

MEMORIAL DE INGENIEROS.





MEMORIAL DE INGENIEROS

DEL EJÉRCITO.

COLECCION DE MEMORIAS.

TERCERA ÉPOCA. — TOMO V.

(XLIII DE LA PUBLICACION.)

Año 1888.



MADRID

IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS.

1888

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT

PHYSICS 311

PHYSICS 311

PHYSICS 311

PHYSICS 311

PHYSICS 311

INDICE

DE LAS OBRAS SUELTAS QUE COMPRENDEN LAS ENTREGAS

DEL

MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

publicadas en el año de 1888.

SUAREZ DE LA VEGA.—*La aerostación militar*, por el coronel, comandante de ingenieros, D. José Suarez de la Vega.—Desde la página 151 á la 181 inclusive, y la lámina 3.^a—Continuación.—(Véase el tomo de 1887.)

MAYANDÍA.—*Fortificación permanente.—Frente de estudio*, por D. Antonio Mayandía y Gómez, capitán de ingenieros.—Memoria reglamentaria.—Consta de 43 páginas y 2 láminas.

NIEVA.—*Subida de agua á Choritoquieta*, por el teniente coronel, comandante, D. Luis de Nieva y Quiñones, capitán de ingenieros.—Consta de 32 páginas y una lámina.

ROLDÁN Y LA LLAVE.—*Apuntes sobre defensa de las costas.—Estudio de las baterías al descubierto*, por el coronel de ejército, teniente coronel de ingenieros, Don Francisco Roldán y Vizcaino, y el coronel graduado, comandante de ejército, capitán de ingenieros, D. Joaquín de La Llave y García.—Consta de 144 páginas.

VIDAL.—*Planímetro de Amsler.—Descripción, teoría, uso é ideas sobre una modificación de este instrumento*, por el teniente coronel, D. Antonio Vidal y Rua, capitán de ingenieros y profesor de la academia del cuerpo.—Consta de 32 páginas y una lámina.

LA
AEROSTACION MILITAR

POR

EL CORONEL COMANDANTE DE INGENIEROS

DON JOSÉ SUAREZ DE LA VEGA.

CONTINUACION.

(Véase desde la página 1 á la 150 en el tomo del año 1887.)

ЛІ

ЯКІН ПОВІСЬКА

Видання перше

Львів, 1910

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 órden dentro de la barquilla todos los objetos que debe llevar, procurando, prévio 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 también 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 entónces 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 también 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 caucho 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 sujecion, 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 direccion é intensidad del viento, se tema 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 henchidos 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 direccion 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 menos de éstas cuando el globo descende, 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 eleccion 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 ocasion de advertir, produciendo una expansion de aquél considerable, y aumentando mucho el volúmen y la fuerza ascensional, mientras que es bastante que el globo pase, aun á buena distancia, por encima de un bosque ó de un rio un poco notables para que se advierta un rápido descenso, debido á la mayor humedad de la atmósfera ó sea á la condensacion 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 entónces 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 aproximacion los efectos que producirán sobre la fuerza ascensional del globo las variaciones dichas, y las consecuencias que originarán inmediatamente y en relacion con todas las demás circunstancias que puedan influir en el tiempo que haya de durar la expedicion 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 automáticos 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, despues de haberse encogido, produciendo efectos análogos á los que se observan al flamear las velas de los buques.

Es tambien digno de advertirse que siendo ordinariamente opaco el gas con que se llenan los globos, á causa de la condensacion del vapor de agua que siempre contiene, se hace trasparente cuando aumenta su temperatura, y entónces, al mirar el interior de aquéllos por su abertura inferior, ofrecen el aspecto, por una extraña ilusion de óptica, de inmensas cúpulas ó medias naranjas.

Sucede tambien 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 aún 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 entónces 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 ménos 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 rigurosamente 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 direccion 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 direccion absolutamente invariable de las corrientes aéreas. De este modo, apreciando anticipadamente y con la posible exactitud la situacion relativa de aquéllas respeto á la direccion probable del aeróstato, y anotando las que deberán encontrarse á la derecha ó á la izquierda de dicha direccion, 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 operacion 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 série de violentas sacudidas, con grave peligro de los tripulantes, que en tan penosa y difícil situacion suelen quedar magullados y contusos, hasta que agotado el gas ó sujeta 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, sino 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 traslacion, 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 fuere 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 inoportunamente.

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 convenir en que el aeronauta inteligente y sereno, que sabe desafiar el peligro sin inmutarse, tiene á su disposición muchos recursos para luchar contra los peligros indicados, y entre los numerosos ejemplos que pudiéramos citar en prueba de ello, profusamente relatados con nímia 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 hácia 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 ocasion de advertir. Por lo demás conviene repetir que el mayor número se debe á negligencias inesplicables 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 ménos) 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, áun 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, áun 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 direccion 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 descripcion de los principales medios inventados para conseguirlo, empleando motores mecánicos más ó ménos ingeniosos y eficaces, expongamos aquí, siquiera sea ligeramente, los que se proponen á fin de utilizar al efecto las várias 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 hácia 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 vários zig-zags sobre la poblacion ántes de marchar en una direccion 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 hácia 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 atmosférico, tan repetidamente comprobado y que tiene explicación 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 ménos en la atmósfera hasta encontrar la corriente que se dirija en el sentido deseado.

Aparte 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 cordón de seda de 600 á 700 metros de longitud, otro pequeño globo, que algunos quieren designar con el nombre de *globo satélite*, del volúmen estrictamente necesario (5 á 6 metros cúbicos), para elevarse en la atmósfera á una altura igual á la longitud del cordón, 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 direccion é intensidad de las corrientes en una altura bastante considerable, efectuando un verdadero sondeo de la atmósfera.

Respecto al modo de apreciar la direccion de la marcha, se han propuesto tambien vários 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 apereibir 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 vários, 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 várias corrientes de aire en distintas direcciones, fácil es darse cuenta del modo de aprovecharlas para viajar en una direccion determinada. Suponiendo en efecto (lám. 1.^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, OE y ONE , en direccion 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 OE hasta M , y una vez sobre la vertical de éste, elevarse hasta la altura de la ONE 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 direccion, 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 direccion 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 capitan 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 capitan Templer ha realizado algunos desde el palacio de cristal á Aldershot, y de Southal á Harrow, y el capitan 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 vários ensayos con globos pilotos.

Uno de los ejemplos más notables es el viaje efectuado por el capitan 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 hácia 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 riguroso 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 ménos 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 movibles, 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 direccion de los vientos reinantes y al órden de sucesion que en ellos se advierte á diversas alturas, concibió la idea de realizar un viaje aerostático en una direccion dada, invitando á los oficiales de caballería, de guarnicion 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 órden 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 ménos, 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, impeliendo 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 presión 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 gran exceso de peso para producir un recurso poco importante.

Es suficiente para formar juicio aproximado acerca de la eficacia de este sistema, la sólo consideracion de que para obtener un peso de unos 10 kilogramos se necesitaría un metro cúbico de aire comprimido á la presión 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 entónces, siendo menor la presión de aquél, se elevaría éste por reaccion, pudiendo descender por el contrario cuando se quisiera, con sólo invertir el aparato de modo que funcionara hácia 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 tosco, 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 permanente, del cambio de volúmen 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 presión un poco superior á la del aire que le rodea.

»Si, en efecto, una causa cualquiera lleva entónces la máquina por encima ó por debajo de su punto de equilibrio, no alterando su volúmen, 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.

»Después de haber indicado este medio de conservar una posición constante, Mr. Meusnier inquiere los de cambiarla á voluntad sin perder el exceso de presión necesaria para cada una y sin ningún consumo de gas interior ni de lastre, de modo que pueda efectuar una navegación de duración ilimitada. No puede evidentemente alcanzarse este resultado más que por dos métodos generales.

»1.^o *Hacer variar á voluntad el volúmen del globo sin cambiar su peso.*
»Comprimido bajará; dilatado se elevará.

»2.^o *Hacer variar á voluntad el peso del globo sin cambiar su volúmen.*
»Mr. Meusnier prefiere este segundo medio, como de más fácil aplicación, 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 porción 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 aplicación que ha hecho de este principio otro célebre ingeniero de nuestros días, Mr. Dupuy de Lome, en sus ensayos de navegación 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 gravitación. 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 aspiración, 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 Icaro. Pretendíase en efecto, por regla general, la imitación del vuelo de las aves, olvidando que si es dado al hombre copiar más ó ménos 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 acción, ni penetrar los misterios que la naturaleza oculta á las investigaciones humanas.

Con la invención de los globos, suponiendo este notable acontecimiento precursor inmediato de una solución 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 desdeñoso 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 solución del problema se hallará más fácil y racionalmente 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 algun tiempo.

LA AVIACION. Los partidarios de la aviacion, sostienen la necesidad del peso para la locomocion aérea, fundándose en que no existe en la naturaleza un sér volador más ligero que el aire.

«Es preciso renunciar al globo, dicen. El globo es un obstáculo para la navegacion 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 extra-
»vían la mayor parte de los inventores. Para luchar contra el viento es nece-
»sario 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 *espi-
ralifero*, 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 relojería, y desde luego constituyen un progreso sobre los
anteriores, puesto que llevan consigo el aparato automotor. Deben su nom-
bre al distinguido sábio 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 navega-
»cion 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 marí-
»tima. Pequeños modelos dotados con resortes de una fuerza regular se ele-
»van 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 diri-
»girse en la atmósfera..... Un modelo en grande es siempre más ventajoso
»que un aparato pequeño, y cuando se haya elevado un *raton*, quedará pro-
»bado *á fortiori* que se elevará un elefante; será cuestion de tecnología y de
»dinero, pero no de ciencia.»

En fin, Mr. Petigrew, distinguido profesor del colegio real de Edimburgo,
despues de prolijas 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 locomocion 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 séres 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 vérosímiles, pero sin base alguna experimental en que apoyarse.

Por lo demás, de la grandísima variedad de las disposiciones adoptadas y del exámen detenido de los más notables aparatos volantes, que siempre se proponen conseguir las tres fuerzas, de elevacion, de suspension y de propulsion, 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 presión 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 elevación y de descenso por medio de planos que obran á semejanza de las alas de los pájaros, pero cuya construcción 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 ingenio para dilucidar las múltiples y difíciles cuestiones que envuelve, adoptando las formas más generales de los aparatos voladores, en lo que se refiere á su apoyo en el aire, á sus condiciones de propulsión y de equilibrio, á la invención 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; posee una gran potencia con un peso muy pequeño, alianza que nuestra grosera mecánica es incapaz de realizar por ahora.»

Por último, aún cuando sea este sistema el llamado á resolver satisfactoriamente el problema de la locomoción aérea y aún después de vencidas el sinnúmero de dificultades que se ofrecen para conseguir en los grandes aparatos la fuerza de suspensión 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 perturbación insignificante ó la más pequeña avería que produjesen la menor detención de la hélice, tendría por

inmediata é ineludible consecuencia, la caída del aparato y la muerte inevitable de sus tripulantes.

LA AERONÁUTICA. El aeróstato posee 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 direccion 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 cuestion. Es decir, que se está tan léjos 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 despues de los importantes progresos realizados durante los últimos años.

Los obstáculos principales que es necesario vencer para conseguir la direccion 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 direccion fundadas en los principios de la navegacion 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 sujecion, 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 sensacion 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 direccion 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 contrarrestar la accion 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 condicion 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 accion 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 navegacion aérea y la navegacion 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 timon y la hélice.

La realizacion 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 presion 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 aun para un globo de pequeñas dimensiones, cuya superficie expuesta al viento sea de unos 100 metros cuadrados, será de 550 kilogramos la presion 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 accion sea producida por un aparato mucho ménos pesado que los que conocemos hoy.»

Intimamente relacionada con la invencion de un motor de las condiciones indicadas, encuéntrase la cuestion 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 seccion 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.

Admitiase 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 accion 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 resúmen, puede afirmarse que á pesar de las numerosas observaciones y de los cálculos que se han hecho desde Newton hasta el día, para la resolucion 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 ménos 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 seccion 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 ocasion 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 vigiliass y sus conocimientos científicos á la resolucion de este interesante problema.

De la simple enumeracion 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 direccion de los aeróstatos puede considerarse como una utopia que deba figurar entre los problemas sin solucion, como la cuadratura del círculo ó el movimiento continuo, ni es posible dudar, despues de los últimos ensayos, que si no se ha llegado á la meta, haciendo de este sistema un medio de locomocion 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 aeróstatos parecía entrar desde luego en el dominio de la ciencia.

Apenas se habían realizado satisfactoriamente los primeros ensayos, cuando ya un gran número de sábios, 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 quiméricas, 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 ardentemente en la lid, aceptando resueltamente los globos como medio indudable de sostenerse en la atmósfera, fué Mr. Blanchard, que más tarde había de ser celebrado aeronauta.

Con fé ciega y constancia inquebrantable, creyóse poseedor del secreto que, permitiéndole dirigirse á voluntad en los aires, había 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 accion de éste.

Pocos meses despues 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 timon 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 segun 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 despues 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 ocasion del mismo funesto desenlace para el decidido aeronauta Zambecari, que al combinar los dos globos, había procurado, á diferencia de Pilatre, conservarlos separados, pero sin que fuese bastante esta precaucion ni áun para probar la eficacia del timon con que había dotado su aparato, prometiéndose dirigirlo á voluntad por medio de esta mejora.

El conocido sábio Mr. Monge, proponía tambien para la resolucion de este problema, una série 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 expedición, 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 entónces se ocuparon más acertadamente de las verdaderas condiciones del problema, fueron indudablemente Lavoisier y Meusnier.

El primero, sábio distinguido, que formó parte de la comisión 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 entónces era dable obtener, como lo atestigua el que todavía sirven hoy de base sus ideas y proyectos, á los más notables ensayos de navegación aérea realizados en nuestros días.

Renunciando, desde luego, á luchar contra la acción del viento, proponiase 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 permitiése separarse de la direc-

cion 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 volúmen 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 inyeccion 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 aerosta-

tos alargados, por medio de una hélice y un timon, empleando máquinas de vapor.

La realizacion práctica de semejante pensamiento, presentaba entónces 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 estuviese 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 despues, 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 é ingenio, las muchas y graves dificultades que se le ofrecieron, con no pequeña sorpresa de la opinion 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 timon, y que por consiguiente podía girar al rededor de la última cuerda de suspension de la red, á la que estaba sujeta 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 instalaci3n de la m3quina de vapor, con todos sus accesorios, y á llevar los tripulantes y los abastecimientos necesarios de agua y de carbon en dos recept3culos, colocados á uno y otro lado de la m3quina dicha. Esta pesaba unos 150 kil3gramos pr3ximamente, 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 m3quina 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 áun era posible distinguir al exterior la menor seña1 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 propulsora.

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 direcci3n opuesta á la de la marcha del aer3stato.

El agua se introducía en la caldera por medio de una bomba, movida por la m3quina 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 m3quina viniese á tocar el suelo en un descenso, con alguna velocidad horizontal.

El experimento de este aparato aeronáutico, se ejecutó en el mes de setiem-

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 aún que ésta es insuficiente para oponerse á corrientes de alguna intensidad, permitía por lo ménos separarse de la direccion de éstas en relacion con la intensidad dicha. En cuanto á la accion del timon se manifestó de una manera tan concluyente y con tal grado de sensibilidad, que bastaba una ligera desviacion del mismo para que el aeróstato cambiara de direccion 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 navegacion 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 despues, están basados en la aceptacion de la forma dicha, procurando dar al globo la mayor longitud posible en el sentido del movimiento, para disminuir la seccion 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 entónces 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 direccion 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 construccion 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 resúmen, 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, sino 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 resolución 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 compensación de lo que, aparte de otros inconvenientes, impondría una duración 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 continuación de los que había llevado á cabo en 1852 y 1855, con un ingenioso aeróstato, al que Mr. Tissandier consagra las siguiente 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 resolución 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 série de victorias asombrosas, consiguieron poner estrecho cerco á la populosa capital de la primera, aislándola 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 ocasion de advertir.

Pero empleados de la única manera que entónces 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 direccion 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 quiméricos y proposiciones descabelladas, y que por consiguiente, ni era posible acordarles los créditos que pedían, ni la ocasion era tampoco muy á propósito para emprender ningun ensayo sério, 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 auxilio de los habitantes del país, pudieron salvarse el aeróstato y los aeronautas de caer en poder de los alemanes.

Atribuyóse entónces 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 mániobrar 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 áun con los más hábiles aeronautas se hubiesen conseguido resultados más concluyentes.

Entre los proyectos que merecieron la atención 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 realización, pueden citarse los siguientes:

El de Mr. Deroide, que provisto de un paracaídas ó plano inclinado, esperaba poder dirigirse elevándose verticalmente en un punto, y bajando después de orientado en una dirección oblicua, 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 combinación el hidrógeno y el amoníaco, 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 compensación 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 ascensional á expensas de la combustión de una pequeña cantidad de gas, podría alargar considerablemente el viaje aéreo.

Estas ó parecidas idas fueron después de la guerra patrocinadas por un alemán, que también se proponía emplear como fuerza motriz la combustión de una porción 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 acción del viento que se ejercería sobre un sistema de tres velas que llevaría aquélla, y que en unión 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 efecturían 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 contrarestar 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 timon, 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 dirigirlo, 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 que se haya intentado la realización de este pensamiento, aunque sus partidarios lo proponen solamente para un período de transición, en tanto no se llega á conseguir la dirección mecánica, pretendiendo que la locomoción 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 ménos racional, ni áun siquiera el de las analogías que puedan existir en la comparación 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 París, mereció honrosa y justísima excepción el del ingeniero naval, Mr. Dupuy de Lome (lám. 2, fig. 17), célebre ya por la construcción de los primeros buques acorazados. Cierto es que no se había ocupado hasta entónces de este género de estudios; pero la importancia que tenía en aquellas circunstancias la resolución acertada de este difícil problema, por lo que podía influir en la salvación de la capital y en los resultados de la guerra, fué motivo suficiente para que con perfecto conocimiento de los motores aplicables á los trasportes en general, formase el empeño de conseguir la dirección de los aeróstatos, haciendo concebir halagüeñas esperanzas el nombre que se había conquistado en sus magníficos 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 construcción que proyectaba y que entonces emprendió, sin que se le ocultaran las muchas dificultades que se le habían de presentar, por la desorganización de la industria en aquella capital, á consecuencia de la guerra.

Antes de entrar en la descripción 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 después 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 entónces entre los hombres de ciencia prácticos, respecto al estado de la cuestion y al juicio que les merecían todos los experimentos de aeróstatos 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 aún 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, aún en estas condiciones, cuando el aeróstato 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 composicion

de las dos velocidades. Así, por ejemplo, como es fácil demostrar, cuando la velocidad del viento fuese 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 direccion arbitraria, dentro de un ángulo de unos 33 grados á cada lado de la direccion 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 direccion, 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 solucion 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 relacion 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 direccion 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 direccion del aeróstato en línea recta, de modo que no pueda alterarse más que por la voluntad del aeronauta, obrando sobre el timon. Era indispensable, por consiguiente, renunciar á la forma esférica, no ya sólo para reducir la superficie expuesta á la accion del viento, y la resistencia consiguiente, sino porque presenta el grave inconveniente de un equilibrio inestable, 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 despues de vencidas las dificultades que tambien 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 revolucion 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 seccion 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 construccion de la red y á la suspension 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 expansion 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 henchido 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 accion 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 tension 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 presion 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 expansion excesiva del gas, y con el objeto de prevenir que la introduccion 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 hácia 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 también otras dos válvulas para la evacuación 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 después de estar completamente lleno el globo interior fuese todavía imperfecta la inflación 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 podrían añadirse 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 solución 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 filtración á través de la tela del aeróstato.

La forma de la barquilla fué también 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 tripulación, 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 suspensión 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 substituyó 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 repartiase 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 escediesen de 20 y de 28 grados respectivamente, y que estando el centro de gravedad del sistema, aun despues 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, aun 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 timon 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, pudiéndose 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 experimentarían 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. Prévios 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 presión, 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 suspensión, 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 abstracción 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 relación 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 presión, 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 también, y,

por tanto, el diámetro del círculo correspondiente sería de unos 11 metros, que ya es difícil de conseguir en la práctica, por cuya razón 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 razón 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 razón inversa del diámetro. Haciendo, pues, igual á éste el paso de la hélice, con lo cual quedaría en buenas condiciones la inclinación 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 transmitirse 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 timon 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:

$$V = 1^m,12 \frac{n}{60} + 0^m,21$$

relacion entre la velocidad V de traslacion y el número n de revoluciones por minuto.

Por su medio se formó una tabla que daba en el acto la velocidad de traslacion 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 henchirlo 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 creído, 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 anunciarse 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 propulsion, prescindiendo de algunas desviaciones debidas principalmente á la inesperienza 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, áun 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 enunciadas, 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 hacía 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 condicion 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 henchar 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 direccion 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 calentamiento de los cilindros de la máquina, ocasionado por la combustion 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 disposicion 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 henchido 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 direccion 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 atencion y sus estudios, como ya hemos tenido ocasion de advertir, á conseguir la direccion de los globos aprovechando las diversas corrientes atmosféricas, y como tambien 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 algun carácter racional y práctico, para realizar la navegacion aérea por medio de globos impelidos por propulsores mecánicos.

Entre los que han experimentado en estos últimos años parécenos digno de citarse, por lo que ha llamado la atencion 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 Woolvich bajo la direccion del comandante de ingenieros Mr. Beaumont.

El aparato consistía sencillamente en dos hélices y un timon, 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 continuacion de ésta se encontraba el timon, que era sencillamente un trozo de lana fuerte, con las oria

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 direccion con seguridad, se pondría en movimiento el propulsor horizontal, en una direccion 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, despues 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 préviamente una série de pequeños globos pilotos para asegurarse de la direccion del viento y poder apreciar la marcha probable del aeróstato cuando estuviese libre. El volúmen del aeróstato era de 2000 metros cúbicos, y ya Mr. Bowdler advirtió que no estaba en relacion con las dimensiones del aparato, prometiéndose, sin embargo, que éste demostraría su accion y su eficacia de una manera precisa y bastante perceptible.

Efectuadas las pruebas con sujecion al programa indicado, se observó, desde luego, que la hélice vertical destinada á producir el movimiento ascendente del aeróstato ejercía una accion 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 operacion parece, pues, haber tenido un éxito bastante satisfactorio.

En cambio no parece haberse demostrado de una manera sensible la traslacion 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 timon 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 Gøede.

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 extension 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 capitan Gøede 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 relacion con el volúmen de los aeróstatos que habían de impeler, y movidas con la velocidad suficiente, se hubieran conseguido resultados más concluyentes. Cierto 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 combinacion 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 explicacion en que estando ésta suspendida por cuerdas parece que ha de ejercer su accion como si llevara aquél á remolque, y que por consiguiente hará tomar una posicion oblicua á todo el sistema; pero está ya probado experimentalmente que las cuerdas de suspension adquieren siempre una tension suficiente para que el globo obedezca sin pérdida al esfuerzo producido en la barquilla, y que aún para velocidades muy grandes de traslacion 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 navegacion aérea con motivo del concurso celebrado en 1876.

El mismo principio admitió en Francia la comision militar encargada del estudio de los aeróstatos, pues segun el entendido coronel de ingenieros Mr. Laussedat, en lugar de colocar la hélice en la barquilla, á gran distancia del punto de aplicacion 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 prevalecieron 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 transporta 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 armazon 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 señala-

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 despues, 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 comunicacion con uno de los extremos del cilindro, preparado de modo conveniente para la entrada del aire necesario á la respiracion de los tripulantes y á la combustion del hogar de la máquina dicha. En la extremidad opuesta iba el timon, que tenía la forma de un remo grande.

Este mecanismo no puede elevarse en el aire hasta despues de haber corrido por el suelo durante algun 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 rotacion rápida de las ruedas determina el movimiento de traslacion.

Parece que las pruebas que se llevaron á cabo con un pequeño modelo han sido aceptables; pero aún 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 direccion 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 exposicion 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. Empezaron, pues, la construccion 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 accion, 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 cú-

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 cautchú 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 cautchú 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 timon 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 helicoidales,

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 trasmitía el movimiento á la hélice mediante un engranaje en la relacion 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 tension, se ha podido obtener un trabajo efectivo de 75 kilográmetros, ó sea un caballo de vapor; pero forzando la velocidad y aumentando el número de los acumuladores el trabajo llegaba á 100 kilográmetros.

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 carbonos 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 carbonos, 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 cautchú, que partía de una vasija, en la que se encontraba la disolucion de bicromato de potasa, y que por medio de una cuerda y de una polea podía ocupar una posicion 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 accion alguna.

A cada una de las cuatro baterías correspondían 30 litros de la disolucion 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 tension el trabajo del motor era de 100 kilográmetros, 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 aquellas 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 último, además de los sacos de lastre y los aparatos para el descenso, llevaban en un pequeño cesto de mimbres los útiles necesarios para desmontar la pila ó hacer las reparaciones necesarias en caso de accidente.

La preparacion 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 enérgico, 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 é 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, más 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 reorganizacion

militar por la esperanza de una revancha más ó ménos 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 direccion 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.

Propusieron 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 eleccion de las dimensiones más convenientes al efecto.
- 3.^a Aproximar los centros de traccion y de resistencia, para disminuir el momento perturbador 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 revolución, geoméricamente 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 relacion 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 traccion de 5 caballos de 75 kilográmetros, y teniendo en cuenta las resistencias todas, se ha construído una máquina que pudiera desarrollar un esfuerzo de 8,50 caballos sobre el árbol que trasmite su movimiento al de la hélice por medio de un piñon 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 construccion del globo, la disposicion particular de la funda de suspension y el modo de efectuar ésta en las mejores condiciones, el sistema de construccion de la hélice y del timon, la determinacion del volúmen del globo interior en relacion con la estabilidad longitudinal del aeróstato, y por último, la construccion 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 timon, y una vez que hubo llegado á la altura del punto dicho efectuó un nuevo cambio de direccion, y previas algunas maniobras de la máquina hácia adelante y hácia 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 posicion de donde había salido.

La resistencia al movimiento se calculó aproximadamente en 22,800 kilogramos, desarrollando un trabajo de traccion 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 timon, 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 despues una direccion 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, despues de una lucha de diez minutos.

Entonces fué ya de nuevo arrastrado por el viento, y despues 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 despues 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 hácia 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 despues 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 despues de haber modificado algunas

partes del aeróstato y de haber mejorado el timon, y especialmente la barquilla, dotándola al parecer de un sistema de contrapesos, mediante los que puede volver la proa hácia arriba ó abajo, segun se trate de subir ó descender.

Aunque el viento era bastante fuerte, dícese que el aeróstato pudo efectuar numerosos cambios de direccion durante su viaje y bajar en el punto préviamente 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 hácia Paris, luchando contra el viento, y volver desde Billiancourt al punto de salida, en el que descendieron los aeronautas despues de hacer una maniobra sencillísima y de echar una cuerda á los soldados de ingenieros que los esperaban.

A continuacion 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. Por avería en la máquina descendió en Velizy. Regresó á Chalais. Regresó á Chalais. Descendió en Villacoublay por ser la velocidad del viento superior á la del aeróstato. Regresó á Chalais. Idem.
2	12 de setiembre.	50	5,45	
3	8 de noviembre.	55	6,00	
4	8 de noviembre.	35	3,82	
5	25 de agosto.	55	6,00	
6	22 de setiembre.	55	6,00	
7	22 de setiembre.	57	6,22	

Es de advertir que siempre fué perfecta la estabilidad del sistema y la barquilla permaneció absolutamente horizontal, sin que haya dejado nada que desear 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 navegacion 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 capitan Renard á la academia de ciencias sobre las experiencias ejecutadas en 1885, leida 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 construccion 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 relacion 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 hácia atrás, produciendo un esfuerzo sensible cuando llega al extremo de su curso. Apreciando con un cronómetro el tiempo trascurrido 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 relacion 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 descripcion de las siete expe-

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 aeróstatos análogos á la *France*, comprendiendo la red y la barquilla.

»Las resistencias medidas son mucho mayores de lo que habíamos creído 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 aeróstato,

se tendrá:

$$R = 0,01685 D^2 V^2 \quad [1]$$

$$\theta = 0,01685 D^2 V^3 \quad [2]$$

$$T = 0,0326 D^3 V^3 \quad [3]$$

»Si se trata, por ejemplo, de un aeróstato de 10 metros de diámetro (3142^3 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]:

$$T = 0,0326 \times 10^3 \times 10^3 = 3260 \text{ kilogramos, ó sea } 43,5 \text{ caballos.}»$$

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 último, 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, recordaremos 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 navegacion 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 presentarían en casi todos los casos en que se hubiera de hacer aplicacion 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 direccion.

»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 ménos 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 navegacion 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 demostracion práctica á los ignorantes y á los escépticos que consideraban la direccion de los globos entre los problemas sin solucion.

ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA. Verdaderamente, aún despues de los resultados conocidos, no puede formarse un juicio rigurosamente exacto acerca de las condiciones actuales del problema de la navegacion aérea por medio de globos aerostáticos, puesto que el haber conseguido imprimirles direcciones determinadas fué debido indudablemente á que si el aeróstato no estaba desde luego en equilibrio con el medio ambiente, lo alcanzaba por lo ménos 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 sostenía por algunos la presuncion de que ya todas las dificultades quedaban reducidas á cuestion de dimensiones y que una vez conocida la relacion que debería existir entre el volúmen 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 aún 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 henchido 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 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, advirtiéndolo, 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 kilogramos 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 kilogramos 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 Campound, de triple expansion, como las que se emplean en los torpederos rápidos de la marina, ha podido reducirse en la actualidad á ménos de 35 kilógramos 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:

$$\text{La de Mrs. Tissandier. . . .} \frac{127,675 \text{ kilógramos.}}{35} = 3,647, \text{ ó sea } 1 \text{ á } 3 \frac{1}{2}.$$

$$\text{La de Mrs. Renard y Krebs.} \frac{73,822 \text{ kilógramos}}{35} = 2,109, \text{ ó sea } 1 \text{ á } 2.$$

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 direccion 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 resúmen, 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 ménos 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 direccion 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 direccion 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 cuestion 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 direccion de los globos no consiste en manera alguna en marchar contra el viento, porque semejante resultado supone la produccion 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 ménos en la region 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 direccion 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 navegacion aérea se halla íntimamente ligado al de la meteorología científica, que todavía está en la infancia.

Por último, aunque la ejecucion de estos aparatos, en condiciones prác-

ticas satisfactorias, presente todavía grandes dificultades, no admite duda tampoco que ya se han realizado progresos muy atendibles y de gran consideración 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 transcribir 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 reacción que provoca entre los hombres toda innovación que choca entre las ideas comunmente admitidas. La historia de Copérnico, de Kepler, de Galileo, de Harvey, de Cristóbal Colon, de Guttemberg, de Papin, de Fulton, de Franklin y de tantos otros sabios desatendidos por sus contemporáneos, es un ejemplo de ello.

»El problema de la navegación aérea no ha escapado á esta ley. Después 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 solución, y nada prueba que no llegue un día en que el hombre viaje por los aires, tan fácilmente como por los mares.

»¿Quién hubiera creído hace doscientos años que el vapor y la electricidad transformarían 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 poderosos 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 hácia todos los puntos del globo.»

PORVENIR DE LOS GLOBOS DIRIGIBLES EN LA GUERRA. Después de conocida sumariamente la historia de la aerostación militar, no hay para qué insistir sobre la utilidad de la adopción de estos aparatos en los ejércitos. Establecido queda de una manera bastante definida la extensión 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 preparación 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 también por lo que tendería á multiplicar las relaciones de los pueblos, haciendo ilusorias 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 perfeccion 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 ménos 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 direccion 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 preparacion, puesto que cuando se pudieron hacer algunas tentativas con aquel objeto se habían agravado considerablemente las circunstancias, en atencion 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 consideracion.

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 tambien especialmente cuando ya se consiga imprimirles una gran velocidad, para transmitir 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 alemán, 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 telégrama transmitido 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 destruccion de los alambres que las interrumpían, hasta durante más de tres días, cuando con los globos se hubiera salvado la distancia en pocas horas.»

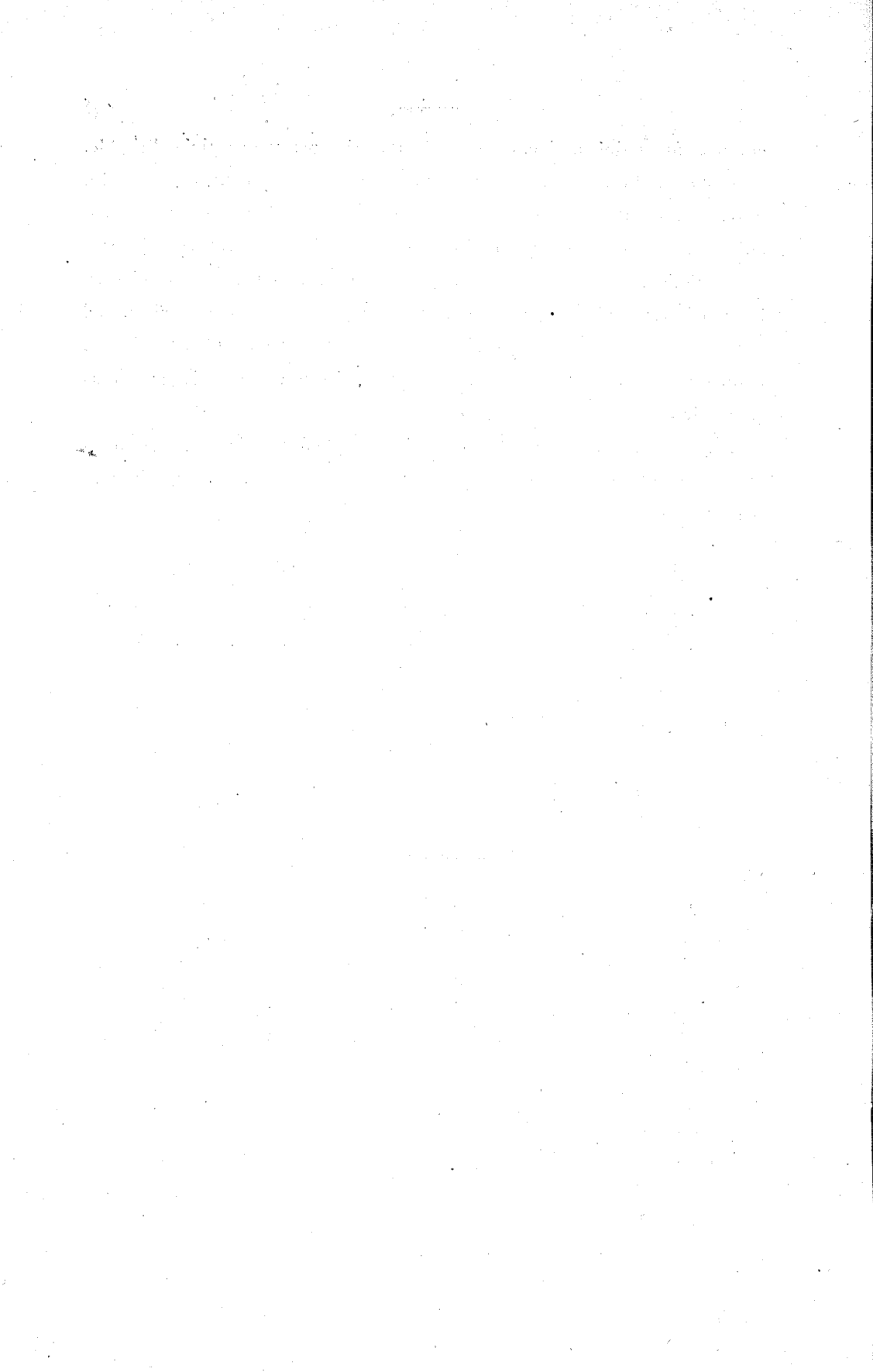
Como máquinas ofensivas podrán tambien obrar con mucha mayor seguridad y eficacia que la que hoy se espera de los globos cautivos, en casos determinados y con objetos especiales, sin que pueda exagerarse por eso todavía el papel que está llamado á desempeñar en este concepto, dado que aún cuando pudiesen 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 direccion 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, aquélla no necesitará nunca ser tan extraordinaria que haga completamente imposible la observacion, aún á simple vista, para que no pudieran ser muy útiles los datos recogidos en esta forma.

Basta recordar en apoyo de esta fecunda aplicacion 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.



DEMOSTRADA la incontestable utilidad de los globos aerostáticos en varias de sus numerosas aplicaciones á la guerra, y en vista de las fundadísimas 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 organizacion 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 organizacion 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 aplicacion 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 cientí-

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 direccion 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 volúmen conveniente para que cuando ménos 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 ningún 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 último, 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 rotacion, 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 de 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 campaña 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, aún 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, aún dotándolos de la gran fuerza ascensional que necesitan para llevar, además 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 dilatatoria.

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, áun 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 contruidos 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 série 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, parécenos 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 henchir, 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 volúmen, 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 volúmen 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 ocasionar 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 sufi-

(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 descripcion completa del invento con sus correspondientes figuras.

cientemente rápida para poder utilizarlos siempre con oportunidad y se impulsiera 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, cedén 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 apénas 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 transcribir 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 podía 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 aún prescindiendo de otros motivos que lo hacen igualmente recomendable, digamos algo acerca del volúmen más conveniente de aquéllos.

Respecto á la mejor forma que podría dárseles, y que parece ha sido también 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 aeróstatos 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 cilíndrico terminado por dos hemisferios, propuesto por Guyton de Morveau y desechado 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 volúmen, 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 minimum 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 observacion

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 capitán Templer, que un solo observador pueda conseguir grandes resultados en los reconocimientos á una altura de 150 ó 200 metros, por la extension 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 volúmen que resulte de la aplicacion 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 despacho, además del lastre y de todos los accesorios necesarios, y es preciso no olvidar que, aparte las malas condiciones de su construccion, se llenaban con gas del alumbrado, y la duracion 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 tambien por ser ménos embarazosos para el transporte y más fáciles de sujetar, á la vez que exigen cantidades más pequeñas de gas, y son, en fin, ménos 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 tambien 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 ningún modo proporcionales á sus mayores dimensiones y á las ventajas que ofrecía, entre las cuales no era la de menor consideracion ni la ménos atendida 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, áun 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 áun 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 razon de economía, pues el mayor coste de las primeras sería ámpliamente compensado con sus ventajas por el mucho tiempo que podrían servir conservándolas con esmero.

De todas maneras podría construirse este material en relacion 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 poblacion, 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 aún 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 disposicion 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 carruaje, ó á brazo cuando no hubiese ni aún senderos para el paso de aquél, uniéndolos en el momento preciso.

Advierten los inventores que contruidos 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 aún 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 fracción ó segmento separado tuviese su correspondiente tubo para henchirlo 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 endosmósis, 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. Delnore, 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 enrojeadas, 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 áun 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 que 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, aun 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 ménos 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, aun 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 consagrar 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 espitas 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 producción 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 atención 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 instrucción 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 también 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 producción 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 aún 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 obturacion. 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 dilatación, debida á que el globo se hubiese elevado mucho por efecto de la ruptura del cable de sujeción, 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 suspensión 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 sujeción por el intermedio de un dinamómetro, que indica á cada instante el esfuerzo de tensión 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 comunicación 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 último, que la calidad del tejido y del barniz empleados en la confección 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 sujeción, 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 sifon *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 sifon *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 sosa 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 áun 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 después 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 cautchú: 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 carruaje 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 ménos 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 ménos de diez minutos, con una velocidad del árbol de 200 vueltas por minuto.

Este aparato permite transportar tambien el globo henchido 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 é interesantes noticias pueden proporcionar, así en cuanto á la configuracion 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 aproximacion de sus fuerzas y la importancia de éstas, los puntos á que se dirigen, la situacion de sus reservas y cuanto pueda interesar el buen resultado de la lucha.

Como es consiguiente, la primera operacion será la de henchir el globo, transportándole despues 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 sujeta con una série 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 previamente 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 situacion 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 repetir las 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 volúmen que necesitan para soportar el peso de los cables de sujecion 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 ménos 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 direccion 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 operacion, elevando el globo en las avanzadas y descendiendo á retaguardia despues de efectuado el reconocimiento. Estas operaciones se repetirían cuantas veces fuera preciso, remolcando el globo despues 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 exámen para corroborarlo, por cuya razon 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 aplicacion, 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 COMPAÑÍAS Ó SECCIONES DE AERONAUTAS MILITARES. Desde luego se comprende que la organizacion 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 organizacion 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 seccion de aeronautas militares en América se componía de cincuenta hombres, entre oficiales, clases y soldados, al mando de un capitán, y su mision 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 obligacion de verificar ascension alguna, puesto que con este objeto estaban á las inmediatas órdenes de un acreditado y práctico aeronauta civil, que tenía asimilacion 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 volúmen, 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 é 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 instruccion.

En la primera de dichas naciones se decretó el año 1872 la creacion de una escuela aeronáutica militar en Meudon, antigua residencia de la que se había fundado á últimos del siglo pasado, y merced á las crecidas sumas de que dispusieron para la instalacion 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 segun parece se proponen destinar una á cada cuerpo de ejército.

Esta conducta obedece al principio de que semejante preparacion 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 resolución 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, constructores 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 relacion 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 natacion, 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 observacion, á la extraña perspectiva que ofrecen los objetos terrestres vistos desde alturas tan considerables, á la apreciacion 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 aerostacion 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 solucion á ninguno de los muchos problemas que envuelve la aplicacion 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 fisico 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, prévia 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,⁹ 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 algun 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 é 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 direccion 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 série 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 dejasen de ocurrírse nos 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 sí 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 entra 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 cuestion, áun 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 áun 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 atencion 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 áun 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 préviamente concertado para concurrir con eficacia al comun esfuerzo.

Por eso nosotros consideramos de imprescindible necesidad el abandono de esa casi glacial indiferencia con que presenciarnos 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 eficaces 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 é 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.

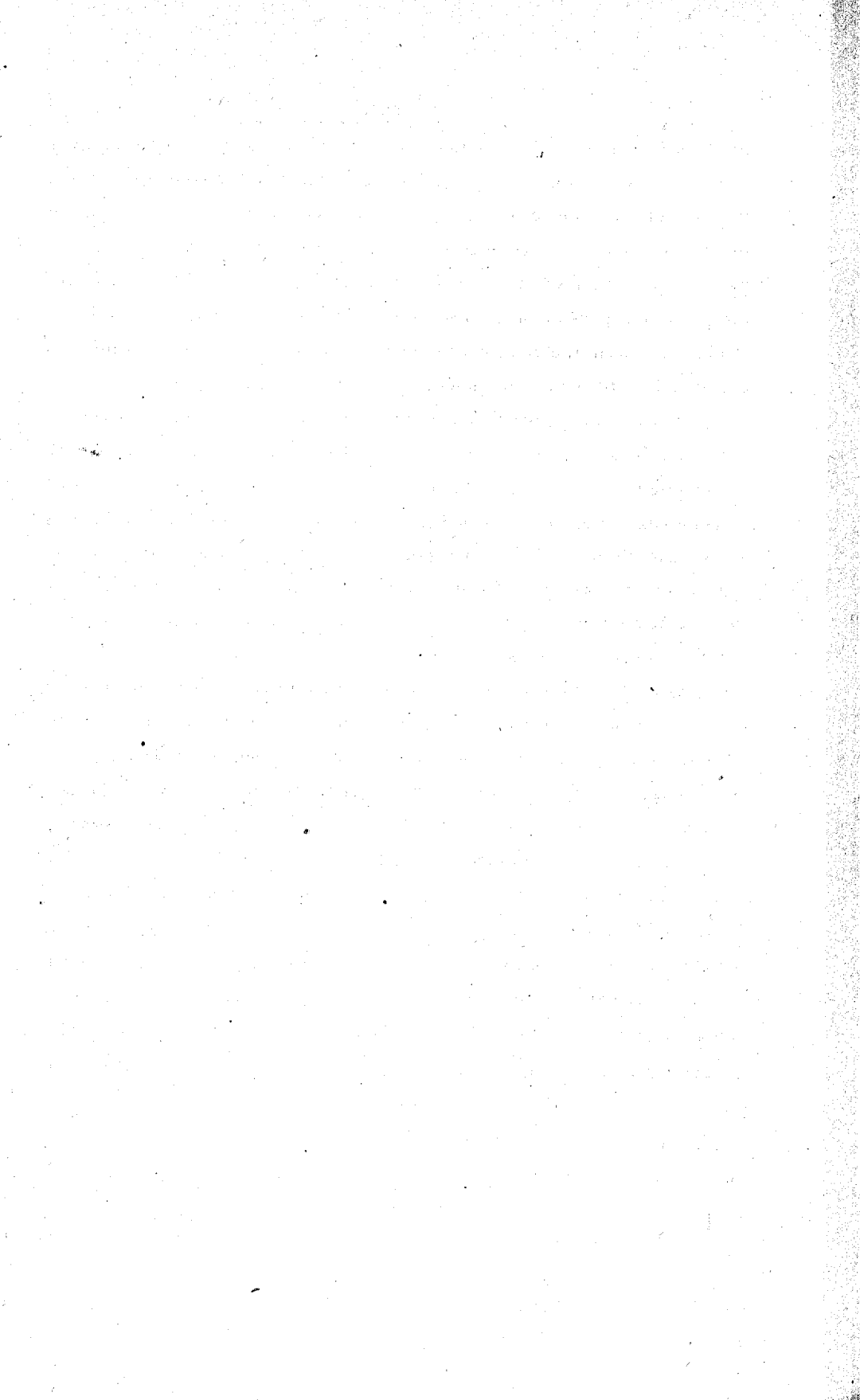
Lo repetimos: aún en asuntos de más fácil resolucion, sería bastante á detenernos el convencimiento de nuestra insuficiencia; pero el temor de que á nuestros deseos pudiera oponerse la consideracion de los gastos que originaría esta empresa, siquiera no debiera preocuparnos, cuando se consumen sumas 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 también 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 riguroso bloqueo de París y la completa desaparicion de los ejércitos franceses, tras una série 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,



ÍNDICE.

	Páginas.
PRÓLOGO.	v

CAPÍTULO I.

<i>Resúmen histórico de las aplicaciones militares de los globos aerostáticos.</i>	1
Consideraciones preliminares.	1
Proyectos anteriores á la invencion de los globos aerostáticos.	3
Invencion 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>Enumeracion 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
Extension de las exploraciones.	40
Inconvenientes del humo y de las circunstancias atmosféricas.	42
Dificultades de observacion debidas á los movimientos del globo.	43
Peligros de los globos y dificultades de transporte del material aerostático.	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 iluminacion de guerra.	69
Los globos como máquinas ofensivas.	71
Practicabilidad de los proyectos indicados.	75
Globos correos.	79

	Páginas.
Utilidad de los globos correos.	81
Los globos durante el sitio de París.	84

CAPÍTULO III.

<i>Construccion y manejo de los globos libres y cautivos.</i>	101
Teoría de los aeróstatos.	101
Cálculo de la fuerza ascensional de los aeróstatos.	102
Cálculo de la fuerza ascensional de los globos cautivos y del peso y resistencia de sus cables de sujecion.	105
Forma y construccion de la envoltura.	109
Materiales empleados en los aeróstatos.	114
Aparatos para probar la resistencia y la impermeabilidad de las telas.	122
Válvulas.	123
Construccion de la red y de la barquilla y modo de suspension de ésta.	125
Lastre, <i>guide-rope</i> y anclas.	127
Gases que deben emplearse para henchar los globos.	131
Produccion del hidrógeno.	133
Modo de henchar los globos.	140
Maniobra de los globos cautivos.	143
Instrumentos y reglas que deben aplicarse en la navegacion aérea.	149
Direccion de los globos libres aprovechando las corrientes aéreas.	163

CAPÍTULO IV.

<i>Aeróstatos dirigibles.</i>	173
La aviacion.	174
La aeronáutica.	178
Los globos dirigibles en el siglo XVIII.	182
Aeróstatos dirigibles de Mr. Giffard.	186
Proyectos y ensayos de globos dirigibles durante el sitio de París.	192
Aeróstato dirigible de Mr. Dupuy de Lome.	196
Los globos dirigibles en Austria.	210
Ensayos de globos dirigibles en Inglaterra.	213
Proyectos y ensayos de aeróstatos dirigibles en Alemania.	215
Ensayos de navegacion aérea en Rusia.	219
Aeróstato eléctrico de los hermanos Tissandier.	220
Aeróstato eléctrico dirigible de Mrs. Renard y Krebs.	225
Estado actual del problema.	236
Porvenir de los globos dirigibles en la guerra.	242

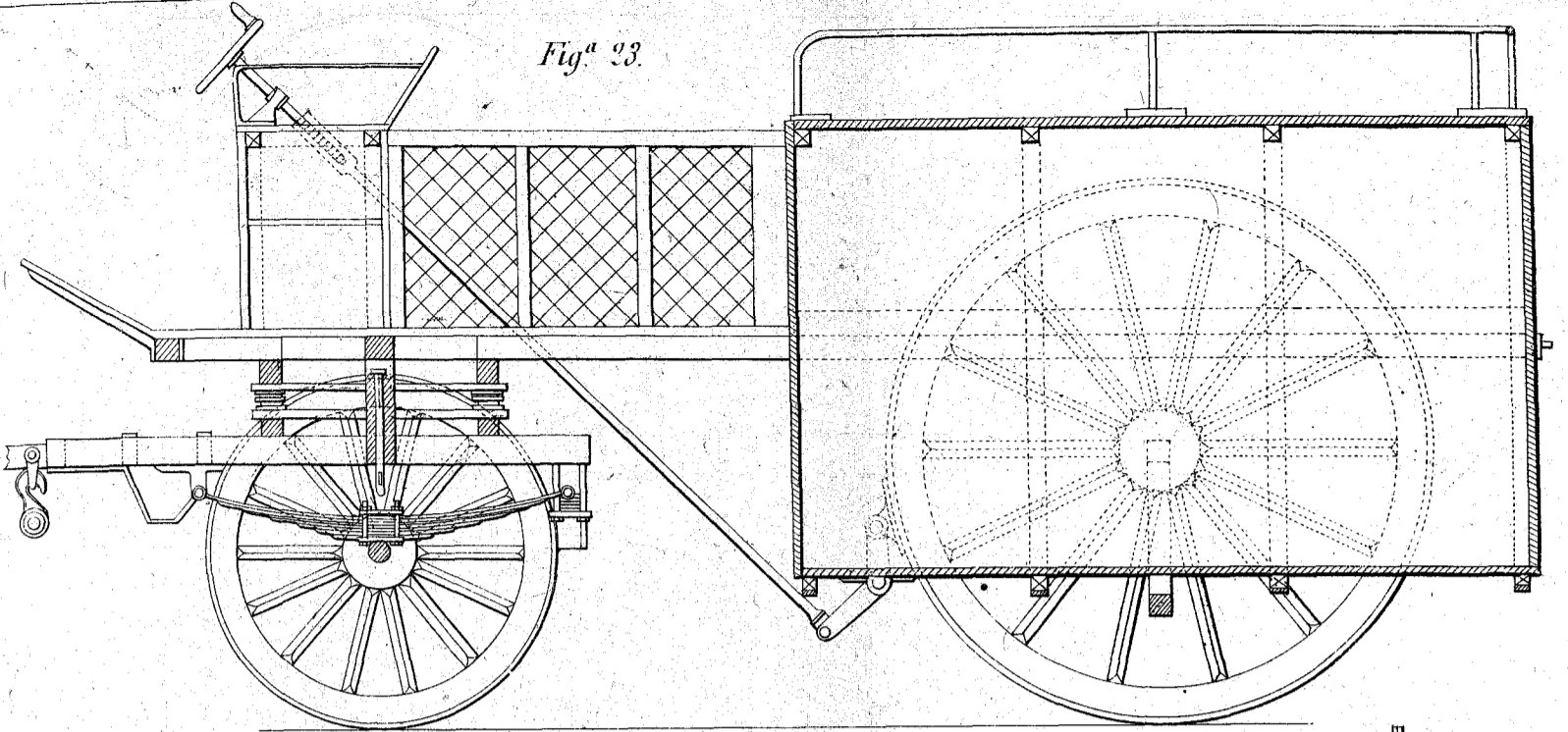
CAPÍTULO V.

<i>Consideraciones sobre la organizacion del servicio de aerostacion militar.</i>	247
Condiciones que debe cumplir el material aerostático.	247

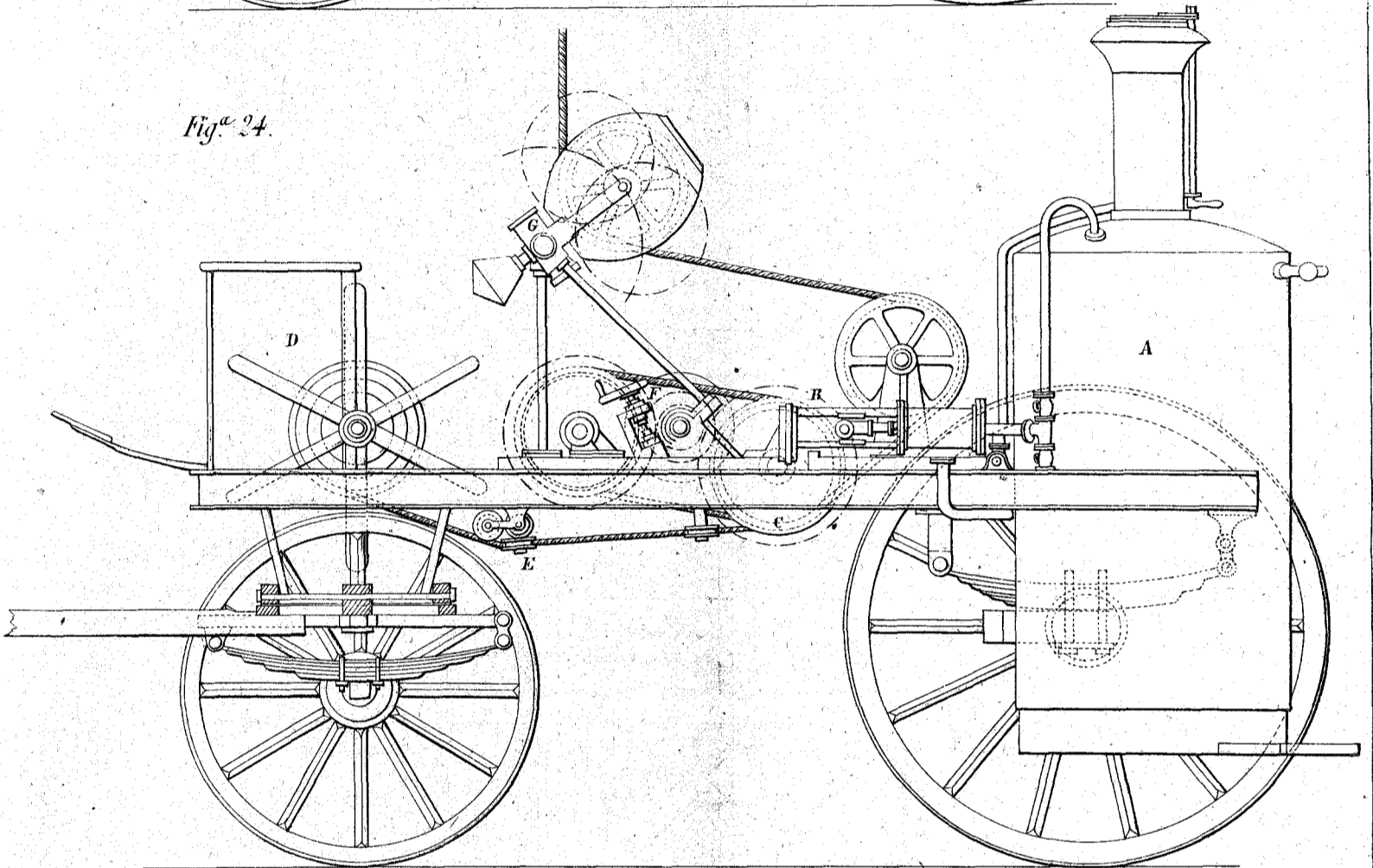
	<u>Páginas.</u>
Exámen comparativo, bajo el punto de vista de sus aplicaciones militares, de los globos de aire caliente y los de gas hidrógeno. . . .	249
Forma y volúmen más convenientes de los globos militares de reconocimiento.	253
Modo de henchir y de transportar los globos en campaña.	258
Trenes aerostáticos militares.	261
Empleo de los globos en los campos de batalla.	267
Organizacion é instruccion de las compañías ó secciones de aeronautas militares.	269



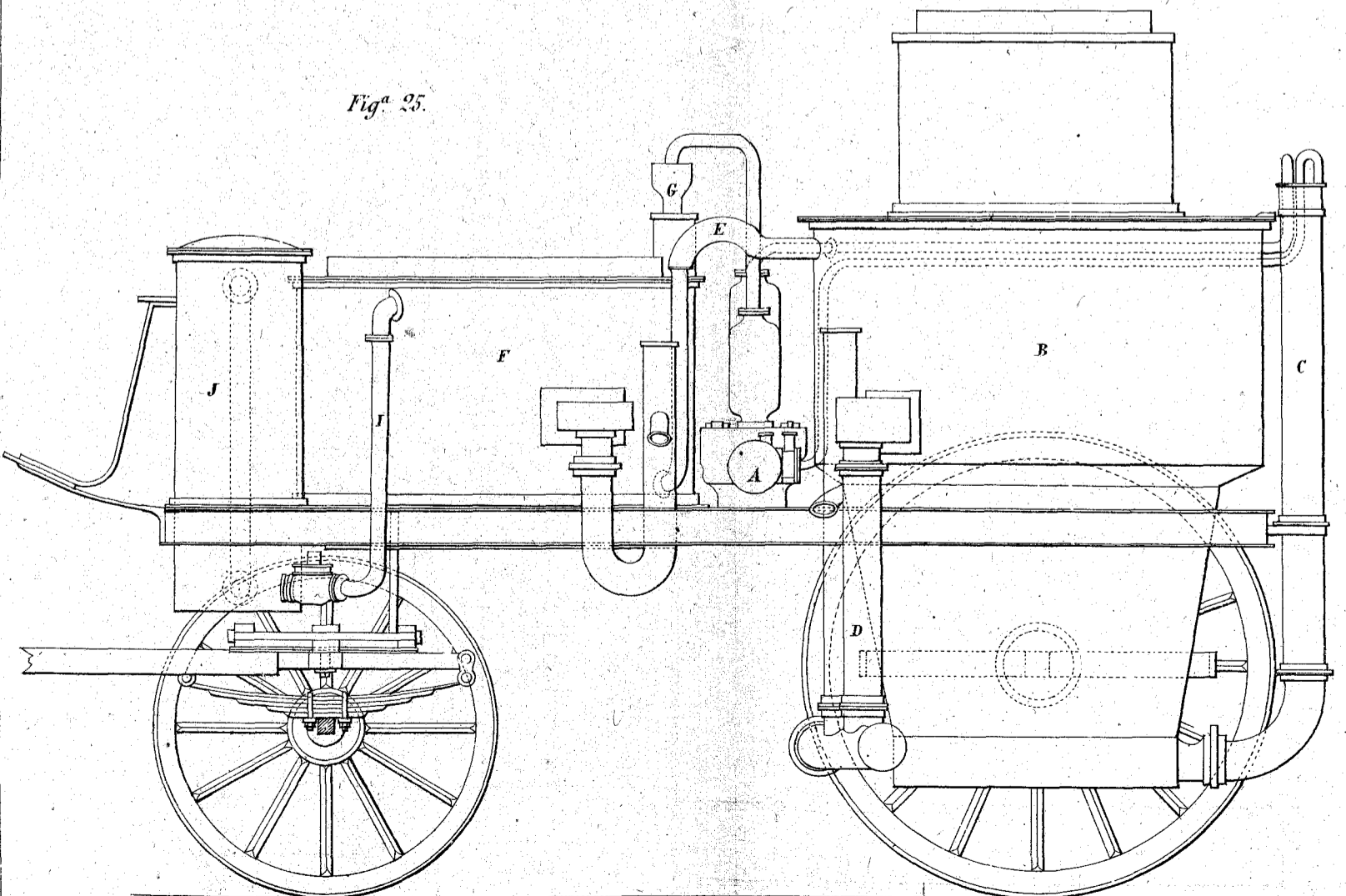
Figª 23.



