarés expedidos por los cuerpos.	709
» 29	Organizacion. — <i>Ingenieros.</i> — <i>Brigada topográfica.</i> — <i>Reglamentos.</i> —Reformando los artículos 23 y 24 del reglamento de la brigada topográfica de ingenieros.	711
Noviembre 8	Utensilio. — <i>Administracion militar.</i> — <i>Asistentes.</i> —Disponiendo que el utensilio que forma la cama militar no salga del cuartel ni aun para uso de los asistentes..	726
» 14	Salvas. — <i>Galas.</i> —Resolviendo sobre las salvas que han de	

1887.

Páginas
del tomo
IV.

	hacerse y traje que ha de usarse, en los días que la guía oficial marca de «gala con recepcion,» «gala» y «media gala».	735
Noviembre 14	Ultramar. — <i>Habilitados.</i> —Determinando no pueden ser nombrados habilitados, los jefes y oficiales de ultramar que ántes de terminar el año económico tengan que regresar á la península, por cumplir el tiempo de máxima permanencia.	735
,	19 Honores. —Disposiciones que han de observarse respecto á honores militares en los puntos donde residan las reales personas.	743
,	17 Utensilio. —Limitando el uso de la tercera manta que puede darse al soldado, á los casos más precisos.	745
,	20 Ultramar. — <i>Transportes.</i> —Ampliando el art. 5. ^o de las instrucciones de 14 de enero de 1886, sobre concesión de pasajes á los jefes y oficiales de los ejércitos de ultramar.	751
,	22 Edificios. — <i>Pabellones.</i> —Disponiendo se rescindan las contratas de arriendos de habitaciones para jefes y oficiales en Aragón, Navarra y Extremadura.	753
,	22 Ultramar. — <i>Transportes.</i> — <i>Pasajes.</i> — <i>Familias.</i> —Resolviendo carecen de derecho al abono de pasaje para ultramar, las familias de los jefes y oficiales cuando no corresponda á éstos.	756
,	26 Transeuntes. — <i>Suministros.</i> — <i>Utensilio.</i> —Determinando los individuos que han de ser considerados como transeuntes y los que tienen derecho á suministro y utensilio.	781
,	29 Organizacion. — <i>Destinos.</i> — <i>Artillería.</i> —Disponiendo que en lo sucesivo no se destinen á las islas Canarias y posesiones de África, á los jefes y oficiales que encontrándose á la cabeza de sus escalas no puedan cumplir dos años de permanencia en aquellos puntos.	788
,	29 Academias. — <i>Alumnos.</i> — <i>Haber.</i> — <i>Clases de tropa.</i> —Aclarando la real orden de 10 de octubre último, sobre el derecho al haber de los individuos de la clase de tropa que ingresan en las academias militares.	788
,	30 Ultramar. — <i>Documentacion.</i> —Disponiendo que no procede se faciliten por las capitánías generales copias de reales órdenes y otras disposiciones que soliciten los jefes ú oficiales con objeto de unirlas á sus instancias.	791
Diciembre 1. ^o	Ultramar. — <i>Hojas de servicios.</i> — <i>Hojas de hechos.</i> —Disponiendo que los antecedentes que sirven para el conocimiento del historial y servicios de los jefes y oficiales destinados en ultramar, radiquen en las direcciones respectivas.	791
,	2 Ascensos. — <i>Postergaciones.</i> —Dictando disposiciones para la postergación de los jefes y oficiales del ejército.	792

1887.

Páginas
del tomo
IV.

Diciembre	2	Organizacion. — <i>Diario oficial del ministerio de la Guerra.</i> —Colección legislativa.—Creando un <i>Diario oficial del ministerio de la Guerra.</i>	759
"	2	Organizacion. —Modificando las instrucciones para el despacho del ministerio de la Guerra.	771
"	3	Cruces. — <i>Pensiones.</i> — <i>Descuentos.</i> —Que las pensiones de cruces de San Fernando están sujetas al descuento del 10 por 100, con excepción de las que se expresan.	795
"	3	Créditos. — <i>Procesados.</i> —Sobre la aplicación que debe darse á los alcances de los soldados sentenciados.	796
"	3	Organizacion. — <i>Haberes.</i> — <i>Presupuestos.</i> —Que se compense el exceso de haberes en unas clases, con lo que se reclame de ménos en otras, siempre que no exceda de lo consignado en presupuestos para el total de tropa de cada regimiento.	798
"	19	Indemnizaciones. — <i>Peritos.</i> —Determinando la forma en que han de abonarse sus honorarios á los peritos nombrados por el ramo de Guerra para expropiaciones y tasa- cion de fincas.	808
"	20	Armas. —Dando instrucciones para efectuar las entregas provisionales de armamento en los parques.	809
"	22	Ultramar. — <i>Subastas.</i> —Resolviendo se aplique en los ejércitos de ultramar la real orden de 2 de diciembre de 1886 para que en las subastas actúen como secretarios, oficiales de administración militar en vez de notarios.	816
"	24	Estados de fuerza. —Dictando instrucciones para la redac- cion y remisión de los estados de fuerza y circulando mo- delo de nuevo resumen.	810
"	28	Indemnizaciones. —Derogando para la península é islas adyacentes el art. 9. ^o del reglamento vigente de las mismas.	817
"	30	Ultramar. — <i>Pases.</i> —Determinando la forma de cubrir las vacantes de tenientes de artillería é ingenieros en ul- tramar.	818

FIN.