Figª 24.



Figª 25.



FORTIFICACIÓN PERMANENTE

FRENTE DE ESTUDIO

FORTIFICACIÓN PERMANENTE

FRENTE DE ESTUDIO

POR

DON ANTONIO MAYANDÍA Y GÓMEZ

CAPITAN DE INGENIEROS

MEMORIA REGLAMENTARIA



MADRID

IMPRESA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS

1888



FORTIFICACIÓN PERMANENTE

FRENTE DE ESTUDIO

»Un nuevo sistema de fortificación, es uno de los caracteres distintivos de la ignorancia de este arte.»

FOURCROY.— (*Memoria sobre fortificación perpendicular.*)



ILUSTRES ingenieros, dotados de extraordinarias condiciones de capacidad y alicionados por la experiencia de cien sitios diferentes; personalidades reconocidas universalmente como eminencias en el arte de la guerra y la fortificación, han dedicado los mayores esfuerzos al estudio de la defensa de las plazas fuertes para colocarla en situación la más ventajosa posible con relación á los recursos del ataque en cada época, proponiendo soluciones, escasas de originalidad las más de las veces, y de un valor defensivo tan discutible, que su apreciación ha empeñado á los ingenieros de todas las naciones en largas y apasionadas polémicas. Por esta razón, ni aún admitimos que haya quien, al leer el título que encabeza esta MEMORIA, pueda suponer en nosotros la osadía bastante para acometer una empresa sólo reservada á la competencia de aquellos génios. Siendo la fortificación un arte fundado en la observación y no una ciencia establecida sobre principios absolutos, al oficial que ha escrito este trabajo, el ménos apto quizás entre sus compañeros, sin haber presenciado un solo sitio en regla ni tomado parte en campaña alguna, atenido únicamente á su afición y á datos de agenas experiencias, desacordes por lo común cuando no contradictorias, le guía un móvil mucho más modesto, y en tal concepto se vá á permitir adelantar algunas breves indicaciones sobre el motivo que le ha inducido á elegir como tema el estudio de un frente ideal de fortificación.

Justificación del tema elegido.

Dos fines hemos perseguido principalmente: el de pasear nuestra atención sobre el vasto campo de la fortificación permanente, echando mano para

nuestra ilustración de cuantos recursos pudiéramos allegar, y el de ver si podíamos conseguir, con los múltiples elementos que el arte posee, una solución que satisficiera ciertas condiciones que serán expuestas durante el discurso de este escrito. El primero lo hemos conseguido completamente para nuestra satisfacción y provecho; respecto al segundo, forzoso es confesarlo, lo dudamos mucho.

No debe tampoco por esto suponerse que somos partidarios de un particular sistema, ni que admitamos el exclusivismo de escuela, hoy más imposible que nunca; nada hay más léjos de nosotros. Podemos ya decir que está en todas partes reconocida la preferencia del flanqueo por obras independientes del recinto, sin la condenación absoluta del que se obtiene por el trazado; existen reglas inviolables á las que hay que supeditarse, pero siempre el terreno, en sus formas variadas al infinito, será el que las imponga; de su acertado estudio dependerá que la acción de las armas sea lo más eficaz posible y el saber leer en él constituirá siempre la parte más delicada y difícil de nuestra misión y la verdadera ciencia del ingeniero militar. Conste, pues, que sólo á título de ejercicio nos hemos propuesto la resolución del problema que vamos á exponer, perdonada que nos sea esta enfadosa digresión.



CONSIDERACIONES GENERALES



A eficacia grandísima de la artillería rayada contra las fortificaciones permanentes, revelada en los sitios de Gaeta, Düppel y Borgoforte, y la débil construcción que entónces tenían los abrigos y casamatas, aparte del coste exagerado que se atribuía á las plazas fuertes, fueron causa de que en el periodo que media desde el año 1860 al 1870 la opinión general se extraviara hasta el punto de creer que la fortificación había perdido su valor, y sin que de nada sirviera la lección de Sebastopol, la atención de los militares, distrayéndose de la guerra de sitios, se fijó principalmente en las operaciones de campaña. Todas las potencias, inclusa Alemania, tomada por modelo por su brillante organización militar, se dedicaban casi exclusivamente á perfeccionar su ejército activo, descuidando los elementos de defensa, que necesitaban una reforma inmediata y radical ante los rápidos progresos de la nueva artillería.

Necesidad de estar prevenidos ante la eventualidad de una guerra defensiva.

La guerra de 1870 á 1871 sirvió de provechosa enseñanza: las graves faltas cometidas, dieron lugar á los irregulares é incompletos resultados que se obtuvieron en las defensas de las plazas; hoy trabajan los franceses con ahinco en sus obras de defensa ante la posibilidad de una guerra, comprendiendo ya el verdadero papel de las plazas fuertes, cuya misión tanto se había exagerado en otra época multiplicándolas sin conseguir mas que privarlas de los más precisos recursos, y sabiendo que la fortificación es un auxiliar precioso, mejor dicho indispensable, para que los ejércitos puedan defender el territorio, pero que por bien organizada y defendida que esté no puede por sí sola hacer imposible una invasión. Para evitar que el enemigo se haga dueño del suelo pátrio es preciso vencerle, y la fortificación, elemento esencialmente pasivo, facilita y fecundiza la victoria, pero no la produce.

España, nación pobre, careciendo de las cuantiosas sumas indispensables para llevar á cabo en un tiempo relativamente breve las más precisas obras de defensa, se vé obligada á seguir tan lentamente el movimiento iniciado, que apenas dá señales de su existencia, cuando ninguna como ella, en la imposibilidad de tomar la ofensiva, debe estar preparada para una guerra defensiva. Es general creencia la de que nuestra misma debilidad nos escuda y que sólo podemos temer revueltas interiores; pero ténganse presentes los hechos que se han sucedido en estos últimos años y excusaremos demostrar que una guerra extranjera, dado el vehemente carácter español, estallará en el momento que ménos se espere. Abrigamos el convencimiento de que España, llegado este caso, sería lo que en su brillante historia tiene acreditado, una pátria de héroes; no obstante, urge proporcionar los medios materiales para que hasta el mismo heroísmo no resulte impotente y estéril.

Imposibilidad de recurrir, en el caso que nos ocupa, á la fortificación provisional.

Ocurre al instante la idea del empleo de la fortificación provisional y aún la pasajera como medida salvadora.

Fijándonos en los actos precedentes á la declaración de la guerra, veremos que, producido un conflicto con otra potencia, se empezaría siempre por hacer jugar la diplomacia; mientras tanto, la enemiga trataría de tranquilizarnos demostrando pacíficas intenciones. Si las diésemos crédito, no haríamos preparativo alguno, encontrándonos á merced del enemigo; y si justamente desconfiados nos dispusiéramos á completar nuestro deficiente sistema de defensa con obras de fortificación provisional, diría aquél, que nos armábamos á todo evento, y que tal acto acusaba una desconfianza injuriosa, obligándonos á suspender los trabajos ó tomando pretexto para atacarnos bruscamente, sorprendiéndonos en el comienzo de nuestros preparativos.

Ahora bien: ¿tendríamos tiempo de remediar, ni provisionalmente, la mala organización de las actuales plazas y la carencia de otras de imperiosa necesidad? Hablen los hechos. Acudamos á la historia, pues aunque recordamos haber oído á nuestro distinguido profesor de estas materias—cuya ilustración nos sirve de guía en la presente MEMORIA—que con la historia en la mano podían demostrarse todas las proposiciones, hasta las más absurdas, ella encierra la verdadera enseñanza para la humanidad, á la que presta su experiencia, y cuando se trata de hechos recientes, de uniformes resultados, no cabe

dudar. Wellington, para construir las famosas líneas de Torres-Vedras, en las que se estrelló Massena con sus brillantes tropas, necesitó más de un año. Si Todleben tuvo tiempo para unir con atrincheramientos de fortificación pasagera las obras permanentes de Sebastopol, fué—como dice el mismo general, en su *Defensa de Sebastopol*—por el mal reconocimiento hecho por el general Bosquet, que decidió al mariscal Canrobert y á lord Raglan á plantear el sitio en regla de una posición que hubiera sido tomada en veinticuatro horas, atacando á viva fuerza, por existir intervalos de más de cinco kilómetros, completamente abiertos. Durante la guerra de 1866 entre Alemania, Prusia y Austria, los fuertes de Verona y Magdeburgo exigieron cuatro meses de trabajo; los de Olmutz no se hallaban en estado de defensa en el momento de la guerra, á pesar de llevar tres meses de construcción; los de Dresde invirtieron más de cuatro, trabajando noche y día un crecidísimo personal; en Florisdorf sólo se emplearon siete semanas, pero aquellas líneas no estaban siquiera al abrigo de un ataque á viva fuerza. Los notables trabajos de este género construidos en América de 1861 á 1865, necesitaron algunos, dos años; otros, uno; y los más débiles, seis meses. Los dos fuertes de las Perches, construidos delante de Belfort, y los establecidos por Osmán-Baja, alrededor de Plewna, demuestran, como los ejemplos anteriores, la grandísima utilidad de la fortificación semipermanente, los inmensos é importantes servicios que puede prestar á los ejércitos, pero también exigieron algunas semanas, á pesar del poco valor defensivo que pudo dárseles.

En consecuencia: en las fronteras será de todo punto imposible estar fiado en las construcciones de esta clase, dejadas para el último momento; y en el resto del territorio, dada la rapidez de las modernas guerras, es indispensable tomar de antemano, y en el período de paz, todas las medidas que no habrá tiempo de ejecutar cuando se declare la guerra.

Si las plazas de Metz y de París hubieran carecido de recinto, en la campaña del 70 al 71 no habrían detenido durante dos meses y medio la una, y cuatro meses la otra, á las tropas alemanas victoriosas; el ejército francés, perseguido más allá de los fuertes, hubiera sido verdaderamente destruido en la primera, y obligado después de Champiny y Buzenval, á deponer las armas y capitular ó evacuar sus posiciones, en la segunda. No obstante la elocuen-

General necesidad de un recinto, núcleo central de la defensa.

cia del ejemplo, después del bloqueo de estas plazas, ha empezado á formar atmósfera la opinión de suprimir el recinto en los campos atrincherados, á imitación del ya desmantelado de Lintz. Por esta razón, áun cuando el frente que proponemos será igualmente aplicable á los fuertes destacados, como más adelante veremos, y para demostrar que nada ha perdido en importancia el asunto objeto de esta MEMORIA, debemos decir dos palabras sobre esta cuestión, amparándonos del testimonio del general Brialmont, en materia tan interesante. En su obra *Fortificación poligonal* (tomo 1.º, pág. 177), dice y repite más tarde en su *Fortificación con fosos secos*, y en *La defensa de Estados y los campos atrincherados*:

«Después de una batalla decisiva, como lo fueron, por ejemplo, las de Jena, Leipzig, Waterlío y Sadowa, puede suceder que el ejército se repliegue sobre su centro de operaciones ó sobre su reducto central en el mayor desorden y completamente desmoralizado. Entónces no sería imposible que una viva persecución proporcionase al vencedor ocasión de penetrar en el campo atrincherado, antes de que el ejército vencido pudiera rehacerse. Una nueva batalla se empeñaría detrás de la línea de fuertes, y como el ejército defensivo, bajo la impresión de su reciente descalabro, sería material y moralmente inferior al enemigo, es de presumir que la ventaja de la posición no compensaría esta doble inferioridad. Sufriría, pues, un nuevo revés, y no teniendo esta vez nuevo refugio, hombres, caballos, material, todo caería en poder del vencedor. Un campo atrincherado sin núcleo fortificado, no es, propiamente hablando, mas que una línea replegada sobre sí misma. Ahora bien, toda línea forzada es línea perdida.

«De aquí se deduce este principio fundamental: Las plazas con campo atrincherado deben tener un núcleo interior fortificado.»

Indudablemente, atendida la magnitud de los intervalos que hoy se dejan entre los fuertes, en caso de un revés, ó el enemigo consigue forzar la línea que forman mediante una acertada y activa persecución, aprovechándose de la imposibilidad en que se encuentran de hacer fuego por no herir á los suyos, ó le será más fácil dirigir el ataque separada y simultáneamente contra dos ó tres de ellos, abandonados á los solos recursos de sus guarniciones aisladas, que si existiera un ejército activo y en buenas condiciones para el

combate en el interior del campo. Aparte de estas consideraciones, es natural admitir que los defensores de los fuertes se batirán con más confianza y terquedad, manteniendo más alta su moral, si saben que no tienen que rendirse inmediatamente.

En resúmen: creemos que, salvo el caso de una gran plaza de maniobra que no encierre dentro de su perímetro una población, deberá existir siempre un recinto, bien sea de seguridad ó de sitio, según las circunstancias, especialmente en las grandes plazas de depósito ó refugio, en las que es preciso proteger los almacenes, reservas, habitantes y riquezas.



CARACTÉRES DEL FRENTE Y CONDICIONES A QUE DEBE SATISFACER

Preliminares



ORA es ya de que, convencidos de la importancia capital del asunto que hemos emprendido, entremos en él resueltamente.

Si las más recientes obras de Brialmont y de Schumann han de ser consideradas como la última palabra en materia de fortificación; si ésta tiene que llegar á la completa supresión de la artillería en los adarves, y el hierro ha de entrar como factor indispensable y en dispendiosa profusión como único medio de hacer frente á la artillería de sitio; si no hay más recursos de protección para la defensa que las cúpulas Mougin, Schumann y Gruson, los escudos y blindajes; tendríamos los ingenieros españoles que renunciar completamente á preparar nuestras plazas, ante la imposibilidad material de allegar, por muchos años, las necesarias sumas, ruinosas ya de suyo en cualquiera otra nación, para satisfacer las actuales condiciones de organización defensiva. Afortunadamente no es así y trataremos de demostrarlo emitiendo nuestro humilde juicio, valga por lo que valiere, ya que por propia experiencia no podemos hablar en tan delicado y discutido punto. Véase, de todos modos, el buen deseo, y supla él, para con el benévolo lector, los errores de nuestra insuficiencia.

El hierro no es indispensable en las obras de defensa.

Después de las dos últimas campañas en las que se ha visto tangiblemente la exageración con que se han atribuido á la artillería rayada los más rápidos, destructores y precisos efectos, notándose la gran diferencia que media entre las experiencias de los polígonos de tiro y los resultados en la práctica de la guerra, es un hecho que no comprendemos cómo, en lugar de estudiar los elementos de la defensa á fin de combinarlos de una manera bastante hábil para corregir los defectos observados, se sigue no obstante por el ca-

mino de la extremada protección de las piezas de artillería, con perjuicio de la eficacia de sus fuegos, protección que al hacerse extensiva á todo el armamento de una plaza, como ahora se propone, desaparecería el arte sin dejar más vestigio que larguísimas líneas de casamatas acorazadas y baterías blindadas de realización imposible, aún agotando todos los recursos del erario y empobreciendo la generación que tales construcciones levantasen.

Somos los primeros en reconocer las grandes ventajas que reporta el empleo del hierro en la fortificación y las utilísimas y variadas aplicaciones que en ella puede tener, sobre todo en la instalación de aquellas piezas cuya perfecta conservación interesa para los últimos momentos del sitio; pero no podemos menos de condenar el abuso que de él quiere hacerse, por innecesario y costoso. Respecto á la defensa lejana, excepción hecha de las baterías de costa, en las que se exigen por lo general anchísimos campos de tiro, las cúpulas ni son indispensables, ni hay ninguna entre los diferentes tipos presentados que pueda competir con una batería ordinaria, más expuesta sí, pero de efectos y duración más seguros que esos aparatos de torpe y embarazosa maniobra y de fácil descomposición; inconvenientes que los harán insertibles con las trepidaciones producidas por el choque de los proyectiles contundentes.

No disimulamos la desconfianza que nos inspiran esos ensayos hechos en los polígonos, bajo los auspicios y dirección de los mismos inventores y fabricantes; aún así, los tipos mas modernos presentados por Schumann, Gruson y Mougin han resultado muy teóricos en sus pruebas. En suma, la cuestión de las cúpulas es un problema todavía por resolver desde los puntos de vista práctico y económico.

Miremos las cosas á través de otro prisma. Llega un ejército sitiador á las inmediaciones de una plaza; por inmenso que sea el tren de sitio que conduzca, por mas que cuente con bien abastecidos parques y con cuantos medios de fácil y rápida comunicación hay en el día, siempre tendrá que establecer sus baterías bajo los fuegos de las de la plaza, y convengámonos en que por acertadamente construidas que estén, nunca se encontrarán, por las muchas dificultades que tienen que vencer, en mejores ni tan buenas disposiciones de protección y aprovisionamiento que las de la defensa, la cual

conoce además perfectamente y puede batir con eficacia toda la zona de ataque; el ejército sitiador podrá desplegar mayor línea de fuegos, es cierto; pero reconozcamos que si la defensa no puede sacar partido de su situación—prevista y preparada de antemano—no sólo para compensar este desequilibrio sino para ver la manera de adquirir superioridad en los fuegos, con justa razón se nos harían severos cargos y deberíamos retirarnos para dejar paso á los mecánicos y fundidores. Ciertamente que, según Brialmont, no deben consumirse municiones en los primeros momentos, sino reservarlas para el último período; y siendo así, el sitiador tendrá amplia libertad de organizar sus baterías en las mejores condiciones para luchar con la defensa y apagar sus fuegos, pero creemos con Von Bresse y Pritwitz que el sitiado debe oponerse por todos los medios al establecimiento de las baterías de ataque.

Sólo por interés de fabricante en unos, y en otros por un inmoderado deseo de innovar idealizando hasta el extremo de separarse, sin causa justificada, de los tipos clásicos que ellos mismos habían propuesto, nos explicamos la torcida marcha que se intenta dar á la fortificación en estos últimos tiempos.

Lo repetimos, no somos refractarios al empleo del hierro en las justas proporciones de protección y economía; seguimos con el mayor interés los adelantos de nuestra época, pero comprendemos que la vereda que se sigue con el fin de realizar la protección mas absoluta y perfecta—imposible siempre en la guerra—nos separa más y más de las soluciones hacederas y verdaderamente prácticas.

En virtud de las observaciones anteriores y por no estar nuestro país, ni ahora ni en muchos años quizás, en condiciones de destinar á su sistema general de defensa las sumas necesarias ni para un juicioso y prudente empleo de los metales siquiera, en el frente que hemos estudiado, bajo el pié forzado de una rigurosa economía, no entrará para nada el hierro, si bién hemos tratado de que en caso necesario, con muy pequeñas reformas, pueda hacerse aplicación de él.



CARACTÉRES DEL FRENTE



ENTADOS los anteriores precedentes, veamos ahora los caracteres peculiares del frente propuesto. Fácil aplicación al terreno.

La primera consideración que hay que tener presente, el estudio que con más detenimiento hay que hacer (ya lo hemos dicho en otro lugar y es por demás sabido), es el del terreno sobre el que han de asentar las fortificaciones; aplicar éstas de modo que quede completamente batido el terreno exterior de la zona de ataque; que estén bien desfiladas las obras, evitando para ello las quebraduras de las crestas y huyendo de crear salientes; que exista la debida dominación entre unas y otras obras, equivalencia de desmontes y terraplenes y otros mil principios generales, dependientes todos del estudio topográfico del terreno, el que hará variar la colocación y disposición de ciertas obras imposibilitando seguir al pié de la letra un sistema determinado. Nosotros hemos supuesto un terreno horizontal, teniendo sí en cuenta la fácil aplicación del frente, como veremos al estudiar su valor defensivo, siendo ésta una de las condiciones principales que hemos procurado satisfacer.

Por las mismas razones expuestas anteriormente, nos hemos encerrado Economía. en los límites de una estrecha economía, compatible con una organización defensiva capaz de resistir con ventaja á los actuales procedimientos de ataque.

Otra condición, importantísima para nosotros, hemos querido llenar en Perfectibilidad. el frente que estudiamos; la de que con poco costo pueda perfeccionarse, dándole mayor fuerza defensiva el día en que para ello hubiese medios ó cuando los adelantos del arte de atacar lo hicieran indispensable. Además, para el caso en que un ejército sitiador sorprendiera á los defensores en pleno

período de reformas, se podrán ejecutar las transformaciones necesarias, conservando las obras su completa acción y propiedades defensivas en todos los momentos.

Sujetándonos á estas condiciones, remediáramos en lo posible el mal inherente á la pobreza de nuestro país, de ir consignando poco á poco en cortas remesas y con largas interrupciones las cantidades destinadas á nuestras obras de defensa, sucediendo unas veces, como en Santoña, que hay que abandonarlas ántes de terminadas, y otras, como en Mahón, cuyas obras empezaron ántes de la guerra de Africa, que están sin terminar despues de haber sufrido radicales transformaciones durante su construcción.

Defensa activa.

Es preciso tener presente al proyectar obras de este género, la índole y naturaleza de las tropas llamadas á guarnecer y defenderlas. Conocidas son las aptitudes especiales del soldado español en la defensa de las plazas, nunca desmentidas desde Sagunto y Numancia hasta las epopeyas de Zaragoza, Gerona, Ciudad-Rodrigo y Badajoz. Guarniciones que saben llevar su energía y su moral hasta lo inverosímil, no necesitan extraordinarios y costosos extremos para conservar hasta el último momento la posesión de la plaza que se les encomienda; esto justifica la sencillez de las obras que desarrollaremos y nos resuelve á dar lugar preferentè en su estudio á la defensa activa, arma hoy tan en boga y de antiguo conocida y empleada por nuestros heroicos soldados. En consecuencia, establecemos grandes plazas de armas para su reunión, ocultas de las vistas del enemigo y combinadas con numerosas, sencillas y amplias comunicaciones.

Fuerte relieve del cuerpo de plaza.

A nadie se oculta lo que han perdido en importancia las obras exteriores por el mayor blanco que presentan á los fuegos del enemigo en la extensa zona que ocupan, dificultando el empleo de los de la plaza. Como compensación y para sostener con ventaja el combate lejano, creemos necesario no escatimar el relieve del cuerpo de plaza, para lo cual llegamos al mayor límite admitido hoy en las fortificaciones permanentes, y no dudamos en prescindir de la economía en asuntos de tan vital interés. Si se quiere que la artillería desde sus terraplenes bata perfectamente el terreno exterior y esté bien protegida, y si se han de instalar debajo de ellos los numerosos abrigos y guárteles reconocidos como indispensables para librarse de los fuegos vertica-

les, un fuerte relieve se impone. Brialmont dice no conviene pasar de los 10 metros para no exponer la artillería, muy descubierta ya, si se pasa de ese límite. No estamos conformes; aceptaríamos la razón si se obligára á las piezas á tirar con grandes ángulos de depresión; pero no siendo así, porque para largas distancias las pequeñas diferencias del relieve no hacen apenas sensible la variación en las inclinaciones del plano de fuegos, creemos lo contrario, que en una gran dominación está la principal ventaja para la mayor protección y eficacia de los fuegos.

Sentimos que la índole de este trabajo, breve por necesidad, no nos permita estudiar el flanqueo con el detenimiento que requiere, habiendo de limitarnos, como hasta aquí, á exponer á grandes rasgos la idea general. Flanqueo.

Es motivo de gran confusión para los que, careciendo de experiencia propia hemos de valernos de la de los demás, consultando sus opiniones y estudiando sus obras, ver cómo en breve período de tiempo y sin causas aparentes que lo justifiquen, cambian de parecer los escritores, concediendo una importancia secundaria á lo que fué para ellos en otra época objeto preferente de meditadas disposiciones.

Esto sucede con el flanqueo.

Brialmont, el notable perfeccionador de la caponera, el que ha sacrificado todo á obtener un eficaz flanqueo, no reparando en la inversión de fabulosas cantidades, el acérrimo partidario de la defensa próxima, modera tanto en sus últimos tipos de fuertes la parte destinada á este fin, que bien podemos decir ha triunfado la causa de la defensa lejana.

Hoy día, pues, la cuestión de flanqueo de los fosos ha perdido en parte su preponderancia, en razón de las enormes proporciones tomadas por el combate á gran distancia, y se trata de preservar las caponeras, tan completamente como sea posible, de los fuegos de la artillería, reduciéndolas á sus mínimas dimensiones.

Somos admiradores de tan importante obra, cuya aplicación marcó un notabilísimo adelanto en la defensa, pero no hasta el punto de creer desprovistos de todo fundamento los inconvenientes que se le achacan. No cabe duda de que el armamento destinado al flanqueo está perfectamente protegido, pero tras de resultar enormemente cara su instalación—si ha de llenar debida-

mente su objeto de soportar los fuegos enemigos que forzosamente se concentrarán sobre ella—el problema de flanquear á su vez el foso de la cabeza no está satisfactoriamente resuelto, puesto que es posible batir por sumersión las baterías que con dicho fin se establecen, sea en las alas, sea en el cuerpo de plaza, y por tanto son susceptibles de ser destruidas desde léjos, quedando sin flanqueo el paso que conduce al enemigo á la obra que más interesa conservar.

Además, no está exenta de razón la que dan sus impugnadores, de que una vez dueño el sitiador de la obra única que flanquea el foso, puede el enemigo á mansalva verificar su paso. Estos inconvenientes son los que hemos tratado de remediar, valiéndonos de las ideas de Brunner, para lo cual subdividimos el flanqueo en cuatro casamatas independientes, dispuestas en retirada y de instalación muchísimo más económica que la caponera única de Brialmont, dejando el foso en condiciones de poder situar ésta en caso de necesidad en medio del frente, sirviéndole de cabeza el rebellin.

Sistema.

No adelantaremos más ideas, puesto que hemos de insistir sobre el mismo tema en el lugar correspondiente, concretándonos á decir que el frente que vamos á estudiar, no siendo abaluartado por no flanquearse desde el cuerpo de plaza ni poligonal—en la convencional acepción de la palabra—por no verificarlo con obras independientes de él, podremos denominarlo como los de Brunner y Tunckler, en los cuales está inspirado, frente semipoligonal.

Principios generales.

Concluiremos manifestando que en las demás partes hemos seguido los principios generales establecidos por todos los tratadistas, excepción hecha de aquéllos que, por tratarse de un terreno ideal, no pueden tenerse en cuenta, como es el de combinar el trazado y el relieve de tal suerte que no se pueda ver el interior de las obras desde ciertos puntos peligrosos, y preservar en lo posible los terraplenes de los fuegos dirigidos desde dichos puntos. Recordaremos que los principios generales son: Huir de los trazados angulares y acercarse en cuanto se pueda á los rectilíneos. Asegurar al cuerpo de plaza y obras exteriores un riguroso flanqueo. Disponer el perfil de manera que ofrezca garantías contra la escalada. Ocultar las mamposterías de las vistas y aún de los fuegos de sumersión. Situar las obras de flanqueo de modo que no se las pueda destruir antes de que llegue el momento en que deben obrar.

Procurar una gran superioridad de la artillería en todos los períodos del sitio, haciendo un juicioso empleo de las fuerzas móviles. Favorecer la defensa activa con seguras y fáciles comunicaciones. Establecer la defensa de los fosos y un sistema de contraminas. Calcular la dominación de las obras, con el fin de que todas puedan cubrir de fuegos el campo, sin embarazarse las unas á las otras. Establecer abrigos á prueba para las tropas y el material. Evitar las cortaduras numerosas y aquellas disposiciones que puedan introducir confusión ó vacilaciones en la defensa. Obligar al asaltante á establecer sus contrabaterías en puntos donde no pueda darles un desarrollo superior al de las baterías de la defensa. Y que la defensa no exija numerosas guarniciones.

Esto expuesto, vamos á ir estudiando sucesivamente y en detalle las diferentes partes del frente.



DESCRIPCIÓN DEL FRENTE

Trazado.



A dejamos dicho que una de las condiciones generales que había de reunir principalmente el frente que estudiamos, es la de fácil aplicación al terreno, y que en absoluto condenábamos el exclusivismo sistemático. En esta inteligencia, claro está que no hemos de embarazar la construcción de las obras que lo constituyen, sujetándolas á reglas determinadas de trazado é imponiéndoles dimensiones fijas é invariables; ántes al contrario, dejamos una latitud completa; pudiendo el lado exterior variar entre las longitudes de 200 á 1000 metros, límites suficientes para las plazas que estamos llamados á fortificar.

Para fijar las ideas hemos supuesto un lado exterior de 500 metros, correspondiendo al decágono regular, sin que nada se oponga, como se verá, á que dicho lado pertenezca á un polígono irregular cualquiera.

Las direcciones de la magistral ó cordón de la escarpa y de la línea de fuegos son independientes. Aquélla tiene la de dos frentes abaluartados con las cortinas quebradas al exterior, sin sujetarse á más condiciones que la de poder instalar las casamatas de flanqueo sin que haya posibilidad de que se ofendan mutuamente con sus fuegos, tendiendo á aproximarse cuanto se pueda á la dirección general del lado exterior. El trazado debe hacerse al interior, como indica la figura á que nos referimos. La línea de fuegos sufre dos pequeñas quebraduras al interior, separándose muy poco su dirección de la de una recta paralela al lado exterior.

La magistral del rebellin puede seguir la dirección que convenga, según el desarrollo que quiera darse á los fuegos cruzados sobre el campo y á los de revés sobre los salientes, combinándola con las de los flancos de los caba-

llos que se establecen en los salientes, para que éstos puedan batir y enfilear el terraplen de dicho rebellín y su camino cubierto.

El plano y perfiles que acompañamos, suficientemente detallados, nos permitirán ser breves en la descripción de los elementos que constituyen el frente.

La escarpa, desenfílada á más de $\frac{1}{4}$ en la parte más ancha del foso, como se deja ver en los perfiles, tiene una altura de 4 metros. Cuerpo de plaza.

El talud exterior, con dos bermas de un metro de anchura, en las que pueden hacerse las plantaciones tan recomendadas, tiene la inclinación media de $\frac{2}{3}$.

El parapeto, de 9 metros de espesor en la cresta, estando el plano de fuegos á $\frac{1}{6}$ de inclinación. El relieve es de 13 metros.

Los terraplenes están organizados á la Brialmont, con traveses huecos para abrigos y repuestos algunos de ellos con montacargas.

En los salientes hay caballeros cuya dominación sobre la línea general de fuegos es de 3,50 metros; tiene cada uno, para preservar sus flancos de la enfilada, dos traveses con abrigos y montacargas.

Debajo de los caballeros, y en capital del frente, bajo el terraplen del recinto, existen cuarteles defensivos con espaciosos locales abovedados á prueba, para almacenes y alojamiento de tropas; hay dos pisos encima y uno debajo del terreno natural, destinado este último á almacenes.

En la misma disposición y entre las casamatas flanqueantes, están los almacenes generales de pólvora, y á las inmediaciones de las casamatas los de distribución y los repuestos, así como los locales para la carga de proyectiles huecos, destinados á las piezas del terraplen, á donde son conducidos por los montacargas.

Las casamatas de flanqueo son cuatro, de dos piezas cada una, dispuestas en retirada, con cañoneras túneles, para resistir los fuegos de las contrabaterías del coronamiento; tienen ventiladores para la salida de los humos, dan fuegos rasantes sobre el foso, y para evitar que las tierras desprendidas obstruyan las cañoneras é imposibiliten sus fuegos, están dotadas de un refosete flanqueado por una galería de escarpa con aspilleras y matacañes (figura A y perfil *MN*).

Foso. El foso, por su parte más estrecha ó sea en las capitales del frente y los salientes, tiene una anchura de 10 metros, y de 22 en su parte más ancha.

Se ha dado á la contraescarpa la altura de 8 metros.

Obras exte-
riores.

Un glásis destinado á proteger la escarpa de los fuegos indirectos, corona la contraescarpa en toda la longitud del frente. En capital está situado el rebellin, que tiene por objeto dar fuegos cruzados sobre el terreno exterior, de revés sobre los salientes y reforzar la parte más débil del frente. Su camino cubierto está trazado en llares, pudiendo instalarse en él piezas de artillería de campaña. La contraescarpa tiene 6 metros de altura, y la escarpa de 4 metros está cubierta y protegida á $\frac{1}{4}$. El foso, de 10 metros de anchura, está flanqueado por una galería de contraescarpa, y por los flancos de los caballeros, que también baten el camino cubierto. El parapeto está trazado siguiendo el principio de Choumara; es de iguales dimensiones que el del recinto, siendo su relieve de 6 metros, por lo que el cuerpo de plaza bate perfectamente con sus fuegos el terraplen, sin que sea para ello obstáculo el espaldón que se levanta en la gola. La cresta se quiebra para dar fuegos sobre la capital y los flancos. Dos traveses, con repuestos y almacenes, cubren aquéllos de la enfilada. En el saliente, é independientemente del terraplen del rebellin, se levanta un través acasamatado, que bate de revés los salientes del recinto. El glásis de éste se prolonga hasta el fondo del foso del rebellin, formando un glásis máscara á la Noizet. De la galería de contraescarpa arrancan las escuchas del sistema de contraminas, y á sus costados, recibiendo aire del exterior, están los locales destinados á la instalación de ventiladores, aparatos para dar fuego, servicio sanitario de las minas, etc., etc., y almacenes para el material y herramientas de las mismas.

Entre el glásis del rebellin y las capitales de los salientes, corre un anteglásis, dejando entre él y el glásis zonas de más de 200 metros cuadrados, que sirven de grandes plazas de armas para la reunión de las columnas destinadas á efectuar salidas. Las pendientes del anteglásis están dispuestas de modo que puedan salvarlas aquellas columnas. Las plazas de armas están defendidas por blockhaus de mampostería, especie de encofrados á la Coehörn, conteniendo los almacenes para el servicio de contraminas del saliente, que

parten de esta obra; el cuerpo de plaza y el camino cubierto batien también con sus fuegos las plazas de armas.

Dos rampas dan acceso al terraplen de circulación del recinto, y otras adosadas á los traveses, al de combate. Por igual medio se asciende al de los caballeros. Comunicaciones.

Poternas establecidas bajo los terráplenes en las capitales del frente y los salientes, comunican directamente con el foso (plano y perfiles *CD* y *EF*). Dichas poternas deben estar dotadas de rastrillos y refosetes, con puente levadizo en su interior, defendiendo su entrada con palanqueras ó muros aspilleros, levantados frente á su desembocadura en la plaza.

La poterna de la capital del frente está en comunicación con una larga galería abovedada, que une entre sí las baterías acasamatadas de flanco, sus dependencias, las galerías de escarpa, los almacenes generales de pólvora, y los cuarteles que tienen también comunicación directa con el exterior.

En los encuentros de las galerías con los cuarteles están los locales para la instalación de los montacargas. Los diferentes pisos de los cuarteles están unidos por escaleras. Los pisos superiores de las dos alas, en cada cuartel, se comunican directamente por encima de las poternas, y en los cuarteles de los salientes, también los pisos inferiores por dos pequeñas poternas (perfiles *EF* y *ZX*).

Frente á la desembocadura en el foso de cada poterna hay dos rampas con cortadura adosadas á la contraescarpa. Las dos del centro sirven para ascender al glásis, pudiendo por él bajar al foso del rebellin, y las dos de cada saliente, para entrar en las plazas de armas por cortaduras hechas en el glásis.

Desde las plazas de armas se sale directamente al campo, saltando por encima del anteglásis.

Dos pequeñas rampas facilitan la subida desde el glásis al terraplen del rebellin.

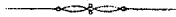
Una poterna abierta en capital y pasando por debajo del foso del rebellin, une la gola de éste con la galería de contraescarpa. De esta poterna parte otra acodada—por obligar á ello la construcción, efecto del escaso relieve de la obra—que dá paso á la batería acasamatada del saliente (plano y perfil *CD*).

Al camino cubierto se pasa directamente desde el glásis.

Se penetra en los blockhaus por poternas en rampa (plano y perfil *EF*).

Se han omitido en el plano y perfiles, las palanqueras, rastrillos, fosos en el interior de las poternas, empalizadas del camino cubierto, y aquellas defensas que sólo han de establecerse al organizar las obras para el combate.

Después de esta rápida descripción, vamos á justificar las disposiciones que hemos adoptado, analizando su valor defensivo.



DISCUSIÓN DEL VALOR DEFENSIVO



ESTÁ completamente demostrado por numerosas experiencias con Escarpa. la artillería rayada, que los proyectiles cuyo ángulo de caída es mayor de 14 grados—ángulo que corresponde á la inclinación de $\frac{1}{4}$ —no producen daño en las mampossterías, por rebotar en ellas y por falta de fuerza de penetración, efecto de las reducidas cargas que necesariamente hay que emplear para obtener trayectorias tan curvas. Nuestra escarpa está casi desenfilada á $\frac{1}{3}$ en la parte más ancha del foso (perfil *A B*), y si además se tiene en cuenta que el asaltante para abrir brecha y efectuar la escalada tendría que demoler el tercio superior de la escarpa, dicho se está que se encuentra completamente protegida de los fuegos de sumersión, conservándose intacta hasta los últimos momentos del sitio, por cuya razón no hemos vacilado en adoptar un medio revestimiento, presentando sólo á los fuegos del enemigo el talud exterior de tierras á $\frac{2}{3}$ de inclinación por término medio y dando á la escarpa la altura de 4 metros, suficiente para que el asaltante tenga que hacer uso de escalas ó demolerla por la mina, puesto que la historia de los sitios acredita que escarpas de considerable altura han sido escaladas fácilmente cuando los fuegos de flanco se han apagado, habiendo detenido, en cambio, las mejores tropas, simples taludes de tierra cuando se ha conservado el flanqueo. Es decir, que en la eficacia de éste, y no en las exageradas alturas de escarpa, consiste el poner el recinto al abrigo de la escalada. Excusado es, por otra parte, indicar, atendido el enorme costo de las mampossterías, la importancia que bajo el punto de vista económico tiene el disminuir en lo posible la altura de escarpa. La escarpa destacada ó semidesta-

cada, de uso tan frecuente y general desde Vauban, no puede ser empleada por imposibilitarlo el procedimiento especial de flanqueo que adoptamos.

Por su poca altura, creemos innecesario el uso de bóvedas en descarga.

Parapeto. La inclinación del talud exterior varía desde $\frac{3}{4}$ en sus partes más rígidas á $\frac{1}{2}$ en las más tendidas. Las primeras corresponden al espacio comprendido entre las casamatas flanqueantes, y las segundas á los salientes, que recibirán más fuegos del sitiador por ser los puntos indicados para intentar la apertura de las brechas y el asalto.

Al pié del talud y en las dos bermas de más de 1 metro de anchura que lo recorren en toda su longitud, deben hacerse plantaciones que oculten los efectos de los proyectiles imposibilitando la corrección del tiro, protejan la vigilancia del foso que puede hacerse desde estas bermas constituyendo caminos de ronda y sirvan para retener las tierras en su caída, previniendo el derrumbamiento del parapeto.

El plano de fuegos tiene la inclinación más habitualmente empleada de $\frac{1}{6}$ con la cual se baten perfectamente todas las obras situadas delante, sin dejar más ángulo muerto que el foso.

El espesor de parapeto se ha supuesto de 9 metros, pero pudiera rebajarse á 8 por razones de economía, no siendo prudente ya pasar de este límite (1).

El talud interior debe dejarse con la pendiente natural de las tierras para revestirlo, al poner la plaza en estado de defensa, dándole la inclinación de $\frac{3}{1}$.

El terraplen de defensa está 2^m,50 más bajo que la cresta del parapeto y tiene una anchura de 10 metros, para permitir el retroceso de las piezas de más grueso calibre y para favorecer el empleo de la movilidad de las piezas.

El de circulación tiene la anchura de 6 metros, está situado 3^m,50 más bajo que la cresta y desfilado á $\frac{1}{4}$.

Organización
de los terra-
plenes.

Para las piezas que en el recinto, los caballeros y el rebelín han de hacer

(1) No tenemos necesidad de justificar estas dimensiones, basadas en la penetración de los proyectiles de las piezas de sitio, por ser las generalmente admitidas.

fuego al descubierto, hemos adoptado en absoluto el tiro á barbata. Este no ofrece inconvenientes mas que cuando se emplea contra baterías muy próximas que la fusilería puede apoyar. La misión principal de los terraplenes es la de combatir á gran distancia y cuando deban utilizarse en la próxima, fácil es proteger á los sirvientes del fuego de fusilería por medio de bonetes hechos con sacos terreros ó cestones. Esto es preferible al uso de las cañoneras, que colocan las piezas en un entrante que, sirviendo de punto de mira al sitiador, facilita la puntería durante el día y la hace posible por la noche cuando la oscuridad no sea completa, gracias á la escotadura que se proyecta sobre el cielo. Los merlones cerca de la boca presentan una masa muy delgada, que los proyectiles atraviesan fácilmente, permitiendo, sí, la inflamación de las espoletas. Por otra parte, los proyectiles que estallan en las caras ó el fondo de las cañoneras despiden dentro de la batería numerosos fragmentos, tan peligrosos como los mismos proyectiles, no habiéndose ideado todavía un revestimiento que evite este inconveniente y que resista bien al fuego y al rebufo de las piezas.

En cuanto al tiro á barbata, los solos tiros peligrosos son los que atraviesan la cresta del parapeto y los que hieren directamente á los sirvientes. Estos tiros, en el combate á gran distancia, no son tan numerosos como los que atraviesan las partes débiles de los merlones, los que penetran por la cañonera y los que estallan chocando con las caras ó el fondo.

El tiro á barbata, además, se ha hecho más fácil y ménos peligroso, después que la introducción del sistema de carga por la culata ha permitido suprimir todas las maniobras que se hacían en la boca del cañón, si bien esta ventaja no es para nosotros completamente aprovechable, por los muchos cañones de bronce antiguo, á cargar por la boca, que llenan nuestras plazas.

El abandono casi general de la fortificación rasante es otra circunstancia favorable al empleo de este tiro, puesto que dando al cuerpo de plaza una gran dominación, basta que los sirvientes se aproximen al talud interior, para estar al abrigo de los tiros directos.

Con el tiro á barbata, en fin, se puede aprovechar toda la amplitud de él que permite el montaje de las piezas, mientras que las cañoneras restringen el campo de tiro, dejan claros peligrosos para la circulación por los terraple-

nes, marcan el emplazamiento exacto de las piezas, y disminuyen la dominación de la artillería sobre el campo.

Espaciados á 50 metros hay cinco traveses huecos, sobresaliendo 3^m,50 sobre el parapeto, y que con los caballeros preservan los terraplenes de la enfilada, sin disminuir el campo de tiro de las piezas.

Basta echar una ojeada sobre el plano, para convencerse de que los terraplenes cumplen con las condiciones siguientes, dictadas por Brialmont:

1.^a Que se pueda poner en batería, sobre los terraplenes, el mayor número posible de cañones. Descontando el espacio absorbido por los traveses quedarán en cada frente 350 metros útiles de cresta, sin contar con la de los caballeros, é incluyendo la de éstos, 450 metros, ó sea una longitud inferior sólo en 50 metros á la del lado exterior.

2.^a Que los cañones estén protegidos de los fuegos de enfilada. Por la disposición de su trazado son difícilmente enfilables los terraplenes, pero aún así, están dotados de los traveses que hemos descrito.

3.^a Que el transporte del material y la colocación en batería no ofrezca dificultades. Ya hemos visto que dos rampas de 4 metros de anchura y $\frac{1}{4}$ de pendiente facilitan la subida al terraplen de circulación, y otras diez pequeñas, adosadas á los traveses, unen el terraplen de circulación con el de defensa.

4.^a Que haya á la inmediación de las baterías, pequeños almacenes de pólvora y con proyectiles cargados y abrigos blindados, con bóvedas para las piezas y los sirvientes. Los traveses llenan este doble cometido, abasteciéndose por los montacargas establecidos en dos de ellos, y por las rampas mencionadas.

5.^a Que se pueda tirar en muchas direcciones sin tener grandes movimientos de tierra que ejecutar. Nada hay que se oponga al cumplimiento de esta condición.

6.^a Que haya detrás de las baterías un terraplen bajo, donde los defensores estén al abrigo de los fuegos de sumersión. El terraplen de circulación está organizado para llenar dicho objeto.

Línea de fuegos.

El inconveniente más grave de la fortificación abaluartada y aún de las obras alemanas de principio de siglo, es sin duda alguna el de la subordina-

ción del trazado al flanqueo, que obliga á quebrar las crestas de una manera ilógica, presentando largos terraplenes á la enfilada, pudiendo tomarse otros de revés y multiplicando los salientes que llevan consigo los sectores privados de fuegos. No hemos, pues, de encarecer la importancia, cada día mayor desde la invención del tiro á rebote, del trazado de los terraplenes en forma que no sean enfilables.

En el sitio de Sebastopol, según la opinión de los generales aliados, el poco éxito de la artillería del ataque debe ser atribuido á que sólo muy pequeñas partes del recinto eran enfiladas. Bousmard sostenía que bastaba un cañón contra cuatro para destruir la artillería por el rebote, y en consecuencia, propuso trazar en curva los flancos y caras de los baluartes, con el único fin de sustraerlos á la enfilada.

El empleo de los traveses no es más que un paliativo insuficiente cuando los terraplenes son enfilables, teniendo además el inconveniente si se multiplican, de debilitar la potencia ofensiva de los parapetos, absorbiendo una gran parte de sus terraplenes; pues aún cuando las piezas estén separadas por traveses bastante altos para que los proyectiles rasando la cresta de uno penetren en el talud del otro á 1^m,50 sobre el terraplen, estos proyectiles no herirían á nadie directamente, pero su explosión, producida por las espoletas de percusión, tendrá lugar á una pequeña profundidad en las tierras, y los fragmentos serán arrojados, unos entre los dos traveses, otros elevándose más sobre los intervalos próximos, y el más corto número fuera de la batería. Multiplicando los traveses no se remedia nunca este inconveniente, y en cambio se incurre en el que ya hemos dicho de robar espacio á los fuegos y en el de marcar los emplazamientos de las piezas lo mismo que en las cañoneras, y más si se dá á los traveses extraordinaria altura.

El trazado poligonal es el que puede sustraer el cuerpo de plaza al tiro de enfilada mejor que ningún otro. No hemos querido perder de ninguna manera esta ventaja en el frente que estudiamos, y así se ve al parapeto seguir una dirección muy poco separada de la rectilínea.

Será muy fácil así aplicar al terreno el frente, procurando únicamente que las prolongaciones de la dirección general de la cresta no vayan á fijarse en puntos peligrosos.

Por otro lado, las baterías que había de establecer el atacante para enfilear los terraplenes del cuerpo de plaza, estarán eficazmente contrabatidas por los fuegos de los rebellines y cuerpos de plaza de los frentes colaterales; pues á pesar del poco saliente que hemos dado al rebellin, cuando el ángulo formado por dos frentes no es inferior á 130 grados las prolongaciones de la cresta vienen á fijarse en el rebellin del frente inmediato.

Los caballeros ocultan además de las vistas, imposibilitando la corrección del tiro.

Podemos, por tanto, asegurar que el cuerpo de plaza no es enfilable, y que no existen salientes pronunciados, que originen sectores privados de fuegos.

Caballeros.

Entendemos que no debe prescribirse ni áun recomendarse un emplazamiento determinado y fijo para los caballeros. Siendo su objeto primordial, con el de tener fuegos muy dominantes sobre el ataque, el de batir los pliegues más ocultos del terreno, éste determinará la verdadera situación de ellos; no obstante, como bajo sus terraplenes es donde más cómoda y espaciosa-mente pueden instalarse los cuarteles defensivos, se subordina muchas veces la existencia y distribución de aquéllos á la de éstos, compaginando los fines y buena aplicación de unos y otros.

Con el fuerte relieve que damos al terraplen del cuerpo de plaza, que permite batir desde él todo el terreno exterior á partir de la cresta del glásis, siendo difícil que haya pliegues que escapen á la acción de sus fuegos, los caballeros son innecesarios y pudieran haberse omitido sin mas que dar á los cuarteles defensivos alojados debajo de ellos, las mismas altitudes que tiene el establecido en la capital del frente.

Ya que á título de estudio hemos englobado los elementos más usuales en fortificación, presentamos como ejemplo los caballeros de los salientes, que tendrían muy útil aplicación en el caso de debilitar el relieve por atendibles razones de economía ó por permitirlo el terreno, ya colocados, como aquí, en los salientes, ya uno solo en capital del frente, sobre todo cuando se estuviere obligado á dar un relieve tal al rebellin que interceptára los fuegos de esta parte del cuerpo de plaza.

El perfil de los caballeros es el mismo que el del cuerpo de plaza, tenien-

do sobre éste una dominación de 3^m,50. Su trazado es el de una luneta con sus caras paralelas á la magistral y los flancos dispuestos perpendicularmente al foso del rebellin para flanquearlo en unión de las galerías de contraescarpa y principalmente para batir el camino cubierto y terraplenes de éste. Tan importante cometido pudiera llenarlo el terraplen del cuerpo de plaza— caso de no existir los caballeros—quebrando la cresta en llares como prescribe Brialmont en alguno de sus tipos (fuertes de Amberes).

Para preservar los flancos de la enfilada, existen dos traveses huecos que ya dejamos descritos, y para evitar que los fuegos directos contra un flanco, hieran al opuesto de revés, se ha colocado un espaldón en cada flanco, dejando entre él y el través correspondiente el espacio necesario para la rampa de subida desde el terraplen de circulación al de defensa. Dicho espaldón pudiera hacerse hueco y utilizarse para abrigos, dándole la entrada cara al través.

La artillería se abastece por las rampas y los montacargas de los traveses.

Traveses macizos protejen la comunicación entre los terraplenes de circulación del cuerpo de plaza y de los caballeros.

Poco tenemos que decir sobre la organización de los cuarteles, cuya distribución puede variar muchísimo según el criterio y habilidad del ingeniero ó necesidades que tenga que satisfacer. Los establecidos en el frente pueden apreciarse en el plano y perfiles *EF*, *ZX* y *ST*. Hay en ellos locales suficientes para alojamiento de las tropas necesarias para la defensa de cada frente y almacenes para los parques de artillería é ingenieros. Su situación en las capitales es generalmente adoptada por ser los puntos en que los proteje mayor macizo de tierras, pero á ellos puede aplicarse lo dicho respecto á la situación de los caballeros, ya que van ordinariamente unidos.

Cuarteles defensivos y almacenes.

Tanto los cuarteles de los salientes como el de la capital del frente, dan fuegos sobre la desembocadura de las poternas para contribuir á la defensa de ellas.

Los almacenes generales de pólvora han sido situados entre las baterías acasamatadas, equidistantes de ellas y de sus repuestos; situación que la naturaleza de las capas de tierra que se encuentren podrá obligar á variar y que nos ha parecido más ventajosa por su aislamiento é independencia de los

cuarteles que la de estar adosados á éstos como suele hacerse. Están bien abrigados y en puntos donde el atacante no intentará nunca abrir brecha, por ser los más poderosamente flanqueados.

Los almacenes de distribución, repuestos y locales para la carga de los proyectiles huecos, están á espaldas de cada batería, acasamatados y separados solamente de ella por una galería de circulación. De esta manera el servicio de las piezas destinadas al flanqueo no podrá encontrar dificultad alguna en lo que respecta á su aprovisionamiento.

Baterías flanqueantes.

Las piezas flanqueantes, debiendo conservarse intactas hasta el último momento, son bocas de fuego que hay precisión de reservar sin que ejerzan acción alguna en los períodos principales del sitio.

«La artillería es todo en los sitios,» dijo Montalembert, y en efecto, estos se reducen hoy casi exclusivamente á un combate entre la artillería del ataque y la defensa, supeditándose los demás servicios á las necesidades de éste, del que son—aunque poderosos algunos—meros auxiliares. El artillado es, pues, el elemento principal de la defensa y en tal concepto conviene poner en acción el mayor número de piezas para oponerse con sus fuegos al establecimiento de las baterías del ataque en todos los períodos.

Las naciones que, como la nuestra, no pueden disponer de grandes caudales para artillar profusamente sus plazas, que cuentan por consiguiente con muy escasa artillería, necesitan recurrir á ciertas disposiciones que les permitan poner en juego todas las bocas de fuego disponibles, economizando el número de las que han de permanecer inertes hasta determinado instante.

Los frentes de fortificación poligonal—no hablamos de la fortificación abaluartada, por suponer reducidas sus aplicaciones á limitadísimos casos—construidos hasta la fecha, exigen un número exajerado de piezas para el flanqueo del foso principal, del de la caponera y del rellin. Los frentes de Amberes, para flanquear dichos fosos y el terraplen existente detrás de la caponera, necesitan más de 50 piezas, cantidad además de innecesaria por la importancia que hoy ha perdido el flanqueo, para nosotros imposible, por lo que hemos de limitarnos á disposiciones más sencillas, con tal que ofrezcan garantías suficientes de obligar al enemigo á un ataque regular.

En el frente que describimos, ocho piezas flanquean el foso del cuerpo

de plaza, y cuatro el del rebellin, éstas emplazadas en la galería de contra-escarpa, y aquéllas en cuatro baterías acasamatadas.

Esta manera de disponer el flanqueo no es original. Brunner en 1867 presentó un frente flanqueado por cuatro casamatas en retirada, dispuestas de un modo análogo, pero que en nuestro concepto no está exento de inconvenientes. Coloca dos baterías en el centro del frente y otras dos en los salientes. La situación de estas últimas nos parece harto comprometida y hemos preferido la que se observa en el plano.

Y ya que hemos adoptado las ideas de Brunner como muy útiles, en la actualidad, por la menor importancia que se dá al flanqueo y por las ventajas que expondremos, debemos recoger las censuras que Brialmont dirige contra los ensayos del ingeniero austriaco, en la parte que pueda extenderse al método que empleamos.

Dice el ilustre ingeniero belga en su obra *Fortificación con fosos secos*, tomo II, página 7:

«Esta disposición es complicada como trazado, y débil como construcción; tiene además el inconveniente de reducir la salida de los flancos á un punto tal que, no tomando de revés las partes flanqueadas, sus fuegos pueden ser interceptados por el derrumbamiento de una parte de la escarpa.»

«Por otra parte, esta disposición priva á la defensa de la ventaja que resulta de un doble piso de fuegos flanqueantes, de los cuales uno esté al nivel del adarve. Reduce el flanqueo á un piso acasamatado, que puede sustraerse á la acción de las baterías lejanas que tiren contra la escarpa, pero que no tiene bastantes cañones para luchar con la contrabatería, y cuyos fuegos serán interceptados por la rampa de la brecha.»

Cuatro alineaciones bastan para marcar la dirección de la escarpa, y tratándose de obras que han de ejecutarse con todo despacio, siempre que llenen debidamente el objeto, no vemos en ello un inconveniente; pero si existiera, sería menor que el que lleva consigo el trazado de la caponera, sus alas, su cabeza, el terraplen de su espalda, la quebradura que produce la retirada del terraplen del cuerpo de plaza formando cortina, y la que origina la instalación de las baterías que flanquean la cabeza de la caponera: esto en cuanto á la primera objeción. Respecto de la segunda, reconocemos la débil cons-

trucción de las baterías acasamatadas de Brunner, y por eso las hemos reforzado dotándolas de cañoneras túneles y adoptando mayores espesores para los muros y bóvedas.

Cierto que la escasa salida de los flancos no permite tomar de revés las partes flanqueadas, y que mejor sería, seguramente, poder batirlas en diversos sentidos; pero no todo puede conseguirse, y puesto que haya de sacrificarse algo á la economía, justo nos parece que sea lo menos interesante, y en tal concepto tenemos la cuestión de batir de revés la escarpa. En efecto, en el tiempo en que la poca precisión de las armas portátiles y las dificultades de su carga permitían al asaltante, despues de haber pasado el foso, sostenerse al pié de la brecha esperando ocasión oportuna para lanzarse al asalto, indispensable era tomar de revés los atrincheramientos que el enemigo construía en dicho punto. Hoy día ha cambiado de fase completamente este período del ataque. La rapidez de carga y precisión de tiro de la fusilería—áun sin emplear armas de repetición indicadas para estos momentos críticos—y la potencia de las piezas de flanqueo, dificultan muchísimo, si no lo hacen irrealizable, el paso metódico del foso, y no es en manera alguna posible que el asaltante se detenga al pié de la escarpa, ni áun el tiempo preciso para la instalación de un hornillo, á no ser que el flanqueo estuviera tan quebrantado que no pudiese llenar su objeto; en cuyo caso, apagados sus fuegos, tanto importaría que éstos hubieran podido ser de revés como de enfilada. El ataque regular termina ahora con la bajada al foso, teniendo que recurrir al asalto desde la cavidad abierta en la contraescarpa, sea por galerías de mina, sea por hornillos, que volándola con el glásis faciliten la acción de las baterías de brecha que han de emplear el tiro de demolición (Malakoff).

La cuestión está, pues, reducida á batir eficazmente la contraescarpa para dificultar la desembocadura de las columnas de asalto, ganando así el mayor tiempo posible, objetivo único en tan supremos instantes.

Cada punto de la contraescarpa recibe, tanto en este frente como en el de Brunner, fuegos de dos baterías flanqueantes, por lo que, á nuestro humilde juicio, no tiene importancia el inconveniente que Brialmont reconoce en este sistema de flanqueo.

No residiendo éste en una sola obra, áun cuando las tierras procedentes

de la apertura de la brecha interrumpieran los fuegos de una batería, siempre quedarían en acción las otras tres, para entorpecer la salida de las tropas destinadas al asalto.

Continuemos examinando la crítica del general belga:

Dice que esta disposición priva á la defensa de tener dos líneas de fuegos flanqueantes. Considerando suficiente el flanqueo obtenido por este sistema—y así debe hoy reconocerlo Brialmont cuando ha reducido á la extrema sencillez las obras flanqueantes,—podemos graciosamente renunciar á esa ventaja, que resultaría extraordinariamente cara, tras de no ser necesaria, desviándonos de uno de nuestros principales fines: la economía.

En cuanto á las últimas objeciones, ya hemos dicho y repetimos que realmente son débiles las casamatas de Brunner para luchar con las contrabaterías del coronamiento, por cuya razón las hemos reforzado y aún pudieran dotarse de escudos sin modificar en nada su organización, ya que el impugnador reconoce que están bien protegidas de los fuegos dirigidos á la escarpa. La censura relativa al corto número de cañones no reza con nosotros, porque si bien colocamos sólo dos piezas en cada batería de flanqueo, hemos dado en cambio al cuerpo de plaza y á los caballeros un perfil que permite combatir directamente con las contrabaterías, batiendo la cresta del glásis, para cuyo fin podrían reservarse y colocar en batería, llegada esta ocasión, piezas de 12 y aún de 15 que bastarán para el objeto, por la poca distancia y por la dominación que tendrán sobre las contrabaterías que habrán de establecerse en el lugar que ocupan los blockhaus.

Ya que dejamos contestada la última razón expuesta sobre la rampa de la brecha, y demostrada con lo dicho la suficiencia de este sistema para un ataque paso á paso, seguiremos el estudio de su valor defensivo, no sin hacer ántes notar que, aunque Brialmont afirma que en materia de flanqueo no hay término medio posible, creemos que en esto, como en todo, en uno justo y prudente está la verdadera solución. Quizás hoy no dijera lo mismo á juzgar por las nuevas disposiciones que recomienda.

Si hubiera querido batirse de revés la escarpa, pudieran haberse situado las baterías flanqueantes en la contraescarpa, dando á esta la misma organización que tiene aquella, que entonces tendría la dirección rectilínea en

toda la longitud del frente; pero esta disposición nos hubiera impedido batir de revés la contraescarpa y ya hemos expuesto la preferencia que debe darse á estos fuegos sobre aquéllos, aparte de que esta nueva situación nos hubiera obligado á complicados sistemas de contraminas para la defensa de las baterías de flanco que caerían mucho ántes en poder del asaltante facilitando el paso del foso que quedaría sin defensa.

En cada semifrente las líneas de defensa son de 170 metros, perdiéndose con el cruzamiento de fuegos solamente 50 metros.

Las baterías más próximas á los salientes baten también el foso del otro semifrente, siendo su mayor línea de tiro de 420 metros. Pueden, por consiguiente, emplearse con eficacia las ametralladoras.

Para los fuertes y siempre que el lado exterior no pase de 300 metros, dos baterías flanqueantes, dispuestas como en un semifrente, bastarán para el flanco, y cuando el lado exterior llegue cerca de los 1000 metros, deben usarse cañones, puesto que las líneas flanqueadas serán, la mínima de 340 metros y la máxima de 840; pero si quisieran tenerse fuegos más eficaces ó emplearse ametralladoras se hace preciso aumentar el número de baterías flanqueantes para que la mayor línea flanqueada no pase de 500 metros.

Este sistema, en nuestro concepto, remedia el inconveniente de residir el flanco en una sola obra, evitando así la gran confusión que, con perjuicio del buen servicio de las piezas, debe introducirse en la caponera llegado el momento de emplear sus fuegos, y el peligro de que el sitiador se haga dueño de la caponera dejando el foso sin flanco.

Por otra parte, salta á la vista la gran economía que resulta de adoptar esta sencilla disposición con preferencia á la caponera, que trae consigo grandes movimientos de tierra é innumerables metros cúbicos de mampostería si se ha de proteger y flanquear debidamente; este es el inconveniente principal de ella para nosotros, que á poder prescindir de él, es innegable que nada hay más cómodo para la aplicación al terreno ni más eficaz para un perfecto flanco del foso, por cuyo motivo y en la previsión de que hubiera recursos para emplearla, hemos dejado el foso en condiciones de poder instalar una caponera en capital, reducida á las mínimas dimensiones ahora preconizadas, sirviéndole el rebellín, ligeramente modificado, de ca-

beza, relleno de tierra las dos baterías flanqueantes más próximas á los salientes y dejando en acción las otras dos, que contribuirán con la caponera al flanqueo, sin que quede ningún ángulo muerto en el foso.

Antes de abandonar el cuerpo de plaza digamos algo sobre su fuerte relieve. No hemos de repetir lo que ya digimos sobre las grandes ventajas que á la defensa reporta tener fuegos de gran dominación sobre el ataque y las obras exteriores y evitar que haya puntos en el campo que se escondan á su acción; pero como pudiera ocurrirse el aprovecharlo para obtener una doble línea de fuegos, creando en el talud un nuevo terraplen y retirando algo más el del cuerpo de plaza, debemos recordar que esta disposición de las dobles crestas, sólo conservada y defendida por los franceses, ha sido ya totalmente abandonada por ellos en vista de que la línea inferior quedaba al punto destruida por los fuegos directos contra ella y por los proyectiles que estallaban chocando contra el talud exterior de la línea superior. Por la misma causa hemos cortado el terraplen del cuerpo de plaza por los caballeros, en lugar de retirar éstos lo bastante á dejar expedito dicho terraplen, que en los salientes sería así prontamente destruido, desmoralizando las tropas de defensa.

Relieve.

En el sistema de acotaciones, hemos tomado como plano de comparación el ideal del terreno, representando por cotas negativas las correspondientes á los puntos situados debajo de él.

Queda dicho al hablar de la escarpa y las baterías flanqueantes, cuanto pudiéramos exponer sobre la defensa y dimensiones del foso, cuya anchura es variable desde 10 metros á 22. Advertiremos únicamente que se ha supuesto seco, por ser este el caso más general en nuestro país.

Foso.

Tiene la contraescarpa la altura más usual, 8 metros, y puede ser construida con bóvedas en descarga, á fin de economizar mamposterías.

Contraescarpa.

El rebellin se ha reducido á las menores dimensiones posibles, con arreglo á las ideas predominantes, conservando un saliente, á contar desde el lado exterior, de 90 metros, suficiente para dar fuegos cruzados sobre el campo en los salientes, y obligar al sitiador á dirigir los trabajos de ataque contra esta obra, haciendo este, por consiguiente, más laborioso.

Rebellin.

No marcamos los 90 metros para saliente del rebellin, como disposición

más conveniente, porque el terreno ha de ser el que la fije en todos los casos.

Merced á su escaso perfil, que hace esta obra sumamente económica, está poderosamente dominada y batida por los caballeros y el cuerpo de plaza, y no podrá el sitiador, posesionado ya de ella, proporcionarse abrigo, porque la gran diferencia de relieve (7^m,50) hace que no sea obstáculo á la defensa el espaldón situado en la gola para preservar los terraplenes de los fuegos de revés, espaldón que, si se quisiera, podría suprimirse abriendo una rampa en el glásis, en la dirección de la capital, con la que se ganará la altura necesaria para abrir en el revestimiento de la gola, que debe ser de piedra en seco, la poterna que conduce á la batería acasamatada y á la galería de contraescarpa.

Habiendo quebrado la cresta para obtener fuegos en capital, queda un espacio en el saliente que aprovechamos para la instalación de una batería acasamatada, que barre con sus fuegos la pendiente del anteglásis.

El camino cubierto está trazado en llares que protegen su terraplen de la enfilada, sin proporcionar, como los traveses, abrigo al asaltante. Hemos corrido el camino cubierto y glásis, hasta el encuentro con el glásis del cuerpo de plaza, porque de cortarlo en el anteglásis, hubiera quedado descubierta la escarpa del rebellin, y privadas las plazas de armas de la ventaja de poder coger entre dos fuegos al enemigo que se introdujera en ellas, persiguiendo en su retirada á las columnas que hubieran efectuado una salida. Si se quebrara dicho glásis para darle una dirección paralela á la escarpa, con el fin de aumentar la superficie de las plazas de armas, no se enfilaría el camino cubierto desde los caballeros. La gran distancia que queda en la gola, entre la escarpa y la contraescarpa, no es inconveniente ninguno, puesto que una y otra van perdiendo su altura por la pendiente del glásis máscara, y en ese punto llega á desaparecer el revestimiento.

Juzgamos inútil insistir sobre las demás partes del rebellin, puesto que sus dimensiones y organización están sancionadas por la práctica.

Plazas de armas y blockhaus.

La conveniencia y utilidad de las plazas de armas queda también suficientemente demostrada, debiendo ceñirnos ahora á tratar de su defensa, que por precisión ha de ser muy enérgica, ya que ningun obstáculo material se opone

á que las columnas de ataque persigan de cerca á las que hubieran efectuado una salida.

El cuerpo de plaza bate estas plazas de armas, pero sus fuegos, por estar dispuestos para oponerse á la marcha de los trabajos del sitiador con proyectiles de grueso calibre, carecen de condiciones para inundarlas de proyectiles menudos en determinados momentos. Tampoco consideramos suficientes á este fin los fuegos del rebellín, porque dado el estado moral y ánimo enardecido del asaltante que ve huir ante él á los defensores, es imprescindible acumular el mayor número posible de aquellos por los dos flancos para desorganizar y rechazar las columnas, haciendo que se encuentren encerrados en el foso los arrojados que hubieran conseguido descender á él por las rampas de la contraescarpa, como sucedió á los alemanes en la fracasada sorpresa de uno de los fuertes de las Perches, durante el sitio de Belfort.

Para este fin están destinados los blockhaus ya descritos, que deberán estar provistos de ametralladoras. Una gruesa capa de tierra impide su destrucción desde léjos; el sistema de contraminas los defiende de los ataques subterráneos, y teniendo su entrada por el foso no hay peligro de que el asaltante se precipite dentro de ellas desalojando al defensor.

Esta clase de defensas han dado siempre los mejores resultados cuando se han establecido para este objeto, y de ello podemos citar un ejemplo, que no por ser antiguo deja de tener aplicación en el estado actual de la fortificación. En la plaza de Céuta, sobre el glásis del frente de tierra, existen unos blockhaus enterrados, á los que se dá, no sabemos porqué, el nombre de galerías, y que durante los largos sitios que sufrió la plaza, prestaron importantísimos servicios contra los ataques tumultuarios á que tan aficionados eran los moros, despues de una salida desgraciada de los defensores.

Réstanos, para terminar, decir dos palabras nada más sobre las comunicaciones por sí, efecto de su expedita organización, pudieran parecer comprometidas. Comunicaciones.

Hemos procurado que las galerías abovedadas de circulación, alojadas debajo del terraplen del cuerpo de plaza, fueran claras y sencillas, y que contribuyeran á la ventilación de los almacenes y cuarteles y á la fácil evacuación del humo en las casamatas flanqueantes. No hemos de ser nosotros los que

juzguemos esta disposición ni el mayor ó menor acierto con que están combipadas con las poternas y rampas. En cuanto á las poternas que atraviesan los terraplenes en las capitales saliendo directamente al foso, quizá se nos objetará que dejan camino abierto al asaltante que tiene así brechas ejecutadas por donde introducirse; dotando las poternas de rastrillos de hierro que dejen libre paso á los proyectiles y de refosetes con puente levadizo y concentrando fuegos sobre sus desembocaduras en la plaza, para lo cual basta establecer muros aspillerados ó palanqueras de fuegos convergentes con los de los cuarteles hácia estos puntos, será imposible que pueda penetrar el enemigo enfilado y batido en tan delgada y larga columna é impotente para desplegar fuerza alguna. Intentar el asaltante un hecho de esta naturaleza, áun arrojándose en pérsecución de fuerzas de la plaza, sería sacrificar las suyas estérilmente, con perjuicio de la disciplina.

Hemos tratado también de que todas las comunicaciones estén bien protegidas de los fuegos del ataque y batidas por los de la plaza, bien los flanqueantes, bien los del recinto, dándoles suficiente anchura y pendientes suaves para el empleo de las fuerzas móviles de fusilería y artillería.

Sistema de
contraminas.

Las minas parecen llamadas á jugar un importante papel en las guerras futuras; la mayor parte de los trabajos de fortificación construidos en Alemania están provistos de ellas. La historia de los sitios prueba que las guerras subterráneas son siempre muy largas y que un asaltante que ha avanzado con rapidez hasta los límites de acción del sistema de contraminas se ha encontrado súbitamente detenido en su marcha hasta emprender los trabajos necesarios para la destrucción de este peligroso obstáculo.

No hay, pues, que despreciar este complemento importante de la fortificación moderna; eso equivaldría á privarse voluntariamente de una ventaja indiscutible.

El objeto de estas construcciones es facilitar al defensor el establecimiento, en tiempo oportuno, de las galerías y hornillos que puedan serle necesarios, ya que no se ha de organizar un sistema tan perfecto como sería posible para que la acción de los hornillos se dirigiera siempre contra los trabajos del enemigo, por imprevistos que fueran; por lo cual es preciso dejar al sistema de contraminas elasticidad bastante para plegarse á las exigencias que

resulten de las disposiciones tomadas por el adversario. El único objeto que hay que perseguir es, por consiguiente, el de asegurar la posesión del terreno inferior en un radio de unos 60 ú 80 metros delante de la cresta del glásis. El sistema de contraminas, por tener una acción puramente local, no debe establecerse sobre el recinto de una plaza fuerte mas que en los sectores de probable ataque. Así lo hemos ejecutado en este frente, abriendo tres escuchas en el saliente del rebellin por ser el punto obligado de ataque, y una en cada saliente del polígono.

Como se vé en el plano, hemos aceptado el sistema alemán, renunciando al empleo de transversales, porque si bien éstas presentan grandes ventajas bajo el punto de vista de las comunicaciones, de la ventilación y de las facilidades que procuran para el establecimiento de nuevos ramales, tienen en cambio el gravísimo inconveniente de que su dirección las hace muy expuestas y una vez que el minador enemigo se ha hecho dueño de una de ellas, se puede amparar en las dos escuchas laterales ó hacerlas desalojar infestándolas.

No hemos de entretenernos en acreditar el valor defensivo del frente que acabamos de describir, haciendo lo que los franceses llaman *análisis de las fortalezas*, pues que además de ser hoy inútil, ni disponemos de los diarios de sitio de las últimas campañas, ni aún cuando los tuviéramos á la vista nos podrían servir de norma para precisar la marcha progresiva de los trabajos del ataque, toda vez que ningún ejemplo reciente tiene analogía con el sitio ideal que pudiéramos desarrollar.

Consideraciones.

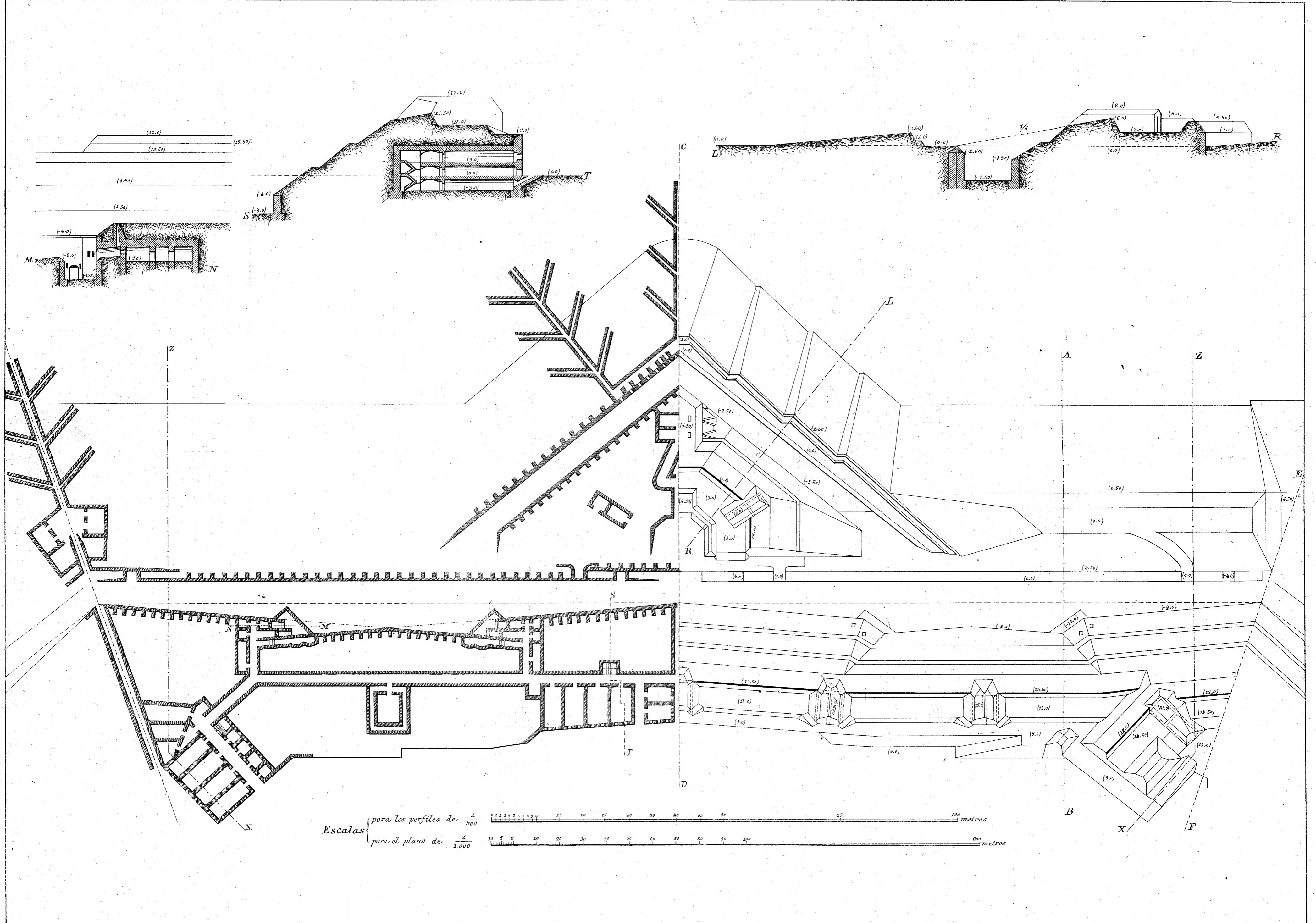
Así, damos por terminado este trabajo, que encaminado á aprender, y no á enseñar, como ya expusimos al empezarlo, tendrá necesariamente poco ó nada de nuevo, y acaso será solamente útil para nosotros, por lo que haya podido contribuir á ejercitarnos en este género de estudios, de tan reconocido interés para el ingeniero militar.

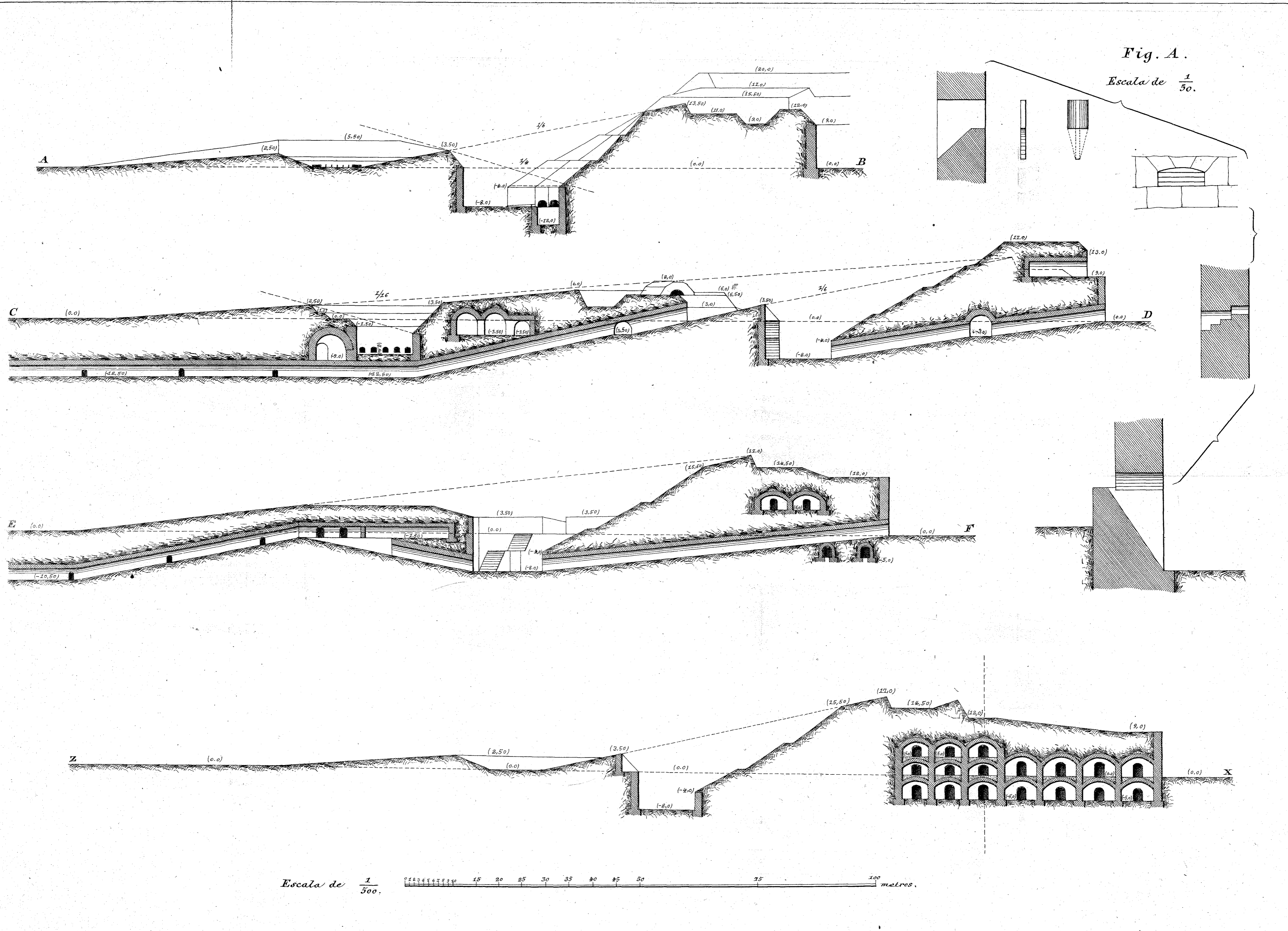
Zaragoza 25 de Octubre de 1887.

ÍNDICE

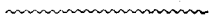
	<u>Páginas.</u>
Frente de estudio.	5
Consideraciones generales.	7
Caractéres del frente y condiciones á que debe satisfacer.	12
Caractéres del frente.	15
Descripción del frente.	20
Discusión del valor defensivo.	25

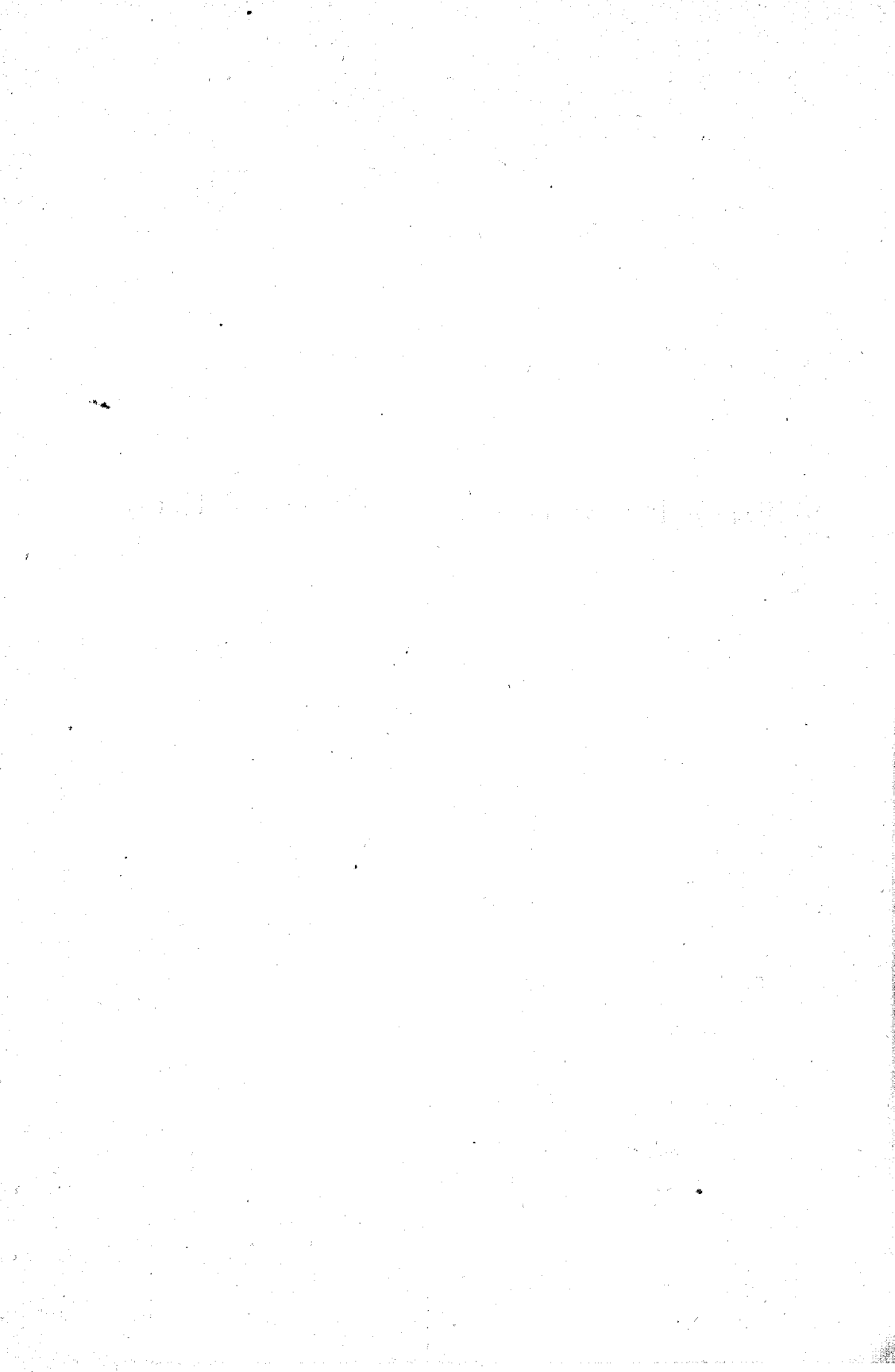






SUBIDA DE AGUA Á CHORITOQUIETA





SUBIDA DE AGUA Á CHORITOQUIETA

POR

EL TENIENTE CORONEL, COMANDANTE,

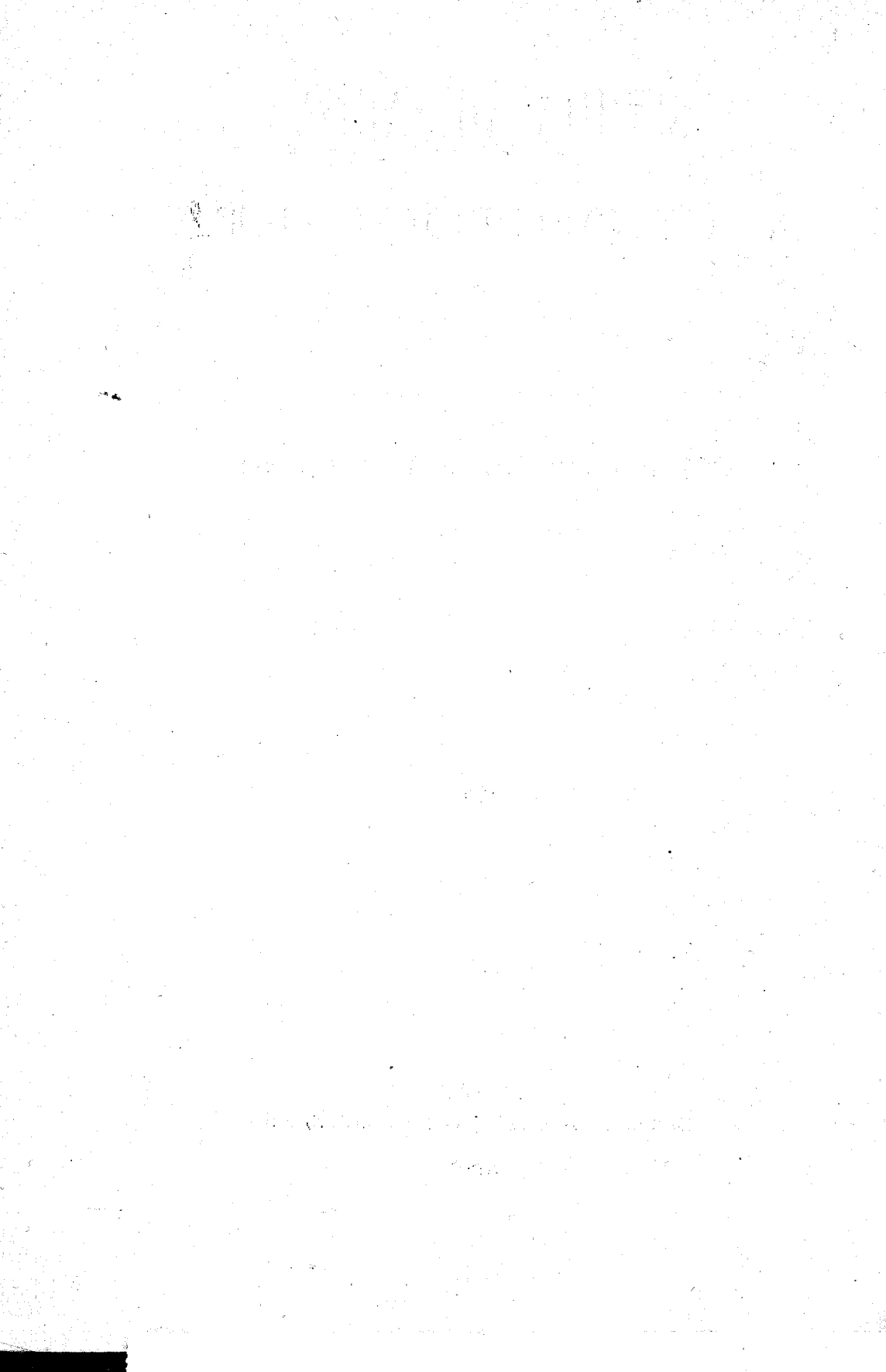
DON LUIS DE NIEVA Y QUIÑONES,

CAPITAN DE INGENIEROS.



MADRID
IMPRESA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS

1888



SUBIDA DE AGUA Á CHORITOQUIETA.



FORMA el monte de Choritoquieta una inmensa mole de mármol rojo. Descripcion de la localidad.

Sobre su superficie aparecen anchas y profundas grietas, que cruzándose en todos sentidos le hacen por completo inaccesible, hasta el extremo de no haber más puntos donde apoyar el pié que las sendas abiertas en la roca para el levantamiento de los planos. Hállase aislado, dominando todo el terreno que le rodea, con más de 200 metros de altura, excepto por el Este, donde se halla la posición de San Márcos á 1000 metros de distancia horizontal y 50 metros más baja, á la que se une por medio de estribaciones de poca importancia. El punto más alto de Choritoquieta tiene 318,10 metros sobre el nivel del mar, y corresponde á un vértice de tercer orden de la triangulación geodésica conocida con el nombre de Galzaur.

En la cumbre, que es donde se construye el fuerte, hay falta absoluta de agua; la que procede de las lluvias, tan abundantes en el país, se pierde por las profundas grietas del terreno sin que haya medio de recogerla, y es seguramente la que da lugar á unos abundantes manantiales situados al pié de la falda Oeste, á más de 1500 metros de distancia y 200 de desnivel, que se aprovechan para surtir á la ciudad de San Sebastian. Los demás manantiales que se encuentran en las otras faldas del monte, son de escaso caudal, desaparecen en las épocas de sequía y no son, por lo tanto, de ningun interés para las obras.

Disponer de 18 á 20 metros cúbicos de agua diarios en la cumbre, era de todo punto necesario para construir en los 300 dias laborables del año todas las obras que componen el fuerte. Esta cantidad de agua es la que se ha estado consumiendo en San Márcos, con el trabajo de 400 á 500 operarios, y es tambien la que corresponde al volúmen de mamposterías, hormigones, terraplenes, etc., etc., que se han de construir.

Necesidad de la obra.

Diferentes
soluciones
que se pueden
presentar.

No hay que pretender aprovechar las aguas de los manantiales de la falda Oeste, porque para ello sería necesario, ante todo, abrir un camino en roca durísima, de 2000 metros al ménos de desarrollo, con una pendiente de 10 por 100, cuyo coste no bajaría de 30.000 pesetas. Los demás manantiales, como ya hemos dicho, no tienen importancia.

El punto más próximo para tomar el agua, teniendo en cuenta las vías de comunicacion, es el mismo elegido cuando se trató de elevar la que se ha necesitado para la construcción del fuerte de San Márcos, que es un depósito alimentado por medio de una ramificación de la tubería que surte al pueblo de Rentería.

Este depósito está situado 144 metros más bajo que las explanaciones de San Márcos, y á una distancia de 500 metros, con mal camino. En el anteproyecto para la subida de agua á San Márcos, su autor, el capitán del cuerpo D. Manuel Zarazaga, demuestra claramente que para elevar desde dicho depósito hasta la cumbre 20 metros cúbicos de agua por día, valiéndose de carros con jornal de 9 pesetas, de los que cada uno conduzca una barrica de 300 litros y haga cuatro viajes al día, se necesitaría gastar cada año 38.438 pesetas. Si el consumo se hubiera reducido á 18 metros cúbicos por día, habría resultado un gasto anual de 34.600 pesetas. Haciendo un cálculo análogo para elevar 18 metros cúbicos de agua á Choritoquieta, donde con dificultad podrían hacer los carros dos viajes desde el depósito, puesto que los 500 metros que hasta San Márcos tenían que recorrer se convertirían en 2000 metros, una parte en buen camino y otra en malo, y la diferencia de altura sería de 200 metros en lugar de 144, resultaría un gasto no inferior seguramente á 70.000 pesetas. Tan enorme gasto es inadmisibile, y por otra parte, el servicio en esta forma hubiera sido de imposible realización, porque se habrían necesitado $\frac{18}{2 \times 0,300} = 30$ carros, que no se encuentran en el país.

Conservar la máquina de vapor ya instalada para subir el agua al depósito de San Márcos, colocar otro en la falda de Choritoquieta, 3 ó 4 metros más bajo que el de San Márcos, y poner ambos en mútua comunicacion por medio de una tubería, era una solución que reduciría mucho el gasto de

70.000 pesetas, en atención á que el segundo depósito no quedaría más que á 600 metros próximamente del punto de obra, con buen camino. En este trayecto se hubieran hecho ocho viajes al día, con lo cual habrían bastado ocho carros; pero el gasto de transporte resultaría aún próximo á 17.000 pesetas, al cual habría que añadir la construcción del segundo depósito, la compra y colocación de la tubería entre los dos, el sueldo del maquinista, el gasto de carbón y el entretenimiento de la máquina, todo lo cual produciría un total de mucha consideración.

Era por lo tanto de importancia grande ver si la máquina de vapor que sube el agua á San Márcos, tenía la fuerza suficiente para elevarla también á Choritoquieta, y si la resistencia de sus diferentes órganos era suficiente para soportar el aumento de trabajo que se trataba de exigirles.

Hemos dicho que se necesitaban 18 ó 20 metros cúbicos de agua en diez horas de trabajo, ó sean $0^m3,00056$ por segundo. La bomba impelente de la máquina de vapor está á la cota (126) y el agua se necesita á la (318), superior á las de todas las mamposterías. La diferencia de cotas es de 192 metros, y añadiendo el aumento de carga de 8 metros que resulta por el rozamiento del agua en la cañería, y los cambios de dirección, tendremos como trabajo útil que la máquina deberá desarrollar,

$$T = 0^h,56 \times 200 = 112 \text{ kilográmetros.}$$

El trabajo motor será $\frac{T}{0,60}$, porque, en general, las máquinas no desarrollan más que un 60 por 100 del que se les aplica. Llamándole T' tendremos

$$T' = \frac{T}{0,60} = \frac{112}{0,60} = 186,66 \text{ kilográmetros,}$$

ó bien $\frac{186,66}{75} = 2 \frac{1}{2}$ caballos de vapor. Como la máquina dispone de tres caballos, es suficiente para elevar á Choritoquieta la cantidad de agua necesaria.

Faltaba determinar aún si las dimensiones de todos los órganos que la constituyen eran también suficientes para resistir el aumento de trabajo. Los cálculos que se detallan más adelante fueron fáciles de hacer, pues no había más que, variando los datos, seguir la marcha trazada por el ilustrado coronel teniente coronel del cuerpo D. José Luna, en el proyecto de elevación

de agua al monte de San Cristóbal, en Pamplona, publicado en el tomo del *Memorial de ingenieros* correspondiente al año 1880. Los resultados obtenidos, como era de esperar, fueron favorables á la resistencia de las diferentes piezas y pudo ya, por lo tanto, darse como resuelto el problema con poco gasto. No hubo más que elegir el trazado de la tubería y repetir lo hecho en San Cristóbal y lo ejecutado también en San Márcos, para determinar las pérdidas de carga, los diámetros de los tubos, sus espesores, la manera de colocarlos, etc., etc., y como la apertura de la zanja, la compra de 1029 metros de tubería que hacían falta y su colocación, la construcción de un torreón en lo alto de Choritoquieta y el traslado á él del depósito de palastro, situado en San Márcos, representaban un gasto total inferior á 5000 pesetas; se consideró ésta la solución más conveniente para obtener en las obras de Choritoquieta los 20 metros cúbicos necesarios por día.

A este gasto de 5000 pesetas era preciso añadir el diario de 6 pesetas del maquinista, 5 de carbon y 0,25 de aceite, trapos, etc., etc., durante 300 días de trabajo; pero este gasto quedaba en una mitad compensado con el jornal de 5 pesetas de dos peones, por lo ménos, que se hubieran necesitado para llenar y cargar las barricas en cualquiera de las otras soluciones antes indicadas.

Descripcion
de la solucion
elegida.

La elegida consiste, como se ha visto, en aprovechar el depósito de toma de agua, la máquina colocada en el mismo local y gran parte de la tubería, que sirvieron para el fuerte de San Márcos; empalmar con ésta una nueva en el punto que pareciera más conveniente, y verter el agua en el mismo depósito de palastro establecido ántes en aquel fuerte, despues de trasladarlo á la cumbre de Choritoquieta. La subida de agua á este punto se compone, por consiguiente, de los mismos elementos que fueron empleados en el fuerte de San Márcos y de algunos más, adicionados despues. Por lo tanto, para que la descripción sea completa, se hace preciso empezar por un resúmen del proyecto y de los trabajos á que ha dado lugar la subida de agua á San Márcos.

De aquí nace lógicamente la división de nuestro trabajo en dos partes principales: primera, subida de agua á San Márcos; y segunda, subida de agua á Choritoquieta.

SUBIDA DE AGUA Á SAN MÁRCOS.



MUCHO antes de tener principio las importantes obras que se han llevado á cabo en la posición de San Márcos, ya se había reconocido la necesidad de disponer en el punto de obra, de una cantidad de agua considerable para los trabajos que se iban á ejecutar. Aislado el monte de San Márcos por el Norte, el Este y el Sur, hasta una distancia de más de 3000 metros, dominando todo el terreno exterior, y dominado sólo por el Oeste, donde se halla Choritoquieta 50 metros más alto, pero á la distancia de 1000 metros, aunque formando con aquél una sola posición, era de suponer que en la cumbre faltaría por completo el agua, y que sólo se podría disponer (aprovechando la constitución del monte, en gran parte arcillosa) de la de lluvia, que corriendo por surcos ó canales establecidos en las diferentes vertientes del monte, fuera á verter en uno ó vários depósitos situados en los puntos más convenientes. De esta manera, en efecto, se ha recogido el agua necesaria para construir los barracones del campamento provisional. Pero á pesar de ser las lluvias tan abundantes en el país, este medio, para obras tan importantes como las que se iban á ejecutar, no era suficiente, porque serían precisos depósitos de extraordinaria cabida para contener el agua necesaria durante tres meses de sequía. Los canales y los mismos depósitos, de no colocarlos á una distancia bastante grande de los puntos de obra, aumentando considerablemente los gastos de transporte, habrían reducido muchísimo el poco espacio disponible en la cumbre del monte, entorpeciendo la buena marcha de los trabajos; y aún suponiendo que así se consiguiera tener el agua necesaria para la construcción de las mamposterías y de los hormigones, siempre quedaría sin resolver, á ménos de hacer algunas obras de consideración, el problema muy importante de suministrar la necesaria para beber á 500 ó 600 operarios, para lo cual no serviría la de estos depósitos, turbia por falta de tiempo para el

reposo, con el sabor de estancada, y caldeada por los rayos del sol. La experiencia ha demostrado despues, siempre que por cualquier causa se ha carecido de agua fresca en la obra, la necesidad de distraer de los trabajos 8 ó 10 chicos con jornal de dos pesetas, para llevar agua á las brigadas, lo cual representa un gasto de 20 pesetas diarias durante cinco meses del año.

Había que buscar, por consiguiente, la manera de subir el agua á lo alto del monte, empleando el más ventajoso de los medios mecánicos conocidos. Así lo comprendió la superioridad, que autorizó en 22 de junio de 1880 á la comandancia de ingenieros de San Sebastián, para formar el anteproyecto de abastecimiento de aguas en las obras del fuerte de San Márcos, y comunicó, en 4 de febrero de 1881, la orden para la formación del proyecto definitivo, el cual mereció la aprobación por real orden de 2 de septiembre de 1882.

El entónces teniente del cuerpo, D. Manuel Zarazaga, fué encargado de hacer el anteproyecto; y el capitán del cuerpo, D. Francisco de la Torre, el proyecto; y como las obras se han llevado á cabo con extricta sujeción á éste, todos los cálculos que á continuación se refieren son los que figuran en él y en el anteproyecto.

Elección del motor.—Ya se dijo anteriormente, que para subir á San Márcos 20 metros cúbicos de agua al día, por medio de carros, se necesitaba hacer un gasto anual de 38.438 pesetas, ó bien de 307.504 pesetas en los ocho años que pudieran durar las obras. El gasto de 38.438 pesetas al año de 300 días laborables, equivale el diario de $\frac{38.438}{300} = 128$ pesetas.

Para comparar este gasto con el que ocasionaría una máquina de vapor, es preciso ante todo determinar su fuerza para deducir su costo. El problema de subir en diez horas de trabajo 20 metros cúbicos, ó sear 20.000 litros de agua, á una altura de 152 metros, que se puede suponer de 160 metros á fin de tener en cuenta las pérdidas ocasionadas por el rozamiento, exige una fuerza de

$$160 \times 20.000 = 3.200.000 \text{ kilogrametros;}$$

y tomando 0,60 como coeficiente de trabajo, resulta que el érgido á la máquina sería de $\frac{3.200.000}{0,60} = 5.333.333,5$ en diez horas y $\frac{5.333.333,5}{10 \times 3600} = 148,14$

kilogrametros en un segundo, ó $\frac{148,14}{75} = 1,97$ caballos de vapor. Para contar con un prudente exceso se fijó la fuerza de la máquina en tres caballos.

El gasto que había de ocasionar la subida del agua por medio de una máquina de vapor, era la suma de lo que costarían el jornal del maquinista, el importe del carbón y de los lubricantes y la amortización del desembolso que se hiciera para la adquisición é instalación de la máquina y de la tubería.

El jornal del maquinista es de 150 pesetas al mes de 25 días de trabajo, ó bien 6 pesetas al día; la máquina consume 3 kilogramos de carbón por hora y caballo, ó 60 kilogramos por diez horas y dos caballos, cifra que se elevó en el cálculo á 80 kilogramos, siendo su coste de 4 pesetas, á razón de 5 pesetas el quintal métrico; y suponiendo de 0,20 pesetas, ó sea un 5 por 100 del gasto del carbón, lo que se habría de gastar en lubricantes, resultó para el gasto diario

$$6 + 4 + 0,20 = 10,20 \text{ pesetas,}$$

A este gasto había que añadir la amortización en ocho años del capital necesario para la compra é instalación de todos los elementos que componen la subida de agua.

Importando el presupuesto de esta compra é instalación la cantidad de 55.400 pesetas, correspondía amortizar anualmente, tomando el interés del 5 por 100, la cantidad de

$$\frac{55.400 \times 0,05 \times (1,05)^8}{(1,05)^8 - 1} = 8.079 \text{ pesetas,}$$

ó sea al día

$$\frac{8.079}{300} = 27 \text{ pesetas.}$$

En resúmen, el gasto total diario era de

$$6 + 4 + 0,20 + 27 = 37,20 \text{ pesetas.}$$

Comparada esta cifra con la de 128 pesetas obtenida anteriormente, se vió la gran economía que producía la máquina de vapor, mayor aún si se tiene en cuenta que ésta, la tubería, el depósito, etc., etc., una vez concluida las obra, podrían emplearse en otros trabajos ó enagenarse y recuperar gran parte de su valor.

Decidióse, pues, subir el agua á San Márcos por medio de una máquina de vapor, en la forma que vamos á describir.

Compónese la instalación de las siguientes construcciones parciales. Depósito para la toma de agua, casa de máquinas, máquina elevatoria, tubería y depósito en la cumbre.

Toma de agua.—El punto donde se toma el agua necesaria, está situado entre las áreas segunda y tercera de la conducción á Rentería, en la que se ha colocado una derivación que, partiendo de un pequeño registro y atravesando un contador, conduce el agua al depósito establecido en la casa de máquinas. La adquisición de esta agua se obtiene por medio de contrato celebrado con el ayuntamiento de Rentería, el cual cede el uso y aprovechamiento de 20 metros cúbicos de agua al día, mientras duren las obras proyectadas, mediante el pago de 2,50 pesetas diarias.

Casa de máquinas.—Está colocada en el punto que proporciona menor longitud de tubería, al borde del camino vecinal que une la villa de Rentería, pasando por la ladera Sur de San Márcos, con la carretera de Astigarraga (figuras 3, 4, 5, 6 y 7).

Esta casa se ha proyectado de tres pisos, siendo el subterráneo el destinado para el depósito de agua, con una cabida total de 75 metros cúbicos para atender á un consumo anormal y para que en el caso de sobrevenir cualquier accidente en el manantial ó cañería de Rentería, esté siempre disponible el agua necesaria para los días que pudiera tardarse en remediar la avería.

El perfil y las tres plantas de la casa y la explicación que acompaña á las figuras, son suficientes para conocer el uso de cada uno de sus locales.

Máquina elevatoria.—Pertenece á la fábrica de los Sres. Ransomes, Sims y Defferies de Ipswich (Londres) y se compone de la máquina de vapor y de la bomba, formando ambas un solo cuerpo. La máquina es de tres caballos de fuerza, de expansión constante é igual á $\frac{1}{3}$, sin condensación y de forma parecida á las locomóviles.

Su caldera es tubular; no tiene mas que un solo cilindro y lleva consigo todos los elementos inherentes á una máquina de vapor, como son manómetros, válvulas, tubo indicador del nivel del agua, grifos, palanca de marcha, bomba alimenticia, etc., etc. Consume de 20 á 25 litros de agua y 3 kilogramos de carbón por caballo y por hora.

El émbolo del cilindro tiene 0^m,14 de diámetro y recorre 0^m,48 por pulsación, comunicando por medio de una biela y de una manivela acodada, un movimiento de rotación de 105 vueltas por minuto al árbol motor. Este árbol descansa sobre dos cojinetes y, fuera de éstos, en uno de los extremos lleva el volante y un piñón que engrana con la rueda dentada montada sobre el árbol de las bombas.

Este segundo árbol lleva la manivela y las bielas necesarias para producir el movimiento alternativo rectilíneo del émbolo de la bomba elevatoria.

La bomba elevatoria forma un sólo cuerpo con la máquina de vapor; su émbolo tiene 0^m,09 de diámetro y recorre 0^m,30 en cada pulsación. En uno de los extremos del cuerpo de la bomba está situado el tubo de aspiración, y en el otro extremo, lateralmente, el tubo de impulsión, al que se empalma la cañería para la subida del agua.

Un manómetro de Bourdon, establecido en el mismo local de la máquina y en comunicación con la tubería general por medio de un tubo de cobre empalmado con ella, da á conocer la presión ó la altura del agua en la cañería, y el punto en que ésta ha sufrido alguna avería.

Tubería.—Los tubos adoptados son de fundición, con bridas en sus extremos. La unión de unos con otros se ha hecho interponiendo una roldana de cuero, y apretando las bridas con cuatro pernos. La tubería está colocada en la zanja, abierta según la alineación, apoyada en un murete de piedra en seco, de 0^m,40 de anchura por 0^m,40 de altura. La proyección horizontal de la zanja se compone de una sola alineación (figura 1.^a); el perfil longitudinal (figura 2) de siete rasantes, formando por consiguiente ocho codos muy abiertos. Al llegar la tubería al emplazamiento del depósito de la cumbre, termina con un codo recto y un tubo vertical de 7^m,03 de altura, ó sea 0^m,03 por encima del borde superior del depósito donde vierte el agua.

Depósito de la cumbre.—(Figuras 8, 9, 10 y 11). En la cima del monte, á la cota 270,33, está situado un torreón de mampostería, de forma octogonal al exterior y circular al interior, con una puerta y una ventana para la ventilación, y sobre él, á la altura de 5 metros, ó sea 0^m,33 por encima de la esplanada 275, el depósito de agua para su distribución á los diferentes pun-

tos de obra, que es un cilindro de palastro, de 2 metros de radio y 2 metros de altura, con 25 metros cúbicos de cabida, formado con planchas de hierro, de 2 metros de longitud y 1 metro de altura, cosidas con redoblonnes. El depósito descansa sobre el torreón, por medio de cuatro vigas de hierro de forma de doble T, y está todo él rodeado de fábrica, dejando un claro de 0^m,10 todo alrededor, y cubierto con un tejadillo para que no reciba los rayos del sol.

Para preservar la construcción de las descargas eléctricas, se le ha dotado de un pararrayos, como indica la figura 9.

El tubo vertical en que termina la cañería se eleva, como se ha dicho, 0^m,03 sobre el borde superior del depósito; del fondo de éste parte otro (figura 11) cortado á 1 metro del terreno, donde se le adiciona uno transversal de dos bocas con sus llaves para la distribución del agua; en este tubo de bajada se ha abierto un taladro para unirle uno de plomo, que conduce el agua á una fuentecilla adosada al paramento exterior de la torre, terminando este último con un grifo de cierre automático. A 0^m,01 por debajo del borde superior del depósito parte otro tubo vertical para dar salida á las aguas sobrantes cuando aquél está lleno. Otro cuarto tubo, montado sobre el fondo del depósito, se eleva más que la superficie superior del agua y está provisto de una polea para el juego de la cadena del flotador, la cual pasa por el interior del tubo, y por medio de un estilete que lleva en su extremo y que se mueve sobre una escala graduada situada en el interior de la torre, da á conocer la cantidad de agua que contiene el depósito.

Diferentes
clases de
construcción
adoptadas pa-
ra las partes
constitutivas
de la obra.

La casa de máquinas tiene sus muros de mampostería ordinaria, enfoscados y enlucidos con mortero hidráulico al exterior y ordinario al interior, exceptuando los del depósito, que son de mampostería hidráulica con enlucido de igual clase; los tabiques son de ladrillo; los suelos del piso bajo, de cemento sobre capa de hormigón, sostenido por las bóvedas de ladrillo que cubren el depósito; los del piso principal son de madera sobre cámbios de pino; la armadura par-hilera es de pino, y la cubierta, de teja ordinaria.

La máquina con su bomba trae de la fábrica todas sus piezas completas y en disposición de funcionar.

La tubería es de fundición procedente de las fábricas de Glasgow, con re-

sistencia para 20 atmósferas, fundida verticalmente y sin el menor defecto de fabricación. La longitud de los tubos es de 2^m,73.

El torreón de la cumbre es de mampostería ordinaria y el depósito de agua, de palastro.

Casa de máquinas. Las dimensiones de los muros de fachada y de travesía se han calculado por las fórmulas de Rondelet

$$e = \frac{L + h}{48} \quad \text{y} \quad e = \frac{L' + h'}{36}$$

Dimensión de los elementos que constituyen la obra.

que nos dan $e = 0^m,50$ para el piso superior y añadiendo $0^m,20$ se obtienen $0^m,70$ para el piso inferior.

El muro Oeste de la casa está sometido en 7^m,20 de altura al empuje de las tierras á él adosadas. El espesor teórico e en la parte superior del muro se obtiene por la fórmula (Valdés, página 733),

$$e = h \left\{ \frac{n'}{2} + \sqrt{\frac{\pi}{3\pi'} \operatorname{tang}^2 \frac{1}{2} \alpha + \frac{n^2}{3} - \frac{n'^2}{12}} \right\}$$

en la que h = altura del muro, es igual á 7^m,20.

$$n = \text{talud exterior} = \frac{1}{10}$$

$$n' = \text{talud interior} = 0$$

$$\pi = \text{densidad de las tierras} = 1500$$

$$\pi' = \text{Id. de las mamposterías} = 2240$$

$$\alpha = \text{ángulo del talud natural de las tierras, con la vertical} = 43^\circ, 10'$$

Sustituyendo estos valores en la fórmula, resulta e igual á $0^m,706$.

Aumentando $\frac{1}{3}$ se obtiene el espesor práctico e' en el coronamiento

$$e' = 0,706 + \frac{1}{3} 0,706 = 0^m,94.$$

Con el talud exterior de $\frac{1}{10}$ resultaría el muro con un espesor de 1^m,66 en la base y con el de 1^m,26 á 3^m,20 de altura.

Haciendo este paramento exterior en escalones verticales, en lugar de construirlo en talud, con el objeto de adaptarlo mejor á la forma interior de la casa, se puede tomar por exceso el espesor de 1^m,30 en el piso bajo y 1^m,70 en la parte subterránea.

El muro Este del depósito tiene que sufrir el empuje de las bóvedas y se ha calculado por la fórmula de Collignon:

$$x = 0,305 + \frac{D}{8} \left(\frac{3D - m}{D + m} \right) + \frac{A}{6} + \frac{R}{12}$$

en la que x = el espesor buscado

$$D = \text{luz de la bóveda} = 2^{\text{m}},25$$

$$m = \text{flecha del arco} = 0^{\text{m}},562$$

$$A = \text{altura del estribo} = 2^{\text{m}},60$$

R = altura de la sobrecarga de tierra, que se puede suponer igual á $0^{\text{m}},533$, equivalente á una sobrecarga de 800 kilogramos por metro cuadrado.

Sustituyendo todos estos valores resulta $x = 1^{\text{m}},40$.

Los dos muros testeros del depósito están sometidos al empuje de tierras y al empuje del agua, que se contrarestan en parte; pero suponiendo que sólo actúa el segundo empuje, por ser en este caso el mayor, tendremos que hacer en la misma fórmula anterior que ha servido para calcular el espesor del muro Oeste,

$$h = 2^{\text{m}},60 \quad n = n' = 0 \quad \alpha = 90^{\circ} \quad \pi = 1000 \quad \pi' = 2240$$

y resulta para el espesor teórico $e = 0^{\text{m}},98$, y para el práctico, aumentando $\frac{1}{3}$, $e = 1^{\text{m}},30$.

Se ha dado al muro de travesía en su parte subterránea el espesor correspondiente, considerándolo como pilar de las dos bóvedas que cubren el depósito, empleando la fórmula de Rondelet, que exige que sea doble del de la clave de las bóvedas. Este, como despues veremos, es de $0^{\text{m}},60$, y por lo tanto el muro tendrá $1^{\text{m}},20$.

Este mismo muro de travesía tiene el espesor de $0^{\text{m}},70$ en el piso bajo, para resirtir el empuje producido por el combustible, y los golpes ocasionados por su caída.

El espesor de las bóvedas que cubren el depósito de agua se ha calculado por la fórmula de Collignon

$$e = 0,43 + \frac{r}{10} + \frac{R}{50}$$

en la que

e = el espesor buscado

$$r = \text{r adio del intradós} = \frac{1}{2} m + \frac{1}{8} \frac{D^2}{m} = 1^{\text{m}},407$$

$$D = \text{la luz} = 2^m,25$$

$$m = \text{la flecha} = 0^m,562$$

$$R = \text{la altura de la sobrecarga de tierra} = 0^m,533$$

Sustituyendo estos valores, resulta: $e = 0^m,60$.

La máquina está colocada en el centro del local que se le ha destinado; y en la parte que ocupa, tiene la bóveda mayor grueso y el estribo mayor espesor. Las dos fórmulas de Collignon empleadas anteriormente, haciendo en ellas $D = 1^m,95$, $r = 1^m,21$ y $R = 5^m,227$, dado el peso de la máquina y del muro que separa el almacén de efectos del de combustible, dan

$$e = \text{espesor de los estribos} = 1^m,70$$

$$e' = \text{espesor de los arcos} = 0^m,65.$$

Resulta por consiguiente para la planta del depósito, la forma que aparece en los dibujos.

Tubería.—Para calcular las dimensiones de la tubería tenemos como primer dato la necesidad de que pasen por ella 20 metros cúbicos de agua en diez horas de trabajo, ó sean 0,56 litros por segundo. Tomamos la velocidad del agua igual a $0^m,20$, á fin de amortiguar las resistencias. Estas dos cantidades y la sección de los tubos están ligadas por la relación

$$q = w \times v$$

que nos dá
$$w = \pi r^2 = \frac{q}{v} = \frac{0,00056}{0,20} = 0^m,0028.$$

ó bien
$$r = 0^m,03$$

es decir, $0^m,06$ para el diámetro de la cañería.

El espesor de los tubos se ha calculado por la fórmula comunmente usada para los tubos de fundición vertical

$$e = 0,0016 n d + 0,008$$

siendo en ella n = el número de atmósferas de presión que ha de soportar, que tomaremos con exceso igual á 20, y d = diámetro de la cañería = $0^m,06$.

Resulta $e = 0,0016 \times 20 + 0,008 = 0^m,011$
que tomaremos igual á $0^m,012$.

Determinación de la pérdida de carga y de la carga total del agua.—Las pérdidas de carga que es indispensable conocer para determinar la potencia

de la máquina, son producidas por el rozamiento del agua en las paredes de la cañería y por los cambios de dirección.

Las fórmulas de Darcy para el cálculo de la primera de dichas pérdidas es $rj = bu^2$, en la cual

r es el radio de los tubos = $0^m,03$

j la pérdida buscada por metro lineal

u la velocidad media del agua = $0^m,20$

b un coeficiente práctico, función de r , cuyos valores correspondientes al hierro colado figuran en la tabla que da Debeaue en la página 11 del tomo XVII, en la que para $r = 0^m,03$ corresponde $b = 0,000722$.

Sustituyendo estos valores se obtiene

$$j = \frac{bu^2}{r} = \frac{0,000722 \times 0,04}{0,03} = 0,00096$$

de pérdida por metro lineal.

Y siendo la longitud total de la cañería, desde el extremo del tubo de aspiración hasta el depósito de la cumbre, igual á $439^m,39$, ó en número redondo 440 metros, la pérdida total será $440 \times 0,00036 = 0^m,4224$.

En la práctica es necesario duplicar este valor, lo que equivale á tomar $0,4224 \times 2 = 0,8448$.

La pérdida ocasionada por los recodos, que son bastante abiertos, se ha tenido en cuenta, según aconseja Debeaue, aumentando la longitud de la cañería hasta 500 metros, y por consiguiente la pérdida total será

$$500 \times 0,00096 \times 2 = 0,96 \text{ igual á 1 metro.}$$

Ahora bien, la bomba de la máquina está á la cota (126); la del punto donde está situado el torreón es la (270,33), y siendo de 7 metros la altura sobre el suelo del tubo que vierte el agua en el depósito superior, resulta que en realidad la carga que se ha de tener en cuenta para determinar el trabajo que deberá producir la máquina, es de $270,33 - 126 + 7 + 1 = 152,33$ metros; que se ha supuesto igual á 160 metros, á fin de tener en cuenta las pérdidas de carga que no pueden someterse á los cálculos.

Máquina.—Sólo se necesita calcular su potencia, las dimensiones del cuer-

po de bomba y los diámetros de las ruedas de engranaje montadas sobre el árbol motor y sobre el de las bombas.

Ya hemos hecho anteriormente el cálculo de la potencia de la máquina y visto que para subir 0,56 litros de agua por segundo, á una altura de 160 metros, se necesita un trabajo motor de 148,14 kilográmetros, igual á 1,97 caballos de vapor. Pero teniendo en cuenta el trabajo que consume la bomba alimenticia y para disponer de un exceso conveniente de fuerza con que atender á los aumentos de resistencia ó pérdidas de potencia, imprevistos, se adoptó una de tres caballos.

Como la bomba forma un solo cuerpo con la máquina de vapor, fué preciso dar sus dimensiones al constructor, para que su rendimiento fuera de 0,56 litros por segundo.

Dando al émbolo de la bomba una carrera de 0^m,30 y un diámetro de 0^m,09, el volúmen desplazado en una embolada es de

$$\pi r^2 l = 3,14 \times 0,002025 \times 0,30 = 1,908 \text{ litros.}$$

Admitiendo el coeficiente práctico de 0,7 de volúmen desplazado, la cantidad de agua será de

$$1,908 \times 0,7 = 1,3 \text{ litros por embolada.}$$

Como necesitamos 0,56 litros por segundo, ó $0,56 \times 60 = 33,60$ litros por minuto, el número de vueltas del árbol de la bomba en este tiempo ha de ser

$$\frac{33,60}{1,3} = 26.$$

Para determinar los diámetros de las ruedas de engranaje de ambos árboles, sirven los datos del constructor, que manifiesta que el motor da 105 vueltas por minuto; por consiguiente, la relación de velocidades es $\frac{105}{26} = 4,038$, que se ha tomado igual á 4,25. Como los radios de las ruedas están en razón inversa de las velocidades, colocando los dos árboles á la distancia de 0^m,35 resultan para el radio r del piñón y R de la rueda dentada, los valores

$$r = \frac{S}{n+1} = \frac{0,35}{4,25+1} = \frac{0,35}{5,25} = 0,066$$

$$R = \frac{nS}{n+1} = \frac{4,25 \times 0,35}{5,25} = 0,284$$

El árbol de la máquina transmite un trabajo de 148,14 kilográmetros ó, por exceso, de 150. Cada diente del piñón está sujeto á un esfuerzo de $\frac{Q}{V}$ kilográmetros. Haciendo

$$Q = 150 \text{ kilográmetros,}$$

$V =$ velocidad de la circunferencia del círculo primitivo del piñón

$$\begin{aligned} \text{ó de la rueda dentada en un segundo} &= \frac{2 \pi R \times 105}{60''} = \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 0,066 \times 105}{60} = 0,725 \end{aligned}$$

se obtiene $\frac{Q_{\text{kgm}}}{V} = \frac{150 \text{ kgm}}{0,725} = 206,89$, que se ha tomado con exceso igual á 225 kilográmetros.

El espesor h de los dientes es en centímetros (*Valdés*, página 288)

$$h = 0,105 \sqrt{225} = 1^{\text{cm}},575 = 0^{\text{m}},016$$

y el paso

$$p \text{ igual á } h + 1,1 h = 2,1 h = 2,1 \times 0,016 = 0^{\text{m}},033.$$

El número de dientes del piñón es

$$d = \frac{2 \pi r}{p} = \frac{6,28 \times 0,066}{0,033} = 12,56$$

repartiendo el exceso 0,56 entre el espesor de los dientes y el paso, para que resulte d exactamente igual á 12, se convierte h en 0,017, p en 0,0348 y

$$d \text{ en } \frac{6,28 \times 0,066}{0,0348} = 12.$$

El número de dientes de la rueda dentada es

$$D = 12 \times 4,25 = 51;$$

la salida S de los dientes sobre los círculos primitivos

$$S = 1,2 h = 1,2 \times 0,0166 = 0^{\text{m}},019$$

y el grueso de las ruedas 0,056, que se toma con exceso igual á 0^{\text{m}},08.

No ha sido necesario hacer el cálculo de las dimensiones de los demás órganos, por la confianza que inspiran los productos de la casa constructora, que ya tiene calculados los elementos de sus máquinas, seguros sobre todo en este caso particular, en el que no se han de utilizar mas que los dos tercios de la potencia.

Depósito de la cumbre.—Se compone del torreón de mampostería, de las vigas de doble T y del depósito de palastro. Empecemos por este último.

Su espesor e , es dado por la fórmula

$$e = 0,0018 (n - 1) d + 0,003$$

aplicable al caso de calderas cerradas de diámetro d , para resistir n atmósferas de tensión absoluta.

Estando el depósito abierto en la parte superior, y siendo su altura de 2 metros, n es igual á $1 + \frac{1}{5}$, y como $d = 4$ metros, resulta

$$e = 0,0018 \times \frac{1}{5} \times 4 + 0,003 = 0^m,00444$$

que tomamos igual á $0^m,005$.

Las dimensiones de los redoblones están calculadas por la fórmula de Claudel:

$$\text{diámetro del fuste, } d = 2 e + 0,003 = 0^m,013$$

$$\text{distancia de eje á eje, } d' = 3 d = 3 \times 0,013 = 0^m,039$$

$$\text{distancia al borde de la plancha, } d'' = 3 e = 3 \times 0,005 = 0^m,015;$$

el diámetro de la cabeza esférica se deduce de la proporción

$$100 : 86 :: 2 d : x$$

de donde $x = 0^m,022$.

Las vigas de hierro de doble T están separadas 1 metro de distancia de eje á eje. Sobre cada una de ellas carga un peso uniformemente repartido, igual al de un prisma de 2 metros cúbicos de agua, ó sea de 2000 kilogramos.

En la fórmula $\frac{1}{8} p l^2 = R \frac{a h^3 - a' h'^3}{6 h}$

$p = 2000$; $l = 3$, y $\frac{1}{8} p l^2 = 2250 =$ valor del primer miembro.

Si en el segundo hacemos $R = 6.000.000$, $a = 0^m,122$, $h = 0^m,250$, $a' = 0^m,106$, $h' = 0^m,224$; el valor de este segundo miembro es 2859,40, mayor que 2250.

Las otras dos vigas en que l es menor que 3, están, con las mismas dimensiones, aún en mejores condiciones de resistencia.

Para hallar el espesor de los muros del torreón, hay que determinar aproximadamente su peso:

El peso de 25 metros cúbicos de agua es.	25.000	kilógramos
El de la armadura y cubierta.	9.000	»
Depósito de palastro y vigas de doble T.	4.500	»
Mampostería del torreón.	400.500	»
	<hr/>	
<i>Peso total.</i>	439.000	»

Empleándose en la construcción piedra y arena de los desmontes para la formación de las explanaciones y mortero de mediana calidad, la carga máxima á que se puede someter la mampostería es de 2,50 kilogramos por centímetro cuadrado. El área A de la base del torreón es en centímetros cuadrados

$$A = \frac{P}{R} = \frac{439.000}{2,50} = 175.600 \text{ centímetros cuadrados, ó bien, en números redondos, } 19 \text{ metros cuadrados, lo cual se obtiene aproximadamente dando } 2^m,35 \text{ al lado del octógono de la torre y } 1^m,50 \text{ al radio de la circunferencia interior.}$$

Precio del metro cúbico de agua.—Hemos supuesto ocho años de duración á las obras, siendo así que, por modificaciones introducidas en el proyecto definitivo, su duración no ha sido más que de cinco años; pero como hemos visto que se ha de emplear la misma máquina para subir el agua á Choritoquieta, puede seguirse considerando que la amortización del capital se ha de hacer en ocho años.

Según lo dicho anteriormente, el importe diario de la amortización, el sueldo del maquinista y el gasto del carbón y aceite, suman 37,20 pesetas.

Añadiendo las 75 pesetas que se pagan mensualmente al ayuntamiento de Rentería, que suponen en veinticinco días laborarios 3 pesetas diarias, resulta para gasto total $37,20 + 3 = 40,20$ pesetas. Este es el precio de los 20 metros cúbicos que se suben todos los días; el precio del metro cúbico es por consiguiente

$$\frac{40,20}{20} = 2,01 \text{ pesetas.}$$

SUBIDA DE AGUA Á CHORITOQUIETA.



HA sido necesaria la descripción de la subida de agua á la posición de San Márcos, para hacer la de la subida á Choritoquieta, porque, como hemos dicho anteriormente, ésta se compone en gran parte de los mismos elementos que constituyen aquélla.

El plano y el perfil longitudinal de la conducción, son los representados en las figuras 1 y 2. Se utiliza la máquina y la tubería antigua á San Márcos, hasta la cota 250. La nueva cañería de conducción á Choritoquieta, empieza en ese punto y termina en la cota (314) de Choritoquieta, donde existen un ángulo recto y un tubo vertical de 4 metros, para remontar los 2 metros de altura del torreón que se ha construido y los 2 metros del depósito de palastro.

Los cambios de rasantes son producidos, como lo indica el perfil, por las elevaciones ó depresiones del terreno; los cambios de dirección son tambien obligados, pues tienen por objeto salvar depresiones considerables buscando la cresta de las estribaciones que unen á San Márcos con Choritoquieta, evitando al mismo tiempo el paso por los terrenos de D. José Furundarena y por los de D. Roque Heriz, y buscar los de Guerra ó los comunales, porque oponiéndose dichos señores, por sus opiniones particulares, á todo lo que sea facilitar los trabajos de fortificación, hubiera sido preciso para llevar la cañería más cerca de la línea recta, acudir á la expropiación forzosa, lo cual hubiera dado lugar á un aumento de gastos bastante grande y sobre todo á la pérdida de tiempo considerable que ocasionan los expedientes de esta naturaleza.

La cañería no presenta en todo su desarrollo más de particular que dos llaves de desagüe colocadas en los dos puntos más bajos para vaciarla en tiempo de heladas, y dos ventosas en los dos puntos altos del perfil para la salida del aire.

Los desagües son dos llaves ordinarias, porque como no han de funcionar más que cuando el agua está en reposo, y cuando la cañería se ha vaciado, no son de temer los golpes de ariete. En cuanto á las ventosas, el sistema que se ha empleado consiste en colocar en cada uno de los dos puntos más altos un tubo vertical de 1^m,50 de altura, y en su extremo superior una llave ordinaria que se deja abierta mientras se verifica la carga de la tubería, y que se cierra cuando el aire ha salido y el agua aparece. Se han preferido estas ventosas á las automáticas, porque las primeras no necesitan más que un poco de vigilancia, mientras que con las segundas podría suceder que el aire comprimido no dejara bajar la válvula de escape y produjera la rotura de la cañería.

El temor de un descuido con la clase de ventosa empleada no es grande. En el tiempo que lleva establecida la cañería, la experiencia ha demostrado que es muy poco el aire que se deposita en las ventosas una vez cargada la tubería, y que todo él es arrastrado por el agua en movimiento; por lo cual basta para tener una completa seguridad abrir y cerrar las llaves cada vez que la máquina empieza á funcionar.

El depósito de palastro de la cumbre es el mismo que se había establecido en San Márcos; el torreón sobre que descansa no tiene más que los dos metros de altura que son necesarios para que el fondo del depósito de palastro quede á nivel superior al de todas las mamposterías que se han de construir.

Dimensiones
de los
elementos
que
constituyen
la obra.

Pocos son los elementos que se han de calcular. Basta obtener el espesor de los tubos de la nueva conducción y asegurarse de que los diferentes órganos de la máquina tienen la resistencia suficiente para el trabajo á que se les ha de someter.

Tubería.—Aunque no hacen falta mas que 18 metros cúbicos de agua, suponemos que se necesita 20 como en San Márcos, para que el árbol motor de la máquina de vapor conserve la velocidad que le es más conveniente y que es de 105 vueltas por minuto. En este caso, según hemos visto en la conducción de aguas á San Márcos, el gasto q por segundo es de 0,56 litros, la velocidad $0^m,20$ y el diámetro de la tubería de $0^m,06$.

Para determinar su espesor observemos que la diferencia de cotas entre

la 318, nivel superior del agua en el depósito, y la 213,50 del punto más bajo del perfil de la nueva cañería, es 104,50.

Los tubos deben, por consiguiente, resistir á una presión de diez atmósferas y media, pero como en los puntos más bajos es donde existen los mayores recodos, y se debe además contar con un exceso de seguridad, tomamos $n = 12$ en la fórmula:

$$e = 0,0016 n d + 0,008.$$

Sustituyendo por n y d sus valores

$$e = 0,0016 \times 12 \times 0,06 + 0,008 = 0,00915$$

que tomamos con exceso igual á 0,01.

El espesor de los tubos de la antigua cañería es suficiente, á pesar del aumento de presión que tienen que sufrir con la subida del agua á 40^m,67 más de altura, porque ya hemos visto que la diferencia de cotas entre la 126 de la bomba elevatoria y la 318 del extremo de la cañería, es de 192 metros, ó sean 19 atmósferas, y á esos tubos se les ha dado el espesor correspondiente á la presión de 20 atmósferas.

Determinación de la pérdida de carga y de la carga total del agua.—La pérdida de carga para subir el agua á Choritoquieta, se compone de la suma de la pérdida desde el principio de la cañería hasta el empalme con la nueva á Choritoquieta, y de la pérdida que se origine en ésta.

Metros.

Hemos visto anteriormente que las primeras eran de 1 metro hasta la cumbre de San Márcos. Podemos, por lo tanto, para mayor seguridad, suponer que la pérdida hasta la cotá (250) del punto de empalme, es de.	1,00
La nueva cañería tiene 1029 metros de longitud. Elevando este número hasta 1100 para tener en cuenta los numerosos recodos, la pérdida en esta cañería es	
$2 \times L \times j = 2 \times 1100 \times 0,00096$	2,20
Y añadiendo para evitar accidentes y resistencias que no pueden entrar en los cálculos.	4,80
<i>Obtenemos una pérdida total de.</i>	8,00

	Metros.
<i>Suma anterior.</i>	8,00
Añadiendo á estos 8 metros el desnivel de 192 metros entre los dos extremos de la cañería.	192,00
	200,00
<i>Resultan para la carga total del agua.</i>	200,00

Máquinas.—Ya se ha hecho anteriormente el cálculo de la fuerza y se ha visto que debe ser de

$$\frac{0,56 \times 200}{0,60} = 186,66 \text{ kilográmetros}$$

cantidad igual á dos y medio caballos de vapor, y como la máquina tiene tres, dispone de la suficiente para el trabajo que se necesita desarrollar.

El crédito de la casa constructora y su gran práctica en la construcción de toda clase de maquinaria, nos evita entrar en los cálculos necesarios para determinar si son suficientes las dimensiones del árbol motor y del árbol de la bomba, las de las manivelas, bielas, vástagos, etc., etc., tanto mas cuanto que siendo casi imposible (Claudel, pág. 211) la determinación rigurosa del máximo esfuerzo que sufre cada uno de los órganos de una máquina, los constructores resuelven el problema de las dimensiones construyendo las piezas con mayor espesor que el estrictamente necesario.

Muy fácil hubiera sido hacer los cálculos correspondientes á la determinación de estos espesores, pues en la memoria de la subida de aguas á San Cristóbal ya hemos dicho que está muy bien trazada la marcha que había de seguirse. Nosotros, sin embargo, no nos aseguramos mas que de los espesores del cuerpo de bomba y del de los dientes del piñón y de la rueda dentada, por haber dado estos últimos al constructor y por haberle manifestado que la bomba no tenía que subir el agua mas que á 160 metros de altura.

El cuerpo de bomba tiene un diámetro exterior, medido directamente, de 0^m,13, y siendo de 0^m,09 el diámetro interior, ó sea el del émbolo, resulta para el grueso de las paredes del cuerpo de bomba 0^m,02.

En la fórmula $h d = 2 R e$

en la que d es el diámetro interior del cuerpo de bomba = 0^m,09

e , su espesor = $0^m,02$

R , la tensión máxima de la fundición por metro cuadrado = 1.000.000 kilogramos;

h , la carga del fluido interior dentro del cuerpo de bomba en kilogramos y por metro cuadrado;

tenemos

$$h = \frac{2 R e}{d} = \frac{2 \times 1.000.000 \times 0,02}{0,09} = 444.444 \text{ kilogramos}$$

ó por centímetro cuadrado 44,444 kilogramos;

valor que nos indica que el cuerpo de bomba puede resistir hasta 44 atmósferas, cuando sólo necesita una resistencia de 20, y que demuestra al mismo tiempo lo que se ha dicho anteriormente, que las dimensiones dadas á los diferentes órganos de las máquinas por los constructores son mayores que las estrictamente necesarias.

Para determinar si las ruedas de engranaje tienen sus dientes con bastante espesor, tenemos que repetir un cálculo idéntico al que se ha hecho en la subida de agua á San Márcos, con sólo reemplazar el antiguo trabajo de 150 kilográmetros por el nuevo de 186,66 ó 190 con exceso. Los datos actuales son:

trabajo $Q = 190$ kilográmetros

velocidad $V = 0,725$

y de ellos se deduce:

$$\text{esfuerzo de los dientes} = \frac{Q}{V} = \frac{190}{0,725} = 262$$

$$\text{espesor de los dientes } h = 0,105 \sqrt{262} = 1^m,68 = 0^m,0168$$

espesor menor que el de $0^m,017$ que se les ha dado.

Precio del metro cúbico de agua. El precio de 20 metros cúbicos al día se compone de:

6,00 pesetas del sueldo de maquinista;

5,00 id. de carbón por ser el gasto de 3 kilogramos por hora y caballo,

ó sean $3 \times 2,50 \times 10 = 75$, que tomaremos con ex-

ceso igual á 100 kilogramos;

0,25 pesetas de aceite, trapos, etc., etc., ó sea el 5 por 100 del gasto del carbón,
 27,00 id. de la amortización del capital gastado,
 3,00 id. abonadas al ayuntamiento de Rentería.

La suma, 41,25, representa el gasto diario; y el precio del metro cúbico es por consiguiente $\frac{41,25}{20} = 2,06$ pesetas.

Modificacio-
 nes
 introducidas
 al ejecutar
 la obra.

Cuando se pensaba hacer el encargo de la construcción de la tubería á las fábricas de Glasgow, hubo que suspenderlo por haber sufrido una rotura el árbol de la máquina de vapor. Una de las fábricas de fundición de hierro y maquinaria, establecida cerca de San Sebastian, se encargó de colocar un árbol nuevo. Al poco tiempo de volver á funcionar la máquina se presentaron unas grietas en el cilindro de la bomba elevatoria, que no solamente dejaban escapar una gran cantidad de agua sinó que daban lugar á temer que dicho cilindro hubiera perdido gran parte de su resistencia y que no estuviera ya en condiciones de subir el agua á San Márcos y mucho ménos á Choritoquieta. Las diferentes clases de soldaduras que se empleaban para tapar las grietas eran rechazadas por el agua en cuanto tomaba un poco de presión. Estando en estas pruebas volvió á romperse por segunda vez el árbol recién colocado. Los operarios de la fábrica ántes citada, llamados para su reposición y para el reconocimiento de la máquina, manifestaron que no tenían medios para hacer desaparecer las grietas del cuerpo de bomba y que era preciso colocar una bomba nueva; y, respecto del árbol, que dudaban que su reposición respondiera al objeto deseado, porque la máquina había hecho todo lo que podía subiendo el agua durante más de cuatro años á la altura de San Márcos.

Como los cálculos indicaban lo contrario, no se desistió del empeño de subir el agua á Choritoquieta: se encargó un nuevo árbol con la modificación de hacerlo 0^m,30 más largo del lado del volante, con el objeto de poder colocar un tercer cojinete, para que el volante y el piñón quedaran situados entre dos puntos de apoyo, y evitar, ó por lo menos disminuir, la flexión producida por el gran peso del volante.

Para tapar las grietas de la bomba se construyó un manguito formado con una fuerte plancha de hierro, que envolviera al cuerpo de bomba, y se rellenoó el espacio de 2 centímetros, comprendido entre los dos, con mástic de fundición bien comprimido.

Verificada esta operación, construido y colocado el nuevo eje y el tercer cojinete, se puso en marcha la máquina y se notaron en seguida los beneficios de estas dos modificaciones. Los movimientos de las bielas del árbol y sobre todo del volante, se efectuaban con una suavidad y una uniformidad que no se habían observado desde el primer día de su establecimiento; y en cuanto á las grietas, el resultado obtenido fué también satisfactorio, porque desaparecieron todas por completo. En vista de estos resultados, se trató de hacer el ensayo de la subida del agua á Choritoquieta.

El tiempo perdido en la recomposición de las averías que había sufrido la máquina, dió lugar á que se fueran concluyendo muchas de las obras del fuerte de San Márcos y á que se diera principio á las de Choritoquieta, donde, apenas empezadas, se notó la necesidad de suspenderlas ó subir el agua á toda costa. No había, por consiguiente, tiempo de encargar la tubería á Glasgow y esperar tres meses hasta recibirla, sinó que era preciso establecer la cañería con los tubos ordinarios de 10 atmósferas, del comercio de San Sebastián.

Desde luego se comprendió que no era prudente emplear tubos de fundición de 10 atmósferas para resistir 10 $\frac{1}{2}$, y además los golpes de ariete producidos durante el movimiento del agua, y que lo más conveniente sería sustituirlos por tubos de hierro galvanizado, ingleses, que aunque garantizados también para 10 atmósferas, resisten mucho más; pero como esta clase de tubos es de mayor precio que los de fundición del mismo diámetro, se adoptó el de 0^m,05 para no exceder las partidas del presupuesto.

Para el empalme de la nueva tubería con la antigua, se construyó un tubo cónico de cobre, de 0^m,50 de longitud, armado en la base más ancha de una brida para la unión con los tubos de fundición de la primera cañería y por el otro de una rosca de empalme con la de hierro galvanizado.

Siendo de 0^m,20 por segundo la velocidad del agua en la cañería de 0^m,06, en la de 0^m,05 la velocidad ha de ser la que se deduce de la relación

$$\pi r^2 v = \pi r'^2 v'$$

ó sea

$$0,03^2 \times 0,20 = 0,025^2 \times v'$$

que da

$$v' = \frac{0,03^2 \times 0,20}{0,025^2} = 0^m,28.$$

Como se ha disminuido la sección y aumentado la velocidad, la pérdida de carga en la nueva tubería no es ya la calculada anteriormente. Su valor es siempre el de la expresión

$$2 \times L \times j = 2 \times 1100 \times j$$

siendo

$$j = \frac{b u^2}{r} \quad \text{y en esta}$$

$$r = 0,025$$

$$u = 0,28$$

$$b = 0,000765$$

como para los tubos de fundición de 0^m,05 de diámetro, por no tener al cabo de algun tiempo de uso, ninguna influencia el material de que se compone la tubería. Sustituyendo, tenemos

$$j = \frac{0,000765 \times 0,28^2}{0,025} = 0^m,0024$$

de pérdida por metro lineal, y para la pérdida en los 1100 metros

$$2 \times 1100 \times 0,0024 = 5^m,28.$$

El paso del agua de una tubería de un diámetro mayor á otro menor, da lugar tambien á otra pérdida de carga cuyo valor es

$$\frac{(V' - V)^2}{2g}$$

en la que

$$V' = 0,28 \quad V = 0,20 \quad g = 9,8,$$

sustituyendo tenemos

$$\frac{(V' - V)^2}{2g} = \frac{(0,28 - 0,20)^2}{2g} = 0,003.$$

La suma de estas dos pérdidas es poco diferente de la calculada anteriormente para la cañería proyectada de 0^m,06 de diámetro; puede considerarse,

por consiguiente, como ántes, de 8 metros el aumento de carga y de 200 metros la carga total del agua.

Puesto en su lugar el tubo cónico, se colocó á continuación la nueva cañería hasta la cota 262 en la falda de Choritoquieta, empezando en seguida á funcionar la máquina, y habiendo salido por el extremo el agua sin ninguna novedad, se cerró la ventosa establecida en la explanada 262 de San Márcos y se dió principio á la ascensión del agua por la falda de Choritoquieta, por tramos de media atmósfera de altura, probando en cada uno de ellos la marcha de la máquina y la resistencia de los tubos. Para hacer esta operación fácilmente sin necesidad de detener con frecuencia la marcha de la máquina al añadir nuevos tubos, se colocó en la tubería á su paso por la explanada 262 de San Márcos uno en forma de T cerrado en su pié con una llave, y á continuación de él en la misma cañería otra llave. El juego conveniente de las dos permitía que el agua siguiera el camino de Choritoquieta ó el de los aljibes de San Márcos.

La potencia de la máquina, tan poco superior á la que por el cálculo se estimó necesaria para subir 20 metros cúbicos de agua al día, á 200 metros de altura; y los espesores de los tubos, tanto de la antigua como de la nueva cañería, estrictamente los necesarios para resistir los primeros una presión interior de 20 atmósferas, y los segundos una de 10; movían á seguir con gran interés las mayores alturas que iba tomando el agua en la cañería, así como el correspondiente aumento de trabajo de la máquina y el aumento de presión en los tubos.

Por fin, el día 4 de junio empezó á salir el agua por el extremo del último tubo establecido á la cota (318) en la cumbre de Choritoquieta, sin que el maquinista, que no estaba prevenido de la operación que se estaba practicando, hubiera notado más novedad que la necesidad de abrir un poco más el regulador de la entrada del vapor y el mayor consumo de agua en la caldera. Desde ese día sigue la máquina funcionando, subiendo el agua que tanto se necesitaba á los puntos de obra del nuevo fuerte.

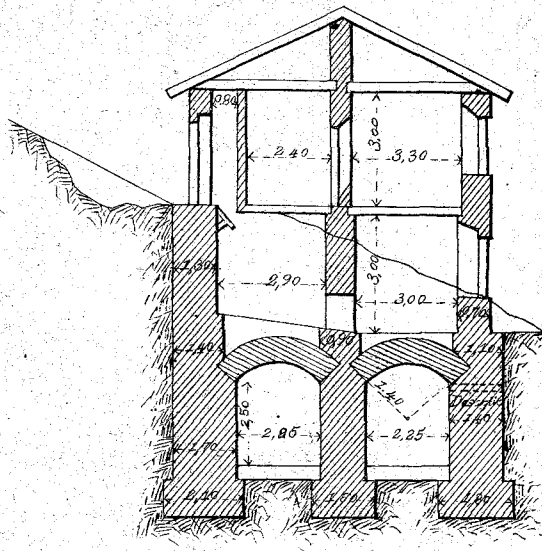
Del importe total de los gastos verificados habría que deducir los jornales de ocho hombres que se empleaban ántes en regar los terraplenes construídos en San Márcos, los que, por no haberse podido sembrar en época oportuna,

necesitaban un riego muy abundante para que creciera la yerba con fuerza antes de la llegada del invierno, y hacer la entrega del fuerte enteramente concluido. El establecimiento del depósito, en Choritoquieta, facilita muchísimo esta operación, porque poniendo la tubería general en comunicación con el fondo de éste y aplicando una manga de riego en el extremo de la T, establecida en la esplanada (262) de San Márcos, un solo peón efectúa el riego con suma facilidad.

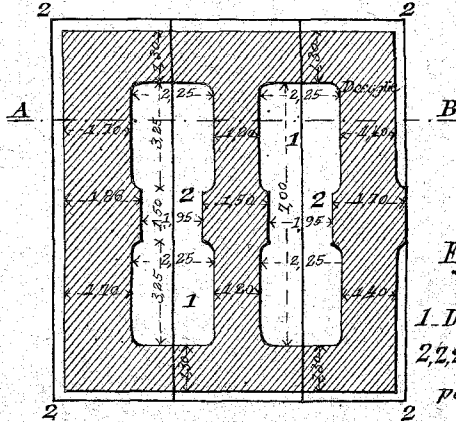
El buen resultado obtenido á pesar de las dificultades que á última hora se presentaron en la subida del agua á Choritoquieta, débese, en primer lugar, al claro talento y gran práctica del señor coronel, comandante de ingenieros de la plaza, D. Paulino Aldaz, y á lo que facilita esta clase de trabajos la publicación de la Memoria de la subida de aguas á San Cristóbal; y en segundo lugar, á la ayuda prestada por los tenientes de servicio, D. Ignacio Ugarte, D. Pedro de Anca y D. Miguel López, que verificaron los cálculos necesarios y dirigieron la colocación de la tubería y las pruebas que se hicieron con ella y con la máquina.

San Sebastian, 22 julio de 1888.

Perfil por A B.
Fig. 4.



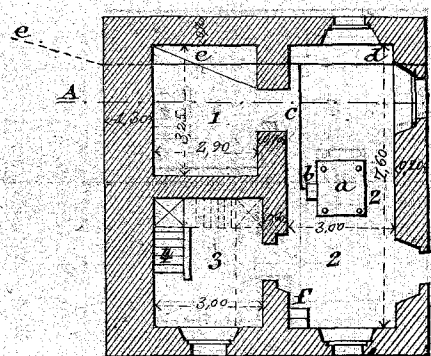
Planta de cimientos
Fig. 5.



Explicacion.

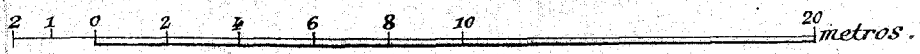
- 1. Depósito de aguas
- 2, 2, 2. Conductor de pararrayos

Planta principal
Fig. 6.



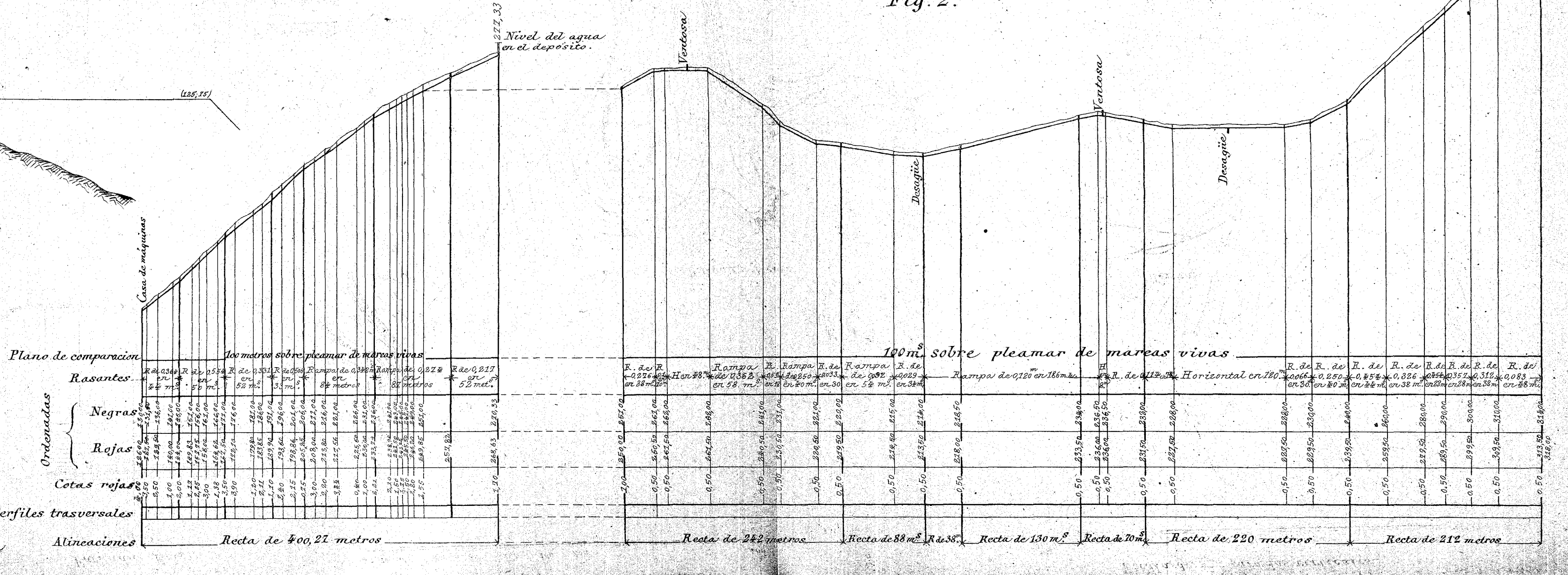
- 1. Depósito de coque
- 2. Local de la máquina
- 3. Depósito de efectos
- 4. Escalera
- a. Máquina
- b. Bomba
- c. Tubería de conducción de la máquina
- d. id. de desagüe
- e. Manómetro
- f. Teléfono

Escala de $\frac{1}{200}$ para las figuras 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11.

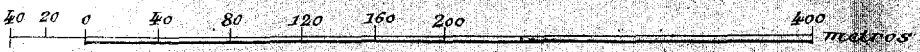


Perfil longitudinal

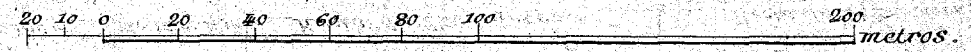
Fig. 2.



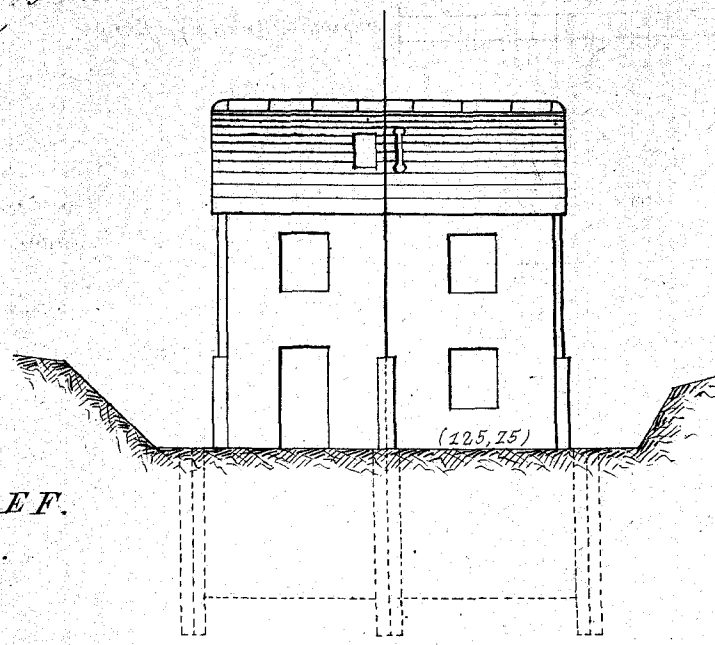
Escala de $\frac{1}{5000}$ para las horizontales.



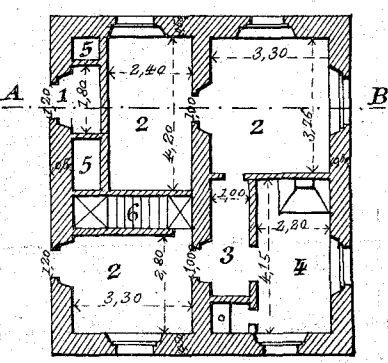
Escala de $\frac{1}{2000}$ para las verticales



Fachada Este
Fig. 3.



Planta segunda
Fig. 7.

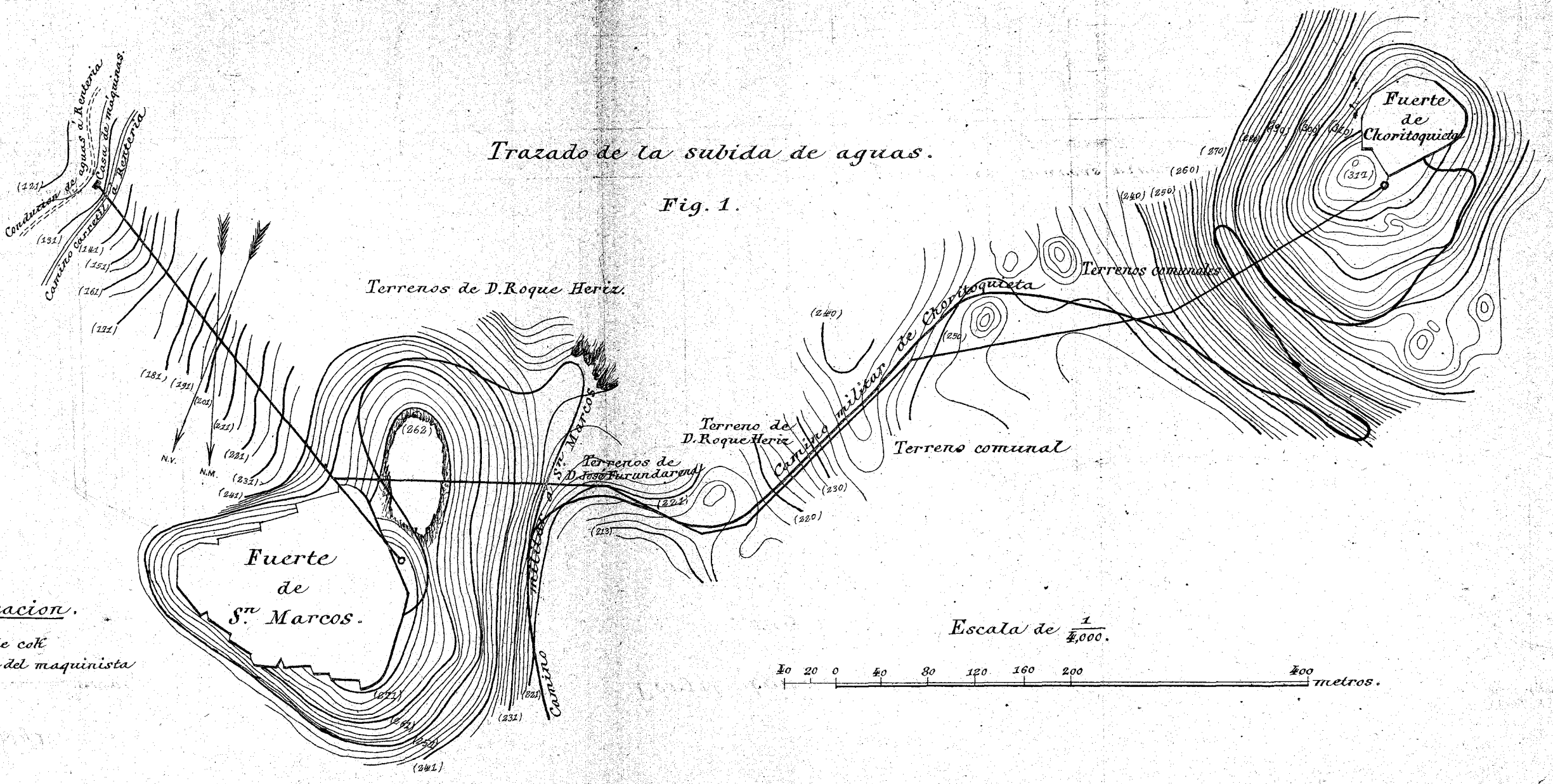


Explicacion.

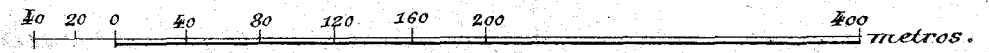
- 1. Vertedero de coque
- 2. Habitación del maquinista
- 3. Pasillo
- 4. Cocina
- 5. Armarios
- 6. Escalera

Trazado de la subida de aguas.

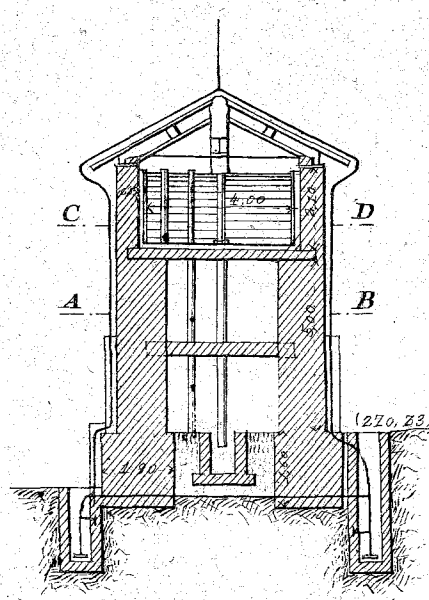
Fig. 1.



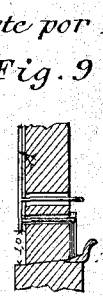
Escala de $\frac{1}{5000}$.



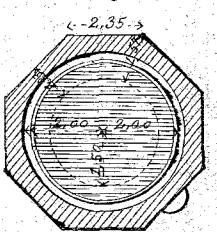
Perfil por A B.
Fig. 10.



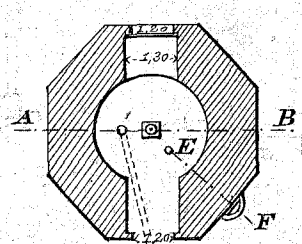
Corte por E F.
Fig. 9.



Corte por C D.
Fig. 11.



Planta de la torre
Fig. 8.



APUNTES SOBRE DEFENSA DE LAS COSTAS.





APUNTES

SOBRE

DEFENSA DE LAS COSTAS.

ESTUDIO

DE

LAS BATERÍAS AL DESCUBIERTO,

POR

EL CORONEL DE EJÉRCITO, TENIENTE CORONEL DE INGENIEROS

DON FRANCISCO ROLDÁN Y VIZCAINO,

Y

EL CORONEL GRADUADO, COMANDANTE DE EJÉRCITO, CAPITAN DEL MISMO CUERPO

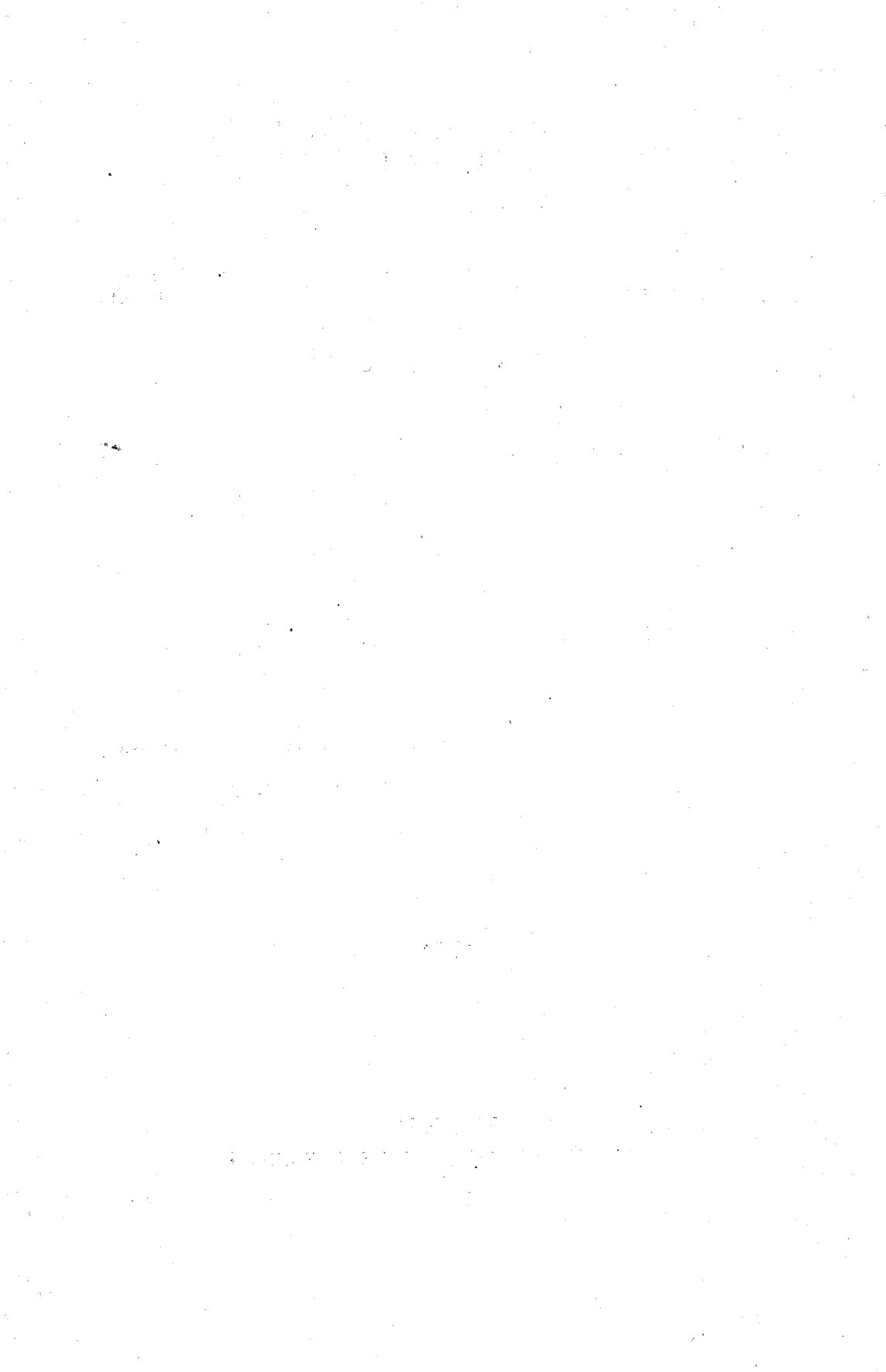
DON JOAQUIN DE LA LLAVE Y GARCÍA.



MADRID

IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS

—
1888





os *apuntes* que presentamos á nuestros compañeros tienen por único objeto facilitarles, en lo que á nosotros alcanza, el estudio de los proyectos de batallas de costa, reuniendo en pocas páginas los datos necesarios sobre artillería, organización de las obras y sus detalles, que se encuentran dispersos en multitud de libros, folletos y revistas, no fáciles de reunir.

No se trata, pues, de un estudio completo de la defensa de las costas, para el cual habría que ocuparse de los elementos móviles, como son la escuadra, los buques especiales de defensa de los puertos (baterías flotantes, cañoneros y torpederos) y la acción del ejército terrestre para rechazar un desembarco; sino que entre los elementos fijos prescindiremos de las minas submarinas y de las barreras ú obstrucciones pasivas de los pasos navegables, y aún de las baterías, sólo estudiaremos las descubiertas con parapeto, prescindiendo de las acorazadas, acasamatadas y cúpulas.



ARTILLERÍA DE COSTA.

I.—CAÑONES.



los antiguos cañones de hierro colado de los calibres de 36, 24 y 18 que desde el siglo pasado constituían nuestra artillería reglamentaria de costa, se sustituyeron en 1847 (1) los cañones bomberos del mismo metal, imitación de la artillería Paixhans, de 150, 80 y 32, ó sean de 27, 21 y 16 centímetros, llamados también obuses largos, á los que hay que añadir otros de bronce de 21 y 16 centímetros. El obús ó bombero de 27, aunque adoptado oficialmente en 1857, no ha llegado á formar parte formal de las dotaciones; los dos de 21, de hierro y bronce, aún existen en muchas de nuestras plazas, y hay que añadir algunos cañones lisos de bronce de 15 centímetros (antiguo calibre de 24) que también forman eventualmente parte del armamento de algunas baterías.

Pero todas estas piezas lisas sólo pueden emplearse para tirar á cortas distancias, que no excedan de un kilómetro, contra buques de madera, empleando la granada los obuses y la bala sólida los cañones, ó bien unos y otros arrojando bote de metralla contra tentativas de desembarco á menos de 600 metros.

En los primeros meses de 1859 se hicieron experiencias en la fábrica de Trubia para obtener cañones rayados, que se sabía habían sido adoptados en Francia y ensayados en Bélgica. Los ensayos se hicieron con un cañón de 16 centímetros de hierro, y llevados con notable y muy plausible actividad, dieron lugar á que ya en 6 de Octubre de dicho año se adoptase el cañón de este calibre número 1, al que se añadió en 7 de Abril de 1862 otro

(1) Por lo ménos esta es la fecha en que se publicó la memoria de Vigodet, Alcón y Cousillas en que se proponía su adopción.

que llevaba el número 3. Ambos son conocidos actualmente con los nombres de cañones de hierro rayados y sunchados de 16 centímetros, largo y corto.

A ellos vino á añadirse en Agosto de 1862 un tercer cañón del mismo calibre, de bronce, que se obtuvo por la transformación del liso de 15 centímetros (24) barrenándolo al nuevo diámetro y rayándolo.

Las tres piezas tienen común el calibre y el rayado y por lo tanto disparan el mismo proyectil. Las estrías son tres, de sección trapezoidal, paso constante de 6^m,50, 4 centímetros de anchura y 4 milímetros de profundidad. Difieren tan sólo las ánimas, aparte de su longitud, en que la del cañón de bronce es seguida, llegando las estrías hasta 20 centímetros del fondo plano, mientras que los de hierro tienen recámara cilíndrica ligeramente más estrecha que el ánima, con fondo en casquete esférico y longitud, comprendiendo desde el fondo hasta el arranque de las rayas, de 26 centímetros. Los datos principales de estas tres piezas se expresan á continuación:

Cañones de 16 centímetros rayados de avancarga.

	De bronce.	De hierro sunchado largo.	De hierro sunchado corto.
Calibre. milímetros	161	161	161
Longitud del ánima. milímetros	3096	2685	2200
Longitud total de la pieza. . . . milímetros	3524	3195	2688
Distancia del eje de muñones á la boca. milímetros	1854	1775	1506
Diámetro del primer cuerpo. . . milímetros	517	620	582
Diámetro exterior en la boca. . . milímetros	381	345	335
Peso de la pieza. kilogramos	2950	4100	2915

El proyectil único para los cañones de 16 centímetros de avancarga es una granada de tetones con espoleta de percusión, cuyos datos principales son:

Diámetro.	159 milímetros.
Longitud total.	320 milímetros.
Peso del proyectil vacío.	26,5 kilogramos.
Id. del id. cargado y con espoleta. .	28 kilogramos.

Los tetones son seis, de zinc, colocados en dos órdenes de tres cada uno.

Los montajes de estas piezas son de dos modelos: de madera, modelo 1864, ó de chapa, modelo 1866-68. Los primeros, altos ó bajos, proceden de transformación de los modelos anteriores para piezas lisas. Sólo describiremos los segundos, es decir, los de chapa de hierro.

La cureña para los tres cañones de 16 centímetros es una sola, la que lleva el número 1 entre las del modelo de 1866. Consta de dos gualderas triangulares de chapa, dos teleras planas de testera y contera, y una telera curva, y las correspondientes muñoneras en las cuales se sujetan los cañones á pesar de que no son iguales, gracias á unos tubos para muñones, por cuyo medio entran todos en las mismas muñoneras (1).

Los marcos son dos: uno bajo para casamata, número 1, y otro alto para barbata, número 2. El primero es de giro delantero ó frontal y el segundo de perno central algo adelantado. Ambos constan de dos brancales de Σ con tres teleras. Las dimensiones de los montajes que así resultan son las siguientes:

Montajes de los cañones de 16 centímetros.

	Montaje alto.	Montaje bajo.
Altura del eje de muñones sobre la explanada. metros	2,10	1,35
Longitud del marco. metros	4,50	4,50
Altura del marco en testera. metros	1,134	0,384
Inclinación del marco.	4°	4°
Distancia del eje de giro á la testera del marco. metros	1,05	0,420
Radio medio de la primera carrilera. metros	0,81	0,80
Su anchura. metros	0,20	0,20
Radio medio de la segunda carrilera. metros	2,39	3,835
Su anchura. metros	0,15	0,15
Angulo de elevación máximo que puede tomar el cañón.	20°	20°
Angulo de depresión máximo.	13°	13°
Campo de tiro horizontal que permiten los carriles.	120°	45°

(1) Además de los tres cañones rayados de 16 centímetros sirve también esta cureña para los obuses de 21 de hierro y bronce, y cañón liso de 15.

En cuanto á las condiciones balísticas, los tres cañones de 16 centímetros de avancarga las tienen distintas, debido á las distintas velocidades iniciales, que aún con una misma carga y proyectil se obtienen en cada uno de ellos por sus diferentes dimensiones de ánima. La tabla siguiente dará idea aproximada de estas condiciones.

DATOS sobre el tiro de los cañones rayados de 16 centímetros, de avancarga, con las cargas que se indican y proyectil de 28 kilogramos.

CAÑONES Y CARGAS.	Distancias. — Metros.	Ángulos de proyección.	Ángulos de caída.	Duración de la trayectoria. — Segundos.	Velocidad remanente. — Metros.	Fuerza viva total. — Tonclámetros.
<i>Bronce</i> 3,5 kilogramos de pólvora de 5 mili- metros.	0	—	—	—	376	201,8
	1000	2° 22'	3° 4'	2,6	302	130,6
	2000	5° 26'	6° 44'	6,0	268	102,5
	3000	9° 13'	12° 11'	10,6	241	82,9
	4000	13° 47'	19° 43'	15,4	218	67,8
<i>Hierro</i> sunchado largo, 3,5 kilogramos de pólvora de 5 mili- metros.	0	—	—	—	341	166,0
	1000	2° 46'	3° 9'	3,0	287	117,9
	2000	6° 12'	7° 24'	6,9	257	94,4
	3000	10° 26'	13° 18'	11,1	232	76,6
	4000	15° 27'	21° 54'	16,2	209	62,4
<i>Hierro</i> sunchado corto, 3,5 kilogramos de pólvora de 5 mili- metros.	0	—	—	—	328	153,6
	1000	2° 58'	3° 20'	3,3	282	113,7
	2000	6° 33'	7° 44'	7,1	253	91,2
	3000	10° 59'	13° 51'	11,4	228	73,9
	4000	16° 17'	22° 57'	16,6	206	60,5

Los alcances máximos son por 20° de elevación:

Con el cañón de bronce. 5032 metros.
 Con el de hierro largo. 4693 »
 Con el idem corto. 4546 »

En 1861 se hicieron experiencias de tiro en las playas de Torregorda con el cañón de hierro de 16 centímetros corto, contra una plancha de Petin et Gaudet, idéntica á la que forma la coraza de la fragata *Gloire*. A pesar de que el blanco estaba sólo á 20 metros de la boca de la pieza, los efectos fueron nulos, las granadas se rompían produciendo ligera impresión en la plancha.

Aunque la rotura era debida en gran parte á ser las granadas de fundición ordinaria, nada se hubiera conseguido con adoptar una bala granada, de metal duro, pues la fuerza viva, según se puede ver en la tabla anterior, es de todo punto insuficiente.

La circunstancia de que en las experiencias de Torregorda el cañón liso de 20 centímetros de la marina había perforado las planchas de hierro y de que aún el liso de 16 centímetros había producido mayor penetración que el rayado del mismo calibre, lo cual era debido á la mayor velocidad inicial de las balas esféricas, indujo al artillero de marina Barrios, despues brigadier de su cuerpo, á proyectar un cañón liso, destinado á la perforación de corazas. El proyecto data de marzo de 1862, y comprendía un cañón de 28 y otro de 22 centímetros, ambos de hierro fundido y sunchados de acero, que fueron adoptados por la marina. Despues de las pruebas de Noviembre de 1865, en Carabanchel, en que se tiró con el cañón de 28 centímetros contra tres blancos iguales al costado del barco inglés *Warrior*, á las distancias de 200, 420 y 700 metros de la pieza, con buen resultado, el autor proyectó otro cañón de 28 centímetros, mas largo, que en 9 de Agosto de 1867 fué adoptado para el armamento de las costas. Existen algunos ejemplares del cañón de 28 corto, pero todos se remitieron á nuestras posesiones de Ultramar.

Los cañones Barrios, lisos y sunchados, de hierro, de 28 centímetros, largo y corto, tienen las dimensiones siguientes:

	Largo.	Corto.
Calibre.. milímetros	280	280
Longitud del ánima.. milímetros	3.950	3.200
Longitud total de la pieza.. milímetros	4.660	3.730
Distancia del eje de muñones á la boca. milímetros	2.815	2.044
Diámetro del primer cuerpo.. milímetros	900	900
Peso de la pieza. kilogramos	12.300	10.500

Los proyectiles de este cañón son dos balas sólidas: una de hierro, de 276 milímetros de diámetro y 79 kilogramos de peso, y otra de acero fundido, de diámetro 277 milímetros y 84 kilogramos de peso.

Los montajes son del modelo 1866-68. La cureña núm. 2 y los marcos 5

y 6, bajo y alto, semejantes en todo á los descritos de los cañones de 16 centímetros, salvo las dimensiones, que son las siguientes:

Montajes del cañón de 28 centímetros.

	Montaje alto.	Montaje bajo.
Altura del eje de muñones sobre la explanada. metros	2,20	1,525
Longitud del marco. metros	5,50	5,50
Altura del marco en testera. metros	1,134	0,60
Inclinación del marco.	4°	4°
Distancia del eje de giro á la testera del marco. metros	1,05	0,54
Radio medio de la primera carrilera. metros	0,81	1,03
Su anchura. metros	0,20	0,20
Radio medio de la segunda carrilera. metros	3,00	4,56
Su anchura. metros	0,15	0,15
Angulo de elevación máximo que puede tomar el cañón.	17°	17°
Angulo de depresión máximo.	15°	15°
Campo de tiro horizontal que permiten los carriles.	120°	45°

La carga reglamentaria del cañón de 28 centímetros largo es de 21,6 kilogramos de pólvora de 5 milímetros, para tirar con la bala de acero. Sus condiciones balísticas son las siguientes:

DATOS sobre el tiro del cañón liso de 28 centímetros, H. S. largo, Barrios, con carga de 21,6 kilogramos de pólvora de 5 milímetros y bala de acero de 84 kilogramos.

Distancias. — Metros.	Angulos de proyección.	Angulos de caída.	Velocidades remanentes. — Metros.	Fuerza viva en tonelámetros		Penetración en plancha de hierro. — Centímetros.
				total.	por centímetro de la circunferencia del proyectil.	
0	—	—	460	906,5	10,416	21,1
200	0° 17'	0° 37'	423	766,3	8,806	19,3
400	1° 10'	1° 23'	387	641,5	7,372	17,6
600	1° 53'	2° 13'	358	549,9	6,320	16,4
800	2° 41'	3° 20'	333	474,8	5,458	15,2
1000	3° 34'	4° 37'	314	424,0	4,873	14,0
1500	6° 9'	8° 8'	282	340,1	3,908	12,9
2000	9° 12'	13° 10'	262	294,0	3,379	11,9

Pero como el efecto no es muy grande contra buques acorazados que no sean de los primitivos y además la pólvora de 5 milímetros no es ya regla-

mentaria y está llamada á agotar sus existencias, se probó en 1881 adoptar para la carga la pólvora prismática, y en efecto se obtuvo un aumento notable de velocidad inicial empleando la carga de 22 kilogramos. Las nuevas condiciones balísticas son entónces las siguientes:

DATOS sobre el tiro del cañón liso de 28 centímetros, H. S. largo, Barrios, con carga de 22 kilogramos de pólvora prismática y bala de acero de 84 kilogramos.

Distancias. — Metros.	Angulos de proyección.	Angulos de caída.	Velocidades remanentes. — Metros.	Fuerza viva en tonelámetros		Penetración en plancha de hierro. — Centímetros.
				total.	por centímetro de la circunferencia del proyectil.	
0	—	—	508	1105,0	12,707	23,4
200	0° 14'	0° 15'	466	928,7	10,680	21,3
400	0° 30'	0° 33'	427	780,6	8,973	19,4
600	0° 46'	0° 56'	392	659,6	7,582	17,9
800	1° 7'	1° 24'	363	565,2	6,495	16,6
1000	1° 29'	1° 57'	338	488,5	5,615	15,4
1500	2° 36'	3° 34'	297	378,5	4,351	13,6
2000	3° 56'	5° 54'	273	319,2	3,669	12,5

El alcance máximo con la bala de acero y velocidad inicial de 508 metros, tirando por la elevación de 17° que permite el montaje, es de 4850 metros; á esta distancia la fuerza viva total que conserva el proyectil es sólo de 141,9 tonelámetros y por centímetro de circunferencia 1,635, siendo, por lo tanto, el efecto casi nulo contra corazas. La velocidad remanente es 182 metros y el ángulo de caída 27° 52'.

Casi desde el mismo momento en que se adoptó, pudo comprenderse que el cañón Barrios sólo podía tirar con buen efecto contra los buques acorazados primitivos (*Gloire, Warrior, Magenta, Black Prince, Minotaur, Agincourt, Friedrich Karl, Kronprinz, María Pía, Affondatore* y demás análogos) y á cortas distancias; pero que ni contra los barcos posteriores al *Hércules* (1868), ni á distancias que excediesen á 700 metros contra ninguno, podía obtenerse efecto útil apreciable en un combate.

De aquí el viaje que hizo por Europa el general Elorza en los últimos

meses de 1867, para estudiar las artillerías de costa extranjeras. En su memoria, presentada en Diciembre de dicho año, se declaraba el ilustre é inolvidable artillero, partidario de la artillería Krupp; pero ante la imposibilidad de montar desde luego su fabricación en España y lo muy costoso que resultaría adquirir todas las piezas necesarias en Essen, proponía como medida económica y aceptable la adopción del sistema de la marina francesa modelo 1864, es decir, cañones de hierro fundido, sunchados de acero en la parte posterior, de retrocarga con cierre de tornillo partido y cinco rayas para proyectil de tetones. Proponía copiar los cañones franceses de 19, 24 y 27 centímetros y fabricar uno análogo de 16 centímetros.

En 25 de Marzo de 1868 se decidió que por el pronto se adoptase el cañón de 24 centímetros para hacer experiencias, y se procedió á fabricar en Trubia las piezas experimentales. Sus dimensiones son las siguientes:

Calibre.	240 milímetros
Longitud del ánima.	4197 »
Longitud total del cañón.	4560 »
Número de rayas.	5
Peso de la pieza.	14.500 kilogramos.

Los proyectiles habían de ser tres: una granada ordinaria con peso de 100 kilogramos, una bala sólida cilíndrica de cabeza plana contra corazas de 144 kilogramos y un proyectil endurecido ó bala-granada Grusson de 129 kilogramos.

Las tristes circunstancias porque atravesó la nación desde 1868 á 1876, las necesidades más urgentes de la artillería de campaña y de la fabricación de municiones para la guerra, la escasez de personal facultativo en la fábrica, impidieron que las experiencias con este cañón se llevaran muy adelante. Esto no obstante, con las que se hicieron y lo que se sabía de los adelantos que la artillería hacía en la Alemania y Francia, se tenía ya decidido en 1874 cambiar las cinco rayas francesas por 24 cuneiformes de sistema Krupp para proyectil de envuelta de plomo, al mismo tiempo que se decidía fabricar un cañón de 16 centímetros de retrocarga, de sistema análogo.

Llegó el fin de la guerra en 1876 sin que la pieza de 24 centímetros, de-

clarada reglamentaria desde 1868, pudiese considerarse como realmente adoptada. Prosiguiéronse entónces con mayor actividad los ensayos, se cambiaron las 24 rayas cuneiformes por 36 paralelas para conducir el proyectil con bandas de cobre, se alargó la pieza y se agrandó la recámara, y así se llegó á la pieza modelo de 1881, que nuevamente alargada se convirtió en la del modelo de 1884, ambas reglamentarias por real orden de 30 de Septiembre de 1885. Se utilizan las que existen fabricadas del primer modelo, pero en adelante sólo se construirán del segundo.

Las dimensiones son las siguientes:

Cañones H. R. S. de 24 centímetros, de retrocarga.

	Modelo 1881.	Modelo 1884.
Calibre. milímetros	240	240
Longitud del ánima.. . . . milímetros	4710	6185
Longitud total. milímetros	5040	6515
Distancia del eje de muñones á la boca. milímetros	3361	4623
Diámetro del primer cuerpo. milímetros	990	990
Diámetro exterior en la boca. milímetros	440	380
Peso del aparato de cierre. kilogramos	170	170
Peso total de la pieza. kilogramos	16500	17500

Los proyectiles reglamentarios, comunes á ambas piezas, se reducen hasta ahora á una granada ordinaria de hierro fundido y un proyectil de batir corazas, de fundición endurecida. Se piensa agregarles una bala-granada de acero para la perforación de corazas, pero no existe todavía. La forma de todos es cilindro-ojival con banda de cobre para la conducción.

Sus dimensiones principales:

	Granada ordinaria.	Proyectil endurecido.
Diámetro. milímetros	238,8	238,8
Longitud total.. . . . milímetros	672,0	645,0
Peso total cargado.. . . . kilogramos	144	144
Carga explosiva. kilogramos	9	2,4

Los montajes son análogos á los del modelo 1866-68, pero con la adición de frenos hidráulicos para moderar el retroceso, aparatos para el giro del marco y grua ó pescante para elevar la carga y proyectil. Sus dimensiones son éstas:

Montajes para cañones de 24 centímetros H. R. S., de retrocarga.

	Modelo 1881 alto.	Modelo 1881 bajo.	Modelo 1884 alto giro ade- lantado.	Modelo 1884 alto giro cen- tral.	Modelo 1884 bajo.
Altura del eje de muñones sobre la explanada. . . . metros	2,064	1,320	2,290	2,613	1,790
Longitud del marco. . . . metros	5,540	5,540	4,860	4,915	5,500
Altura del marco en testera. metros	1,134	0,360	1,139	1,295	1,250
Inclinación del marco.	4°	4°	4°	4°	4°
Distancia del eje de giro á la testera del marco. . . . metros	1,325	0,520	1,320	2,488	0,400
Radio medio de la primera carrilera. metros	0,810	1,030	0,810	2,060	1,030
Su anchura. metros	0,335	0,200	0,330	0,120	0,120
Radio medio de la segunda carrilera. metros	3,000	4,560	3,000	»	4,560
Su anchura. metros	0,140	0,120	0,140	»	0,150
Angulo de elevación máximo que puede tomar el cañón.	10°	10°	20°	19°	20°
Angulo de depresión máximo. . . .	4° 30'	4° 30'	5°	6°	5°
Campo de tiro horizontal que per- miten los carriles.	120°	40°	93° 30'	360°	47°

Las condiciones balísticas de estas piezas son las que se expresan en las tablas siguientes:

Cañón de 24 centímetros, modelo de 1881.

DATOS sobre su tiro con una carga de 27 kilogramos de pólvora prismática de una canal, densidad = 1,8.

Distancias.	Angulos de tiro.	Angulos de caída.	Tangentes de los ángulos de caída.	Duración de la trayectoria.	Velocidad remanente.	Fuerza viva total.	Fuerza viva por centímetro cuadrado de sección del proyectil.	Fuerza viva por centímetro de circunferencia del proyectil.	Penetración en plancha de hierro forjado.
— Metros.	— Grados.	— Grados.	— de caída.	— Segundos.	— Metros.	— Toneláms.	— Tonelms	— Toneláms.	— Centíms
0	—	—	—	—	405	1203	2,68	16,01	26,1
500	0° 51' ½	0° 58' ½	0,0170	1,27	384	1075	2,30	14,23	23,9
1000	1° 48' ½	2° 2'	0,0352	2,63	362	964	2,15	12,81	22,1
1500	2° 52' ½	3° 13'	0,0562	4,06	344	868	1,93	11,49	20,4
2000	4° 2'	4° 34' ½	0,0800	5,55	328	790	1,76	10,47	19,0
2500	5° 14' ½	6° 6'	0,1069	7,12	315	729	1,62	9,66	17,9
3000	6° 31'	7° 47'	0,1367	8,75	305	683	1,52	9,07	17,0
3500	7° 52'	9° 40'	0,1703	10,44	295	638	1,42	8,50	16,2
4000	9° 18'	11° 45'	0,2080	12,20	288	609	1,35	8,10	15,6
4500	10° 51' ½	14°	0,2493	14,04	280	578	1,26	7,71	14,8
5000	12° 33' ½	16° 26'	0,2949	16,00	275	555	1,23	7,38	14,5
5500	14° 20'	19° 8'	0,3469	18,05	268	525	1,17	7,01	14,5
6000	16° 13'	22° 11'	0,4077	20,21	262	503	1,12	6,70	14,5

Cañón de 24 centímetros, modelo de 1881.

DATOS sobre su tiro con una carga de 30 kilogramos de pólvora prismática de una canal, densidad = 1,8.

Distancias.	Angulos de tiro.	Angulos de caída.	Tangentes de los ángulos de caída.	Duración de la trayectoria.	Velocidad remanente.	Fuerza viva total.	Fuerza viva por centímetro cuadrado de sección del proyectil.	Fuerza viva por centímetro de circunferencia del proyectil.	Penetración en plancha de hierro forjado.
— Metros.	— Grados.	— Grados.	— de caída.	— Segundos.	— Metros.	— Toneláms.	— Tonelms	— Toneláms.	— Centíms.
0	—	—	—	—	424	1306	2,80	17,32	27,5
500	0° 48' ½	0° 52'	0,0151	1,20	398	1155	2,56	15,34	25,2
1000	1° 41'	1° 52'	0,0326	2,41	374	1022	2,26	13,50	22,9
1500	2° 40'	3° 2'	0,0530	3,91	351	898	1,98	11,91	20,8
2000	3° 44'	4° 45'	0,0831	5,12	336	822	1,82	10,91	19,5
2500	4° 40' ½	5° 18'	0,0928	6,92	320	747	1,65	9,92	18,1
3000	6° 6'	7° 33'	0,1325	8,54	308	694	1,53	9,23	17,1
3500	7° 30'	9° 20'	0,1643	10,24	296	640	1,41	8,49	16,1
4000	8° 41' ½	11° 10'	0,1974	12,03	289	611	1,35	8,10	15,6
4500	10° 58'	12° 31'	0,2220	13,63	281	578	1,28	7,67	15,0
5000	12° 7'	15° 24'	0,2726	15,59	276	556	1,23	7,34	14,4
5500	13° 48'	17° 52'	0,3223	17,74	270	533	1,18	7,07	14,4
6000	15° 39'	20° 39'	0,3769	19,19	264	510	1,13	6,71	14,4

Cañón de 24 centímetros, modelo de 1884.

DATOS sobre su tiro con una carga de 35 kilogramos de pólvora prismática de una canal, densidad = 1,8.

Distancias.	Angulos de tiro.	Angulos de caída.	Tangentes de los ángulos de caída.	Duración de la trayectoria.	Velocidad remanente.	Fuerza viva total.	Fuerza viva por centímetro cuadrado de sección del proyectil.	Fuerza viva por centímetro de circunferencia del proyectil.	Penetración en plancha de hierro forjado.
— Metros.	— Grados.	— Grados.	— de caída.	— Segundos.	— Metros.	— Toneláms.	— Tonelms.	— Toneláms.	— Centíms.
0	—	—	—	—	470	1622	3,64	21,71	32,8
500	0° 40'	0° 42'	0,0122	1,09	442	1434	3,22	19,28	29,9
1000	1° 23'	1° 29'	0,0259	2,27	416	1268	2,85	16,96	27,3
1500	2° 10'	2° 27'	0,0428	3,50	392	1128	2,53	15,09	25,0
2000	3° 0' $\frac{1}{2}$	3° 34'	0,0623	4,82	371	1009	2,27	13,49	23,0
2500	3° 56' $\frac{1}{2}$	4° 46'	0,0834	6,22	352	909	2,05	12,16	21,3
3000	4° 57'	6° 7'	0,1072	7,69	335	826	1,86	11,05	19,8
3500	6° 2'	7° 47'	0,1367	9,24	322	762	1,71	10,20	18,6
4000	7° 13'	9° 29'	0,1670	10,86	311	713	1,60	9,54	17,7
4500	8° 27' $\frac{1}{2}$	11° 22'	0,2010	12,55	303	673	1,51	9,01	16,9
5000	9° 47'	13° 21'	0,2373	14,31	296	642	1,44	8,59	16,3
5500	11° 14'	15° 26'	0,2761	16,15	290	617	1,39	8,25	
6000	12° 46'	17° 41'	0,3188	18,06	285	596	1,34	7,97	
6500	14° 25' $\frac{1}{2}$	20° 4'	0,3653	20,06	280	578	1,30	7,73	
7000	16° 14'	22° 33'	0,4152	22,17	277	562	1,26	7,52	
7500	18° 39' $\frac{1}{2}$	25° 24'	0,4748	24,49	273	548	1,23	7,34	
8000	20° 18'	28° 9'	0,5351	26,79	272	541	1,21	7,23	

En el cañón del modelo 1884, si se adopta la pólvora prismática parda, es probable que se pueda aumentar la carga sin perjuicio de la resistencia de la pieza y obtener una velocidad inicial que se aproxime á los 500 metros.

Los alcances máximos son los siguientes:

Cañón modelo 1881, con carga de 27 kilogramos

 y por 10° de elevación. 4210 metros

El mismo con carga de 30 kilogramos, por igual

 elevación. 4450 metros

Cañón modelo 1884, con carga de 35 kilogramos

 por 19° de elevación. 7690 metros

El mismo por 20°. 7930 metros

Como ya hemos dicho, en 1867 proponía el general Elorza que se sustituyesen los cañones de 16 centímetros de avancarga por otro de retrocarga, imitando el sistema de la marina francesa. En 1874 se persistía en la idea, pero cambiando el sistema de rayado por el de estrías múltiples cuneiformes para proyectil de envuelta, y después de nuevos ensayos y estudios, en 1878 se adoptó definitivamente la pieza, pero con el calibre de 15 centímetros y rayado paralelo.

Las dimensiones del cañón de 15 centímetros de hierro rayado y sunchado, son las siguientes:

Calibre exacto.	milímetros	149,1
Longitud del ánima.	milímetros	3456,5
Longitud total de la pieza.	milímetros	3670
Distancia del eje de muñones á la boca. . .	milímetros	2296,6
Diámetro del primer cuerpo.	milímetros	597
Diámetro exterior en la boca.	milímetros	300
Peso del aparato de cierre.	kilógramos	44
Peso total de la pieza.	kilógramos	4500

El único proyectil reglamentario para esta pieza es una granada ordinaria de hierro fundido, cilindro-ojival, con dos bandas de cobre.

Las dimensiones son:

Diámetro.	milímetros	148
Longitud total.	milímetros	375
Peso total del proyectil cargado.	kilógramos	28,3
Peso de la carga explosiva.	kilógramos	2

La cureña de este cañón es de modelo 1878 y puede colocarse en dos marcos distintos, uno bajo para casamata, también de modelo 1878, y otro alto para barbata, adoptado recientemente. El primero es de perno frontal; el segundo tiene el punto de giro entre las ruedas, aunque no es completamente central, sino un poco adelantado. Cureña y marcos son de chapa de hierro, la primera de gualderas triangulares y los segundos con bancales de Σ . El retroceso se modera con freno hidráulico.

Dimensiones principales:

	Montaje bajo.	Montaje alto.
Altura del eje de muñones sobre la explanada. metros	1,310	2,110
Longitud del marco. metros	3,344	3,320
Altura del marco en testera. metros	0,400	1,150
Inclinación del marco.	4°	4°
Distancia del eje de giro á la testera del marco. metros	0,410	1,050
Radio medio de la primera carrilera. metros	0,800	0,810
Su anchura. metros	0,200	0,200
Radio medio de la segunda carrilera. metros	2,900	1,650
Su anchura. metros	0,150	0,150
Angulo de elevación máximo que puede tomar el cañón.	21°	21°
Angulo de depresión máximo.	11° 30'	5°
Campo de tiro horizontal que permiten los carriles.	76°	122°

Con la carga reglamentaria de 7 kilogramos de pólvora prismática de siete canales de Murcia, se obtienen las condiciones balísticas que se expresan en la siguiente tabla:

DATOS sobre el tiro del cañón de 15 centímetros H. R. S., modelo 1878, con carga de 7 kilogramos de pólvora prismática, de siete canales y proyectil de 28,3 kilogramos.

Distancias. — Metros.	Angulos de elevación.	Angulos de caída.		Velocidades re- manen- tes. — Metros.	Du- ración de la trayec- toria. — Segund.	Fuerza viva del proyectil en tonelámetros.			Ancho de las zonas de 50 por 100 de los disparos.	
		En grados.	Por sus tan- gentes.			Total.	Por cen- tímetro de cir- cunfer- encia.	Por cen- tímetro cuadra- do de sección.	Verti- cal. — Metros.	Late- ral. — Metros.
0	—	—	—	475	—	325,45	6,948	1,864	—	—
500	0° 40'	0° 43'	0,0126	422	1,11	256,58	5,479	1,470	0,36	0,26
1000	1° 27'	1° 40'	0,0292	377	2,35	204,95	4,376	1,174	1,20	0,55
1500	2° 21'	2° 54'	0,0505	341	3,72	167,30	3,573	0,958	2,54	0,94
2000	3° 23'	4° 24'	0,0771	314	5,23	142,32	3,039	0,815	4,40	1,42
2500	4° 34'	6° 17'	0,1102	295	6,89	125,87	2,687	0,721	6,32	1,95
3000	5° 56'	8° 34'	0,1506	283	8,70	115,51	2,466	0,661	8,33	2,75
3500	7° 29'	11° 16'	0,1993	273	10,68	107,50	2,296	0,616	10,60	4,14
4000	9° 15'	14° 24'	0,2570	263	12,83	100,35	2,143	0,575	12,91	6,92
4500	11° 1'	16° 37'	0,2984	253	14,69	92,62	1,977	0,530	—	—
5000	13° 2'½	19° 6'	0,3462	245	16,92	86,92	1,854	0,498	—	—
5500	15° 13'	22° 32'	0,4149	239	19,34	82,54	1,762	0,473	—	—
6000	17° 38'	26° 9'	0,4909	234	21,82	78,83	1,683	0,451	—	—
6500	20° 24'½	30° 20'	0,5851	230	24,72	76,01	1,623	0,435	—	—
6600	21°	31° 12'	0,6056	229	25,29	75,77	1,618	0,434	—	—

El cañón de 15 centímetros es propiamente una pieza de plaza; así es, que para costa no puede servir sino como boca de fuego auxiliar para el tiro contra buques de madera; pues sus efectos contra corazas son casi nulos por falta de potencia y por no tener proyectil apropiado.

En 1878, después de la guerra de Oriente, hubo temores de que ocurriese un conflicto europeo que tuviese por principal teatro el Mediterráneo. Nuestras costas estaban entonces indefensas por completo, pues sólo había para armar las baterías, aparte de los cañones lisos antiguos, los rayados de 16 centímetros y los Barrios de 28 centímetros, unos y otros insuficientes, como hemos visto, para batir los buques de guerra modernos. Los cañones de 24 centímetros, que aún en su forma primitiva, tales como los había propuesto el general Elorza, hubieran sido muy útiles, estaban todavía en experiencia, y los de 15 centímetros, que como hemos dicho, no son piezas de costa, acababan de adoptarse y se empezaba su fabricación corriente.

En esta contingencia se pensó en comprar piezas de grueso calibre en la fábrica Armstrong, de Elswick. Los modelos que se eligieron fueron los cañones de 10 y 12 pulgadas (inglesas), de 26 y 43 toneladas de peso, ambos de retrocarga, con cierre de tornillo. Encargáronse por de pronto uno de cada calibre para el artillado de Cádiz; hé aquí sus dimensiones principales:

	Cañón de 25 centímetros.	Cañón de 30 centímetros.
Calibre exacto. milímetros	254	304,8
Longitud del ánima. milímetros	6540	7938,4
Longitud total de la pieza. milímetros	6929	8407
Distancia del eje de muñones á la boca. . milímetros	4496	5457
Diámetro del primer cuerpo. milímetros	1100	1270
Diámetro exterior en la boca. milímetros	500	562,5
Peso total de la pieza. kilogramos	26.246	44.350

Los cañones Armstrong constan de un tubo interior de acero fundido y forjado y dos órdenes de sunchos (*coils*) de hierro forjado en espiral. Las estrías son paralelas, de trazado progresivo; la recámara ensanchada,

Los proyectiles son cuatro, sus dimensiones principales:

	De 25 centímetros.	De 30 centímetros.
Diámetro exacto de todos ellos. milímetros	245,6	299
Peso común á los cuatro. kilogramos	181,2	317,5
<i>Granada ordinaria.</i> { Longitud. milímetros	790	929,6
{ Carga explosiva. . . kilogramos	9,08	15,75
<i>Shrapnel.</i> { Longitud. milímetros	768	915,6
{ Carga explosiva. . . kilogramos	0,700	0,915
{ Número de balas.	900	350
<i>Granada perforante endurecida.</i> . . . Longitud. milímetros	675	812,8
{ Carga explosiva. . . kilogramos	1,081	4,485
<i>Bote de metralla.</i> . . { Longitud. milímetros	646	851
{ Número de balas.	518	890

El cañón de 25 centímetros se adquirió con montaje bajo de casamata, de perno imaginario, y el de 30 centímetros con otro alto de barbata, de perno central. Tanto las cureñas como los marcos son de chapa de hierro, las gualderas poligonales de dobles planchas y los brancales de sección de **I**. Los frenos son de peine ó de planchas metálicas y hay gruas para la elevación de los proyectiles y cartuchos, y aparatos mecánicos para ronzar el marco.

Las dimensiones principales de ambos montajes son:

Montajes de los cañones Armstrong.

	De 25 centímetros.	De 30 centímetros.
Altura del eje de muñones sobre la explanada. metros	1,25	2,60
Longitud del marco. metros	4,61	5,677
Altura del marco en testera. metros	0,48	1,46
Inclinación del marco.	4° 30'	4° 30'
Distancia del eje de giro á la testera del marco. metros	1,60	2,62
Radio medio de la primera carrilera. metros	1,90	2,235
Su anchura. metros	0,20	0,15
Radio medio de la segunda carrilera. metros	3,00	»
Su anchura. metros	0,15	»
Angulo de elevación máximo que puede tomar el cañón.	9°	10° 40'
Angulo de depresión máximo.	4°	7°
Campo de tiro horizontal que permiten los carriles.	60°	360°

Los efectos balísticos que la casa Armstrong tenía anunciados para estas piezas eran los que á continuación se manifiestan:

		Cañon de 25 centí- metros.	Cañon de 30 centí- metros.	
Efectos iniciales. . .	Velocidad.	594	597	metros.
	Fuerza viva total. . .	4109	5775	tonelámetros
	Penetración en plan- cha de hierro. . . .	51,1	57,7	centímetros.
Efectos á 1000 yar- das inglesas de distancia (1). . .	Velocidad.	527	549	metros.
	Fuerza viva total. . .	3402	4881	tonelámetros
	Penetración en plan- cha de hierro. . . .	46,5	53,1	centímetros.
Efectos á 2000 yar- das (2).	Velocidad.	483	504	metros.
	Fuerza viva total. . .	2155	4112	tonelámetros
	Penetración en plan- cha de hierro. . . .	38,9	48,8	centímetros.

Si en la práctica se hubieran obtenido estos efectos balísticos, las piezas Armstrong hubieran sido muy aceptables y suficientes para contrarestar la acción ofensiva de casi todos los buques acorazados, exceptuando sólo unos cuantos de los más poderosos.

Desgraciadamente no ha sido así. Además de sufrir considerable retraso la entrega de los cañones contratados, no se obtenían las velocidades iniciales estipuladas, sinó forzando la carga hasta un punto en que la presión es peligrosa para la resistencia y conservación de las piezas.

A éstas se fijan por el fabricante tres cargas distintas: una *ordinaria*, para granada y shrapnel ó para la bala-granada cuando no se necesite forzar los efectos; otra *de batir*, que se emplea exclusivamente con el proyectil perforante cuando se necesita atacar un buque de coraza muy resistente; y otra *extraordinaria*, que en la práctica no puede admitirse, por comprometer la resistencia del cañón.

Las tres cargas expresadas son, para los cañones de 25 y 30 centímetros, las siguientes:

(1) 1000 yardas = 914,4 metros.

(2) 2000 yardas = 1828,8 metros.

Cañon de 25 centímetros { Carga ordinaria. . . . 63,42 kilogramos de pólvora Pebble.
— de batir. . . . 81,54 kgs. de pólv.^a prism.^a de una canal.
— extraordinaria. 86,07 kilogramos de pólvora id. id.

Cañon de 30 centímetros { Carga ordinaria. . . . 113,4 kilogramos de pólvora Pebble.
— de batir. . . . 147,4 kgs. de pólv.^a prism.^a de una canal.
— extraordinaria. 165,6 kilogramos de pólvora id. id.

Las velocidades iniciales respectivas de los proyectiles, son:

Cañon de 25 centímetros { Carga ordinaria. . . . 518,5 metros por segundo.
— de batir. . . . 579,5 — —
— extraordinaria. 586,2 — —

Cañon de 30 centímetros { Carga ordinaria. . . . 470,9 metros por segundo.
— de batir. . . . 546,9 — —
— extraordinaria. 580,3 — —

A continuación presentamos las tablas de los datos de tiro de estos cañones, con las cargas de batir y ordinarias:

DATOS sobre el tiro del cañon Armstrong de 25 centímetros (26 toneladas), con carga de batir de 81,54 kilogramos de pólvora prismática de una canal y proyectil de 181,2 kilogramos.

Distancias. — Metros.	Ángulos de tiro.	Ángulos de caída.	Duración de la trayectoria. — Segundos.	Velo- cidades rema- nentes. — Metros.	Efecto del proyectil.			
					Fuerza viva en tonelámetros			Penetración en plancha de hierro forjado. — Centímetros.
					total.	por centime- tro de cir- cunferencia.	por centi- metro cua- drado de sección.	
0	—	—	—	580	3107,0	38,937	6,132	49,4
500	0° 10'	0° 43'	0,88	547	2765,5	34,657	5,458	44,3
1000	0° 44'	1° 8'	1,80	517	2464,3	30,906	4,864	41,5
1500	1° 25'	1° 35'	2,94	487	2193,2	27,486	4,328	38,3
2000	1° 53'	2° 17'	3,80	460	1945,5	24,393	3,840	34,8
2500	2° 27'	3° 7'	5,42	434	1738,0	21,781	3,430	32,0
3000	3° 12'	4° 3'	6,20	410	1543,1	19,347	3,045	29,2
3500	4° 15'	5° 9'	7,47	388	1386,6	17,389	2,738	26,7
4000	4° 41'	6° 20'	8,70	368	1245,5	15,617	2,458	24,4
4500	5° 25'	7° 49'	10,20	350	1131,4	14,179	2,233	22,7
5000	6° 51'	8° 45'	11,10	334	1028,3	12,876	2,029	21,0
5500	8° 10'	11° 6'	13,41	324	971,9	12,181	1,918	20,3
5870	9°	12° 11'	14,43	314	909,9	11,464	1,786	19,3

DATOS sobre el tiro del cañón Armstrong de 30 centímetros (43 toneladas), con carga de batir de 147,4 kilogramos de pólvora prismática de una canal y proyectil de 317,5 kilogramos.

Distancias. — Metros.	Angulos de tiro.	Angulos de caída.	Duración de la trayec- toria. — Segundos.	Velo- cidades rema- nentes. — Metros.	Efecto del proyectil.			
					Fuerza viva en tonelámetros			Penetración en plancha de hierro forjado. — Centímetros.
					total.	por centímetro de circunfe- rencia.	por centí- metro cua- drado de sección.	
0	—	—	—	547	4842,0	50,503	6,630	54,6
500	0° 23'	0° 35'	0,94	528	4382,1	46,350	5,998	50,5
1000	1° 0'	1° 5'	1,82	497	4005,6	41,806	5,482	47,3
1500	1° 31'	1° 39'	2,81	474	3617,1	38,257	4,951	43,4
2000	1° 57'	2° 31'	3,97	454	3334,1	34,806	4,564	40,8
2500	2° 45'	3° 15'	5,14	431	2989,3	31,616	4,091	37,8
3000	3° 14'	4° 7'	6,20	411	2740,8	28,605	3,751	35,5
3500	4° 9'	4° 59'	7,53	393	2483,4	26,265	3,399	33,0
4000	4° 42'	6° 20'	8,81	375	2284,2	23,829	3,148	31,6
4500	5° 45'	7° 36'	10,30	360	2092,5	22,650	2,864	29,0
5000	6° 31'	9° 7'	11,63	346	1941,0	20,256	2,657	27,4
5500	7° 20'	10° 13'	12,77	335	1791,3	19,387	2,452	25,8
6000	8° 2'	12° 13'	14,38	324	1697,5	17,705	2,322	25,0
7260	10° 40'	14° 44'	15,59	320	"	"	"	"

DATOS sobre el tiro del cañón Armstrong de 25 centímetros (26 toneladas), con carga ordinaria de 63,42 kilogramos de pólvora Pebble y proyectil de 181,2 kilogramos.

Distancias. — Metros.	Angulos de elevación.	Angulos de caída		Velocidad remanente — Metros.	Efecto del proyectil.			Penetración en plancha de hierro forjado. — Centímetros
		en grados.	por sus tangentes.		Fuerza viva en tonelámetros			
					total.	por centí- metro de circunfe- rencia.	por centí- metro cuadrado de sección.	
0	—	—	—	518	2478,2	31,06	4,892	41,6
1000	1° 8'	1° 13'	0,0212	461	1962,4	24,59	3,874	35,0
2000	2° 28'	2° 57'	0,0690	411	1561,8	19,57	3,082	29,5
3000	4° 2'	5° 9'	0,0901	368	1254,2	15,72	2,475	24,5
4000	5° 51'	7° 51'	0,1379	335	1038,4	13,01	2,048	21,1
5000	8° 6'	11° 25'	0,2020	311	896,2	11,23	1,769	19,2
5370	9°	13° 1'	0,2309	306	858,2	10,75	1,694	18,6

DATOS sobre el tiro del cañón Armstrong de 30 centímetros (43 toneladas), con carga ordinaria de 113,4 kilogramos de pólvora Pebble y proyectil de 317,5 kilogramos.

Distancias. — Metros.	Angulos de elevación.	Angulos de caída		Velocidad remanente — Metros.	Efecto del proyectil.			
		en grados.	por sus tangentes.		Fuerza viva en tonelámetros			Penetración en plancha de hierro forjado. — Centímetros
					total.	por centí- metro de circun- ferencia.	por centí- metro cuadrado de sección	
0	—	—	—	471	3590,6	37,44	4,914	13,1
1000	1° 21'	1° 30'	0,0262	429	2973,4	31,05	4,069	37,7
2000	2° 50'	3° 19'	0,0580	391	2472,0	25,79	3,383	32,9
3000	4° 36'	5° 37'	0,0983	358	2079,0	21,69	2,845	28,8
4000	6° 38'	8° 27'	0,1486	332	1782,8	18,61	2,441	25,7
5000	8° 52'	11° 48'	0,2089	312	1578,6	16,47	2,160	24,0
5670	10° 40'	14° 56'	0,2667	302	1480,6	15,46	2,026	23,2

Posteriormente se han recibido otros dos cañones Armstrong de 25 y 30 centímetros, que están montados en el fuerte de la Cortadura de Cádiz desde fines de 1884. Con estas piezas, iguales á las anteriores, se emplea, sin embargo, para las cargas la pólvora prismática parda ó chocolate de Westfalia, que, como veremos, se usa en los cañones Krupp y con la cual se obtienen resultados muy superiores á los que dan la pólvora Pebble y la prismática ordinaria. Véase como prueba:

DATOS sobre el tiro del cañón Armstrong de 25 centímetros (26 toneladas), con carga de 81,5 kilogramos de PP. C/82 H. y proyectil de 181,5 kilogramos.

Distancias. — Metros.	Angulos de elevación.	Angulos de caída.	Velocidades remanentes. — Metros.	Efecto del proyectil.			
				Fuerza viva en tonelámetros			Penetración en plancha de hierro forjado. — Centímetros.
				total.	por centímetro de circunfe- rencia.	por centímetro cuadrado de sección.	
0	—	—	600	3327	41,6	6,55	52,0
1000	0° 39'	0° 55'	534	2638	32,9	5,19	43,3
2000	1° 47'	2° 12'	475	2085	26,1	4,11	36,6
3000	2° 57'	3° 45'	424	1658	20,7	3,28	30,8
4000	4° 24'	5° 52'	379	1327	16,6	2,62	—
5000	6° 7'	8° 38'	343	1088	13,7	2,15	—
6000	7° 59'	12° 7'	318	932	11,7	1,84	—

El alcance máximo por los 9° de elevación es 6450 metros, pero según parece el montaje de la Cortadura permite una elevación de 12°, en cuyo caso el alcance aumenta hasta 7680 metros.

DATOS sobre el tiro del cañón Armstrong de 30 centímetros (43 toneladas), con carga de 145 kilogramos de PP. C/82 H. y proyectil de 318,5 kilogramos.

Distancias. — Metros.	Angulos de elevación.	Angulos de caída.	Velocidades remanentes. — Metros.	Efecto del proyectil.			
				Fuerza viva en tonelámetros			Penetración en plancha de hierro forjado. — Centímetros.
				total.	por centímetro de circunfe- rencia.	por centímetro cuadrado de sección.	
0	—	—	610	6023	63,1	8,25	64,3
1000	0° 45'	0° 56'	555	4998	52,0	6,82	59,1
2000	1° 42'	1° 59'	504	4119	42,9	5,63	48,1
3000	2° 43'	3° 25'	460	3420	35,7	4,68	42,1
4000	3° 54'	5° 0'	416	2795	29,2	3,82	35,8
5000	5° 22'	7° 16'	380	2342	24,4	3,21	—
6000	7° 8'	10°	351	1991	20,8	2,72	—

Alcance máximo por 10° 40' de elevación. 7835 metros.

Id. id. por 17° 15' que permite el nuevo montaje. . 10365 »

El resultado deficiente obtenido con los cañones Armstrong, indujo al gobierno á no continuar haciendo sus compras de artillería de costa á la fábrica de *Elswick*. Para las piezas destinadas al Ferrol, Ceuta, Cartagena, Mahon, Puerto-Rico y áun para nuevos cañones que habrían de montarse en Cádiz, se adquirieron cañones Krupp, de 26 y 30 centímetros, del modelo que este fabricante llama de 1880 y de 35 calibres de longitud total. El primer lote, de cinco cañones de 26 centímetros y dos de 30, fué autorizado por Real decreto de 27 de Junio de 1882. A esta compra siguieron otras varias de piezas de ambos calibres.

Son de acero, fundido en crisoles y forjado. Sobre un núcleo ó tubo interior van varias capas de sunchos. El cierre es de cuña cilindro-prismática, con elementos de obturación de acero. Las dimensiones principales, son;

	Cañón de 26 centímetros.	Cañón de 30 centímetros.
Calibre. milímetros.	260	305
Longitud del ánima. milímetros.	8340	9790
Longitud total de la pieza (35 calibres). milímetros.	9100	10700
Distancia del eje de muñones á la boca. milímetros.	6125	7160
Diámetro mayor del primer cuerpo. . milímetros.	1000	1220
Diámetro exterior en la boca. milímetros.	420	500
Número de rayas.	60	68
Profundidad de las rayas. milímetros.	1,75	1,75
Ancho de las mismas. milímetros.	9,60	9,50
Paso inicial. calibres.	66,5	70
Paso final. calibres.	25	25
Volúmen de la recámara. decímetros cúbicos.	97,6	176
Peso total del cañón. kilogramos.	27700	48540
Peso del aparato de cierre. kilogramos.	910	1347

Los proyectiles son de dos clases: uno perforante, de acero fundido, forjado y templado, de punta aguda; y una granada ordinaria, de hierro fundido y comprimido, con boquilla en la punta para la colocación de la espoleta. Ambos son de forma cilindro-ovejuna, con una banda de cobre, cerca del culote, para la conducción por las rayas. Sus dimensiones principales son las siguientes:

	Proyectiles perforantes		Granadas ordinarias.	
	De 26 centímetros.	De 30 centímetros.	De 26 centímetros.	De 30 centímetros.
Diámetro de la parte cilíndrica. . milímts.	259	304	259	304
Longitud total. milímts.	910	1067	1040	1220
Peso total del proyectil cargado. . kilógrs.	275	455	275	455
Peso de la carga explosiva interior. kilógrs.	4,1	5	9	18

Los montajes son todos altos, para baterías á barbata, pero pueden ser de dos modelos: de giro central ó de perno frontal y giro delantero. Constan de cureña y marco, ambos de chapa de hierro; tienen frenos hidráulicos para moderar el retroceso, aparatos para el giro del marco y para sacar la pieza de batería y una grúa ó pescante para elevar el proyectil y cartucho para la carga. Las basas son de fundición. Los marcos se apoyan por medio de rodillos en las carrileras de hierro, circulares, que tienen su centro en el perno de

giro. Una cadena de galle, sujeta á la plataforma como los carriles, sirve para el movimiento lateral del marco. Una vía férrea circular permite conducir fácilmente el proyectil y la carga en vagonetas, para su elevación hasta la culata por medio de la grúa. Las dimensiones principales son las siguientes (en metros):

Montajes Krupp.

	De 26 centímetros.	De 30 centímetros.	De 30 centímetros.
	<i>Giro delantero.</i>	<i>Giro delantero.</i>	<i>Giro central.</i>
Altura del eje de muñones sobre la explanada.	2,68	2,74	2,74
Longitud del marco.	6,327	7,18	7,04
Altura del marco en testera.	1,30	1,26	1,26
Inclinación del marco.	3° 26'½	3° 26'½	3° 26'½
Distancia del eje del pinzote á la testera del marco.	1,976	0,910	3,92
Id. id. id. á la contera del marco.	7,345	8,098	3,28
Id. id. id. á la parte posterior de la escalera.	8,332	9,168	3,95
Radio medio de la primera carrilera.	1,800	1,800	3,20
Su anchura.	0,376	0,376	0,376
Radio medio de la segunda carrilera.	6,040	6,720	»
Su anchura.	0,376	0,376	»
Radio medio de la cadena de galle.	7,365	8,116	2,655
Id. id. del ferrocarril porta-muníciones.	8,832	9,030	2,720
Retroceso en el marco.	1,97	2,16	2,16
Angulo de elevación máximo del cañón.	22°	19°	19°
Angulo de depresión máximo.	6°	6°	4°
Campo de tiro horizontal que permiten los carriles.	130°	130°	360°
Tiempo que tarda el marco en recorrerlo.	4'	6'	17'
Peso de la cureña y marco. . . kilogramos.	16000	24630	»

El cañón de 26 centímetros tira con una carga de 87 kilogramos de pólvora prismática parda (chocolate ó cacao) de una canal, procedente de las fábricas de la unión Westfaliana de Colonia (su marca P.P. C/82 H.), la cual imprime al proyectil de 275 kilogramos una velocidad inicial de 530 metros por segundo.

El cañón de 30 centímetros con carga de 137 kilogramos de la misma pólvora, da al proyectil de 455 kilogramos una velocidad inicial de 532 metros por segundo. La carga puede en realidad aumentarse y en algunas pruebas

se ha hecho fuego con 162 kilogramos de la misma pólvora, obteniendo la velocidad inicial de 565 metros por segundo, con una presión interior que no excede de 2600 atmósferas, la cual puede ser admitida sin fatiga notable de la pieza.

Los datos de tiro en las tres condiciones indicadas son los que se expresan á continuación:

Datos sobre el tiro del cañón Krup de 26 centímetros L/35, con carga de 87 kilogramos de pólvora prismática parda y proyectil de 275 kilogramos.

Dis- tancias. — Metros.	Angulos de elevación.	Angulos de caída		Velo- cidad rema- nente. — Metros	Dura- ción de la trayec- toria. — Segunds	Efecto del proyectil.			Ancho de las zonas de 50 por roo de los disparos. — Metros.			
		en grados.	en tangen- tes.			Fuerza viva en tonelámetros		Pene- tración en plancha de hierro forjado. — Centíms	Verti- cal.	Late- ral.	Lon- gitudi- nal	
						total.	por cen- tímetro de cir- cunfe- rencia.					por cen- tímetro cuadra- do de sección.
0	—	—	—	530	—	3941	48,25	7,42	57,1	—	—	—
500	0° 29'	0° 31'	0,009	510	0,95	3649	44,68	6,87	53,9	0,03	0,02	4
1000	0° 59'	1° 8'	0,020	492	1,93	3396	41,58	6,40	51,1	0,10	0,05	6
1500	1° 32'	1° 49'	0,032	475	2,93	3163	38,75	5,96	48,4	0,25	0,12	8
2000	2° 7'	2° 34'	0,045	457	3,98	2929	35,86	5,52	45,7	0,48	0,24	11
2500	2° 46'	3° 22'	0,059	442	5,06	2740	33,55	5,16	43,5	0,84	0,44	13
3000	3° 26'	4° 13'	0,074	427	6,16	2558	31,31	4,82	41,3	1,29	0,69	17
3500	4° 6'	5° 11'	0,091	414	7,28	2404	29,43	4,53	39,4	1,90	0,97	20
4000	4° 48'	6° 14'	0,109	402	8,43	2267	27,75	4,27	37,7	2,70	1,29	24
4500	5° 33'	7° 24'	0,130	389	9,61	2122	25,98	4,00	35,9	—	1,68	27
5000	6° 22'	8° 39'	0,152	377	10,88	1993	24,40	3,76	34,2	—	2,10	31
5500	7° 14'	9° 59'	0,176	367	12,22	1890	23,13	3,56	32,9	—	2,55	35
6000	8° 9'	11° 23'	0,201	358	13,60	1798	22,01	3,39	31,7	—	3,04	38
6500	9° 7'	12° 48'	0,227	351	15,02	1728	21,16	3,26	30,8	—	3,57	42
7000	10° 7'	14° 19'	0,255	344	16,48	1660	20,33	3,13	29,9	—	4,12	46
7500	11° 10'	15° 54'	0,285	339	17,98	1612	19,73	3,04	29,2	—	4,74	49
8000	12° 15'	17° 32'	0,316	335	19,50	1574	19,27	2,96	28,6	—	5,40	53
8500	13° 20'	19° 12'	0,348	331	21,10	1537	18,81	2,89	28,1	—	6,10	57
9000	14° 25'	20° 56'	0,382	327	22,75	1500	18,36	2,83	27,7	—	6,85	61
9500	15° 32'	22° 41'	0,418	324	24,41	1473	18,03	2,77	27,2	—	7,60	65
10000	16° 42'	24° 26'	0,454	322	26,11	1455	17,81	2,74	26,7	—	8,38	69
10500	17° 52'	26° 11'	0,492	320	27,87	1437	17,60	2,70	—	—	9,18	73
11000	19° 4'	28° 1'	0,532	319	29,68	1428	17,58	2,69	—	—	10,00	77
11500	20° 21'	29° 54'	0,575	318	31,55	1418	17,37	2,67	—	—	10,82	81
12000	21° 41'	31° 52'	0,622	319	33,51	1428	17,58	2,69	—	—	11,65	85

DATOS sobre el tiro del cañón Krupp de 30,5 centímetros L/35, con carga de 137 kilogramos de pólvora prismática parda y proyectil de 455 kilogramos.

Distan- cias. — Metros.	Angulos de elevación.	Angulos de caída		Velo- cidad rema- nente. — Metros	Dura- ción de la trayec- toria. — Segund	Efecto del proyectil.			Ancho de las zonas de 50 por 100 de los disparos. — Metros.			
		en grados.	en tangen- tes.			Fuerza viva en tonelámetros			Pene- tración en plancha de hierro forjado. — Centíms	Verti- cal.	Late- ral.	Lon- gitudi- nal
						total.	por cen- tímetro de cir- cunfe- rencia.	por cen- tímetro cuadra- do de sección.				
0	—	—	—	532	—	6568	68,55	8,99	68,6	—	—	—
500	0° 29'	0° 30'	0,009	515	0,95	6156	64,24	8,43	65,5	0,03	0,03	3
1000	0° 59'	1° 4'	0,019	500	1,90	5804	60,56	7,94	62,7	0,12	0,09	5
1500	1° 34'	1° 40'	0,029	485	2,88	5459	56,97	7,47	59,8	0,28	0,21	8
2000	2° 9'	2° 20'	0,041	471	3,92	5149	53,72	7,05	56,6	0,52	0,40	11
2500	2° 44'	3° 5'	0,054	458	5,00	4870	50,81	6,66	54,0	0,88	0,65	14
3000	3° 19'	3° 55'	0,069	445	6,13	4597	47,98	6,29	52,0	1,32	0,92	17
3500	3° 56'	4° 49'	0,084	433	7,28	4352	45,42	5,96	50,6	1,92	1,22	21
4000	4° 36'	5° 48'	0,102	422	8,48	4133	43,13	5,66	48,8	2,70	1,52	25
4500	5° 16'	6° 49'	0,119	412	9,70	3940	41,12	5,39	46,8	—	1,85	28
5000	6°	7° 54'	0,139	401	10,95	3732	38,94	5,11	44,8	—	2,25	31
5500	6° 45'	9° 4'	0,160	391	12,25	3550	37,03	4,86	42,9	—	2,69	35
6000	7° 32'	10° 15'	0,181	383	13,57	3404	35,53	4,66	41,6	—	3,16	39
6500	8° 22'	11° 30'	0,203	375	14,92	3264	34,05	4,47	40,2	—	3,66	43
7000	9° 16'	12° 49'	0,228	368	16,33	3144	32,80	4,30	39,4	—	4,20	47
7500	10° 12'	14° 12'	0,253	361	17,79	3025	31,56	4,14	38,3	—	4,79	51
8000	11° 12'	15° 38'	0,280	356	19,31	2942	30,70	4,03	37,4	—	5,39	55
8500	12° 12'	17° 8'	0,308	352	20,88	2875	30,00	3,94	36,9	—	6,06	59
9000	13° 13'	18° 42'	0,338	348	22,48	2811	29,43	3,85	36,3	—	6,76	63
9500	14° 18'	20° 17'	0,370	344	24,08	2747	28,66	3,76	35,6	—	7,46	67
10000	15° 23'	21° 53'	0,402	342	25,74	2714	28,33	3,71	35,3	—	8,17	72
10500	16° 33'	23° 33'	0,436	339	27,45	2667	27,84	3,65	34,9	—	8,92	76
11000	17° 43'	25° 13'	0,471	337	29,20	2635	27,50	3,61	34,6	—	9,67	80

DATOS sobre el tiro del cañón Krupp de 30,5 centímetros L/35, con carga de 162 kilogramos de pólvora prismática parda y proyectil de 455 kilogramos.

Distancias. — Metros.	Angulos de elevación.	Angulos de caída.		Velo- cidad rema- nente. — Metros.	Duración de la trayec- toria. — Segundos.	Efecto del proyectil.			
		en en grados.	en tan- gen- tes.			Fuerza viva en toneladas			Pene- tración en plancha de hierro forjado. — Centims
						total.	por cen- timetro de circunfe- rencia.	por cen- timetro cuadrado de sección.	
0	—	—	—	565	—	7409	77,32	10,14	75,1
500	0° 29'	0° 30'	0,009	548	0,90	6962	72,66	9,53	71,6
1000	0° 55'	0° 59'	0,017	531	1,82	6557	68,38	8,97	68,5
1500	1° 25'	1° 30'	0,026	519	2,77	6259	64,32	8,56	65,9
2000	1° 55'	2° 5'	0,036	500	3,77	5803	60,51	7,94	62,7
2500	2° 4'	2° 25'	0,042	485	4,78	5453	56,91	7,46	59,7
3000	3° 1'	3° 42'	0,064	460	5,83	4918	51,29	6,73	55,2
3500	3° 34'	4° 8'	0,072	456	6,93	4826	50,31	6,60	54,4
4000	4° 18'	4° 53'	0,085	442	8,04	4545	47,33	6,22	52,0
4500	4° 50'	5° 46'	0,100	429	9,20	4268	44,55	5,84	49,5
5000	5° 32'	6° 43'	0,117	417	10,33	4036	42,09	5,52	47,7
5500	6° 9'	7° 44'	0,135	404	11,63	3788	39,53	5,18	45,1
6000	7° 25'	8° 48'	0,153	392	14,57	3578	37,31	4,90	43,1

Los alcances máximos son:

Cañón de 26 cms. L/35 con carga de 87 kgs. y elevación de 22° 12.112 mts.

Cañón de 30 cms. L/35 con carga de 137 kgs. y elevación de 19° 11.530 mts.

Cañón de 30 cms. L/35 con carga de 162 kgs. y elevación de 19° 11.860 mts.

Recientemente, por Real decreto de 13 de Junio de 1888, se ha decidido la adquisición de cinco cañones de 30 centímetros Krupp, de modelo 1887, con montaje de giro central, aplicando todos los fondos sobrantes que resulten en el ejercicio de 1887 á 1888 en el material de artillería y consignando las cantidades que faltan en los años económicos sucesivos.

Según nuestras noticias, el cañón es de la misma longitud que el del modelo 1880, es decir, de 35 calibres, y dispara los mismos proyectiles de 455 kilogramos. La diferencia principal consiste en que el cañón C/87 tiene cámara de mayor volúmen y está más reforzado, resultando un aumento de peso de 2 toneladas. Es de suponer que el montaje sea el mismo descrito, con muy ligeras variaciones.

Las condiciones del contrato, que es posible que sean excedidas en la práctica, estipulan, según creemos, que con la carga de 177 kilogramos de pólvora parda la velocidad inicial sea de 595 metros por segundo. En estas condiciones se han calculado los siguientes datos de tiro:

DATOS sobre el tiro del cañón Krupp de 30,5 centímetros L/35, modelo 1887, con carga de 177 kilogramos de pólvora prismática parda y proyectil de 455 kilogramos.

Distancias. — Metros.	Angulos de elevación.	Angulos de caída		Velo- cidades rema- nentes. — Metros.	Efecto del proyectil.			
		en grados.	por sus tangentes.		Fuerza viva en tonelámetros			Penetración en plancha de hierro forjado. — Centímetros
					total.	por centi- metro de circun- ferencia.	por centi- metro cuadrado de sección.	
0	—	—	—	595	8213	85,70	11,241	80,9
500	0° 26'	0° 27'	0,0079	577	7732	80,69	10,582	77,5
1000	0° 52'	0° 53'	0,0109	559	7263	75,79	9,940	74,0
1500	1° 15'	1° 22'	0,0238	543	6837	71,35	9,358	70,7
2000	1° 39'	1° 55'	0,0335	527	6437	67,17	8,810	67,6
2500	2° 7'	2° 30'	0,0437	511	6055	63,18	8,480	65,7
3000	2° 37'	3° 11'	0,0556	495	5695	59,43	7,795	61,6
4000	3° 43'	4° 33'	0,0796	469	5099	53,21	6,979	56,7
5000	4° 55'	6° 4'	0,1063	439	4468	47,71	6,115	51,4
6000	6° 11'	7° 55'	0,1388	413	3964	41,36	5,425	46,6
7000	7° 37'	10° 7'	0,1785	390	3523	36,76	4,822	41,5
8000	9° 18'	12° 44'	0,2259	368	3147	32,84	4,307	39,5
9000	11° 8'	15° 36'	0,2793	349	2831	29,54	3,874	36,5
10000	13° 6'	18° 43'	0,3386	333	2572	26,84	3,520	—
11000	15° 14'	22° 6'	0,4060	320	2373	24,79	3,251	—
12000	17° 28'	25° 33'	0,4779	310	2224	23,21	3,044	—
12490	19°	27° 40'	0,5241	304	2149	22,43	2,942	—

La adquisición de piezas de grueso calibre, en las fábricas del extranjero, sólo resolvía la cuestión de la artillería de mayor potencia, necesaria para armar algunas baterías de los puertos militares mas importantes, con objeto de poder batir los buques acorazados de gran resistencia; pero no excluía la necesidad de otros cañones de menor poder perforante, que ayudasen á aquéllos en los puertos de primera importancia y formasen el único arma-mento de los secundarios.

Estas piezas hubieran podido ser adquiridas tambien en la fábrica de

Krupp, pero se decidió, con muy buen acuerdo, que se construyesen en España, utilizando los elementos de que dispone la fábrica de Trúbia.

Aparte de continuar los ensayos y subsiguiente fabricación de las piezas de 24 centímetros *H. R. S.*, que ántes hemos examinado, se decidió experimentar la construcción del sistema de cañones propuesto por el teniente coronel de artillería D. Artemio Pérez, en 1880. El proyecto comprendía tres cañones de costa, de los calibres de 21, 25 y 30 centímetros, siendo su construcción de hierro fundido, entubados interiormente con dos tubos de acero, de los cuales uno ocupa toda la longitud del cañón y el otro está superpuesto al primero, llegando sólo hasta algo más adelante del eje de muñones. Según el proyecto, los datos principales de las tres piezas habían de ser los siguientes:

Proyecto de artillería de costa de D. Artemio Pérez.

	Cañones de		
	21 centímetros.	25 centímetros.	30 centímetros.
Calibre. milímetros.	210	254	304,8
Longitud del ánima. milímetros.	5474	6640	7944
Longitud total del cañón (27 calibres y medio). milímetros.	5788	7000	8400
Distancia del eje de muñones á la boca. milímetros.	3903	4721	5665
Diámetro mayor del primer cuerpo. milímetros.	1000	1170	1404
Id. exterior en la boca. milímetros.	397	480	576
Peso total del cañón. kilogramos.	15500	27000	46500
Sistema de cierre.	Tornillo partido.		
Sistema de obturación.	Platillo de acero.		
Peso del proyectil. kilogramos.	100	180	310
Carga de pólvora (Wetteren). kilogramos.	36	63	?
Velocidad inicial. metros.	547	550	550
Fuerza viva inicial (total). tonelámetros.	1513	2776	4805
Id. id. (por centímetro cuadrado de sección). tonelámetros.	4,377	5,478	6,580
Angulo de elevación.	3° 2'	2° 51'	2° 43'
Velocidad remanente. metros.	384	412	431
Fuerza viva to- tal. tonelámetros.	752	1562	3699
A 2500 me- tros de distancia. } Fuerza viva por centímetro cuadrado de sección. tonelámetros.	2,170	3,083	5,051

Aprobado el proyecto, se acordó que se procediese á la fabricación de dos piezas experimentales de 25 centímetros, para las cuales se mandaron adquirir los tubos de acero de la fábrica Schneider, del Creuzot (Francia) y las piezas de cierre de la de Armstrong, idénticas á las de los cañones del mismo calibre de este fabricante.

Posteriormente se pensó en aumentar en un metro la longitud del cañón y se incluyó la construcción de cuatro en el plan de labores; pero según parece, el proyecto está en la actualidad abandonado, á pesar de estar fundidos los cuerpos de hierro colado de cuatro piezas, creemos que por dificultades en la obtención de los tubos de acero, que despues de contratados con el Creuzot, se trató de encargarlos á la fábrica Whitworth, de Manchester.

Mejor suerte han tenido los dos proyectos de piezas de costa del comandante de artillería D. Salvador Ordoñez, presentados el uno en 1880 y el otro en 1884.

El primero es un cañón de 15 centímetros de hierro fundido, entubado interiormente de acero con doble tubo, que llega hasta los muñones, que fué declarado reglamentario en 31 de Julio de 1885; se frabrica en Trúbia, donde se funde el cuerpo de hierro, y los tubos de acero fundido proceden de la fábrica de Witten (Prusia).

El segundo es un cañón de 30 centímetros de hierro fundido, pero reforzado exteriormente con sunchos de acero pudlado. Se fabrica tambien en Trúbia, pero por completo, y aunque no ha sido declarado reglamentario todavía, es indudable su adopción, dado el buen resultado obtenido en las pruebas verificadas recientemente.

Las dimensiones principales de ambas piezas son:

Cañones Ordoñez de fundición reforzados.

		De 15 centímetros H. R. E.	De 30 centímetros H. R. S.
Calibre.	milímetros	150	305
Longitud del ánima.	milímetros	4849,5	9130
Longitud total de la pieza.	milímetros	5100	9650
Distancia del eje de muñones á la boca.	milímetros	3415	6403
Diámetro mayor del primer cuerpo.	milímetros	640	1200
Diámetro exterior en la boca.	milímetros	270	505
Rayas..	Número.	28	60
	Profundidad.	1	1
	Ancho.	11,83	10
	Paso inicial.	54	70,55
	Paso final.	21	30
Volúmen de la recámara.	decímetros cúbicos	21,194	163,47
Peso del aparato de cierre.	kilógramos	66	1014
Peso total del cañón.	kilógramos	6330	44035

Los proyectiles son: granada ordinaria de hierro fundido y proyectil perforante de acero ó de fundición endurecida. La forma de todos es cilindro-ojival, con banda de cobre cerca del culote para la conducción por las rayas. Hé aquí sus dimensiones principales:

	Granadas ordinarias.		Proyectiles perforantes.	
	De 15 centímetros	De 30 centímetros	De 15 centímetros	De 30 centímetros
Diámetro del cuerpo cilíndrico.	148	294,5	148	302
Longitud total.	530	1072,4	530	973,4
Peso total del proyectil cargado.	42	380	50	380
Peso de la carga explosiva interior.	2,6	12	0,3	0

El cañón de 15 centímetros tiene montaje alto y bajo con una sola cureña y dos marcos; el de 30 centímetros sólo tiene montaje alto. Cureña y marcos son del tipo ordinario de costa, de chapa de hierro, con frenos hidráulicos, aparatos de giro y demás detalles comunes á esta clase de montajes.

Las dimensiones principales son las siguientes:

	Para cañón de 15 centímetros.		Para cañón de 30 centímetros
	Alto.	Bajo.	Alto.
Altura del eje de muñones sobre la explanada. metros	2,19	1,56	2,645
Longitud del marco. metros	4,00	4,00	5,85
Altura del marco en testera. metros	1,08	0,45	1,26
Inclinación del marco.	4°	4°	4°
Distancia del eje de giro á la testera del marco. metros	0,145	0,145	2,635
Radio medio de la primera carrilera. . . metros	0,873	0,875	2,000
Su anchura. metros	»	»	0,120
Radio medio de la segunda carrilera. . . metros	3,356	3,356	»
Su anchura. metros	0,150	0,220	»
Angulo de elevación máximo que puede tomar el cañón.	23°	17° 3'	19°
Angulo de depresión máximo.	6°	3°	5°
Campo de tiro horizontal que permiten los carriles.	120°	40°	360°
Posición del perno de giro.	frontal	frontal	central

El cañón de 15 centímetros tira con carga de 16,5 kilogramos de pólvora prismática de una canal, de la fábrica de Murcia, cuya densidad es 1,8; la velocidad inicial que esta carga imprime al proyectil perforante es de 510 metros por segundo; á la granada ordinaria de 550 metros.

Disparando la granada corta de 28,3 kilogramos del cañón de 15 centímetros H. R. S. con la misma carga, la velocidad inicial fué de 660 metros por segundo.

Cañón de 15 centímetros H. E., modelo de 1885.

DATOS sobre su tiro con carga de 16,5 kilogramos de pólvora prismática de una canal y proyectil perforante de 50 kilogramos.

Distancias. — Metros.	Angulos de tiro. — Grados.	Angulos de caída. — Grados.	Tangentes de los ángulos de caída.	Duración de la trayecto- ria. — Segundos.	Veloci- dad rema- nente. — Metros.	Fuerza viva total. — Tonelámts	Fuerza viva por centímetro cuadrado de sección del proyectil. — Tonelámts	Fuerza viva por centímetro de circun- ferencia del proyectil. — Tonelámts.	Penetra- ción en plancha de hierro forjado. — Centímetros.
0	—	—	—	—	510	665,2	3,856	14,270	30,35
500	0° 34'	0° 38'	0,0111	0,96	477	580,1	3,372	12,470	27,45
1000	1° 9'	1° 19'	0,0231	2,05	454	525,6	3,055	11,310	25,43
1500	1° 51'	2° 10'	0,0380	3,27	419	447,5	2,602	9,627	22,59
2000	2° 34'	3° 5'	0,0540	4,52	394	395,8	2,301	8,513	20,61
2500	3° 25'	4° 13'	0,0737	5,85	371	351,0	2,040	7,543	18,83
3000	4° 17'	5° 26'	0,0952	7,25	350	311,7	1,816	6,719	17,26
3500	5° 16'	6° 56'	0,1214	8,72	333	282,7	1,643	6,080	16,01
4000	6° 20' ^½	8° 34'	0,1509	10,28	319	259,4	1,508	5,581	15,33
4500	7° 33' ^½	10° 29'	0,1853	11,90	308	241,9	1,406	5,203	14,22
5000	8° 46'	12° 25'	0,2203	13,65	298	226,5	1,316	4,869	13,55
5500	10° 5'	14° 29'	0,2582	15,14	289	212,9	1,238	4,580	12,94
6000	11° 31'	16° 41'	0,2997	17,28	282	202,8	1,179	4,360	12,47
6500	13° 1'	18° 56'	0,3433	19,24	275	192,8	1,120	4,147	12,02
7000	14° 40'	21° 22'	0,3912	21,28	269	184,5	1,073	3,969	11,62
7500	16° 31'	24° 3'	0,4463	23,48	262	175,0	1,018	3,764	11,17
8000	18° 28'	26° 49'	0,5056	25,73	256	167,1	0,971	3,593	10,79
8500	20° 36'	29° 51'	0,5744	28,01	251	160,7	0,934	3,455	10,48
9000	22° 54'	33° 6'	0,6517	30,76	245	153,1	0,890	3,293	10,10
9500	25° 34' ^½	36° 37'	0,7432	33,76	240	146,9	0,854	3,152	9,79

Cañón de 15 centímetros H. E., modelo de 1885.

DATOS sobre su tiro con carga de 16,5 kilogramos de pólvora prismática de una canal y granada ordinaria de 42 kilogramos.

Distancias. — Metros.	Angulos de tiro. — Grados.	Angulos de caída. — Grados.	Tangentes de los ángulos de caída.	Duración de la trayectoria. — Segundos.	Velocidad remanente. — Metros.	Fuerza viva total. — Tonelámetros.
0	—	—	—	—	550	653,8
500	0° 30'	0° 35'	0,0102	0,94	509	554,7
1000	1° 1' $\frac{1}{2}$	1° 13'	0,0212	1,97	470	473,1
1500	1° 37' $\frac{1}{2}$	1° 58'	0,0343	2,70	435	404,2
2000	2° 18' $\frac{1}{2}$	2° 51'	0,0498	4,30	404	349,5
2500	3° 4'	3° 55'	0,0685	5,60	375	301,1
3000	3° 55'	5° 13'	0,0913	6,98	350	262,3
3500	4° 55'	6° 49'	0,1197	8,38	330	233,1
4000	5° 57'	8° 31'	0,1498	10,05	314	211,1
4500	7° 4' $\frac{1}{2}$	10° 24'	0,1836	11,69	302	195,3
5000	8° 18'	12° 25'	0,2201	13,45	291	181,4
5500	9° 37' $\frac{1}{2}$	14° 34'	0,2598	15,27	282	170,2
6000	11° 10'	16° 59' $\frac{1}{2}$	0,3056	17,21	274	160,8
6500	12° 48'	19° 30'	0,3547	19,12	267	152,7
7000	14° 26'	22° 9'	0,4069	21,30	260	144,8
7500	16° 15'	25° 2'	0,4670	23,50	253	137,1
8000	18° 42'	28° 39'	0,5466	26,19	246	129,5
8500	20° 25'	31° 10'	0,6049	28,49	239	122,3
9000	22° 54' $\frac{1}{2}$	34° 40'	0,6916	31,24	233	116,2
9500	25° 43' $\frac{1}{2}$	38° 27'	0,7941	34,38	227	112,1

Cañón de 15 centímetros H. E., modelo de 1885.

DATOS sobre su tiro con carga de 16,5 kilogramos de pólvora prismática de una canal y granada ordinaria corta de 28,3 kilogramos.

Angulos de proyección. — Grados.	Alcances. — Metros.	Angulos de caída. — Grados.	Tangentes de los ángulos de caída.	Velocidad remanente. — Metros.	Fuerza viva total. — Tonelámetros.
0°	—	—	—	660	628,4
1°	1216	1° 13' ½	0,0214	489	345,1
2°	2108	2° 50' ½	0,0496	393	222,8
3°	2774	4° 37' ½	0,0808	342	168,8
4°	3325	6° 30'	0,1130	311	139,6
5°	3786	8° 21'	0,1468	294	124,7
10°	5582	17° 22'	0,3126	250	90,2
15°	6891	26° 1'	0,4880	225	73,0
20°	7905	34° 3' ½	0,6759	207	61,8
23°	8395	38° 40'	0,8004	199	57,2

Los alcances máximos son:

Con proyectil perforante de 50 kilogramos, carga de

16,5 kilogramos, tirando por 23° de elevación. . . 9020 metros

Con el mismo é igual carga, tirando por 17° 3'.. . 7640 metros

Con granada ordinaria de 42 kilogramos, carga de

16,5 kilogramos, tirando por 23° de elevación. . . 9015 metros

Con la misma é igual carga, tirando por 17° 3'.. . 7650 metros

Con granada corta de 28,3 kilogramos, carga de

16,5 kilogramos, tirando por 23° de elevación. . . 8395 metros

Con la misma é igual carga, tirando por 17° 3'.. . 7338 metros

La carga del cañón de 30 centímetros H. R. S. debe ser según el proyecto de 120 kilogramos, pero en las pruebas se obtuvo con pólvora prismática alemana una presión interior que excedía un poco de las 2000 atmósferas con que se había contado en el proyecto. Se fijó, pues, la carga en 110 kilogramos, que dán una velocidad inicial de 490 metros.

Con otra pólvora más apropiada, elaborada en la fábrica de Santa Bárbara de Lugones (Oviedo) se ha llegado á los 500 metros de velocidad inicial.

A continuación los datos de tiro en uno y otro caso:

DATOS sobre el tiro del cañón Ordoñez de 30,5 centímetros L/30 de H. R. S., con carga de 110 kilogramos de pólvora prismática parda y proyectil de 380 kilogramos.

Distancias. — Metros.	Angulos de elevación.	Angulos de caída		Duración de la trayec- toria. — Segundos.	Velo- cidades rema- nentes. — Metros.	Efecto del proyectil.			
		en grados.	por sus tangentes.			Fuerza viva en tonelámetros			Pene- tración en plancha de hierro forjado. — Centims.
						total.	por cen- timetro de circunfe- rencia.	por cen- timetro cuadrado de sección.	
0	—	—	—	—	490	4653	49,04	6,496	53,6
500	0° 34'	0° 36'	0,0105	1,02	472	4316	45,49	6,026	50,7
1000	1° 10'	1° 19'	0,0229	2,07	455	4012	42,32	5,600	48,0
1500	1° 47'	2° 2'	0,0354	3,23	439	3735	39,36	5,214	45,5
2000	2° 30'	2° 51'	0,0499	4,42	422	3459	36,45	4,828	42,9
2500	3° 18'	3° 49'	0,0666	5,67	407	3217	33,91	4,492	40,7
3000	4° 5'	4° 47'	0,0836	6,96	394	3015	31,78	4,209	38,7
3500	4° 54'	5° 49'	0,1018	8,32	379	2791	29,41	3,896	36,5
4000	5° 45'	6° 56'	0,1215	9,68	367	2610	27,51	3,644	34,8
4500	6° 45'	8° 15'	0,1450	11,09	355	2442	25,73	3,409	33,1
5000	7° 43'	9° 37'	0,1694	12,55	344	2294	24,17	3,202	31,5
5500	8° 42'	11° 2'	0,1950	14,03	334	2148	22,64	2,999	30,0
6000	9° 50'	12° 39'	0,2244	15,61	326	2059	21,70	2,875	29,1
6500	11° 1'	14° 23'	0,2564	17,22	318	1959	20,65	2,735	28,0
7000	12° 21'	16° 21'	0,2934	18,94	311	1875	19,76	2,617	27,1
7500	13° 34'	18° 11'	0,3285	20,72	305	1803	19,00	2,516	26,3
8000	14° 58'	20° 17'	0,3696	22,58	300	1744	18,38	2,434	25,7

Alcance máximo por 19° de elevación 9340 metros con un ángulo de caída de 26° 9' y velocidad remanente de 287 metros.

DATOS sobre el tiro del cañón Ordoñez de 30,5 centímetros L/30 de H. R. S. con proyectil de 380 kilogramos, al que se le imprima una velocidad inicial de 500 metros.

Distancias. — Metros.	Angulos de elevación.	Angulos de caída.		Duración de la trayec- toria. — Segundos.	Velo- cidades rema- nentes. — Metros.	Efecto del proyectil.			
		en grados.	por sus tangen- tes.			Fuerza viva en tonelámetros			Pene- tración en plancha de hierro forjado. — Centíms
						total.	por centímetro de circunfe- rencia.	por cen- tímetro cuadrado de sección.	
0	—	—	—	—	500	4844	51,05	6,763	55,3
500	0° 33'	0° 38'	0,0110	0,97	482	4507	47,50	6,284	52,4
1000	1° 8'	1° 17'	0,0223	2,02	465	4186	44,12	5,844	49,5
1500	1° 43'	1° 57'	0,0340	3,14	447	3879	40,88	5,415	46,7
2000	2° 23'	2° 44'	0,0477	4,32	430	3586	37,79	5,006	44,1
2500	3° 9'	3° 40'	0,0641	5,54	417	3330	35,09	4,648	41,7
3000	3° 57'	4° 40'	0,0816	6,82	400	3103	32,70	4,332	39,5
3500	4° 46'	5° 40'	0,0992	8,15	388	2892	30,49	4,027	37,5
4000	5° 37'	6° 48'	0,1192	9,49	373	2703	28,49	3,744	35,7
4500	6° 30'	8° 3'	0,1414	10,87	363	2527	26,64	3,507	33,9
5000	7° 27'	9° 22'	0,1649	12,29	350	2368	24,96	3,306	32,3
5500	8° 28'	10° 48'	0,1908	13,77	340	2229	23,50	3,116	30,9
6000	9° 28'	12° 17'	0,2178	15,31	330	2110	22,24	2,946	29,6
6500	10° 26'	13° 44'	0,2444	16,91	322	2006	21,15	2,802	28,5
7000	11° 34'	15° 26'	0,2760	18,58	314	1921	20,24	2,682	27,6
7500	12° 58'	16° 55'	0,3041	20,18	308	1839	19,38	2,567	26,7
8000	14° 21'	19° 37'	0,3566	22,15	302	1766	18,61	2,465	25,9

N. B. La mayoría de los datos de tiro que hemos incluido en las páginas anteriores, han sido calculados por los métodos de la *Balística abreviada*. Claro es, que no pueden sustituir á las tablas de tiro determinadas por experiencias convenientemente compensadas, pero como nuestro objeto no es dar elementos para la puntería y corrección del tiro, sino para apreciar sus efectos, pueden tomarse nuestros datos con confianza de que no se cometerá error grave. Esto aparte de que, como dice Siacci: «Una tavola di tiro può essere più o meno esatta, ma assolutamente esatta è impossibile». La mayor ó menor densidad del aire, que varía con la presión, la temperatura y la humedad; la dirección é intensidad del viento, etc., pueden hacer variar en cantidades notables los alcances para un mismo ángulo de proyección, sin contar con que aún una pólvora recién fabricada y muy regular en sus efectos, dará las velocidades iniciales ± 10 metros con relación á la media y con que las tolerancias reglamentarias de fabricación en las dimensiones y pesos de los proyectiles, producen también notables alteraciones.

II.—OBUSES Y MORTEROS.



DEMÁS de los cañones son necesarias para la defensa de las costas, piezas de tiro curvo, que puedan ofender á los buques enemigos por su cubierta, que acostumbra á ser la parte más vulnerable.

La eficacia del tiro vertical para batir á los buques de guerra ha sido reconocida siempre, y en estos últimos tiempos se le ha dado la importancia que en realidad le corresponde.

En tiempos de artillería lisa, es decir, hasta 1859, y aún después mientras no han existido piezas más eficaces, la que estaba destinada al servicio de costa era el mortero de bronce, de 32 centímetros. De ánima muy corta y recámara troncocónica (á la Gomer), tiene las siguientes dimensiones principales:

Mortero có- nico de 32 centíme- tros. . . .	Calibre exacto.	324,9 milímetros.
	Diámetro menor de la recámara.	134,2 milímetros.
	Longitud del ánima cilíndrica.	338,5 milímetros.
	Id. de la recámara.	358,5 milímetros.
	Id. total del mortero.	896 milímetros.
	Diámetro exterior en la boca.	568 milímetros.
	Distancia del eje de muñones á la boca.	497 milímetros.
	Peso del mortero.	1250 kilogramos.

El proyectil único (en el servicio de costa) de este mortero es la bomba esférica con resalto de boquilla y culote.

Diámetro exterior.	322 milímetros.
Espesor de metales.	40,6 milímetros.
Id. en el culote.	63,2 milímetros.
Peso de la bomba vacía.	72 kilogramos.
Carga explosiva máxima.	5,2 kilogramos.

El mortero se monta en un afuste de rastra, compuesto de dos gualderas de bronce, unidas por teleras de madera.

Longitud de la base..	1,620 metros.
Altura del eje de muñones sobre la explanada.	0,4435 metros.
Angulo mínimo de elevación que puede tomar el mortero.	41° ó 42°
Peso del afuste.	1243 kilogramos.

El tiro del mortero se hace por ángulo de elevación constante y cargas variables. La siguiente tabla (1) da idea de los efectos que pueden esperarse por los ángulos de 45° y 60°.

(1) En parte está tomada de la tabla oficial para el ángulo de 45° y completada en los datos que en esta faltan; calculada para el ángulo de 60°; los datos de probabilidad de tiro, están tomados de la tabla francesa del mortero del mismo calibre, que es casi igual, completándola por tanteos.

DATOS sobre el tiro del mortero liso de 32 centímetros, disparando la bomba cargada al máximo, su peso 77,29 kilogramos por ángulos de proyección constantes de 45° y 60° y cargas variables.

CARGAS de pólvora de 2½ milímetros. — Kilógrms.	ÁNGULO CONSTANTE DE PROYECCIÓN 45°									ÁNGULO CONSTANTE DE PROYECCIÓN 60°								
	Velocida- des iniciales.	Alcances	Ángulos de caída.	Flecha ú ordenada máxima de la tra- yectoria.	Veloci- dad rema- nente.	Fuerza viva total.	Ancho de las zonas del 50 por 100 de los disparos en sentido		Velocida- des iniciales.	Alcances	Ángulos de caída.	Flecha ú ordenada máxima de la tra- yectoria.	Veloci- dad rema- nente.	Fuerza viva total.	Ancho de las zonas del 50 por 100 de los disparos en sentido			
							longitu- dinal.	lateral.							longitu- dinal.	lateral.		
	— Metros.	— Metros.	— Grados.	— Metros.	— Metros.	— Toneláms.	— Metros.	— Metros.	— Metros.	— Metros.	— Grados.	— Metros.	— Metros.	— Toneláms.	— Metros.	— Metros.		
0,804	71,4	500	46° 10'	127,4	68	18,46	48	14	71,4	434	61° 1'	192	69	19,0	42	13		
1,351	103,5	1000	47° 19'	260,1	95	35,60	90	30	103,5	857	61° 57'	387	96	36,5	80	27		
2,095	126,8	1500	48° 30'	397,5	112	49,80	136	38	126,8	1226	62° 46'	611	114	51,1	120	34		
3,120	152,5	2000	49° 40'	541,6	129	65,20	180	48	152,5	1700	63° 50'	798	133	69,4	160	42		
4,495	175,5	2500	50° 51'	691	142	79,60	228	58	175,5	2133	64° 46'	1021	146	84,5	202	51		
5,460	189,0	2800	51° 53'	785	149	87,20	»	»	189,0	2387	65° 19'	1157	154	93,3	»	»		

Espesor de la plancha de hierro horizontal que se puede atravesar á 2387 metros de distancia

por 60° de elevación (máximo efecto). 1,8 centímetros.

Contra buques con cubierta de madera, es eficaz el tiro del mortero liso de 32, pero tiene dos defectos: escasez de alcance, que sólo llega á 2800 metros y poca exactitud en el tiro, que á 2500 tiene ya una dispersión excesiva para poder tirar contra buques, pues á la expresada distancia la probabilidad de alcanzar á un buque parado de 100 metros de eslora por 15 metros de manga, colocado con la quilla en el plano de tiro, es sólo de 3 por 100.

Para mejorar el tiro curvo en alcance, precisión y efecto, indicó ya en 1863 el general Elorza, y propuso formalmente en Diciembre de 1865, transformar los bomberos de 80 del sistema Paixhans, ó sean los obuses de hierro largos, de 21 centímetros, rayándolos y sunchándolos. En Diciembre de 1870 fueron declarados reglamentarios y se procedió á la transformación de todos los que había en estado de sufrirla. Tiraron los obuses de H. R. S. de 21 centímetro de avancarga, por primera vez en 1873, contra la plaza de Cartagena, donde se emplearon como de sitio, indebidamente y á falta de piezas apropiadas.

El obús es, por lo tanto, de hierro fundido, con sunchos de acero puclado en la parte posterior ó primer cuerpo. Sus dimensiones principales:

Calibre.	216,6	milímetros.
Longitud del ánima.. . . .	2773	milímetros.
Rayas. {	Número.	6
	Profundidad.	6,8 milímetros.
	Anchura.	57 milímetros.
	Paso (constante)..	5000 milímetros.
Volúmen de la recámara (tronco-cónica con fondo semi-esférico).	24,5	decímetros cúbicos.
Longitud total de la pieza.	3231	milímetros.
Distancia del eje de muñones á la boca.	1864	milímetros.
Diámetro exterior del primer cuerpo (sunchos).	630	milímetros.
Diámetro exterior en la boca.	506,4	milímetros.
Peso de la pieza.	5460	kilógramos.

Quando se adoptó el obús de hierro de 21, se le dotó de dos proyectiles

distintos, una granada corta y otra larga, ambas de hierro fundido. Su forma es cilindro-oval con 12 tetones de zinc en dos órdenes.

Dimensiones principales:

	Granada corta.	Granada larga.
Diámetro del cuerpo cilíndrico... milímetros	210,1	210,1
Longitud total... milímetros	472,5	630
Peso total del proyectil cargado... kilogramos	80	100
Peso de la carga explosiva interior.. kilogramos	5	5

Desde el 13 de Febrero de 1883 está suprimida la granada larga.

El montaje modelo de 1872 es de giro delantero. Recientemente se ha dispuesto la transformación en giro central. Las dimensiones de uno y otro son las siguientes:

Montajes del obús de 21 centímetros H. R. S.

	Modelo 1872 de giro anterior.	Reformado de giro central.
Altura del eje de muñones sobre la explanada. metros	1,305	1,320
Longitud del marco... metros	3,800	3,800
Altura del marco en testera... metros	0,360	0,375
Inclinación del marco... metros	4° 15'	4° 15'
Distancia del eje de giro á la testera del marco. metros	0,450	1,3925
Radio de giro de los rodillos delanteros. metros	0,950	»
Radio medio del carril. metros	2,920	1,160
Su anchura. metros	0,150	0,150
Angulo de proyección máximo que puede tomar la pieza.	60°	60°
Campo de tiro horizontal que permiten los carriles. .	76°	360°

La cureña y el marco son de chapa de hierro. La basa es de fundición, de forma de sector circular la del montaje modelo 1872 y circular completa la del montaje reformado.

Ya hemos dicho que primitivamente disparaba este obús dos clases de proyectiles, uno corto y otro largo, que pesaban cargados 80 y 100 kilogramos respectivamente. Se destinaba el primero al tiro á grandes distancias por ángulos hasta 45°, y el segundo á las cortas, empleando elevaciones de 45° á

60°. Con la granada corta se podían emplear cargas hasta de 6,5 kilogramos de pólvora de grano irregular de 5 milímetros y con la larga hasta 3 kilogramos de la misma pólvora.

En 1883 se suprimió la granada larga, quedando como único proyectil la corta de 80 kilogramos; pero la experiencia había demostrado que con la pólvora de 5 milímetros había peligro en emplear las cargas fuertes (en el sitio de Cartagena reventaron dos obuses, empleando cargas de 6 á 6,5 kilogramos) y entonces se adoptó la pólvora prismática de 7 canales, declarada reglamentaria para esta pieza. No obstante, para las cargas menores de 4 kilogramos se sigue usando la pólvora antigua, mientras haya de ella existencias.

En los datos que se acompañan á continuación se supone que para el tiro directo se emplea la carga máxima de 5,8 kilogramos de pólvora prismática. Para el tiro curvo, se han calculado los datos para los tres ángulos de proyección de 30°, 45° y 60°, con cargas variables de 1 á 4 kilogramos de pólvora de 5 milímetros y de 1,8 á 5,8 de pólvora prismática.

DATOS sobre el tiro directo con la carga máxima de 5,8 kilogramos de pólvora prismática de 7 canales, del obús H. R. S., de 21 centímetros de avanguardia. Proyectil de 80 kilogramos.

Distancias. — Metros.	Angulos de elevación.	Angulos de caída		Duración de la tra- yectoria. — Segundos.	Flecha ú ordenada máxima de la tra- yectoria. — Metros.	Veloci- dad re- manente. — Metros.	Efecto del proyectil.		
		en grados.	en tangentes.				Fuerza viva en tonelámetros		Espesor de la plan- cha de hierro ho- rizontal que puede atravesar. — Centimets.
							total.	por centi- metro cuadrado de sección	
0	—	—	—	—	—	231,4	218,50	0,630	—
500	2° 38'	2° 48'	0,0489	1,19	5,7	223,4	203,70	0,587	—
1000	5° 25'	5° 50'	0,1022	4,50	24	215,5	189,50	0,547	—
1500	8° 23'	9° 15'	0,1629	6,98	56,5	208	176,60	0,509	—
2000	11° 52'	13° 8'	0,2334	9,74	110	200,5	163,86	0,473	0,5
2500	15° 32'	17° 28'	0,3147	12,77	183	193,5	156,82	0,441	0,8
3000	19° 19'	22° 49'	0,4207	16,31	280	186,5	141,90	0,409	1,1
3500	24° 6'	29° 6'	0,5566	20,50	420	180	132,22	0,381	1,5
4000	31° 49'	36° 20'	0,7355	25,46	681	179	130,78	0,377	2,0
4200	36° 6'	41° 11'	0,8644	27,66	843	184	137,82	0,397	2,5
4250	45°	50° 35'	1,2167	33,50	1184	184	138,32	0,399	3,2

DATOS sobre el tiro curvo del obús de 21 centímetros H. R. S., de avancarga, disparando el proyectil de 80 kilogramos por el ángulo constante de proyección de 30° y cargas variables de pólvora de grano grueso irregular de 5 milímetros, cuya densidad es 1,843.

Cargas. — Kilogramos.	Velocidades iniciales. — Metros.	Alcances. — Metros.	Ángulos de caída.	Flecha ú ordenada máxima de la trayectoria en — Metros.	Velocidades remanentes en — Metros.	Efecto del proyectil.		
						Fuerza viva en tonelámetros		Espesor de la plancha de hierro horizontal que puede atravesar. — Centímetros
						total.	por centímetro cuadrado de sección.	
1,0	79	525	30° 39'	77	77	24,37	0,069	0,5
1,2	87	640	30° 43'	93	85	29,48	0,087	0,5
1,4	95	758	30° 46'	111	92	34,55	0,099	0,6
1,6	103	883	31° 10'	131	97	38,41	0,111	0,7
1,8	110	1008	31° 17'	160	104	44,11	0,126	0,7
2,0	117	1140	31° 32'	169	109	48,42	0,138	0,8
2,2	124	1267	31° 52'	188	114	52,95	0,151	0,9
2,4	131	1388	32° 12'	210	118	56,84	0,164	0,9
2,6	137	1502	32° 19'	226	121	59,84	0,174	1,0
2,8	143	1635	32° 26'	246	127	65,83	0,190	1,0
3,0	149	1767	32° 36'	269	131	70,05	0,202	1,1
3,2	155	1895	32° 44'	288	135	75,48	0,218	1,2
3,4	161	2031	32° 54'	309	139	79,10	0,230	1,2
3,6	167	2166	33° 6'	330	143	83,80	0,243	1,3
3,8	172	2308	33° 11'	352	147	89,42	0,258	1,4
4,0	178	2450	33° 16'	375	151	93,30	0,271	1,4

DATOS sobre el tiro curvo del obús de 21 centímetros H. R. S., de avancarga, disparando el proyectil de 80 kilogramos por un ángulo de proyección constante de 45°, con cargas variables de pólvora de grano grueso irregular de 5 milímetros, cuya densidad es 1,843.

Cargas. — Kilógrams.	Velocidad des iniciales. — Metros.	Alcances. — Metros.	Ángulos de caída.	Flecha ú ordenada máxima de la trayecto- ria en — Metros.	Velo- cidades rema- nentes en — Metros.	Efecto del proyectil.		
						Fuerza viva en tonelámetros		Espesor de la plancha de hierro horizontal que puede atravesar. — Centímetros
						total.	por centi- metro cua- drado de sección.	
1,0	79	616	45° 30'	157	76	23,57	0,068	0,7
1,2	87	751	45° 42'	190	85	29,48	0,087	0,9
1,4	95	886	45° 54'	225	92	34,55	0,099	1,0
1,6	103	1021	46° 6'	263	97	38,41	0,111	1,1
1,8	110	1157	46° 18'	297	103	43,29	0,125	1,2
2,0	117	1293	46° 30'	335	108	47,60	0,138	1,3
2,2	124	1430	46° 42'	373	113	52,12	0,150	1,4
2,4	131	1567	46° 54'	411	118	56,84	0,164	1,5
2,6	137	1705	47° 6'	447	122	60,76	0,175	1,6
2,8	143	1844	47° 18'	485	127	65,83	0,190	1,7
3,0	149	1985	47° 30'	526	131	70,05	0,202	1,8
3,2	155	2128	47° 42'	565	136	75,48	0,218	1,9
3,4	161	2274	47° 54'	609	140	79,98	0,231	2,0
3,6	167	2424	48° 6'	649	144	84,64	0,244	2,1
3,8	172	2579	48° 18'	692	148	89,82	0,258	2,2
4,0	178	2730	48° 31'	731	152	94,28	0,272	2,3

DATOS sobre el tiro curvo del obús de 21 centímetros H. R. S., de avancarga, disparando el proyectil de 80 kilogramos por el ángulo de proyección constante de 60°, con cargas variables de pólvora de grano grueso irregular de 5 milímetros, cuya densidad es 1,843.

Cargas.	Velocidades iniciales.	Alcances.	Ángulos de caída.	Flecha ó ordenada máxima de la trayectoria en	Velocidades remanentes en	Efecto del proyectil.		
						Fuerza viva en tonelámetros		Espesor de la plancha de hierro horizontal que puede atravesar.
						total.	por centímetro cuadrado de sección.	
1,0	79	508	60° 44'	237	77	24,20	0,071	1,1
1,2	87	611	60° 48'	268	85	29,48	0,085	1,2
1,4	95	718	60° 51'	316	92	34,54	0,100	1,3
1,6	103	881	61° 20'	391	98	39,19	0,113	1,5
1,8	110	1001	61° 27'	447	104	44,14	0,127	1,6
2,0	117	1120	61° 43'	505	110	49,39	0,142	1,8
2,2	124	1230	62° 5'	555	115	53,98	0,156	1,9
2,4	131	1343	62° 25'	613	120	58,77	0,169	2,0
2,6	137	1460	62° 32'	664	125	63,77	0,184	2,2
2,8	143	1575	62° 40'	720	129	67,92	0,196	2,3
3,0	149	1700	62° 51'	781	134	73,28	0,211	2,4
3,2	155	1821	63° 1'	840	138	77,73	0,224	2,5
3,4	161	1944	63° 10'	897	143	83,44	0,241	2,7
3,6	167	2077	63° 22'	965	147	88,18	0,254	2,8
3,8	172	2211	63° 27'	1023	152	94,27	0,272	3,0
4,0	178	2342	63° 32'	1090	156	99,31	0,286	3,1

DATOS sobre el tiro curvo del obús de 21 centímetros H. R. S., de avancarga, disparando el proyectil de 80 kilogramos por el ángulo de proyección constante de 30°, con cargas variables de pólvora prismática de 7 canales, cuya densidad es 1,675.

Cargas. — Kilógrams.	Velocidades iniciales. — Metros.	Alcances. — Metros.	Ángulos de caída.	Flecha ú ordenada máxima de la trayectoria en — Metros.	Velocidades remanentes en — Metros.	Efecto del proyectil.		
						Fuerza viva en tonelámetros		Espesor de la plancha de hierro horizontal que puede atravesar. — Centímetros
						total.	por centímetro cuadrado de sección.	
1,8	82	514	31° 4'	75	78	24,83	0,072	0,5
2,0	90	675	31° 9'	100	85	29,48	0,085	0,5
2,2	98	799	31° 17'	118	92	34,54	0,099	0,6
2,4	106	929	31° 34'	137	98	39,19	0,113	0,7
2,6	114	1073	31° 39'	160	105	45,00	0,130	0,8
2,8	123	1235	31° 57'	185	112	51,19	0,148	0,8
3,0	132	1422	32° 5'	216	119	57,78	0,166	0,9
3,2	141	1596	32° 21'	242	126	64,80	0,187	1,0
3,4	150	1783	32° 38'	272	132	71,12	0,205	1,1
3,6	158	1978	32° 42'	301	139	78,77	0,227	1,2
3,8	166	2175	32° 45'	332	145	85,82	0,247	1,3
4,0	174	2376	32° 54'	364	151	93,06	0,268	1,4
4,2	182	2574	33° 6'	395	156	99,31	0,286	1,5
4,4	189	2772	33° 8'	424	162	107,14	0,309	1,5
4,6	196	2954	33° 20'	452	166	112,50	0,324	1,6
4,8	203	3137	33° 34'	481	170	117,92	0,340	1,7
5,0	210	3328	33° 48'	517	174	123,54	0,356	1,8
5,2	216	3501	34° 3'	544	178	129,28	0,373	1,8
5,4	222	3650	34° 15'	570	181	133,76	0,385	1,9
5,6	227	3765	34° 28'	592	183	136,74	0,394	2,0
5,8	231,4	3864	34° 58'	612	183	136,74	0,394	2,0

DATOS sobre el tiro curvo del obús de 21 centímetros H. R. S., de avancarga, disparando el proyectil de 80 kilogramos por el ángulo de proyección constante de 45°, con cargas variables de pólvora prismática de 7 canales, cuya densidad es 1,675.

Cargas.	Velocidades iniciales.	Alcances.	Ángulos de caída.	Flecha ú ordenada máxima de la trayecto- ria en	Velo- cidades rema- nentes en	Efecto del proyectil.		
						Fuerza viva en tonelámetros		Espesor de la plancha de hierro horizontal que puede atravesar.
						total.	por centí- metro cua- drado de sección.	
Kilógrams.	Metros.	Metros.	Metros.	Metros.	Metros.			
1,8	82	650	45° 41'	167	78	24,83	0,072	0,8
2,0	90	780	45° 45'	200	85	29,48	0,085	0,9
2,2	98	920	45° 59'	236	92	34,54	0,099	1,0
2,4	106	1060	46° 12'	274	98	39,19	0,113	1,1
2,6	114	1220	46° 25'	316	105	45,00	0,130	1,2
2,8	123	1400	46° 39'	366	112	51,19	0,148	1,4
3,0	132	1600	46° 55'	418	119	57,78	0,166	1,5
3,2	141	1800	47° 13'	475	126	64,80	0,187	1,6
3,4	150	2000	47° 31'	530	132	71,12	0,205	1,8
3,6	158	2220	47° 50'	588	139	78,84	0,227	2,0
3,8	166	2440	48° 8'	650	145	85,82	0,247	2,1
4,0	174	2660	48° 24'	710	151	93,06	0,268	2,2
4,2	182	2880	48° 40'	769	157	100,62	0,290	2,4
4,4	189	3100	48° 54'	830	163	108,48	0,313	2,5
4,6	196	3300	49° 9'	883	167	113,84	0,328	2,7
4,8	203	3500	49° 24'	940	172	120,74	0,348	2,8
5,0	210	3700	49° 39'	1006	175	124,94	0,360	2,9
5,2	216	3880	49° 53'	1062	179	130,78	0,376	3,0
5,4	222	4040	50° 7'	1110	182	135,20	0,390	3,1
5,6	227	4170	50° 21'	1150	184	138,16	0,398	3,2
5,8	231,4	4250	50° 35'	1184	184	138,32	0,399	3,2

DATOS sobre el tiro curvo del obús de 21 centímetros H. R. S., de avancarga, disparando el proyectil de 80 kilogramos por el ángulo de proyección constante de 60°, con cargas variables de pólvora prismática de 7 canales, cuya densidad es 1,675.

Cargas. — Kilógrams.	Velocidades des iniciales. — Metros.	Alcances. — Metros.	Ángulos de caída.	Flecha u ordenada máxima de la trayecto- ría en — Metros.	Velo- cidades rema- nentes en — Metros.	Efecto del proyectil.		
						Fuerza viva en tonelámetros		Espesor de la plancha de hierro horizontal que puede atravesar. — Centímetros
						total.	por centí- metro cua- drado de sección.	
1,8	82	562	61° 14'	250	78	24,83	0,071	1,0
2,0	90	674	61° 19'	301	86	30,19	0,087	1,2
2,2	98	792	61° 27'	354	93	35,30	0,102	1,4
2,4	106	909	61° 45'	407	99	39,99	0,115	1,5
2,6	114	1046	61° 51'	470	106	45,85	0,132	1,6
2,8	123	1198	62° 10'	542	114	53,04	0,153	1,9
3,0	132	1368	62° 18'	623	122	60,69	0,175	2,1
3,2	141	1542	62° 35'	704	128	66,86	0,193	2,3
3,4	150	1714	62° 50'	795	134	73,28	0,211	2,4
3,6	158	1901	62° 56'	876	141	81,13	0,234	2,6
3,8	166	2090	63° 1'	962	148	89,41	0,258	2,8
4,0	174	2279	63° 9'	1032	154	96,78	0,279	3,0
4,2	182	2464	63° 21'	1143	160	104,50	0,301	3,2
4,4	189	2662	63° 24'	1238	166	112,50	0,324	3,4
4,6	196	2823	63° 36'	1311	171	119,34	0,344	3,5
4,8	203	2972	63° 49'	1395	176	126,44	0,365	3,7
5,0	210	3164	63° 5'	1490	180	132,22	0,382	3,9
5,2	216	3315	64° 19'	1575	184	138,16	0,398	4,0
5,4	222	3451	64° 30'	1643	187	142,72	0,412	4,1
5,6	227	3563	64° 33'	1710	189	145,82	0,421	4,2
5,8	231,4	3618	65° 11'	1751	189	145,82	0,421	4,2

El obús de H. R. S., de 21 centímetros, mejora mucho las condiciones del tiro curvo del mortero liso cónico de 32 centímetros. El alcance límite es casi doble, el efecto de percusión algo mayor y la exactitud del tiro también, pues empleando la carga de pólvora de 5 milímetros (1) se obtienen las siguientes probabilidades contra un buque de 100 metros de eslora y 15 de manga, colocado con la quilla en el plano de tiro.

(1) Con la prismática no tenemos datos.

Cargas. — Kilógramos.	Elevaciones. — Grados.	Alcances. — Metros.	Probabilidad por 100.
1	30	525	100
1	45	616	100
2	30	1140	75
2	45	1293	90
3	30	1767	60
3	45	1985	45
4	45	2730	25

Desde la misma época en que se adoptó el obús de 21 centímetros, de H. R. S., se trató de obtener otro del mismo calibre, pero propio para el servicio de sitio. En 1873, no existiendo todavía la nueva pieza, hubo que emplear el obús de costa en el ataque de la plaza de Cartagena, pero los defectos observados indujeron á continuar los estudios y ensayos, lo que no pudo hacerse, es verdad, con gran rapidez, á causa de la guerra carlista.

Terminada ésta se imprimió mayor actividad á los trabajos preparatorios para obtener un obús de 21 centímetros, de bronce. Al primitivo modelo, con cierre Kreiner, de doble cuña, imitación del modelo alemán, se substituyó otro con cierre de cuña cilindro-prismática Krupp, y á éste el cierre francés, de tornillo partido, que tambien se modificó agrandando la recámara.

Las pruebas hechas con estos varios ensayos dieron el convencimiento de que el bronce ordinario era poco á propósito para la construcción de piezas de este calibre y se decidió adoptar el bronce mandrilado ó comprimido, encargándose al teniente coronel Plasencia, introductor de este sistema de fabricación en España, el proyecto de un nuevo obús de 21 centímetros de bronce comprimido.

En 1880 se presentaron los proyectos, que fueron dos distintos, con diferencias en el trazado y en la obturación, que despues de construidos y probados, dieron lugar á nuevas modificaciones, hasta que en 1885 (Real orden de 18 de Diciembre) fué declarada reglamentaria la pieza en la forma que vamos á describir:

El obús de bronce comprimido de 21 centímetros de retrocarga se funde en Sevilla, formando una sola pieza de las dimensiones siguientes:

Calibre.	210	milímetros.
Longitud del ánima.	2167,5	milímetros.
Rayas. {	Número.	50
	Profundidad.	1,5 milímetros.
	Anchura.	9,15 milímetros.
	Paso (constante).	5,25 metros.
Volúmen de la recámara.	9,95	decímetros cúbicos.
Longitud total de la pieza.	2427	milímetros.
Distancia del eje de muñones á la boca.	1543	milímetros.
Diámetro exterior del primer cuerpo.	550	milímetros.
Id. id. en la boca.	360	milímetros.
Peso del aparato de cierre.	125	kilógramos.
Peso total de la pieza.	3010	kilógramos.
Sistema de obturacion.	Piorkovsky.	
Sistema de cierre.	{ De tornillo partido con teja soporte.	

La dotacion de proyectiles de esta pieza ha de comprender granadas ordinarias, incendiarias, perforantes, de miña, shrapnels y botes de metralla. Hasta ahora sólo es reglamentaria la granada ordinaria y está en estudio un shrapnel de diafragma. Las dimensiones principales son:

	Granada.	Shrapnel.
Diámetro de la parte cilíndrica. milímetros	208,2	208,2
Longitud total. milímetros	590	490
Peso total del proyectil cargado. kilógramos	78,7	78,7
Peso de la carga explosiva. kilógramos	6,829	0,453
Número de balines.	»	196
Su diámetro. milímetros	»	26
Peso de cada uno. gramos	»	68,1

El proyectil perforante, que tambien está en estudio, será de fundición endurecida.

El montaje adoptado es interino. Para el servicio de sitio como obús sería más propia una cureña de ruedas, que sin duda se adoptará, y si se insistiese

en usar esta pieza para costa (para lo que no fué proyectada) habría que introducir un montaje de marco giratorio de perno central, análogo al del obús de hierro ya descrito.

El montaje provisional es un afuste adquirido en la fábrica Cocquerill de Seraing (cerca de Lieja, en Bélgica), y sus dimensiones principales son:

Altura del eje de muñones sobre la explanada.	1,30	metros.
Longitud del marco.	5,30	metros.
Longitud de la base del afuste.	2,383	metros.
Inclinación de la explanada.	10°	
El afuste sobre un suelo horizontal podría tirar hasta por.	60°	
Sobre la explanada sólo puede tomar una elevación de.	50°	
Campo de tiro horizontal que permite la explanada.	38°	
Longitud de la explanada.	5,3	metros.
Anchura de la id. en testera.	1,9	metros.
Id. de la id. en contera.	4	metros.
Peso del afuste.	2014	kilógramos.
Id. del marco con su chapa inferior.	1354	kilógramos.
Id. de la explanada de madera.	2600	kilógramos.

Si este montaje es defectuoso para el servicio de sitio, para el que al fin y al cabo está construido, es inaceptable para costa, por la instalación provisional y precaria (explanada de madera) que exige y por el escaso campo de tiro, que sólo permitiría emplear la pieza para enfilear pasos ó canales estrechos.

La carga reglamentaria es de 7 kilógramos de pólvora prismática de 7 canales, con la cual los datos de tiro serán los siguientes:

DATOS sobre el tiro del obús de 21 centímetros B. c. de retrocarga, con la carga máxima de 7 kilogramos de pólvora prismática de 7 canales ($D=1,6$), y proyectil de 78,7 kilogramos.

Distancias. — Metros.	Ángulos de elevación.	Ángulos de caída		Flecha ú ordenada máxima de la trayecto- ria. — Metros.	Veloci- dades rema- nentes. — Metros.	Efecto del proyectil.			
		en grados.	por sus tangentes.			Fuerza viva en tonelámetros		Espesor de la plancha de hierro horizontal que puede atravesar	
						total.	por centí- metro cuadrado de sección.	con la granada ordinaria. — Centímts.	con el proyectil perforante — Centímts.
0	—	—	—	—	310	386,50	1,135	—	—
500	1° 31'	1° 42'	0,030	3,38	297	353,81	1,038	—	—
1000	3° 6'	3° 29'	0,061	13,9	286	328,10	0,965	—	—
1500	4° 46'	5° 22'	0,094	32,5	277	307,76	0,905	—	—
2000	6° 32'	7° 26'	0,130	60,3	268	288,09	0,844	—	—
2500	8° 22'	9° 45'	0,172	97,7	259	269,06	0,791	0,5	0,7
3000	10° 20'	12° 19'	0,218	146,7	252	254,71	0,748	0,7	0,9
3500	12° 23'	15° 8'	0,270	207,8	245	240,76	0,706	0,9	1,2
4000	14° 45'	18° 11'	0,328	287,9	238	227,20	0,667	1,2	1,5
4500	17° 31'	21° 36'	0,396	394,8	232	215,89	0,633	1,5	1,9
5000	20° 38'	25° 28'	0,476	533,3	227	206,68	0,607	1,8	2,3
5500	24° 11'	29° 48'	0,572	713,4	222	197,68	0,580	2,2	2,8
6000	28° 15'	34° 59'	0,700	945,3	220	194,13	0,571	2,6	3,4
6500	33° 31'	42° 11'	0,906	1274	220	194,13	0,571	3,3	4,3
6850	42° 30'	52° 30'	1,303	1872	223	199,46	0,586	4,4	5,7
6600	50°	58° 40'	1,643	2359	228	209,01	0,615	5,1	6,6
6250	55°	63° 1'	1,964	2611	231	214,10	0,629	5,5	7,1
5750	60°	67° 8'	2,371	2915	234	219,80	0,643	5,9	7,6

Además de la carga máxima es necesario adoptar otras más reducidas, que permitan variar los efectos del tiro curvo. La tabla siguiente dá una idea de los que pueden esperarse con las de 3, 4, 5 y 6 kilogramos de la misma pólvora y ángulos de proyección de 30°, 40° y 50°.

DATOS sobre el tiro curvo del obús de 21 centímetros B. c. de retrocarga, con varias cargas y ángulos de proyección. Peso del proyectil 78,7 kilogramos.

Cargas de pólvora prismática de 7 canales. — Kilógs.	Velocidades iniciales. — Metros	Ángulos de proyección.	Alcances — Metros.	Ángulos de caída		Flecha ordenada máxima de la trayectoria. — Metros.	Velocidades remanentes. — Metros.	Efecto del proyectil.			
				en grados.	por sus tangentes.			Fuerza viva en tonelámetros		Espesor de la plancha de hierro horizontal que puede atravesar	
								total.	por centímetro cuadrado de sección.	con la granada ordinaria. — Cents.	con el proyectil perforante. — Cents.
3	186	30°	2426	33° 2'	0,650	371	161	104,02	0,306	1,5	2,0
		40°	3009	43° 50'	0,960	693	160	102,74	0,301	2,2	2,8
		50°	2968	53° 55'	1,372	947	166	110,61	0,324	2,9	3,7
4	221	30°	3654	34° 6'	0,677	566	181	131,41	0,386	1,9	2,5
		40°	4037	45° 10'	1,006	924	180	130,03	0,382	2,7	3,5
		50°	3954	55° 12'	1,439	1292	184	135,53	0,397	3,5	4,5
5	253	30°	4576	35° 10'	0,704	727	197	155,80	0,456	2,2	2,9
		40°	5068	46° 31'	1,054	1190	196	154,23	0,453	3,2	4,1
		50°	4894	56° 25'	1,506	1632	201	162,16	0,476	4,1	5,2
6	281	30°	5399	36° 6'	0,729	871	210	176,96	0,513	2,6	3,3
		40°	5874	47° 34'	1,094	1405	211	178,65	0,521	3,6	4,7
		50°	5735	57° 31'	1,571	1955	214	183,82	0,538	4,5	5,8

La precisión del tiro es buena. Con una elevación de 30° y la carga máxima se obtuvo el alcance de 6400 metros, y las zonas de 50 por 100 de los disparos fueron de 53 metros en sentido longitudinal y 20 en el lateral, lo que equivale á decir que un buque situado con la quilla en el plano de tiro, que tuviese 100 metros de eslora y 15 de manga, recibiría el 26 por 100 de los proyectiles que contra él se disparasen.

En cuanto á la perforación de los puentes acorazados, á grandes distancias, empleando el proyectil perforante, será suficiente contra una gran parte de los buques que navegan, pero no contra los de modelo más reciente, que llevan planchas de 7,5, 8 y hasta 10 centímetros de espesor.

Con objeto de sustituir con ventaja á los obuses de 21 centímetros, se ordenó en 1884 que se formase un proyecto de otra pieza de este género, de calibre de 24 centímetros, de retrocarga, de hierro sunchado, para fabricarla en Trúbia. El proyecto del capitán de artillería D. José Milán fué aprobado,

fabricada la pieza y el montaje, y se procedió á las primeras pruebas de velocidades y presiones en Abril de 1886, continuándose despues los ensayos y estando próxima, según creemos, á ser declarada reglamentaria esta excelente pieza.

Su contrucción es, como hemos dicho, de fundición, con sunchos de acero pudlado; el cierre de tornillo partido con obturador de anillo metálico y las dimensiones principales las siguientes:

Calibre.	240	milímetros.
Longitud del ánima.	2421	milímetros.
Rayas. {	Número.	60
	Profundidad.	1,4 milímetros.
	Inclinación inicial.	2° 15'
	Inclinación final.	4° 29'
Volúmen de la recámara.	22,7	decímetros cúbicos.
Longitud total.	2717	milímetros.
Distancia del eje de muñones á la boca.	1660	milímetros.
Diámetro exterior en la boca.	424	milímetros.
Diámetro de la pieza delante de los muñones.	558	milímetros.
Peso total.	4650	kilógramos.

El obús de 24 centímetros podría disparar los mismos proyectiles de los cañones de igual calibre, pero por las condiciones de su rayado se ha creido más conveniente que tenga proyectil especial de peso de 130 kilógramos en total. Se han ensayado tres distintos modelos, cuyo peso es el indicado, y el diámetro también común de 238 milímetros, pero las longitudes diferentes, de 682, 567 y 547 milímetros.

El montaje es de chapa de hierro, consta de cureña y marco giratorio al rededor de un perno central. Las dimensiones principales son:

Altura del eje de muñones sobre la explanada.	2,2	metros.
Longitud del marco.	4,05	metros.
Altura del marco en testera.	0,805	metros.
Inclinación del marco.	4°	
Distancia del eje de giro á la testera del marco.	1,94	metros.
Radio medio del carril.	1,537	metros.
Su anchura.	0,450	metros.
Radio de la cremallera circular de giro.	1,722	metros.
Angulo de elevación máximo que puede tomar la pieza.	60°	
Campo de tiro horizontal que permiten los carriles..	360°	

Con los datos que conocemos de las pruebas de velocidades hechas con este obús en Abril de 1886 y con elementos análogos del obús italiano del mismo calibre, se han calculado los datos de la siguiente tabla:

DATOS sobre el tiro del obús de 24 centímetros H. R. S., con proyectil de 130 kilogramos, cargas constantes de pólvora prismática de una canal y ángulos variables.

CARGAS	Distancias. — Metros.	Ángulos de elevación.	Ángulos de caída		Flecha ú ordenada máxima de la trayectoria — Metros.	Velocidad rema- nente. — Metros.	Efecto del proyectil.			Zonas del 50 por 100 de los disparos	
			en grados.	por sus tan- gen- tes.			Fuerza viva en tonela- metros total.	Espesor de la plancha de hierro horizon- tal que puede atravesar — Centims.	en sentido longi- tudinal. — Metros.	en sentido lateral. — Metros.	
											por cen- tímetro cuadra- do de sección.
14 kilogramos. Carga máxima.	0	—	—	—	—	319	675,6	1,51	—	—	—
	500	1° 24'	1° 25'	0,025	3,09	312	646,5	1,45	—	4,8	0,20
	1000	2° 51'	2° 57'	0,052	12,71	305	617,2	1,38	—	9,9	0,40
	1500	4° 21'	4° 34'	0,081	29,31	298	588,0	1,32	—	14	0,60
	2000	5° 54'	6° 16'	0,110	53,40	289	554,1	1,25	—	18	1,0
	2500	7° 32'	8° 8'	0,143	86,02	284	537,0	1,21	—	23	1,5
	3000	9° 14'	10° 6'	0,179	127,6	278	514,5	1,16	0,8	27	2
	3500	11° 3'	12° 17'	0,218	181,0	272	491,8	1,10	1,1	31	3
	4000	12° 58'	14° 38'	0,261	243,7	266	469,5	1,05	1,3	35	4
	4500	15° 2'	17° 12'	0,309	325,0	261	450,6	1,02	1,6	38	5
	5000	17° 15'	20° 0'	0,364	420,8	256	433,1	0,97	2,0	42	6
	5500	19° 39'	23° 0'	0,424	535,9	252	420,1	0,95	2,4	46	8
	6000	22° 21'	26° 25'	0,497	678,4	248	407,9	0,92	2,9	49	9
	6500	25° 25'	30° 16'	0,584	856,2	245	398,1	0,90	3,4	52	11
7000	29° 1'	34° 38'	0,691	1085	243	391,9	0,88	4,0	55	12	
7500	33° 56'	40° 26'	0,852	1426	243	393,0	0,89	4,9	58	13	
7880	45°	52° 7'	1,285	2287	252	420,7	0,95	6,9	61	14	
10 kilogramos.	0	—	—	—	—	261	450,6	1,02	—	—	—
	500	2° 6'	2° 8'	0,037	4,63	255	429,9	0,97	—	5,6	0,40
	1000	4° 16'	4° 25'	0,077	19,05	248	408,5	0,92	—	11	0,60
	1500	6° 32'	6° 51'	0,120	44,12	243	393,2	0,89	—	16	1,0
	2000	8° 55'	9° 28'	0,167	81,10	237	370,9	0,83	—	21	1,5
	2500	11° 27'	12° 20'	0,219	131,7	233	360,1	0,81	0,9	26	2'
	3000	14° 9'	15° 27'	0,276	198,1	229	346,1	0,78	1,2	31	3
	3500	17° 8'	18° 58'	0,344	285,8	224	332,4	0,75	1,5	36	5
	4000	20° 27'	22° 55'	0,423	398,0	220	319,9	0,72	1,9	40	7
	4500	24° 17'	27° 29'	0,520	545,9	217	310,9	0,70	2,4	44	9
	5000	29° 1'	33° 2'	0,650	751,8	214	304,8	0,68	3,1	49	11
5500	35° 44'	40° 32'	0,855	1080	215	305,9	0,69	4,1	53	13	
5750	45°	50° 37'	1,218	1780	221	325,1	0,73	5,5	55	15	
8 kilogramos.	0	—	—	—	—	228	343,4	0,77	—	—	—
	500	2° 44'	2° 47'	0,049	6,03	223	328,9	0,74	—	6,4	0,4
	1000	5° 36'	5° 49'	0,102	25,02	217	312,5	0,70	—	12,6	0,6
	1500	8° 36'	9° 7'	0,160	58,25	213	301,2	0,68	—	19	1,2
	2000	11° 48'	12° 50'	0,228	108,0	207	285,0	0,64	0,8	24	2
	2500	15° 17'	17° 10'	0,309	177,8	205	279,0	0,63	1,2	30	3
	3000	19° 9'	22° 23'	0,412	272,7	203	273,0	0,61	1,7	36	4
	3500	23° 41'	29° 16'	0,560	406,5	196	255,2	0,58	2,3	41	5
	4000	29° 26'	39° 47'	0,833	602,3	198	261,0	0,59	3,5	46	8
	4500	39° 19'	43° 22'	0,945	991,0	203	274,4	0,62	4,2	51	12
4580	45°	49° 8'	1,156	1233	214	303,8	0,68	5,1	51	16	

La potencia de penetración es aún insuficiente contra algunos buques modernos, según la tabla anterior. Para apreciar el efecto máximo de que es susceptible el obús, van á continuación los datos del tiro por la elevación de 60° con las cargas de 8 á 14 kilogramos.

DATOS sobre el tiro del obús de 24 centímetros H. R. S., con proyectil de 130 kilogramos, cargas variables de pólvora prismática de una canal y ángulo constante de 60°.

Cargas.	Velocidades iniciales correspondientes.	Alcances.	Ángulos de caída.	Flechas ú ordenadas máximas de la trayectoria.	Velocidades remanentes.	Efecto del proyectil.			Zonas del 50 por 100 de los disparos	
						Fuerza viva en tonelámetros		Espesor de la plancha de hierro horizontal que puede atravesar.	en sentido	
						total.	por centímetro cuadrado de sección.		longitudinal.	lateral.
Kilógs.	Metros.	Metros.		Metros.	Metros.		Centímetros.	Metros.	Metros.	
8	228	3920	63° 10'	1811	211	295,1	0,66	6,3	48	21
9	245	4425	63° 34'	2061	214	303,5	0,68	6,5	49	21
10	261	4915	63° 58'	2309	225	335,6	0,75	7,1	50	22
11	276	5400	64° 20'	2558	234	362,9	0,82	7,6	51	22
12	291	5865	64° 42'	2802	243	391,4	0,88	8,0	52	22
13	305	6360	65° 4'	3068	251	417,6	0,94	8,5	53	23
14	319	6780	65° 25'	3284	259	444,6	1,00	8,9	53	24

El comandante Ordoñez, autor de los proyectos de los cañones de 30 centímetros H. R. S. y de 15 centímetros H. R. E., ha presentado en Diciembre de 1887 otro de un obús de 30 centímetros, de igual construcción que el cañón del mismo calibre, es decir, de fundición sunchada.

Las dimensiones del obús son las siguientes:

Calibre.	305	milímetros.
Longitud del ánima.	3050	milímetros.
Rayas. {	Número.	60
	Profundidad.	1,5 milímetros.
	Anchura.	10 milímetros.
	Paso (constante).	7,625 metros.
Volúmen de la recámara.	33,04	decímetros cúbicos.
Longitud total de la pieza.	3570	milímetros.

Diámetro exterior del primer cuerpo (sunchos)	1020	milímetros.
Diámetro exterior en la boca.	580	milímetros.
Peso del aparato de cierre.	500	kilógramos.
Peso total de la pieza.	13600	kilógramos.
Sistema de obturación.	Anillo metálico.	
Sistema de cierre.	Tornillo partido.	

El autor del proyecto propone que haya para este obús tres clases de proyectiles; granada ordinaria, perforante y shrapnel.

Longitud.	2,9	calibres.
Peso común á los tres proyectiles.	275	kilógramos.
Carga explosiva de la granada ordinaria y de la perforante.	14	kilógramos.
Carga explosiva del shrapnel.	2,65	kilógramos.
Número de balines de hierro que éste contiene.	598	
Peso de cada uno.	58	gramos.

El montaje consta, como los de las piezas análogas, de cureña y marco de chapa de hierro. Es de giro delantero y el marco se apoya en la explanada por medio de ocho ruedas de hierro colado, para repartir mejor la percusión del disparo. Las dimensiones que conocemos son:

Altura del eje de muñones sobre la explanada.	2,100	metros.
Inclinación del marco.	3°	
Angulo de elevación máximo del obús.	65°	
Id. de depresión.	6°	
Campo de tiro horizontal.	180°	
Peso probable del montaje completo.	20000	kilógramos.

La carga máxima la calcula el autor del proyecto en 24 kilogramos de pólvora prismática de una canal, que dará una velocidad inicial de 300 metros. Suponiendo que la velocidad menor que se admita sea de 150 metros, la carga mínima será de 7,5 kilogramos próximamente. Para ambas cargas se

han calculado los datos de tiro en las tablas siguientes, que dan suficiente idea de los efectos que pueden esperarse (1).

Datos sobre el tiro del obús Ordoñez de costa, de 30 centímetros H. R. S., de retrocarga, con la carga máxima de 24 kilogramos de pólvora prismática y proyectil de 275 kilogramos.

Angulos de elevación.	Alcances. — Metros.	Angulos de caída		Flecha ordenada de la trayectoria. — Metros.	Velocidades remanentes. — Metros.	Efecto del proyectil.				Zonas del 50 por 100 de los disparos	
		en grados.	por sus tangentes.			Fuerza viva en tonelámetros		Espesor de la plancha de hierro horizontal que puede atravesar		en sentido longitudinal. — Metros.	en sentido lateral. — Metros.
						total.	por centímetro cuadrado de sección.	el proyectil ordinario. — Centís.	el proyectil perforante. — Centís.		
0°	—	—	—	—	300	1262	1,739	—	—	—	—
3° 11'	1000	3° 15'	0,057	14,1	291	1191	1,645	—	—	13,1	0,7
6° 33'	2000	6° 48'	0,119	58,8	284	1129	1,556	—	—	25,7	1,3
10° 8'	3000	10° 43'	0,189	138,4	276	1071	1,476	1,1	1,4	37,9	2,0
14° 3'	4000	15° 8'	0,270	260,3	269	1012	1,394	1,8	2,3	49,7	3,0
18° 26'	5000	20° 9'	0,367	436,6	263	970	1,338	2,6	3,3	61,0	3,5
23° 37'	6000	26° 4'	0,489	695	258	936	1,289	3,4	4,4	72,2	4,0
30°	6628	33° 22'	0,658	1017	254	909	1,253	4,9	6,3	77,7	4,4
35°	7340	39° 0'	0,810	1392	252	892	1,229	6,0	7,7	84,8	6,8
40°	7601	44° 23'	0,979	1712	252	892	1,230	7,0	9,0	86,9	8,9
45°	7654	49° 32'	1,172	2066	254	908	1,248	8,1	10,4	87,1	10,9
50°	7447	54° 27'	1,399	2401	256	915	1,262	9,0	11,6	84,9	12,4
55°	7117	59° 13'	1,679	2755	258	933	1,287	9,9	12,7	80,8	13,2
60°	6543	63° 44'	2,026	3062	260	948	1,309	10,7	13,8	74,5	13,8

(1) Los cálculos se han hecho por comparación con el obús Krupp de 28 centímetros, de cuyos datos, conocidos por las experiencias publicadas, se han deducido los coeficientes.

Los espesores de plancha horizontal que se pueden atravesar con este obús, los habíamos calculado tomando como base los datos publicados por Fr. d'E. y por Degouy sobre los efectos del mortero francés de 30 centímetros H. R. S. de avancarga; pero pareciéndonos que los resultados eran exagerados, hemos preferido deducirlos de las experiencias con el obús Krupp de 28 centímetros, de que dió cuenta el *Memorial de Ingenieros*.

FR. D'E. (cap. d'artill.): *De l'armement des côtes en France*.—Paris (Baudoin), 1887.
R. DEGOUY (lieut. de vaisseau): *Note sur l'emploi des mortiers de 30 cm. en fonte, rayés et frettés, dans la défense des côtes*.—Paris (Baudoin), 1888.

Experiencias de tiro con un obús de costa contra las cubiertas blindadas de los buques de guerra, artículo en el *Memorial de Ingenieros del Ejército*.—Revista quincenal.—Tomo V (III época), página 63.

DATOS sobre el tiro del obús de costa Ordoñez, de 30 centímetros H. R. S., de retrocarga, con carga de 7,5 kilogramos de pólvora prismática y proyectil de 275 kilogramos.

Angulos de elevación.	Alcan- ces. — Metros.	Angulos de caída		Flecha ú ordenada máxima de la tran- yectoria. — Metros.	Veloci- dades rema- nentes. — Metros.	Efecto del proyectil.				Zonas del 50 por 100 de los disparos	
		en grados.	por sus tangen- tes.			Fuerza viva en tonelámetros		Espesor de la plancha de hierro horizontal que puede atravesar		en sentido longitudinal — Metros.	en sentido lateral. — Metros.
						total.	por centímetro cuadrado de sección.	el pro- yectil ordina- rio. — Centis.	el pro- yectil perforante. — Centis.		
0°	—	—	—	—	150	315	0,435	—	—	—	—
6° 21'	500	6° 25'	0,112	14,0	148	307	0,423	—	—	10,5	0,5
13° 11'	1000	13° 28'	0,239	59,2	146	299	0,412	0,6	0,8	20,8	1,1
21° 8'	1500	21° 44'	0,399	147,5	144	292	0,403	1,2	1,5	31,7	1,4
30°	1879	30° 57'	0,600	276,4	143	288	0,397	1,9	2,4	38,5	2,0
35°	2060	36° 5'	0,729	367,3	143	287	0,395	2,3	3,0	42,0	2,2
40°	2143	41° 15'	0,877	455,9	142	282	0,388	2,7	3,5	43,5	2,8
45°	2174	46° 17'	1,046	555,2	143	287	0,396	3,2	4,1	44,2	3,4
50°	2142	51° 18'	1,248	651,9	143	287	0,396	3,5	4,5	43,4	3,9
55°	2028	56° 13'	1,495	741,0	144	289	0,399	3,8	4,9	41,1	4,1
60°	1898	61° 7'	1,813	840,4	144	290	0,400	4,2	5,4	38,6	4,2

Como ya hemos dicho que el obús puede disparar también los proyectiles del cañón del mismo calibre, á continuación pueden verse los datos de tiro en este caso.

DATOS sobre el tiro del obús Ordoñez, de costa, de 30 centímetros H. R. S., de retrocarga, con el proyectil del cañón del mismo calibre, que pesa 380 kilogramos.

Cargas y velocidades iniciales.	Angu- los de eleva- ción.	Alcances. — Metros.	Angulos de caída.	Flecha ú ordenada máxima de la trayecto- ria. — Metros.	Veloci- dades rema- nentes. — Metros.	Efecto del proyectil.			
						Fuerza viva en tonelámetros		Espesor de la plancha de hierro horizontal que puede atravesar	
						total.	por centi- metro cuadrado de sección.	el pro- yectil ordina- rio. Centím.	el pro- yectil perfo- rante. Centím.
24 kilógs.	45°	5145	48° 34'	1366	223	656	0,903	6,2	8,0
255 metros	60°	4897	62° 56'	2253	228	698	0,962	8,4	10,8
9,9 kilógs.	45°	2169	46° 20'	553	143	274	0,761	3,1	4,0
150 metros	60°	1891	61° 10'	837	144	277	0,765	4,1	5,3



III.—CAÑONES DE TIRO RÁPIDO Y AMETRALLADORAS.



DEMÁS de las piezas de grueso calibre, de fuego directo ó curvo, con las cuales se ofende á los buques de guerra perforando sus corazas laterales ó batiendo sus puentes blindados, se puede tambien emplear cañones de pequeño calibre contra los buques no acorazados, y fusiles, contra el personal de las tripulaciones que esté á la vista ó contra las tropas que verifiquen un desembarco.

Los cañones de campaña y los fusiles de la infantería pueden tambien tomar parte, por lo tanto, en la defensa de las costas; pero para aumentar el efecto, disminuir el material y las guarniciones, conviene sustituirles los cañones de tiro rápido y las ametralladoras.

AMETRALLADORAS. El objeto de las ametralladoras es, principalmente, suplir á la deficiencia de hombres ó de espacio para colocarlos, cuando se trate de rechazar un ataque de fuerzas superiores (1); por consiguiente, en la defensa de las costas pueden tener muy útil empleo. Pueden servir desde luego, muy útilmente, para la defensa propia de las baterías contra tropas desembarcadas que las ataquen por el flanco ó por la gola; para impedir un desembarco, distribuyéndolas é instalándolas convenientemente en la parte de la costa que se preste á intentar esta operación; y también para contrarrestar la acción de los barcos ligeros, de poco calado y muy movibles, que se acerquen á las baterías para estorbar el servicio de las piezas con sus ametralladoras y fusilería, desde las cofas dominantes (2).

(1) «Le mitragliatrici sono chiamate a sopperire alla deficienza di uomini e di spazio contro pericolo grave ed impellente.» (Felice Mariani, capitán de la artillería italiana, en una especial y notable monografía sobre las ametralladoras, publicada en la *Rivista d' artiglieria e genio*.—1884.—Tomo IV.)

(2) Como el *Condor* en el cañoneo de Alejandría en 1881.

Si sólo se tratase de batir tropas al descubierto, claro es que sería suficiente el calibre de fusil para las ametralladoras de defensa de costas; pero como en un desembarco podrían protegerse los hombres con manteletes ligeros, de plancha de hierro ó de acero, será mejor que los proyectiles puedan perforarlos y hacer ineficaz la protección; para lo cual será necesario adoptar el calibre de 25 milímetros (una pulgada inglesa).

En España no tenemos mas ametralladora reglamentaria que la Cristophe-Montigny, de 37 cañones de 11 milímetros (calibre y cartucho del fusil reglamentario, modelo 1871), que sólo puede hacer unas 5 descargas por minuto, ó sea 185 disparos en el mismo tiempo. Esta ametralladora, que en 1872, cuando se adoptó, se destinaba al servicio de campaña, dotándola de cureña de ruedas, se reserva hoy para el flanqueo de fosos, habiéndose modificado la cureña con este objeto, para lo cual se le han quitado las ruedas y colocado un perno delantero para el tiro por cañonera.

Como esta ametralladora no sirve para el objeto que aquí se trata de obtener, parece natural que se adopte otro modelo; y el más apropiado sería el Nordenfelt (1), de 4 cañones, ya adoptado por nuestra marina, ó los de 5 ó 2 cañones. Las dimensiones principales van á continuación:

Ametralladoras Nordenfelt de 25 milímetros.

Número de cañones.	Metal.	Calibre. Milimts.	Longitud total. Milimets.	Peso del arma. Kilógrs.	Cureña		Condiciones de tiro			Número de tiros por minuto.
					Altura del eje sobre la explanada. Milimets.	Peso. Kilógrs.	Carga de pólvora. Kilógrs.	Peso del proyectil. Kilógrs.	Velocidad inicial. Metros.	
5	Acero	25,4	1030	216	555	165	0,040	0,207	450	420
4	Id.	25,4	1030	193	555	162	0,040	0,207	450	360
2	Id.	25,4	1030	84	555	55	0,040	0,207	450	180

A la ametralladora Nordenfelt tal vez se sustituya con ventaja la Maxim, automática, del mismo calibre, que con un solo cañón llega á dar hasta 600 tiros por minuto, gracias al mecanismo que, aprovechando la fuerza de retro-

(1) Véase la descripción en la memoria *Ametralladoras*, del comandante López Garvayo.—MEMORIAL DE INGENIEROS, tomo XXXVIII (de memorias) 1883.

ceso del cañón sobre la recámara, extrae y expulsa la vaina del cartucho disparado, introduce otro, cierra y dispara. Esta ametralladora, ya adoptada, según parece, en Austria, y ensayada con éxito en otras varias naciones, se ha construido hasta ahora preferentemente con calibre de fusil, pero existen modelos con cañón de mayor diámetro (1).

Tal vez en algunas baterías más expuestas por su situación á ser atacadas por la gola, convendría que, á parte de las ametralladoras de grueso calibre dirigidas contra el mar, hubiese dos ó tres de calibre de fusil para compensar la escasez ó falta de un destacamento de infantería algo numeroso para protegerla y defenderla contra un asalto á viva fuerza.

Excluyendo los modelos ya anticuados de Montigny, con sus modificaciones, podrían servir para este objeto las ametralladoras Gatling, Gardner, Nordenfelt ó Maxim (2). Las dimensiones y condiciones principales de estas ametralladoras son las que expresa el cuadro siguiente:

SISTEMAS.	Número de cañones	Calibre. Milímetros.	Longitud total del cañón. Milímetros.	Peso del arma. Kilógrs.	Peso de la cureña. Kilógrs.	Condiciones del tiro.			
						Carga de pólvora. Kilógrs.	Peso del proyectil. Kilógrs.	Velocidad inicial. Metros.	Número de tiros por minuto.
Gatling. . . .	10	11	838	201	181	0,005	0,031	416	400
	8	11	838	160	160	0,005	0,024	384	200
Gardner. . . .	1	11	762	33	27	0,005	0,031	416	200
	2	11	762	57	27	0,005	0,031	416	400
Nordenfelt	12	11	685	113	107	0,005	0,025	»	1200
	10	11	685	107	107	0,005	0,025	»	1050
	7	11	685	82	39	0,005	0,025	»	800
	5	11	685	58	39	0,005	0,025	»	700
	3	11	685	25	24	0,005	0,025	»	440
	2	11	685	20	20	0,005	0,025	»	280
Maxim. . . .	1	11	»	»	48,7	0,005	0,025	»	660

(1) No damos los datos numéricos de la ametralladora Maxim, porque no los hemos encontrado en ninguna de las descripciones, ni relaciones de experiencias que hemos podido consultar.

(2) Para la descripción de las tres primeras véase la memoria de López Garvayo, ántes citada.

CAÑONES DE TIRO RÁPIDO. En muchas ocasiones conviene concentrar un fuego muy vivo y eficaz sobre un punto determinado del mar. Por ejemplo, cuando en la defensa de un canal de entrada de un puerto se han establecido obstrucciones pasivas ó minas submarinas, la abertura del paso no se confiaba generalmente á los buques de combate, sino que para este objeto avanzarán algunos cañoneros ó lanchas de vapor, contra los cuales sería excesivo tirar con los gruesos cañones de costa, bastando para destruirlos un fuego de granadas de pequeño calibre, que convendrá que sea muy vivo para obtener prontamente el efecto. También ocurre lo mismo cuando el agresor hace avanzar contra una batería de costa un buque pequeño de gran marcha y facilidad de evoluciones, que moviéndose continuamente se burla de los gruesos y tardos cañones de costa, perjudicando en gran manera á la batería con sus fuegos de fusil y ametralladora. En ambos casos y en otros análogos puede ser muy útil un cañón que lance proyectiles explosivos de uno á dos kilogramos de peso, con gran rapidez; tal es el objeto de los cañones de tiro rápido.

La primera tentativa en este sentido fué el cañón revolver Hotchkiss (1), que en rigor no es mas que una ametralladora de mayor calibre (tiene semejanza con la Gatling), que arroja proyectiles de medio kilogramo. Se intentó aumentar el calibre, pero el arma resultaba pesada, por constar de cinco cañones, y ofrecía algunos otros inconvenientes, de donde resultó que hubo que renunciar á la multiplicidad de cañones, contentarse con uno solo, buscar la rapidez de tiro en la adopción del cartucho metálico completo, como los de fusil, y en la disposición del mecanismo que facilite su manejo, extracción de la vaina, carga y disparo. A un arma así se la llama cañón de tiro rápido.

Los primeros que se presentaron fueron los sistemas Nordenfelt (2) y Hotchkiss; á estos siguió la fábrica Armstrong, presentando un modelo propio, y recientemente han hecho lo mismo las fábricas Krupp y Gruson.

El mecanismo de cierre de los cañones Nordenfelt pertenece á la clase

(1) Véase la memoria de López Garvayo.

(2) Idem id.

que en los fusiles se llama de *rotación retrógrada*; los de Hotchkiss, Gruson y Krupp, son de cuña de movimiento vertical, diferenciándose principalmente en el sistema de dar fuego, y el Armstrong, es de blok descendente.

Empezaron los cañones de tiro rápido con calibres moderados, al rededor de los 4 centímetros, pero despues han ido subiendo á los 5, á los 6 y ya hay algunos que pretenden los haya de 15 centímetros, y que sustituyan por completo á los cañones de costa y marina de calibre medio.

Los proyectiles que pueden dispararse con estas piezas son: la granada ordinaria, la perforante de acero y el bote de metralla en los de pequeño calibre, y en los que pasan de 5 centímetros tambien el shrapnel.

Los montajes apropiados para el servicio de costa y marina (1) son de perno fijo sobre una campana de hierro ó sobre un apoyo formado por varias barras inclinadas (*crinoline*) cuando la velocidad inicial ó el calibre son pequeños; de freno hidráulico cuando el esfuerzo de retroceso es considerable.

En la tabla siguiente se expresan las dimensiones de los cañones de tiro rápido que pueden servir para la defensa de las costas.

(1) Los hay tambien de campaña, montaña y especiales para flanqueo de fosos ó de caponera.

SISTEMAS.	Cañón.			Cureña.		Condiciones del tiro.					
	Calibre. — Milímts	Longi- tud total.	Peso del cañón.	Clases.	Peso. — Kilóg.	Peso de la carga.	Peso de las granadas.	Peso del bote de me- tralla.	Veloci- dad inicial de la grana- da.	Número de tiros por minuto.	
		Milíms	Kilógrs.			Kilógrs.	Kilógrs.	Kilógrs.	Metros.		
Cañones revolver Hotchkiss.	53	1431	1000	Giratoria de perno fijo.	760	0,410	1,63	»	450	40	
	47	1175	575		135	0,200	1,115	»	425	40	
	37	740	210		55	0,080	0,505	»	406	60	
Nordenf. {	de 65	63	2103	356	»	1,484	3,624	»	564	»	
	de 57 pes.	57	2413	330	385	1,333	2,722	3,628	656	30	
	de 57 ord	57	2413	289	Giratoria de freno hidráulico	330	0,879	2,722	3,628	567	30
	de 57 lig.	57	1651	228		279	0,567	2,722	3,628	469	30
	de 49	48,3	2032	228	279	0,907	1,814	2,381	660	30	
	de 47	47	2285	216	265	0,790	1,500	2,154	641	30	
	de 42	41,9	1905	157	Giratoria de perno fijo.	168	0,522	1,134	1,475	614	32
	de 38	38,1	1549	150		156	0,283	0,794	0,997	565	34
de 32	32,2	1147	45	63		0,085	0,404	0,500	452	34	
Hotchkiss.	de 100	100	4410	1000	Giratoria de freno hidráulico	1400	5,700	15	»	600	8 á 10
	de 65	65	3025	600		750	1,650	4	4,225	620	12-15
	de 57	57	2515	370		410	0,850	2,720	3,400	560	16
	de 47	47	2048	230		360	0,750	1,500	1,650	620	18
de 37	37	1695	140	270	0,400	0,850	0,800	620	20		
Armstrong.	de 100 lib	152	»	»	»	»	45	»	»	»	
	de 70	140	4267	»	»	13,6	31,75	»	594	8-14	
	de 36	107	4330	»	»	3,4	16	»	»	10	
	de 30	120	4331	»	»	4,08	13,6	»	579	8-10	
de 6	57	1713	»	»	0,90	2,72	»	503	»		
Krupp.	de 4	40	1600	105	Giratoria de perno fijo.	270	0,40	0,80	»	610	20
	de 5	50	2000	225		350	0,85	1,75	»	610	20
	de 6	60	2400	385	Giratoria de freno hidráulico	450	1,50	3	»	610	20
	de 7½	75	3000	750		700	3	5,85	»	610	20
	de 8½	84	2300	455		»	1,7	7	»	480	22
	de 10½	105	3680	1200		1850	4	16	»	480	15
de 13	130	4550	2500	»	2900	7	30	»	480	12	
Gruson.	de 5,3	53	1302	150	Cúpula acorazada de eclipse	1200	0,365	1,630	1,880	453	12-15
	de 3,7	37	817	37		Cúpula acorazada móvil.	1000	0,080	0,450	0,500	406

En España no está adoptado como reglamentario ningún cañón de tiro rápido, aunque su introducción, especialmente para el servicio de costa, es

urgente (1). Es de esperar que en breve se adopte uno y hay cierta probabilidad de que el elegido sea el Nordenfelt de 57, pesado, pues aunque no se puede considerar prejuizada la cuestión, demuestra cierta preferencia por este modelo, la circunstancia de haberse adquirido (2) dos ejemplares, sin duda para experiencias.

Indicadas en la tabla anterior las dimensiones y condiciones especiales de esta pieza, sólo añadiremos que su proyectil de acero, de 6 libras inglesas de peso, puede perforar, á la distancia de 500 metros, planchas de hierro de 121 milímetros de espesor.

El montaje, de freno hidráulico, consta de una cureña de gualderas triangulares de chapa, que gira al rededor de un perno central, sobre una plataforma circular dentada, que se sujeta fuertemente á la explanada. En las muñoneras de la cureña no entran los muñones del cañón, sino otros al rededor de los cuales gira una robusta y doble palanca de hierro, que en la extremidad superior lleva los muñones de la pieza y en la inferior la extremidad del vástago de un émbolo, que introducido en un cilindro forma freno hidráulico. Para la conservación de la puntería en elevación se forma un paralelogramo articulado entre el cañón, la palanca, una barra que es á la que se dá realmente la inclinación por medio del tornillo de puntería, y una biela que une esta barra al cañón.

(1) Véase *Memorial de Artillería*.—Tomo XVII de la 3.^a série.—Páginas 714 y 715.

(2) La adquisición fué autorizada por Real decreto de 22 de Mayo de 1887.

ACCIÓN MÚTUA

ENTRE

LOS BUQUES Y LAS BATERÍAS DESCUBIERTAS.

I.—LOS BUQUES CONTRA LAS BATERÍAS.



Si un buque acorazado, invulnerable á las piezas que constituyan el armamento de una batería de costa, baja y descubierta, consigue colocarse á una distancia de 1200 á 1500 metros, la superioridad del buque sobre la batería es indudable. Con sus piezas de grueso calibre, disparando granadas, deshará á los pocos disparos grandes trozos de parapeto y ya con los cascos, despues de la explosión, ya directamente con las granadas que choquen contra el material, desmontará las piezas, además de que con las nubes de tierra que levantará la explosión de las granadas que penetren y estallen en el parapeto, se entorpecerán los delicados mecanismos de los montajes de costa.

Pero además del efecto de los cañones gruesos de marina, hay que contar con el no despreciable que contra una batería baja á barbata producirán las piezas de 8 á 15 centímetros disparando granadas y shrapnels, los cañones de tiro rápido coadyuvando al mismo objeto, y las ametralladoras y fusilería de las cofas dominando el adarve de la batería y desalojando de él al personal.

La penetración de las granadas de los cañones gruesos de marina en los parapetos de tierra, es enorme. El cañón Krupp, de 24 centímetros, L/35 C/86, que no es de calibre exagerado (1), da á la distancia de 1200 metros:

(1) La granada cargada del cañón Krupp, de 24 centímetros, L/35, C/86, pesa 215 kilogramos y es disparada con 600 metros de velocidad inicial.

La del cañón inglés, de 10 pulgadas (25 centímetros), de 18 toneladas, de avancarga, pesa 181 kilogramos, y la velocidad inicial es de 416 metros.

En un macizo de arena. 15^m,4 de penetración.

Id de tierra arcillosa.. . . . 30^m,7 id.

El cañón inglés de 10 pulgadas (18 toneladas), de construcción antigua al avancarga (1), á la misma distancia:

En arena.. . . . 7^m,4 de penetración.

En tierra arcillosa. 14^m,6 id.

Si se quisiera oponer un macizo mas resistente, podría recurrirse á construir el parapeto de hormigon, pero las penetraciones á la misma distancia de 1200 metros, son:

Para la granada del cañón Krupp, de 24 centímetros, C/86. 9^m,2

Id. la del cañón inglés de 10 pulgadas. 4^m,4

Teniendo presente que los cañones de mayor calibre que montan muchos barcos, como los Krupp, de 26, 28, 30 y 35 centímetros L/35, los franceses de 34 y 37 centímetros, modelo 1881, y los ingleses modelo 1884, de 12, 13½ y 16 pulgadas, aún darían mayores penetraciones, resulta el hormigón poco ventajoso para la construcción de los parapetos de las baterías de costa, y ménos lo es aún si se consideran los daños que pueden causar los chispazos de piedra que levantará la explosión de los proyectiles.

Aunque para resistir por completo al tiro de los grandes cañones de marina, parece que habría que dar á los parapetos de tierra un espesor muy grande, hay que observar, sin embargo, que las penetraciones experimentadas y calculadas son las que darían proyectiles lastrados, pero que los explosivos revientan mucho antes de completar el camino, y que los proyectiles alargados, al penetrar en macizos de tierra, sufren fuertes desviaciones, y muchas veces, casi siempre, los que penetran por el talud exterior salen por el plano de fuegos, enteros, para reventar en el aire, si el camino recorrido ha sido corto. Si penetran algo mas, estallan en el parapeto y levantan las tierras del embudo, que perjudican en gran manera, como ya hemos dicho, á los delicados mecanismos de los montajes de costa.

(1) La granada cargada del cañón Krupp, de 24 centímetros, L/35, C/86, pesa 215 kilogramos y es disparada con 600 metros de velocidad inicial.

La del cañón inglés, de 10 pulgadas (25 centímetros), de 18 toneladas, de avancarga, pesa 181 kilogramos, y la velocidad inicial es de 416 metros.

La superioridad de los buques sobre las baterías de costa es muy manifiesta, cuando éstas son bajas y descubiertas, ó sea á barbata, y por esta razón se admite que cuando irremediabilmente tengan que ocupar dicha situación, deben en lo posible ser acasamatadas y acorazadas. Pero la superioridad desaparece si la batería es alta, pues si el buque hace fuego desde cerca, no ofende á la batería, que recibe los proyectiles cuando éstos se encuentran en la rama ascendente de su trayectoria, y la mayoría de ellos ó se quedan cortos y dan en la pendiente de la altura, ó pasan altos, no causando tampoco daños de consideración los que consiguen dar en el parapeto. Si el buque se aleja, lo que gana en las condiciones con que llegan los proyectiles á la batería, lo pierde en la disminución de probabilidad de acertar los tiros.

Para que se pueda apreciar mejor la influencia de la altura de las baterías para que el tiro de los cañones de marina sea poco eficaz, la tabla siguiente da las distancias á que debe colocarse el barco para que los proyectiles lleguen horizontalmente, con la inclinación de $\frac{1}{10}$ ó con la de $\frac{1}{6}$. Hemos tomado como tipos dos cañones del mismo calibre próximamente, pero de propiedades opuestas; el uno, ya antiguo (el de 10 pulgadas inglés), tiene el tiro algo curvo; el otro, muy moderno (Krupp de 24 centímetros, C/86), es de tiro muy rasante. Entre ambos están comprendidos casi todos los que llevan los buques actuales.

ALTURA de la batería sobre la pieza que dispara contra ella. — Metros.	CAÑÓN INGLÉS de 10 pulgadas y 18 toneladas.			CAÑÓN KRUPP de 24 centímetros L/35. C/86.		
	Distancia á que hay que colocar el cañón para que el proyectil pase horizon- talmente por la batería. — Metros.	Distancia á que debe colocarse el cañón para que el proyectil llegue á la batería con la inclinación de 1/10. — Metros.	Distancia á que debe colocarse el cañón para que el proyectil llegue á la batería con la inclinación de 1/6. — Metros.	Distancia á que hay que colocar el cañón para que el proyectil pase horizon- talmente por la batería. — Metros.	Distancia á que debe colocarse el cañón para que el proyectil llegue á la batería con la inclinación de 1/10. — Metros.	Distancia á que debe colocarse el cañón para que el proyectil llegue á la batería con la inclinación de 1/6. — Metros.
20	791	2700	3630	1063	4377	5850
30	1001	2742	3667	1280	4425	5887
40	1103	2790	3704	1473	4490	5924
50	1214	2846	3740	1640	4537	5961
60	1305	2888	3779	1761	4570	5999
70	1400	2940	3816	1880	4600	6036
80	1500	3000	3852	1996	4635	6072
90	1590	3045	3886	2109	4660	6105
100	1674	3089	3920	2221	4684	6138
110	1750	3140	3950	2335	4720	6163
120	1840	3185	3980	2444	4760	6191
130	1900	3245	4009	2548	4805	6221
140	1950	3275	4038	2647	4859	6254
150	1992	3314	4066	2740	4913	6274
160	2047	3350	4093	2834	4960	6311
170	2100	3395	4121	2920	5020	6346
180	2153	3440	4147	2998	5065	6378
190	2204	3475	4174	3068	5095	6409
200	2255	3512	4200	3131	5128	6439
210	2305	3550	4225	3163	5160	6460
220	2354	3588	4250	3198	5200	6482
230	2405	3630	4275	3237	5240	6506
240	2448	3674	4300	3278	5275	6531
250	2492	3718	4325	3322	5315	6557
260	2533	3745	4349	3375	5350	6587
270	2573	3775	4374	3428	5388	6618
280	2614	3795	4399	3482	5422	6643
290	2654	3820	4423	3535	5450	6679
300	2695	3844	4448	3588	5491	6709

No debe olvidarse que cuando se trata de baterías situadas á gran altura, para poder tirar á grandes distancias necesitarían los buques elevar sus cañones mas de lo que permitirían las cureñas ó las portas, si están en torres acorazadas ó baterías cubiertas de los reductos. La elevación que permiten los montajes de costa, rara vez excede de 15°, y en la mayoría de los buques

no pasa de 10°. En estas condiciones el tiro contra una batería que esté á mas de 150 metros de altura puede muy bien ser imposible.

Hasta ahora los buques no llevan obuses ni morteros, y por lo tanto no contamos con su efecto sobre las baterías. Los cañones de tiro rápido y las ametralladoras, pueden, como ya se ha dicho, contribuir poderosamente á la superioridad de los buques sobre las baterías bajas descubiertas; pero cuando éstas son altas, el efecto es nulo.

II.—LAS BATERÍAS CONTRA LOS BUQUES.



OR lo que se ha dicho, parece que hay gran ventaja en situar las baterías de costa á bastante altura sobre el nivel del mar, y en efecto, para preservarlas del tiro de los buques, es muy conveniente. En cambio, con la altura aumenta la extensión de la zona en ángulo muerto, que está libre de los fuegos de la batería. Como el radio de esta zona depende no sólo de la altura, sino también del ángulo de depresión que permite el montaje y de las condiciones balísticas de la pieza, en la tabla siguiente se encuentran los que corresponden á las piezas reglamentarias de costa.

Artillería de costa.

Tabla de los espacios muertos que corresponden á las piezas reglamentarias colocadas á diferentes alturas sobre el nivel del mar.

	CAÑÓN Ac. 30 cm Krupp L/35.	CAÑÓN Ac. 26 cm Krupp L/35.	CAÑÓN H.R.S. 30 cm Ordoñez.	CAÑÓN Ac. 30 cm Armstrong.	CAÑÓN Ac. 25 cm Armstrong.	CAÑÓN H.R.S. 24 cm modelo 1884.	CAÑÓN H.R.S. 24 cm modelo 1881.	CAÑÓN H. E. 15 cm Ordoñez.	CAÑÓN H.R.S. 15 cm modelo 1878.	
Datos bali- sticos.	Calibra.. Peso del proyectil Velocidad inicial.. Angulo de depression	0 ^m ,305 455 ^k 525 ^m 6°	0 ^m ,260 275 ^k 530 ^m 6°	0 ^m ,305 380 ^k 500 ^m 5°	0 ^m ,305 317 ^k ,5 471 ^m 7°	0 ^m ,254 181 ^k ,5 518 ^m 4°	0 ^m ,240 144 ^k 470 ^m 5°	0 ^m ,240 144 ^k 405 ^m 4° 30'	0 ^m ,149 51 ^k 510 ^m 6°	0 ^m ,149 28 ^k ,3 475 ^m 11° 30'
COTA de la batería.	Metros.	Metros.	Metros.	Metros.	Metros.	Metros.	Metros.	Metros.	Metros.	
20	184	183	217	158	265	216	229	183	96	
30	271	270	317	233	390	315	326	270	144	
40	358	357	417	306	504	412	422	357	192	
50	441	441	510	380	615	503	518	438	226	
60	523	523	603	450	716	593	610	517	284	
70	605	604	688	518	818	675	686	597	330	
80	682	681	775	587	910	756	762	672	376	
90	759	758	857	657	1002	835	838	747	421	
100	834	833	938	720	1084	915	915	821	465	
110	907	905	1018	786	1165	989	992	892	505	
120	981	977	1097	842	1252	1062	1054	962	553	
130	1049	1045	1176	902	1329	1135	1112	1030	597	
140	1118	1112	1243	962	1406	1200	1171	1094	638	
150	1187	1178	1314	1021	1472	1264	1229	1154	679	
160	1251	1242	1384	1078	1548	1328	1297	1221	721	
170	1314	1305	1453	1135	1618	1392	1345	1282	763	
180	1378	1368	1521	1192	1684	1453	1405	1342	804	
190	1439	1428	1589	1245	1750	1513	1463	1403	840	
200	1500	1488	1654	1299	1814	1573	1520	1457	884	
210	1561	1546	1717	1352	1874	1630	1580	1517	922	
220	1622	1606	1781	1405	1934	1684	1621	1574	961	
230	1678	1662	1842	1455	1994	1740	1664	1628	1000	
240	1735	1717	1901	1504	2059	1794	1708	1683	1037	
250	1792	1773	1961	1554	2117	1845	1752	1736	1074	
260	1847	1828	2019	1604	2176	1895	1796	1790	1112	
270	1903	1879	2076	1651	2234	1945	1839	1841	1149	
280	1958	1932	2131	1697	2314	1996	1884	1892	1186	
290	2012	1983	2187	1746	2371	2043	1928	1943	1222	
300	2064	2039	2241	1793	2430	2090	1972	1994	1257	

Comparando esta tabla con la anterior, se vé que no es grave el inconveniente del espacio muerto, pues los buques que en él se sitúen

para librarse de los fuegos de la batería, no pueden ofenderla con los suyos.

Pero la altura de la batería tiene como consecuencia la de disminuir el efecto de perforación de las corazas. En la tabla siguiente se manifiesta el resultado de un cálculo aproximado que hemos hecho, para apreciar la distancia máxima á que se puede batir con eficacia probable la coraza de flotación de los principales tipos de buques de combate. Hemos tomado como tipos los cuatro siguientes:

1.º—TIPO HÉRCULES. Coraza de flotación de 229 milímetros, de hierro forjado. A este tipo pertenecen los buques de combate ingleses: *Hércules* y *Sultan*; los cruceros acorazados *Shannon*, *Nelson* y *Northampton*, y tambien se le pueden asimilar los buques de reducto *Penélope*, *Audacious*, *Invincible*, *Iron Duke*, *Swiftsure* y *Triumph*, y los guardacostas *Cyclops*, *Gorgon*, *Hecate* é *Hydra*. Alemania: *Preussen*, *Friedrich der Grosse*, y las cañoneras de segunda clase *Wespe*, *Viper*, *Biene*, etc. Italia: *Palestro* y *Principe Amedeo*. Austria: *Custoza*, *Erzherzog Albrecht*, *Don Juan de Austria*, *Kaiser Max*. Portugal: *Vasco de Gama*. Chile: *Almirante Cochrane* y *Blanco Encalada*. Los Estados-Unidos, monitores: *Amphitrite*, *Miantonomoh*, *Monandock* y *Terror*. Francia: *Colbert*, *Friedland*, *Marengo*, *Océan*, *Richelieu*, *Trident*, *Béliér*, *Bouledougne* y *Tigre*.

2.º—TIPO THUNDERER. Coraza de flotación de 305 milímetros, de hierro forjado ó de resistencia equivalente. Inglaterra tiene de este tipo: *Thunderer*, *Devastation*, *Alexandra*, *Superb*, *Orion*, *Belle-Isle*, *Neptun*. Dinamarca: *Helligoland*. Brasil: *Solimoes*, *Javary*, *Riachuelo* y *Aquidaban*. República Argentina: *Almirante Brown*. Rusia: *Pedro el Grande*.

3.º—TIPO ADMIRAL. Coraza de 457 milímetros compound. Los seis buques ingleses que pertenecen realmente á este tipo (1) son: *Colingwood*, *Rodney*, *Howe*, *Benbow*, *Anson* y *Camperdown*; pero se le pueden asimilar por la resistencia el *Inflexible*, *Ajax*, *Agamemnon*, *Colossus* y *Edimburg*, así como el *Victoria* y el *Sans Pareil*, que son un poco ménos resistentes en sus corazas. Italia tiene de resistencia análoga: *Andrea Doria*, *Francesco Moro-*

(1) Porque sus nombres son los de otros tantos almirantes ingleses.

sini y *Ruggiero di Lauria*. Rusia: *Catalina II* y *Sinope*; y Francia: *Hoche*, *Magenta*, *Marceau*, *Neptune* y *Tonnant*.

4.º—TIPO FORMIDABLE. Coraza de acero de 55 milímetros. Pertenecen á este tipo los buques franceses: *Amiral Baudin*, *Formidable*, *Amiral Duperré*, *Caïman*, *Indomptable*, *Requin* y *Terrible*; y los italianos: *Duilio* y *Dandolo*. Se le pueden asimilar los ingleses: *Nile* y *Trafalgar*.

DISTANCIAS hasta las cuales pueden perforar las corazas de flotación de los principales tipos de buques de combate, los cañones de costa reglamentarios, situados en batería á diferentes cotas sobre el nivel del mar.

COTA de la batería sobre el nivel del mar. — Metros.	TIPOS DE LOS BUQUES.	CAÑÓN H. R. E. de 15 centímetros Ordoñez.		CAÑÓN H. R. S. de 24 centímetros modelo 1884.		CAÑÓN H. R. S. de 24 centímetros modelo 1884.		CAÑÓN H. R. S. de 30 centímetros Ordoñez.		CAÑÓN de 25 centímetros Armstrong.		CAÑÓN de 30 centímetros Armstrong.		CAÑÓN de 26 centímetros Krupp.		CAÑÓN de 30 centímetros Krupp C/80.		CAÑÓN de 30 centímetros Krupp C/87.	
		Con la coraza perpendicular al plano de tiro.....	Con la coraza formando ángulo de 60° con el plano de tiro.....	Con la coraza perpendicular al plano de tiro.....	Con la coraza formando ángulo de 60° con el plano de tiro.....	Con la coraza perpendicular al plano de tiro.....	Con la coraza formando ángulo de 60° con el plano de tiro.....	Con la coraza perpendicular al plano de tiro.....	Con la coraza formando ángulo de 60° con el plano de tiro.....	Con la coraza perpendicular al plano de tiro.....	Con la coraza formando ángulo de 60° con el plano de tiro.....	Con la coraza perpendicular al plano de tiro.....	Con la coraza formando ángulo de 60° con el plano de tiro.....	Con la coraza perpendicular al plano de tiro.....	Con la coraza formando ángulo de 60° con el plano de tiro.....	Con la coraza perpendicular al plano de tiro.....	Con la coraza formando ángulo de 60° con el plano de tiro.....	Con la coraza perpendicular al plano de tiro.....	Con la coraza formando ángulo de 60° con el plano de tiro.....
0	Hércules...	350	ninguna	450	ninguna	1700	500	8000	6900	4300	3000	6900	5400	10500	7000	11500	11500	12500	12000
	Thunderer...	ninguna	id.	ninguna	id.	ninguna	ninguna	6500	4200	2700	1500	4900	3200	6500	4100	11500	8500	11100	9000
	Admiral... Formidable.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	1400	1400	450	ninguna	1000	ninguna	2000	100	4300	1700	5900	3600
50	Hércules...	350	id.	450	id.	1700	500	8000	6900	4300	3000	6900	5400	10500	7000	11500	11500	12500	12000
	Thunderer...	ninguna	id.	ninguna	id.	ninguna	ninguna	6500	4200	2700	1500	4900	3200	6500	4100	11500	8500	11100	9000
	Admiral... Formidable.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	1400	1400	ninguna	ninguna	1000	ninguna	2000	ninguna	4300	1700	5900	3600
100	Hércules...	id.	id.	id.	id.	1700	id.	8000	6900	4300	3000	6900	5400	10500	7000	11500	11500	12500	12000
	Thunderer...	id.	id.	id.	id.	ninguna	id.	6500	4200	2700	1500	4900	3200	6500	4100	11500	8500	11100	9000
	Admiral... Formidable.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	1400	1400	ninguna	ninguna	ninguna	ninguna	2000	ninguna	4300	1600	5900	3600
150	Hércules...	id.	id.	id.	id.	1700	id.	8000	6900	4300	2950	6900	5400	10500	7000	11500	11500	12500	12000
	Thunderer...	id.	id.	id.	id.	ninguna	id.	6500	4200	2700	1400	4900	3200	6500	4100	11500	8500	11100	9000
	Admiral... Formidable.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	1300	ninguna	ninguna	ninguna	ninguna	ninguna	1900	ninguna	4300	1500	5900	3500
200	Hércules...	id.	id.	id.	id.	1500	id.	id.	6900	4300	2950	6900	5400	10500	7000	11500	11500	12500	12000
	Thunderer...	id.	id.	id.	id.	ninguna	id.	id.	4200	2700	ninguna	4900	3100	6500	4100	11500	8500	11100	9000
	Admiral... Formidable.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	ninguna	ninguna	id.	ninguna	ninguna	*1900	ninguna	4300	ninguna	5900	3500
250	Hércules...	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	6900	4300	2900	6900	5400	10500	7000	11500	11500	12500	12000
	Thunderer...	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	4200	2650	ninguna	4800	3100	6400	4100	11500	8500	11100	9000
	Admiral... Formidable.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	ninguna	ninguna	id.	ninguna	ninguna	1800	ninguna	4200	ninguna	5900	3400
300	Hércules...	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	6900	4300	2900	6900	5400	10500	7000	11500	11500	12500	12000
	Thunderer...	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	4200	2600	ninguna	4800	3000	6400	4000	11500	8500	11100	9000
	Admiral... Formidable.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	ninguna	ninguna	id.	ninguna	ninguna	1800	ninguna	4200	ninguna	5900	3400

Aunque en absoluto pueda tirarse á perforar con los cañones gruesos contra los acorazados ménos recientes, hasta muy largas distancias, en realidad no debe hacerse mas allá de los 3000 metros; pues en los cortos instantes en que muchas veces se sostiene el combate, importa en gran manera aprovechar los tiros, y la probabilidad de herir al blanco disminuye al aumentar la distancia, como lo prueba el siguiente cuadro de anchura de zonas peligrosas, que hemos calculado para las piezas reglamentarias, situadas en baterías rasantes y para 6 metros de altura del costado de un buque.

DISTANCIAS DE TIRO.	ANCHURA EN METROS DE ZONAS PELIGROSAS EN LAS PIEZAS.						
	Cañón H. R. E. de 15 centrs. Ordoñez.	Cañón H. R. S. de 24 centrs. Mod. 1881.	Cañón H. R. S. de 24 centrs. Mod. 1884.	Cañón H. R. S. de 30 centrs. Ordoñez.	Cañón de 26 centrs. Krupp.	Cañón de 30 centrs. Krupp C/80.	Cañón de 30 centrs. Krupp C/87.
500	540	353	500	545	666	666	775
1000	260	171	231	261	300	353	550
1500	160	107	139	171	187	231	250
2000	111	75	97	120	133	171	179
2500	81	56	72	91	102	143	136
3000	61	44	55	71	81	94	108
3500	50	35	43	58	66	83	86
4000	46	29	35	50	55	71	74
4500	32	24	30	43	46	60	63
5000	27	20	25	35	40	50	56

Por otra parte, hay que tener en cuenta, que contra buques de grandes dimensiones puede admitirse que á 1000 metros, la probabilidad es de 100 por 100; á 2000 metros, es aún de 93 á 95 por 100; pero disminuye á 70 por 100 á los 3000 metros.

Tambien disminuye la probabilidad de acierto en el tiro directo con la altitud de la batería, según puede verse en la siguiente tabla de anchura de zonas peligrosas que corresponden al cañón Krupp, de 30,5 centímetros, para distancias de 1000 á 2000 metros, y altura de 0 á 200 metros.

Distancias de tiro.	Anchura en metros de la zona peligrosa para altitudes de					
	0 metros.	25 metros.	50 metros.	100 metros.	150 metros.	200 metros.
1000	353	143	89	51	35	27
1500	231	139	100	62	46	33
2000	171	125	100	71	55	45

Las baterías perforantes, que en general están destinadas á la defensa de los canales de entrada, deben, por lo tanto, estar bajas, á lo sumo á 50 metros de altura, para poder obtener el mayor efecto contra los acorazados. Su armamento deberá constar de cañones Krupp, de 30 ó 26 centímetros, ú Ordoñez, de 30 centímetros; pues los de menor potencia no resultan suficientemente eficaces.

Como las baterías perforantes son baterías *de flanco*, situadas á uno ó ambos costados del canal que deben recorrer los buques enemigos, conviene saber el tiempo durante el cual estarán éstos bajo la acción de un cañón cuyo campo de tiro sea 90°. La tabla siguiente presenta este dato.

Distancia del camino que recorre el buque á la batería.	Duración del paso á la velocidad			
	De 5 nudos.	De 7 ½ nudos.	De 10 nudos.	De 15 nudos.
500	6' 30"	4' 33"	3' 14"	2' 16"
1000	13'	9' 7"	6' 30"	4' 33"
1500	19' 28"	13' 41"	9' 42"	6' 50"
2000	26'	18' 14"	13' 13"	9' 7"
2500	32' 28"	22' 48"	16' 14"	11' 24"
3000	38' 56"	27' 22"	19' 28"	13' 41"

Los cañones de costa tiran con gran lentitud á causa del peso de los proyectiles y cargas, la necesidad de elevarlos con aparatos especiales y el tiempo que se tarda en ronzar los marcos y en dar la elevación á los cañones. Se admite que el intervalo entre dos disparos consecutivos es de 5' en los cañones de ménos de 24 centímetros, y de 7' á 8' en los de grueso calibre. Suponiendo que el buque pase á 1500 metros, si su velocidad es de 10 nudos, sólo po-

drá recibir dos proyectiles disparados por cada cañón, si éstos se han cargado de antemano. Si la distancia fuese de 500, sólo se podría disparar uno.

Es verdad que el temor de que haya obstrucciones y la supresión del va-lizamiento del paso, hará que si éste es difícil, el buque marche lentamente; pero aún con una velocidad de 5 nudos, sólo podría recibir cuatro proyectiles á lo sumo, á 1500 metros de distancia; y dos, á 500 metros.

Hay otras baterías que no tienen por objeto la defensa de los pasos, sino que sirven para cañonear á distancia á los buques enemigos en cuanto se presenten á tiro, impedir que bombardeen el puerto ó que anclen en alguna ensenada próxima. En estas baterías no puede pretenderse perforar las cora-zas, y no convienen, por lo tanto, los calibres gruesos; basta con los cañones de 15 y 24 centímetros, para batir las partes no acorazadas y causar sérios destrozos en ellas, desmontar las piezas á barbata que hoy se emplean con preferencia (tipo *Admiral*, inglés, acorazados franceses modernos, y tipo Ita-lia), destruir las chimeneas, toldillas, arboladura, abrir grandes boquetes con granadas de fuerte carga explosiva, en la parte de la flotación que no está acorazada en muchos barcos. Para este objeto conviene que las piezas estén altas, para dominar mejor el mar, apreciar más exactamente las distancias y corregir el tiro con más facilidad.

Con las piezas situadas á cierta altura, también se pueden batir las cubier-tas ó puentes de los buques. En la tabla siguiente se encontrarán las distan-cias mínimas á que esto puede hacerse para los cuatro tipos siguientes (1):

1.º—TIPO HÉRCULES. Puentes de muy poco espesor, 10 á 12 milímetros, de hierro. Comprende: *Hércules*, *Sultan*, *Penélope*, *Audacious*, *Invincible*, *Iron Duké*, *Switfsure*, *Triumph*, *Preussen*, *Friedrich der Grosse*, *Wespe*, *Viper*, *Biene*, *Palestro*, *Príncipe Amedeo*, *Vasco de Gama*, *Colbert*, *Fried-land*, *Marengo*, *Océan*, *Richelieu*, *Trident*, *Bélier* *Bouledougue* y *Tigre*.

2.º—TIPO THUNDERER. Puente de 51 milímetros ó algo menos: *Cyclops*,

(1) Nótese que los buques que pertenecen á cada uno de los tipos para la per-foración de puentes, no coinciden con los que se refieren á la perforación de cora-zas; pues algunos pertenecen á uno de ellos por el primer concepto, y á otro distinto, por el segundo.

Gorgon, Hecate, Hydra, Custozza, Erzherzog Albrecht, Don Juan de Austria, Kaiser Max, Duilio, Dandolo, Alexandra, Thunderer, Suberb, Orion, Belle Isle, Neptun, Devastation y Almirante Brown.

3.º—TIPO ADMIRAL. Puente de 76 milímetros: *Shannon, Nelson, Northampton, Almirante Cochrane, Blanco Encalada, Heligoland, Solimoes, Javary, Riachuelo, Aquidaban, Collingwood, Rodney, Howe, Benbow, Anson, Camperdown, Agamemnon, Ajax, Colossus, Edinburg, Inflexible, Victoria, Sans Pareil, Andrea Doria, Francesco Morosini, Ruggiero di Lauria, Catalina II, Sinope, Nile y Trafalgar.*

4.º—TIPO FORMIDABLE. Puente de 80 milímetros: *Formidable, Amiral Duperré, Amiral Baudin, Caïman, Indomptable, Requin, Terrible, Hoche, Magenta, Marceau, Neptune y Tonnant.*

DISTANCIAS desde las cuales pueden perforar las cubiertas acorazadas de los principales tipos de buques de combate, los cañones de costa reglamentarios, situados en baterías á diferentes cotas sobre el nivel del mar.

Cota de la batería sobre el nivel del mar. Mets.	TIPOS DE LOS BUQUES.	CAÑÓN	CAÑÓN	CAÑÓN	CAÑÓN	CAÑÓN	CAÑÓN	CAÑÓN	CAÑÓN	CAÑÓN
		H. R. E. de 15 cents.	H. R. S. de 24 cents.	H. R. S. de 24 cents.	H. R. S. de 30 cents.	de 25 cents.	de 30 cents.	de 26 cents.	de 30 cents.	de 30 cents.
		Ordoñez.	mod. 1881.	mod. 1884.	Ordoñez.	Armstrong	Armstrong	Krupp.	Krupp C/80	Krupp C/87
0	Hércules...	4400	3500	4200	5500	5300	5400	5500	5900	6950
	Thunderer.	ninguna	ninguna	ninguna	8000	ninguna	ninguna	8600	7900	9200
	Admiral...	id.	id.	id.	ninguna	id.	id.	10500	9700	11500
	Formidable	id.	id.	id.	id.	id.	id.	ninguna	10000	12000
50	Hércules...	4160	3400	4000	5000	5200	5300	5500	5800	6900
	Thunderer.	ninguna	ninguna	ninguna	8000	ninguna	ninguna	8600	7800	9100
	Admiral...	id.	id.	id.	ninguna	id.	id.	10500	9600	11500
	Formidable	id.	id.	id.	id.	id.	id.	ninguna	10000	12000
100	Hércules...	3800	3000	3600	id.	id.	id.	id.	ninguna	ninguna
	Thunderer.	ninguna	ninguna	ninguna	id.	id.	id.	id.	id.	id.
	Admiral...	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.
	Formidable	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.
150	Hércules...	3600	1500	3400	id.	id.	id.	id.	id.	id.
	Thunderer.	ninguna	ninguna	ninguna	id.	id.	id.	id.	id.	id.
	Admiral...	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.
	Formidable	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.
200	Hércules...	2500	1500	1500	id.	id.	id.	id.	id.	id.
	Thunderer.	ninguna	ninguna	ninguna	id.	id.	id.	id.	id.	id.
	Admiral...	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.
	Formidable	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.
250	Hércules...	2400	1700	1800	id.	id.	id.	id.	id.	id.
	Thunderer.	ninguna	ninguna	ninguna	id.	id.	id.	id.	id.	id.
	Admiral...	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.
	Formidable	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.
300	Hércules...	2000	2000	2000	id.	id.	id.	id.	id.	id.
	Thunderer.	ninguna	ninguna	ninguna	id.	id.	id.	id.	id.	id.
	Admiral...	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.
	Formidable	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.

Debiendo advertir que, según los datos que hemos podido adquirir, los espesores de blindaje de cubierta existentes en los buques de guerra europeos, guardan en el día la proporción que sigue:

- Sin blindaje ninguno. el 56 por 100
- Con blindaje inferior á 3 centímetros. » 6 » »
- Id. entre 4 y 5 centímetros. » 15 » »
- Id. entre 6 y 8 centímetros. » 22 » »
- Id. entre 8 y 10 centímetros. » 1 » »

De donde se deduce, que aunque sólo las piezas de 26 y 30,5 centímetros son capaces de perforar todos los blindajes adoptados, no por eso es despreciable el efecto sobre las cubiertas de los cañones de 24 y 15 centímetros á largas distancias, con tanta más razón, cuando el puente blindado está generalmente colocado bajo la línea de flotación; y si se consigue que las granadas atraviesen la cubierta superior, no protegida, causarán grandes estragos en los entrepuentes.

Respecto á la probabilidad de acierto en el tiro por sumersión contra las cubiertas dentro de las zonas peligrosas, es fácil ver, comparando la anchura media de un buque con las de dispersión de los cañones Krupp de 26 y 30,5 centímetros, que dichas probabilidades son:

A los 6000 metros	el 25 por 100
» 7000 »	» 18 » »
» 8000 »	» 15 » »
» 9000 »	» 13 » »
» 10000 »	» 11 » »
» 11000 »	» 10 » »

Cantidades no despreciables, máxime cuando para calcularlas hemos supuesto la batería al nivel del mar y el barco presentándose de costado, que son las circunstancias más desfavorables, porque si se supone la primera á cierta elevación y el segundo enfilado, puede deducirse entónces que el tiro por sumersión tiene casi tantas probabilidades de acierto como el directo, á las distancias de combate indicadas.

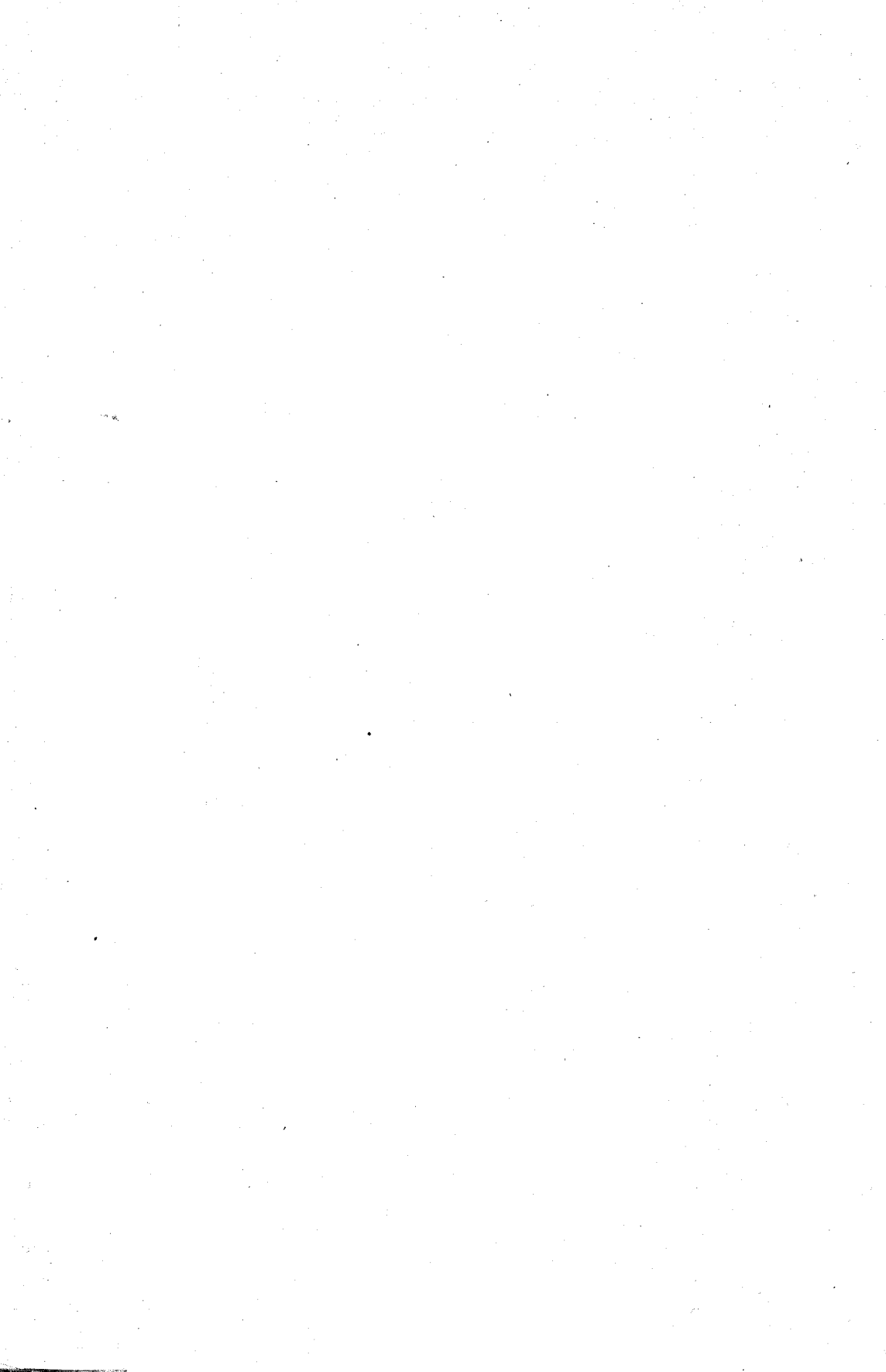
Pero de todos modos, para el tiro contra los puentes es preferible emplear los obuses, y éstos situarlos á la mayor altura posible. No solamente se gana así alcance, sinó que el ángulo de caída aumenta, y tambien la velocidad y la fuerza viva, y por lo tanto el efecto de perforación.

Así, el obús de 24 centímetros, que con la carga máxima y por 45° de elevación da un alcance de 7880 metros, un ángulo de caída de 52° 7' y una perforación de 6,9 centímetros, en plancha de hierro horizontal, cuando está al nivel del mar, si se sitúa á 300 metros de altura, el alcance aumenta en 220 metros, y es por lo tanto de 8100 metros, el ángulo de caída de 54° 4' y puede perforar una plancha de 7,6 centímetros. El aumento de efecto aún sería

mayor si el ángulo de proyección fuese el máximo de 60° , pues se podrían perforar planchas hasta de 10 centímetros, con un ángulo de caída de $67^{\circ} 28'$ y un alcance de 6920 metros.

En cuanto al efecto de los cañones de tiro rápido y ametralladoras, en la defensa de las costas, nada tenemos que añadir á lo que ántes hemos dicho.





BATERÍAS.

I.—SITUACIÓN Y ARMAMENTO DE LAS BATERÍAS DE COSTA.



Las operaciones navales contra las fronteras marítimas pueden tener dos objetos: verificar un desembarco para conquistar una parte del territorio, ó atacar una posición determinada para destruir un establecimiento militar ó comercial.

El oponerse á lo primero, incumbe, principalmente, á las fuerzas móviles de mar y tierra, organizadas y distribuidas convenientemente para acudir con prontitud á los puntos amenazados, gracias á un buen sistema de comunicaciones y telégrafos. El rechazar las agresiones del segundo género, corresponde á la defensa fija por medio de las fortificaciones de costa, las minas submarinas y las obstrucciones de pasos.

Siendo nuestro objeto al escribir estos ligeros apuntes el ocuparnos únicamente de una pequeña parte del sistema defensivo del litoral, cual es el de las baterías descubiertas, nos concretaremos al segundo género de ataque, que es donde tienen verdadera aplicación estas baterías, combinadas con los otros medios de defensa.

De cuatro maneras distintas se puede verificar la agresión contra una posición marítima: por bloqueo, bombardeo, ataque á viva fuerza ó forzando los pasos fortificados; en cada uno, el agresor sigue una marcha distinta, y el defensor subordina á ella su conducta, como vamos á indicar.

En el bloqueo, la escuadra enemiga se mantiene fuera del alcance de los cañones de la defensa, cruzando por delante de la costa para impedir la comunicación de los puertos bloqueados con el exterior y privarlos de toda clase de recursos. La escuadra amiga, en este caso, como inferior en fuerza, permanecerá encerrada dentro de los puertos al amparo de las baterías de la defensa y únicamente podrá intentar sorpresas de torpederos y pequeñas

reacciones ofensivas. El atacante, observando una exquisita vigilancia y manteniéndose fuera de acción de las baterías de tierra, sólo tendrá que temer á los temporales, para guarecerse de los cuales, buscará abrigo en las radas y ensenadas próximas.

El objetivo de la defensa contra el bloqueo debe ser: el mantener todo lo léjos posible los barcos del contrario para proporcionar más libertad de acción á los propios, apoyar á éstos en las salidas y retiradas que verifiquen, é impedir que los buques enemigos se amparen en los abrigos próximos. Para conseguir lo primero, convendrá situar baterías de largo alcance en los puntos más avanzados de la costa, y para llegar á un resultado satisfactorio en lo segundo será necesario organizar otras baterías que batan con fuegos curvos los fondeaderos exteriores.

En el ataque por bombardeo, la escuadra enemiga se sitúa á una distancia de la plaza menor que el alcance de sus cañones y con los mayores ángulos de tiro que permitan sus montajes romper el fuego contra el establecimiento que quiere destruir, sin preocuparse gran cosa de la puntería, puesto que por regla general el blanco es extenso. En estas condiciones el agresor se hallará casi siempre bajo el fuego eficaz de las baterías de costa que hay que aprovechar, aunque para contrarrestarlo destine un cierto número de barcos á distraer la acción de tierra.

La misión, pues, de la defensa contra el bombardeo, estará reducida á mantener alejados los buques enemigos para hacer ménos eficaz el fuego de sus cañones y á rechazar cara á cara el ataque de los barcos destinados á combatir. Para conseguir lo primero, convienen los fuegos por elevación desde baterías avanzadas, y para lo segundo, los directos contra los barcos que se aproximen á las obras.

El ataque marítimo á viva fuerza consiste en entablar la escuadra lucha abierta contra las baterías de la defensa, hasta conseguir su destrucción ó apagar sus fuegos, para luego á mansalva apoderarse del objetivo. Este género de ataque es el más peligroso para los barcos, por lo cual sólo se acude á él cuando la escuadra tiene una gran superioridad moral, cuando los otros medios de ataque son ineficaces ó si el armamento de tierra es débil. De todas maneras, para llevarlo á cabo, la escuadra enemiga se distribuye al frente de

la posición y destina contra cada batería, según su importancia, un cierto número de barcos; de éstos los acorazados los sitúa á la distancia de 4 á 7000 metros, los cañoneros á 2 ó 3000 y las pequeñas embarcaciones las aproxima todo lo posible para buscar los ángulos muertos de las obras. En este orden de colocación, procurando con evoluciones eludir la acción de los proyectiles de la defensa, los acorazados rompen el fuego con sus piezas más potentes contra las baterías de tierra, procurando destruirlas con tiros directos y de sumersión; los cañoneros, con la precisión que permite su menor distancia al blanco, intentan desmontar la artillería y poner á los sirvientes fuera de combate con sus granadas y shrapnels; y las lanchas, con fusilería y cañones de pequeño calibre, molestan continuamente á los defensores y aprovechan la primera ocasión para hacer un desembarco y apoderarse por sorpresa de las obras.

Para rechazar este género de ataque, las baterías de la defensa á su vez empezarán por inutilizar con fuegos de metralla las pequeñas embarcaciones y lanchas tirando con las piezas de menor potencia que posea; se ocuparán despues de los cañoneros de la segunda línea, haciendo fuego con toda clase de piezas, con proyectiles ordinarios ó perforantes, según las condiciones de los barcos; por último, entablarán la lucha con los acorazados, con las piezas y proyectiles más potentes; siendo excusado el decir que estas tres operaciones se llevan á cabo á la vez ó separadamente, según lo exijan las circunstancias, y siempre en combinación con las fuerzas de marina de que se disponga.

En el ataque marítimo á viva fuerza, los barcos tienen de su parte la ventaja de poder concentrar su acción sobre una obra determinada y de eludir hasta cierto punto el efecto de los proyectiles con una continua movilidad; pero en cambio esta misma circunstancia priva á su artillería de acieto (1), así que experimentados marinos recomiendan que los acorazados permanezcan al ancla durante la lucha, en cuyo caso es indudable que las ventajas estarán de parte del defensor, sobre todo á las largas distancias.

(1) El combate de Alejandría y el de Sfax dan mucha luz sobre la falta de precisión en el tiro de la artillería naval. (Véase la obra de Brialmont, *La fortificación del tiempo presente*, tomo II, anexo 1.º)

De estas ligeras consideraciones se deduce: que para la defensa contra un ataque á viva fuerza conviene, como en los casos anteriores, mantener al enemigo á distancia; y para ello ocupar con baterías los puntos avanzados y todos aquellos que con la concentración de fuegos sobre la zona de ataque puedan contribuir á rechazar la agresión; que es igualmente útil diseminar los puntos de resistencia á lo largo de la costa para ponerse en identidad de condiciones que el enemigo; que así como el ataque tiene lugar con distintas embarcaciones y diferentes clases de cañones, la defensa no sólo debe encomendarse á piezas de gran potencia y alcance, sino también á piezas de mediano y menor calibre, pues todas pueden prestar utilidad en la lucha; y por último, que la defensa debe aprovechar sus principales ventajas, que son: la precisión en el tiro de las baterías de fuegos rasantes, y el uso de los fuegos curvos contra las cubiertas para echar á pique las embarcaciones del enemigo.

El cuarto sistema de ataque contra una posición marítima, consiste en aprovechar un descuido del defensor para penetrar en el puerto, y si no existe este descuido, forzar el paso á toda costa, desafiando la acción de las baterías y los obstáculos que la defensa haya organizado. Desde luego se comprende que para que la operación se pueda llevar á cabo, es preciso que la artillería de tierra esté inutilizada, sea de escaso poder ó se halle muy mal servida; es necesario también que exista la seguridad de que una vez ganado el puerto, esos buques se encuentran al abrigo de las obras; y por último, es igualmente indispensable que los obstáculos ó defensas pasivas que cierran los pasos se puedan destruir ó evitar, pues de no concurrir todas estas circunstancias, la situación del agresor no puede ménos de ser muy comprometida. La marcha ordinaria en un ataque de este género consiste: primero, en apagar los fuegos de las obras que guardan el paso, batiéndolas desde léjos con barcos y cañones poderosos; despues en destacar pequeñas naves para levantar los torpedos, cortar los conductores ó hacer saltar los obstáculos; y por último, en enfilear el canal y cruzarlo á todo vapor, despreciando el fuego que conserven las baterías, sin contestarle más que con las ametralladoras de las cofas.

La misión de la defensa será en este caso: oponerse al ataque preliminar por medio de baterías avanzadas, capaces de combatir con los acorazados y

mantenerlos á distancia; defender los canales de entrada con baterías de frente, flanco y revés, de suficiente potencia para echar á pique los buques que penetren; obstruir los pasos con torpedos, cadenas, estacadas, pilotes y otras defensas pasivas, flanqueadas desde la orilla, para impedir que el enemigo levante ó inutilice los obstáculos; y organizar la defensa interior del puerto ó posición de que se trata contra los últimos ataques.

De las consideraciones que preceden acerca del ataque y defensa de una posición marítima, se deduce que, sea cualquiera el género de agresión que el enemigo adopte, le conviene á la defensa, para rechazarlo, tener organizadas baterías de las cuatro clases siguientes:

- 1.^a Baterías para el combate lejano.
- 2.^a Id. para la lucha próxima.
- 3.^a Id. para la defensa de canales ó pasos.
- 4.^a Id. para la defensa interior del puerto.

Las baterías de la defensa lejana, como queda dicho, tienen por objeto mantener al enemigo á distancia y luchar con los grandes acorazados; para satisfacer el primer objeto, no cabe duda en que se las debe situar en las puntas ó salientes más avanzados de la costa, á fin de descubrir más horizonte, y no limitar su acción á un espacio reducido de tiempo, como sucede en las baterías de rotura; y para llenar el segundo, como á la distancia á que han de combatir con el enemigo es una ilusión pretender la perforación de la coraza del costado, sólo se debe aspirar, con su armamento, á herir por la cubierta á los barcos, y con su situación, á compensar la desventaja numérica por la bondad del emplazamiento. En este segundo concepto, parece que las indicadas baterías de lucha lejana se deben colocar á bastante altura, porque, como hemos visto, tanto el fuego de sumersión como el vertical ganan en eficacia y acierto con la altitud y ésta contribuye á la seguridad de la defensa. Respecto al armamento que conviene á esta clase de obras, todos los autores están conformes en que debe ser: un corto número de cañones de grueso calibre para accionar contra las cubiertas blindadas de los buques más protegidos, como los del tipo *Admiral* y *Formidable*; un número mayor de cañones de mediano calibre, 15 y 24 centímetros, para batir con tiros de sumersión los buques protegidos de los tipos *Hércules* y *Thunderer* y los de cubierta

de madera; y un gran número de obuses y morteros de grueso calibre, 24, 28 y 30,5 centímetros, para ofender con fuegos verticales á toda clase de barcos.

El objeto de las baterías de defensa próxima, como ya se ha indicado, es combatir á corta distancia con los buques que se aproximen á la costa ó penetren en la bahía; para llenar su misión táctica y quedar en igualdad de condiciones en la lucha con los barcos, esta clase de baterías deben distribuirse en el perímetro de la costa. Un detenido reconocimiento de la posición, el sondaje de la bahía y la representación gráfica del derrotero de los buques sobre el plano, dará á conocer al ingeniero la situación más conveniente para concentrar el fuego de estas baterías sobre la zona de ataque, batir los ángulos muertos, vigilar los puntos en que pueden verificarse desembarcos, dominar las pequeñas ensenadas y coger de flanco á los barcos que traten de penetrar en los canales. Como, por regla general, el campo de acción de las baterías de defensa próxima es más limitado que el de las de lucha lejana, existirá más libertad en la elección de emplazamiento, no habrá necesidad de colocarlas precisamente en los salientes y con más facilidad que en aquéllas se podrán evitar las enfilaciones.

En cuanto al armamento que corresponde á esta segunda clase de baterías, es evidente que debe ser de cañones, pues á la distancia á que han de combatir con los buques, serían de poco efecto los fuegos curvos y sí puede aspirarse á la perforación de las corazas con tiros directos. En este concepto parece á primera vista que las piezas de grueso calibre serían las mejores; pero si se atiende á la rapidez en los movimientos del enemigo y á las diversas clases de buques que ha de emplear, se vé que no sólo conviene armar con grandes cañones las baterías de combate cercano, sino con cañones de todas clases, desde los más potentes á los más ligeros, pues todos tendrán útil aplicación en la lucha si se combinan con acierto.

Como ya hemos indicado, el principio que debe presidir en el plan de la defensa próxima y en la distribución del artillado, es la diseminación de piezas, para concentrar sus fuegos con las menores probalidades de ser ofendido; mas esto no quiere decir que todas las piezas se hayan de colocar aisladas en diferentes sitios; por el contrario, ninguna batería de esta clase debe

armarse con ménos de dos piezas, ni tampoco exceder de seis; y creemos que debe procurarse agrupar los cañones de igual calibre, para facilitar el servicio de municiones y la corrección del tiro, sin perjuicio de acompañar siempre á las grandes piezas con otras más ligeras y cañones de tiro rápido, con objeto de oponerse á los desembarcos y luchar con las ametralladoras del enemigo.

La tercera clase de baterías, ó sean las destinadas á la defensa directa de los pasos ó canales, tienen condiciones especiales; por regla general estas obras no entran en acción mas que un corto espacio de tiempo, que debe aprovecharse, y no están llamadas á sostener un largo cañoneo con el enemigo; así que deben colocarse en puntos en que estando resguardadas puedan ofender con más seguridad y durante el mayor tiempo posible. La situación más conveniente para las baterías de pasos es en los recodos, enfilando los tramos más largos del canal para poder utilizar varios disparos sin necesidad de variar la puntería; cogiendo de flanco al buque á muy corta distancia en el momento en que amengua su velocidad para cambiar de dirección; y persiguiéndolo despues con fuegos de revés si ha logrado salvarse de los tiros perforantes.

Debiendo, pues, cumplir con esta triple misión las baterías de pasos, un solo emplazamiento satisfará á veces, pero otras muchas será preciso escoger dos ó más para evitar el peligro de que con una gran velocidad se eluda la acción de estas baterías: la configuración y demás circunstancias del canal decidirá sobre este punto.

El armamento de las baterías que nos ocupan está en relación con su objetivo; como éste es echar á pique los barcos que traten de atravesar el canal, las piezas que corresponden son cañones: su calibre lo determinarán las distancias de tiro, la clase de barcos que puedan cruzar y la rapidez de su marcha, pues no debe olvidarse, como digimos en la página 86, la lentitud con que hacen fuego las grandes piezas. De todas maneras, parece que las condiciones esenciales en esta clase de baterías son: emplazamiento rasante, para mayor seguridad de acierto á corta distancia; protección eficaz al material y sirvientes, para conservarlo hasta el último momento; armamento poderoso, para atavesar toda clase de corazas á la distancia del paso; y otro armamento

más ligero, para impedir los reconocimientos del enemigo y multiplicar el fuego de la obra.

Pocas reglas generales se puedan dar con respecto á las baterías de la defensa interior de puertos, pues variarán hasta lo infinito con las circunstancias especiales de la localidad; unas veces tendrán buena colocación en los morros de los muelles para cerrar la entrada de las dársenas; otras convendrá colocarlas en el recinto de la plaza, batiendo los fondeaderos; y otras se emplazarán á los costados para converger los fuegos sobre el frente. De todos modos, como esta clase de obras juegan en la defensa marítima el mismo papel que los reductos interiores en la defensa terrestre, su emplazamiento debe cumplir con las condiciones siguientes: 1.^a, batir la desembocadura del canal de entrada; 2.^a, dominar todos los fondeaderos de la bahía; 3.^a, cerrar el paso á las dársenas; y 4.^a, impedir los desembarcos. Satisfaciendo estas cuatro condiciones, se elegirá la situación de las baterías, procurando al mismo tiempo que queden bajo la protección de los fuegos del recinto de la plaza, si axiste, y si no al amparo de los fuertes de tierra que constituyan la defensa de la posición.

La dotación de armamento de las baterías de defensa interior no necesita ser tan poderoso como el de las obras avanzadas; su acción será de escaso resultado si las otras nada han conseguido; así que para artillar estas baterías se destinan generalmente las piezas más antiguas y ménos potentes y en ellas tendrán útil aplicación los cañones de hierro y bronce de 16 centímetros, los obuses lisos de 21 centímetros y los rayados del mismo calibre, situando estos últimos en los fuertes terrestres ó alturas retiradas, para aumentar su efecto con las distancias de tiro.

Indicado ya el plan general de defensa de una posición marítima, la situación aproximada que conviene para las diferentes baterías y la distribución de las piezas, daremos algunas reglas para la elección de los emplazamientos.

Desde luego, la altitud de cada batería sobre el mar debe ser la que corresponda al mayor efecto útil de las piezas, según la clase de fuego que han de hacer.

Las baterías á barbeta armadas con cañones de grueso calibre destinados

al tiro directo, no deben nunca colocarse á ménos de 15 metros de cota, porque á otra inferior quedarían dominadas por las ametralladoras de las cofas y el servicio de los artilleros se vería muy comprometido. Tampoco debe traspasarse en estas baterías el límite superior de 50 metros de altura, pues aunque es verdad que á mayores cotas puede esperarse la perforación de corazas, la probabilidad de acierto en el tiro directo disminuye con el aumento de altitud: y la seguridad de poder perforar la cubierta con el fuego de sumersión á largas distancias, también desaparece, según se observa en el cuadro de la página 89.

En las baterías para cañones de mediano calibre, Ordoñez de 15 centímetros y H. R. S. de 24 centímetros, examinando las tablas de perforaciones y zonas peligrosas páginas 84, 89 y 85, veremos que para el fuego sobre cubiertas convienen grandes altitudes, que para el tiro directo tampoco hay inconveniente en aumentar la cota, y como con ello se obtiene mayor protección, compensando en parte la debilidad de la pieza, deduciremos que los indicados cañones se deben colocar para el combate lejano en altitudes lo más elevadas posible, para el combate próximo entre 50 y 100 metros de cota, y únicamente para la defensa de estrechos pasos es donde pueden instalarse á menor altura, sin descender nunca de 15 metros cuando la batería sea descubierta.

Respecto á los obuses y morteros, ya hemos dicho, al tratar de la acción de las baterías contra los buques, que su efecto aumentaba con la altitud y la distancia; por consiguiente, es inútil repetir que deben instalarse á la mayor elevación posible y que en determinados casos convendrá retirar la batería al interior, para que la zona marítima aproximada quede comprendida en la de acción eficaz de las piezas.

Resumiendo, podemos, pues, establecer, respecto á altitudes, las siguientes reglas:

<i>Baterías armadas con cañones de grueso calibre. . .</i>	}	Límites de altitud que no conviene traspasar mas que en casos excepcionales, inferior 15 metros, superior 50 metros. Altura media mas conveniente, 30 metros.
--	---	--

<i>Baterías armadas con cañones de mediano calibre.</i>	}	Límite inferior de altura, 15 metros.
		Id. superior para defensa próxima, 50 metros.
		Id. inferior y superior respectivamente para defensa lejana, 50 y 200 metros.
<i>Baterías armadas con obuses y morteros.</i>	}	Límite inferior, 30 metros, para que en manera alguna puedan dominarla las ametralladoras de los buques.
		Límite superior, indefinido, lo que permita el terreno.

Una vez determinada por los estudios preliminares la situación aproximada de cada batería y el número y clase de piezas que ha de montar, según su misión en la defensa, se practica un detenido reconocimiento en la localidad, para fijar el emplazamiento más conveniente dentro de los límites de altitud que acabamos de indicar. Con este objeto se debe tener presente:

- 1.º Que no conviene que la obra se destaque sobre el horizonte, porque su silueta serviría de punto de referencia para dirigir el tiro.
- 2.º Que deben evitarse los escarpados próximos á la espalda, por los chispazos que levantarían los proyectiles al chocar en ellos.
- 3.º Que por la misma razón tampoco convienen delante de terrenos de roca descubierta.
- 4.º Que los mejores emplazamientos para las baterías, son ciertas mesetas que á veces se presentan á media ladera con pendiente dulce y aún mejor si tienen alguna inclinación al interior, porque facilitarán la desenfilada.
- 5.º Que los emplazamientos de las cumbres para baterías de fuegos curvos deben retirarse un poco, con objeto de desorientar al enemigo sobre la verdadera posición de la obra.
- Y 6.º Que con la nueva organización y detalles que exigen las modernas baterías se necesitan para cada pieza 50 metros en sentido de la magistral y 40 metros de fondo.

II.—ORGANIZACIÓN Y PERFIL DE LAS BATERÍAS DE COSTA.



La importancia que ha adquirido la artillería de grueso calibre para luchar con los poderosos acorazados de la marina; el delicado mecanismo de sus montajes, que obliga ahora más que nunca á protegerlo de los tiros del enemigo; el excesivo peso de los proyectiles, que exige para su manejo y transporte aparatos y máquinas especiales; y por último, el gasto que representan las modernas piezas, que aconseja sacar de un corto número de ellas el mejor partido posible, son causa de que en el día se organicen las baterías de costa de un modo mucho más perfecto que lo eran ántes.

En nada ha variado, sin embargo, la traza de estas obras, que sigue siendo sencilla y arreglada á las condiciones locales y sector que deben batir. Generalmente la magistral se desarrolla en una sola línea, con ó sin flancos; lo cual no impide quebrar el parapeto y adoptar distintos planos de situación para ajustarse á las sinuosidades del terreno.

El talud interior del parapeto delante de cada pieza, se traza en arco de círculo ó en ángulo, según que el montaje sea de giro central ó adelantado, con cuya disposición se consigne mayor protección de la masa cubridora.

En las nuevas baterías á barbeta cada pieza se coloca entre dos traveses de suficiente espesor y altura para cubrirlas de los fuegos de enfilada y al sesgo, que son los más peligrosos por la probabilidad que tienen de poner con un solo disparo bien dirigido varias piezas fuera de combate.

La forma de los traveses varía con el ángulo del sector de ataque: si éste es reducido, se construyen en diagonal; si los tiros sólo pueden llegar por un costado, se organizan sencillos ó de flanco; y si el fuego lo pueden recibir por

los lados con mayor oblicuidad, se disponen dobles y perpendiculares, que es el caso más general para las baterías de frente. De todos modos, la masa cubridora debè avanzar sobre el declivio del parapeto, pero sin privar á los cañones del campo de tiro que necesitan.

Los traveses pueden ser macizos ó huecos: en ambos casos con taludes suaves y sin aristas pronunciadas, pues interesa en sumo grado disimularlos y que se confundan con las ondulaciones naturales del terreno para que á largas distancias no aparezcan como grandes cañoneras, que acusen la situación de las piezas.

Hasta el empleo de los grandes cañones en la marina, se consideraba que un espesor de 4 á 5 metros en la cresta de un través, era suficiente para asegurar el material de los fuegos de enfilada; pero hoy día, teniendo en cuenta las grandes penetraciones de los proyectiles, creemos que no debe bajar dicho espesor de 10 metros. Respecto á su altura, ahora como ántes, se ajusta á la desenfilada: para calcularla no hay más que analizar la dirección de dónde puede venir el fuego, la distancia á que puede situarse el barco enemigo, y la altitud de la obra; de estos datos se deducirá el ángulo máximo de caída de los proyectiles y con él la altura que debe darse á los traveses para cubrir á los cañones y artilleros.

Para proporcionar espacios cubiertos y reducir el cubo de tierras que exigen los traveses, generalmente se construyen huecos. En este caso, la masa cubridora de tierra debe presentar á los proyectiles un espesor de 8 á 10 metros, por lo ménos, en dirección del tiro directo, y de 3 á 3^m,50 en sentido vertical sobre las bóvedas.

La inmensa cantidad de pólvora que consumen los disparos, la facilidad con que esta materia explosiva se estropea, la variedad de proyectiles que ahora se usan y las exageradas dimensiones y pesos que han adquirido, obligan á organizar el servicio de municiones de las modernas baterías de costa con suma perfección, para evitar deterioros y confusiones.

Cuando las baterías forman parte de un recinto fortificado, claro está que sus almacenes de municiones pueden establecerse en los generales de la plaza, porque las distancias de transporte serán pequeñas y el servicio quedará asegurado; pero si las baterías, como sucede en la generalidad de los casos, se

encuentran aisladas, no habrá más remedio que dotarlas de otros almacenes particulares, situados en la misma obra ó á su inmediación, con suficiente número de locales para establecer la debida separación por calibres y pólvoras.

Siempre que sea posible, los almacenes particulares de batería se ocultarán á las vistas y fuegos del enemigo, aprovechando las depresiones del terreno, con lo cual no habrá necesidad de construirlos á prueba y reunirán mejores condiciones de conservación; pero si por las circunstancias locales no se puede alcanzar la desfilada natural, no habrá más remedio que organizarlos á prueba, bien subterráneos, bien cubiertos de espesas bóvedas y gruesos macizos de tierra. En este caso caben varias combinaciones; unas veces se sitúan en la gola formando cuerpo independiente de la batería, otras al costado más protegido, debajo del través extremo, y otras al amparo de los mismos parapetos y traveses, á un nivel inferior al de las explanadas. De las tres disposiciones, no admite duda que la tercera es la más peligrosa por las contingencias de una explosión, así que sólo se apela á ella cuando lo reducido del emplazamiento no permite aislar los almacenes.

Además de los almacenes particulares para el consumo diario de municiones, se disponen en las baterías los llamados repuestos, que deben ser individuales por pieza ó á lo más uno para dos contiguas, si son de igual calibre.

Estos repuestos es preciso que estén muy inmediatos á la pieza á que sirven para facilitar el transporte de los disparos, y además que estén contruidos á prueba de toda clase de proyectiles. Generalmente se sitúan debajo de los traveses y en comunicación directa con las explanadas.

Como el servicio de las piezas modernas obliga al empleo de máquinas y otros efectos, se hace igualmente indispensable que en las baterías se dispongan otros locales adecuados para conservar estas máquinas, así como los juegos de armas, los accesorios y los respetos, en condiciones convenientes.

El gran número de sirvientes que constituyen la dotación de las nuevas baterías de costa y la necesidad de que en caso de guerra permanezcan los artilleros á la inmediación de sus piezas, exige también disponer alojamientos ó cuartelillos al abrigo de los proyectiles enemigos y en las mejores condiciones de comodidad é higiene conciliables con la economía. Los alojamientos pueden situarse debajo del terraplen general de la obra, con salida

directa al camino de servicio, ó cerrando la gola á manera de cuartel defensivo. La primera disposición tiene ventajas económicas cuando las circunstancias de localidad obligan á elevar el plano de situación, y aunque algunos le atribuyen el inconveniente de ser molesta para el soldado que se dedica al descanso en los momentos del combate, no debe darse gran importancia á esto, pues ni en las baterías de costa la lucha es prolongada, ni por regla general se mantiene durante la noche, y en cambio, la ventaja de tener al artillero muy cerca del cañón es inapreciable en ciertos casos. La segunda disposición se aplica siempre que conviene defender la gola contra un ataque por tierra.

La organización de alojamientos, como es natural, lleva consigo la construcción de cocinas, excusados, almacenes de víveres, aljibes y hasta disponer una pequeña enfermería para el socorro de los heridos, pues, por regla general, la distancia de la batería al hospital de sangre hará imposible el transporte de los inutilizados en los momentos del combate.

En tiempo de paz, nunca estará en la obra el completo de su guarnición, pero sí se conservará una guardia ó pequeño destacamento para custodiar el valioso material que encierra: esta fuerza se alojará en el cuartelillo ó en el cuerpo de guardia de la gola si lo hubiese.

El fuego de los shrapnels y el de las ametralladoras de las cofas, hace en momentos dados imposible la permanencia de los sirvientes en los terraplenes de las baterías descubiertas; para que éstos tengan donde guarecerse, se disponen pequeños abrigos abovedados en el macizo de los parapetos ó en los flancos de los traveses. Con el mismo objeto suelen practicarse pequeñas trincheras á los lados de las explanadas ó al pié del parapeto circular en los montajes de giro central, las cuales se dejan descubiertas ó se cierran con un ligero blindaje capaz de resistir á dicha clase de proyectiles.

Uno de los factores más interesante para el éxito de la defensa en las baterías de costa, es el conocimiento exacto de la posición del buque enemigo, tanto en distancia como en desviación, cuando está marchando; para apreciar ambos elementos hay necesidad de organizar observatorios. La disposición de éstos varía con la clase de aparatos que se vayan á instalar, pero de todas maneras deben ser dobles y situados uno á cada lado de la batería para

que pueda utilizarse siempre el de barlovento; conviene también que se hallen en lo posible al abrigo de los proyectiles y que desde ellos se domine toda la zona marítima que hay que batir.

Para comunicar con las demás baterías, con los almacenes generales y con el núcleo de la defensa, para iluminar las avenidas de la obra y dirigir el fuego durante la noche, y para proporcionar luz á los muchos locales cubiertos que no pueden tenerla directa, es indispensable también que en las baterías de costa se disponga de telégrafos, teléfonos, aparatos de señales, generadores de electricidad, proyectores de luz eléctrica y lámparas de iluminación, como diremos en detalle más adelante.

La existencia del foso como obstáculo pasivo para la defensa de las baterías de costa contra un ataque terrestre, depende de la situación de estas obras y de que se pueda ó no temer un desembarco próximo. Si la batería está apoyada por otras obras ó trincheras, se debe suprimir el foso ó reemplazarle por una verja ó empalizada para que en tiempo de paz no se penetre en su recinto. Si por el contrario, es de temer un ataque repentino, se toman las mismas precauciones que en los fuertes de tierra, rodeando la obra con fosos flanqueados por caponeras ó cofres, solamente que como los ataques á que se pueden ver expuestas las baterías de costa no son de gran importancia, ni habrá que dar al foso un exagerado perfil, ni las obras flanqueantes tienen que tener gran desarrollo, y un simple muro aspillerado ó una ametralladora por foso bastará para asegurar su defensa en la mayoría de los casos.

En nuestro concepto, cuando las baterías de costa están próximas unas á otras, su enlace con una trincheta de fusilería, que puede seguir la cuneta del camino de armamento, prestará un excelente servicio contra los desembarcos.

Las comunicaciones, tanto interiores como exteriores de las baterías de costa, merecen en el día una especial atención por su importancia en las operaciones de armamento y para facilitar el servicio de municiones. Desde luego, los almacenes particulares de batería deben quedar unidos con los repuestos por medio de un camino perfectamente desfilado para que la comunicación no se interrumpa durante la lucha. Los repuestos, á su vez, deben comunicar á cubierto de los proyectiles con las explanadas, á nivel, por rampas ó con montacargas, según los casos; desde los alojamientos y abrigos

de los sirvientes se debe también poder comunicar por pasos abovedados, rampas ó escalerillas, con los terraplenes y repuestos; por último, la batería quedará unida á la red general de comunicaciones de la posición con un camino ordinario, que será el de armamento, construido en las condiciones que exijan los medios de locomoción que se empleen.

Indicadas ya las modificaciones que ha sufrido la organización general de las baterías de costa descubiertas, pasaremos ahora á ocuparnos de las que ha experimentado el perfil, á causa del mayor alcance, precisión y fuerza viva de los proyectiles en uso.

La masa cubridora tiene que formar un macizo de suficiente espesor y altura, para que queden protegidos los sirvientes y el material de la defensa. En este concepto, el parapeto debe resistir el choque de los proyectiles más potentes de la artillería naval tirados á la distancia mínima de combate, para que no pueda nunca ser atravesado por ellos ni la explosión de los cargados pueda abrir brecha en el revestimiento interior.

Para llenar ambas condiciones, es preciso que el espesor que se asigne al parapeto en la cresta sea superior, por lo ménos, en 2 metros á la penetración que corresponde al proyectil en la materia de que está formado el espaldón, á la distancia de tiro según la altitud de la batería.

Esta penetración puede calcularse por una de las dos fórmulas siguientes:

$$1.ª \quad X = \frac{K \cdot p \cdot V^2}{\pi \cdot r^2 \cdot U^2}.$$

$$2.ª \quad X' = N \cdot \frac{p}{c} \cdot \log. (1 + b v^2).$$

En las cuales son:

X y X' las penetraciones en metros.

p el peso del proyectil en kilogramos.

V la velocidad remanente en metros en el momento del choque.

r el radio del proyectil en centímetros.

c el calibre de la pieza en centímetros.

$\pi = 3,14$ la relación de la circunferencia al diámetro.

K, U, N y b coeficientes, función de la naturaleza del medio resistente, cuyos valores se expresan en la siguiente tabla:

NATURALEZA DEL PARAPETO.	K.	U.	N.	b.
Arena mezclada con grava.	0,796	71	5,60	0,00008
Tierra vegetal removida.	1,166	71	»	»
Id. id. asentada.	1,856	129	13,50	0,00006
Tierra arcillosa mezclada con arena.	2,112	169	»	»
Id. id. humedecida.	3,669	112	37,50	0,00002
Mampostería de buena calidad. . . .	6,63	258	0,181	0,000015
Id. de mediana calidad.	8,30	258	0,249	0,000015
Id. de ladrillo.	11,60	258	0,316	0,000015
Hormigón hidráulico.	8,84	258	0,230	0,000015

Aplicando las fórmulas anteriores al cañón Krupp de 30,5 centímetros, de 35 calibres de longitud, con proyectil de 455 kilogramos de peso y 531 metros de velocidad remanente á la distancia de 1000 metros, nos darán los siguientes valores para penetraciones en tierras vegetales, areniscas y arcillosas:

NATURALEZA DEL PARAPETO.	PENETRACIONES.	
	Primera fórmula.	Segunda fórmula.
Tierra vegetal.	19,52	25,12
Tierra arenisca.	27,88	27,05
Tierra arcillosa.	55,56	59,02

En la práctica, sin embargo, no hay necesidad de llegar á tan considerables espesores, porque rara vez un barco se aventurará á aproximar á 1000 metros de una batería, sobre todo si está armada con piezas de grueso calibre, y además, porque el proyectil, al penetrar en el parapeto por el talud exterior, tiende á desviarse y á salir por el declivio si va en una dirección horizontal ó ascendente y si llega en sentido descendente se entierra sin alcanzar al revestimiento interior. En este concepto, creemos que para asegurar por completo el material de defensa de los tiros directos, basta dar al parapeto un espesor de 16 á 20 metros, ó mejor el que corresponde para que la arista exterior del declivio quede de nivel con la explanada de la batería, procurando no emplear en la construcción en ningun caso tierras arcillosas.

Cuando por circunstancias especiales no se pueda llegar á este espesor, se suplirá su deficiencia con un material más resistente, como la mampostería ó el hormigón. Lo mejor será, siempre que las condiciones locales lo permitan, tallar el parapeto en el mismo terreno natural, pues sobre ofrecer más resistencia por estar formado con tierras vírgenes, quedará más disimulada la obra, sobre todo si se planta en el declivio arboleda ó arbustos.

La altura de rodillera en los parapetos de las baterías de costa, se calcula por la que corresponda al montaje de las piezas y al ángulo de depresión en el tiro, según la altitud de la obra y la zona marítima que hay que batir.

Para determinarla, puede emplearse la siguiente fórmula:

$$H = h - (a + r) \operatorname{tang.} \varphi - d + r \cdot \operatorname{sen.} \theta,$$

en la cual representan:

H la altura de rodillera.

h la altura del eje de muñones sobre la explanada.

a la distancia de este eje al parapeto cuando la pieza está en batería.

r el retroceso máximo.

d el semidiámetro del cañón en la parte correspondiente á la cresta del parapeto.

φ el ángulo máximo de depresión en el tiro.

θ el ángulo de inclinación del marco explanada.

Calculando las alturas de rodillera para la depresión máxima de nuestras piezas modernas reglamentarias, se halla:

Cañón Krupp de 30,5 cmts., giro adelantado.	1 ^m ,860
Id. Krupp de 30,5 cmts., giro central.. . . .	2 ^m ,050
Id. Krupp de 26 cmts., giro adelantado.	1 ^m ,900
Id. Ordoñez de 30,5 cmts., giro central.. . . .	1 ^m ,900
Id. H. R. y S. de 24 cmts., modelo 1884, giro adelantado. . . .	1 ^m ,840
Id. H. R. y S. de 24 cmts., modelo 1884, giro central.	2 ^m ,050
Id. H. R. y S. de 24 cmts., modelo 1881, giro adelantado. . . .	1 ^m ,650
Id. H. R. y E. de 15 cmts., sistema Ordoñez, giro adelantado. .	1 ^m ,795
Id. H. R. y S. de 15 cmts., modelo 1878, giro adelantado.. . . .	1 ^m ,700

La inclinación del declivio depende, como es natural, del ángulo de depresión que permita el montaje ó con que se haya de hacer fuego siempre

que sea posible, como sucede en las baterías rasantes, debe suprimirse esta inclinación porque debilita la resistencia del parapeto en la cresta. En las baterías altas en que haya necesidad de tirar con la máxima depresión, se adoptarán para pendientes del declivio las que siguen:

	<u>Inclinación por metro.</u>
Cañón Krupp de 30,5 centímetros, giro adelantado.	0,105
Id. Krupp de 30,5 centímetros, giro central.	0,070
Id. Krupp de 26 centímetros, giro adelantado.	0,105
Id. Ordoñez de 30,5 centímetros, giro central.	0,088
Id. H. R. y S. de 24 centímetros, modelo 1884, giro adelantado.	0,088
Id. H. R. y S. de 24 centímetros, modelo 1884, giro central.	0,105
Id. H. R. y S. de 24 centímetros, modelo 1881, giro adelantado.	0,079
Id. H. R. y E. de 15 centímetros, sistema Ordoñez, giro adelantado.	0,105
Id. H. R. y S. de 15 centímetros, modelo 1878, giro adelantado.	0,088

El talud exterior del parapeto debe dejarse con la inclinación que permitan las tierras, ó algo más dulcificado para evitar los desprendimientos, cubriéndolo como el declivio con plantaciones.

El muro de escarpa, por regla general, puede y debe suprimirse en esta clase de obras, sobre todo en las que se hallan muy descubiertas, pues pronto se vería destruido por los proyectiles del enemigo; pero sí conviene conservar para ganar espacio en el terraplen de defensa, el revestimiento interior del parapeto, dejándolo medio metro más bajo que la cresta, á fin de evitar el efecto de los proyectiles que lo rocen.

Para desenfilarse mejor el espacio interior de la obra conviene organizar el adarve en dos partes situadas en planos distintos; la primera, formada por el terraplen de defensa, donde se instalarán las explanadas de las piezas; y la segunda, por el camino de servicio que asegure la circulación á cubierto. La anchura del primero de estos terraplenes se fija por las dimensiones del montaje, con arreglo á las instrucciones publicadas por la Dirección general del Cuerpo, para la instalación de las diferentes piezas de artillería. La anchura del terraplen de circulación depende de la clase de transportes que se

hayan de verificar por él, sin que en ningún caso baje de 3 metros. En cuanto al desnivel entre ambos terraplenes, considerado bajo el punto de vista de la desenfilada, es función de la altitud de la batería y del ángulo de caída de los proyectiles; pero como además, generalmente desde el terraplen de circulación se dá acceso á los locales subterráneos, situados debajo de los traveses y explanadas, dicho desnivel será el que exijan estos locales, en lo cual no hay inconveniente, puesto que cuanto mayor sea más segura queda la desenfilada.

Cuando la pendiente del terreno obligue á desmontarle á retaguardia para abrir el camino de circulación, ó cuando á la espalda de la batería existe un escarpado de roca que no se haya podido evitar, se organizan en el revés de las explanadas, pequeños espaldones con tierra, sacos, faginas ó cestones, pero siempre de poco espesor; pues su objeto es sólo preservar á los sirvientes de los astillazos que levanten los proyectiles al chocar en el escarpe. Conviene también que estos espaldones de revés no estén muy próximos á las explanadas, porque la tierra que levantan los proyectiles al atravesarlos, perjudica á los mecanismos de los cañones y montajes.

Si el terreno á vanguardia de la obra se presentase en pendiente suave, en forma de glásis, podría suceder que los proyectiles rebotasen al chocar en él, y en una de sus ramas descendentes cayesen dentro de la batería, con grave perjuicio del material y artilleros; para evitarlo, aconsejan algunos ingenieros que se abran surcos ó escalones que, irregularizando el suelo, dificulten el rebote.

Por último, las experiencias practicadas en Alemania é Inglaterra, han demostrado igualmente la ventaja de construir máscaras ó cubrecaras delante de las baterías de costa que se hallen en el caso que acabamos de indicar, con especialidad si son muy rasantes, porque estas obras adicionales no sólo ocultan al enemigo la verdadera situación del parapeto, sinó que también contribuyen á cubrir en parte la batería de sus fuegos.

Resumiendo lo indicado sobre la organización y perfil de las baterías de costa descubiertas, podemos sentar:

- 1.º El trazado y organización de esta clase de obras, debe ser sencillo y adaptado al terreno para que se disimulen mejor y resulten más económicas,

2.º Las baterías de costa se organizarán ó no para la defensa contra los ataques terrestres según las circunstancias, pero en todo caso no deben exagerarse las precauciones defensivas que se tomen.

3.º Cada una de las piezas que constituyan el armamento, debe quedar entre dos traveses de suficiente espesor y altura para resistir á los proyectiles y obtener la desenfilada.

4.º Deben utilizarse los espacios ocupados por los traveses, espaldones de gola, y á veces las fundaciones de las explanadas, para disponer los locales cubiertos necesarios á prueba de toda clase de proyectiles.

5.º El servicio de las modernas baterías de costa, exige disponer los siguientes locales para el material, personal y accesorios:

<i>Para el material.</i>	}	Almacenes particulares de batería.
		Repuestos especiales de municiones.
		Depósitos de efectos de transporte, juegos de armas, accesorios, etc.
<i>Para el personal.</i>	}	Abrigos para los sirvientes.
		Alojamiento para la guarnición.
		Cocinas y letrinas.
		Almacén de víveres.
		Aljibe.
<i>Para el servicio.</i>	}	Enfermería.
		Observatorios.
		Telégrafos.
		Faros de iluminación.

6.º Para las operaciones de armamento y el transporte de municiones, hay necesidad de organizar un buen sistema de vías de comunicación, que deben quedar perfectamente protegidas.

Dada ya una idea de la disposición general de las actuales baterías de costa, pasaremos en el siguiente capítulo á ocuparnos de sus detalles orgánicos.

III.—DETALLES DE LAS BATERÍAS DE COSTA.



ARA facilitar el servicio en caso de guerra, ya hemos dicho que cada batería de costa ó grupo de baterías, debe tener en su inmediación y en las mejores condiciones de seguridad posibles, almacenes particulares para sus municiones, con completa separación entre pólvoras y proyectiles, clases y calibres.

En estos almacenes, según la Real orden de 22 de Noviembre de 1888, deben tener cabida, por lo menos, la mitad de la dotación de disparos asignados á cada pieza en la circular de la Dirección general de Artillería de 22 de Abril de 1887, que es la siguiente para las plazas de la Península, incluyendo también por asimilación los obuses en estudio de 24 y 30,5 centímetros y el cañón Ordoñez de 30,5 centímetros.

PIEZAS.	Granadas		Shrap-nels.	Botes de metral-la.	Total.
	Ordina-rías.	Perfo-rantes.			
Cañón Krupp de 30,5 centímetros.	50	100	»	»	150
— Ordoñez de 30,5 centímetros.	50	100	»	»	150
— Krupp de 26 centímetros.	50	100	»	»	150
— H. R. y S. de 24 cents., mod. 1884.	75	125	»	»	200
— H. R. y S. de 24 cents., mod. 1881.	75	125	»	»	200
— H. E. de 15 cents. Ordoñez, mod. 1885	135	100	50	15	300
— H. R. y S. de 15 cents., mod. 1875.	135	100	50	15	300
Obús H. R. y S. de 30,5 cents. (en estudio)..	150	100	50	»	300
— H. R. y S. de 24 cents. (en estudio)..	150	100	50	»	300
— H. R. y S. de 21 cents., mod. 1870.	120	»	»	»	120
— Bc. de 21 cents. mod. 1885.	150	100	50	»	300

En las plazas de ultramar, islas adyacentes y posesiones de Africa, se au-

mentan las anteriores dotaciones, según la misma circular, en un 50 por 100 de los disparos de cada clase.

Además, circunstancias especiales en algunas baterías de combate lejano y en otras de defensa de pasos pueden aconsejar aumento de dotación en las primeras y reducción en las segundas, en cuyo caso lo propondrán así las juntas locales de armamento, y una vez aprobado se comunicará oportunamente para que lo pueda tener en cuenta el que proyecte la obra.

De todos modos, es preciso que en los almacenes particulares de batería exista un orden perfecto de distribución para que en los momentos de la lucha se facilite el servicio y no haya confusión alguna. Con este objeto, dichos almacenes deben contener los siguientes locales, según la citada Real orden de 22 de Noviembre de 1888:

- a* Almacenes de pólvora para la carga de proyección y explosiva.
- b* Almacenes de proyectiles vacíos, tanto ordinarios como perforantes.
- c* Taller de confección de cartuchos para las cargas de proyección y explosivas.
- d* Taller para la carga de proyectiles.
- e* Depósito para la distribución de cartuchos hechos á los repuestos de batería.
- f* Depósito para la distribución de proyectiles cargados á dichos repuestos.

Siendo inútil añadir que las piezas dotadas con shrapnels y botes de metralla, deben tener en almacén locales separados para esta clase de proyectiles.

La distribución interior de los almacenes admite muchas combinaciones, según la situación en que se coloquen y el espacio de que se disponga; entre todas ellas creemos merece la preferencia aquellas en que resultan á un lado los locales destinados á proyectiles, y al otro los de pólvoras y cartuchos, separados ambos grupos por una bóveda central de paso, que sirva para las operaciones de almacenaje.

En esta disposición deben existir comunicaciones independientes desde el almacén de pólvora al taller de confección de cartuchos, y desde éste al depósito de distribución, con salida libre despues, desde el depósito á los repuestos; en una palabra, ó estar á continuación unos de otros estos tres loca-

les, ó estar en dos crujías paralelas, separadas por un corredor de servicio, colocando en la más protegida el almacén de pólvora, y en la otra el taller y depósito de cartuchos, que á ser posible deben recibir luz directa.

Los locales destinados á proyectiles deben á su vez comunicar directamente: el almacén con el taller de cargas, éste con el depósito y el depósito con los montacargas ó vías que conduzcan á los repuestos. Puede, pues, adoptarse análoga disposición á la de las pólvoras, en una ó en dos crujías, sin más que tener en cuenta que, para el manejo de los proyectiles de grueso calibre sobre todo, hace falta organizar un sistema de vía férrea que, partiendo del almacén y pasando por el taller de carga y depósito, termine en los montacargas ó repuestos.

Por regla general, cuando los almacenes de municiones están enterrados ó construidos á prueba, hay necesidad de rodearlos de corredores de saneamiento ó ventilación, que bien aprovechados pueden facilitar notablemente el servicio de comunicaciones.

No debe olvidarse tampoco que los almacenes particulares reciben las municiones de los generales de la plaza, para hacer que el camino por donde se conduzcan termine á cubierto en la bóveda central de que ántes hablamos; y menos debe perderse de vista al estudiar las comunicaciones próximas, que desde los almacenes particulares se surten los repuestos de las piezas en los momentos del combate, para que este servicio resulte á cubierto y en ningún caso se vea interrumpido.

Con los locales indicados, los corredores de saneamiento que los rodean, que como hemos dicho se pueden utilizar para la circulación, y teniendo presente el servicio de comunicaciones, según que los almacenes particulares de batería se sitúen independientes, en la gola, en un flanco, debajo de los repuestos, en los traveses ó bajo las explanadas, caben infinidad de soluciones que el ingeniero puede estudiar para escoger la más ventajosa bajo el punto de vista de la defensa ó de la economía, sin subordinarse para ello á la regularidad de forma sinó á las condiciones locales y facilidad del servicio.

Al proyectar los almacenes se debe dar suficiente desahogo á los locales destinados á la confección de cargas, de cartuchos y proyectiles, porque en estos locales no conviene haya confusión, lo que exige bastante espacio. Los

saquitos para cartuchos se guardan en estos mismos locales, en una pequeña estantería de madera, adosada á una de las paredes.

Para calcular la capacidad que hay que dar á los locales destinados á almacén, pueden servir los siguientes datos:

- 1.º Las dimensiones y pesos de los proyectiles y cargas de las diferentes piezas, que son las que se consignan en el siguiente cuadro:

PROYECTILES Y CARGAS.		CAÑÓN Krupp de 30,5 centrs.	CAÑÓN Krupp de 28 centrs.	CAÑÓN Ordoñez de 30,5 centrs.	CAÑÓN H. R. y S. de 24 centrs. Mod 1884	CAÑÓN H. R. y S. de 24 centrs. Mod 1881	CAÑÓN Ordoñez de 15 centrs.	CAÑÓN H. R. y S. de 15 centrs. Mod 1775	OBÚS Ordoñez de 30,5 centrs.	OBÚS H. R. y S. de 24 centrs.	OBÚS H. R. y S. de 21 centrs.	OBÚS O. Be. de 21 centrs.
<i>Proyertil perforante</i>	Diámetro en milímetros. . . .	304	259	302	239	239	148	»	»	»	»	»
	Longitud en milímetros. . . .	1067	910	973	645	645	530	»	»	»	»	»
	Peso vacío en kilogramos. . . .	450	271	380	142	142	50	»	»	»	»	»
	Carga explosiva en kilogramos.	5	4,1	»	2,4	2,4	0,3	»	»	»	»	»
<i>Proyertil ordinario..</i>	Diámetro en milímetros. . . .	304	259	295	239	239	148	148	302	238	210	208
	Longitud en milímetros. . . .	1220	1040	1072	672	672	530	375	696	672	472	590
	Peso vacío en kilogramos. . . .	437	266	368	135	135	40	26	261	130	75	72
	Carga explosiva en kilogramos.	18	9	12	9	9	2,6	2	14	9	5	6,8
<i>Proyertil sharapnel..</i>	Diámetro en milímetros. . . .	»	»	»	»	»	»	»	302	238	»	208
	Longitud en milímetros. . . .	»	»	»	»	»	»	»	696	672	»	490
	Peso descargado en kilogramos.	»	»	»	»	»	»	»	261	130	»	78
	Carga explosiva en kilogramos.	»	»	»	»	»	»	»	2,7	1	»	0,5
<i>Carga de proyección</i>	Peso de la carga total en kilógramos.	141	87	110	35	30	16,5	7	24	14	5,8	7
	Peso de cada cartucho en kilógramos.	47	43,5	»	35	30	16,5	7	24	14	5,8	7
	Número de cartuchos.	3	2	»	1	1	1	1	1	1	1	1
	Longitud de uno en milímetros.	550	675	»	»	»	825	»	»	»	»	»

2.º Las pólvoras prismáticas de cargas de proyección, se empaican en dobles cajones de madera y zinc, de 50 kilogramos de cabida; las pólvoras explosivas y las de proyección no moldeadas se reciben de fábrica en cajas análogas á las anteriores, de 40 kilogramos de capacidad; las dimensiones exteriores de ambos empaques son las siguientes:

Pólvoras prismáticas.	Pólvoras granulares.
Largo. 0 ^m ,80	Largo. 0 ^m ,80
Ancho. 0 ^m ,40	Ancho. 0 ^m ,30
Alto. 0 ^m ,20	Alto. 0 ^m ,30

Ambas clases de pólvora se conservan en los almacenes en sus mismos embases, apilándolos en una estantería de madera, cuya altura total no debe exceder de 2 metros para que puedan manejarse con facilidad los cajones. Dichos estantes deben quedar separados 0^m,20 de los muros para que circule el aire y entre sí un metro con objeto de que se puedan extraer los empaques. En estas condiciones y colocadas las cajas á tizón, pueden colocarse en cada pila ocho hiladas de empaques de pólvora-prismática y seis de granular, contando en ambas con la elevación á que debe quedar sobre el suelo la primera hilada.

3.º Los proyectiles, según el Reglamento aprobado por la circular de 27 de Diciembre de 1887 de la Dirección general de Artillería, se apilan en los almacenes horizontalmente sobre una plataforma dura y consistente, en tantas filas como permita la anchura del local y en contacto la ojiva de los de una fila con el culote de las de la próxima. Cada lecho se separa del anterior con barillas de hierro de 10 milímetros de espesor para los calibres menores y 13 milímetros para los calibres mayores, colocadas de manera que los proyectiles se puedan suspender por su centro de gravedad. La forma general de la pila puede ser rectangular, triangular ó trapezoidal, según se quiera aprovechar más ó ménos el espacio; pero de todas maneras debe quedar separada de las paredes del almacen para que se pueda circular al rededor, y no debe exceder en altura de 1^m,50, en cuyas condiciones pueden formarse, según los calibres, del siguiente número de lechos:

Proyectil de 30,5 centímetros.	4 lechos.
Id. de 26 id.	5 id.
Id. de 24 id.	6 id.
Id. de 21 id.	7 id.
Id. de 15 id.	9 id.

4.º Las bóvedas destinadas á almacenes de pólvoras y proyectiles se les dá generalmente 3 metros de luz, porque es la anchura más económica bajo el punto de vista de aprovechamiento de local, y por lo tanto de reducción de coste.

Con esta anchura, en las bóvedas destinadas á almacén de pólvora pueden colocarse á todo lo largo dos pilas de cajones, una á cada lado, separadas de 0^m,10 á 0^m,20 de las paredes y con un paso en medio de 1^m,00 á 1^m,20 de ancho, que es lo suficiente para el servicio, ventilación y alumbrado del local, situando en el centro de uno de los extremos la puerta de entrada, y en el otro la lámpara de iluminación.

La misma luz de 3^m,00 en las bóvedas destinadas á proyectiles, permiten, si estos son de gran calibre, colocarlos en sentido paralelo al eje, en una pila central de 2^m,00 á 2^m,20 de anchura, por 1^m,50 de altura, dejando pasos laterales para la circulación de 0^m,40 á 0^m,50; y si los proyectiles son de calibre inferior, almacenarlos del mismo modo ó formar dos pilas laterales de 1^m,00 de ancho y 1^m,50 de alto, con una calle central para el servicio.

Aplicando estas disposiciones, es fácil ver que según sean los calibres, pueden colocarse por sección vertical:

28 proyectiles de 30,5 centímetros.
40 id. de 26 id.
48 id. de 24 id.
70 id. de 21 id.
108 id. de 15 id.

De los anteriores datos se deduce que en los almacenes de 3^m,00 de luz se necesitan las siguientes capacidades y longitudes de local, por pieza, para almacenar las pólvoras y proyectiles que corresponden á la mitad de su dotación.

CLASES DE PIEZAS.	Capacidad superficial.		Longitud de almacén de 3 metros de anchura.	
	Pólvoras.	Proyectiles	Para pólvoras.	Para proyectiles
	— Metros cuadrados.	— Metros cuadrados.	— Metros lineales.	— Metros lineales.
Cañón Krupp de 30,5 centímetros.	16,80	15,00	5,60	5,00
— Krupp de 26 centímetros.	10,80	9,50	3,60	3,00
— Ordoñez de 30,5 centímetros.	13,80	13,50	4,60	4,50
— H. R. y S. de 24 cents., mod. 1884	6,00	6,00	2,00	2,00
— H. R. y S. de 24 cents., mod. 1881	6,00	6,00	2,00	2,00
— Ordoñez de 15 centímetros.	4,80	4,80	1,60	1,60
— H. R. y S. de 15 cents., mod. 1875	3,00	3,00	1,00	1,00
Obús Ordoñez de 30,5 centímetros.	6,00	15,60	2,00	5,20
— H. R. y S. de 24 centímetros.	4,50	9,00	1,50	3,00
— H. R. y S. de 21 centímetros.	1,80	1,80	0,60	0,60
— Bc. de 21 centímetros.	3,00	3,00	1,00	1,00

En cuanto á los locales destinados en los almacenes á depósito de cartuchos hechos y proyectiles cargados para distribuirlos despues á los repuestos, como en ellos los cartuchos se conservan en sus saquetes ó en los portafuegos y los proyectiles se colocan verticalmente apóyados en tarugos de madera, descansando sobre el culote los ordinarios y sobre la ojiva los perforantes, no hay necesidad de darles una gran capacidad y basta para el servicio de dos ó tres piezas una superficie de 9 metros cuadrados ó sean 3 metros de longitud de bóvedas.

La manipulación de los proyectiles dentro de los almacenes, consiste en coger el proyectil de la pila y colocarlo sobre la vagoneta para despues conducirlo al local de carga y sucesivamente al depósito, repuesto y explanada. Para la operación de suspender el proyectil, dado el peso que hoy tienen, hay necesidad de un aparato especial, que puede ser un cabriolé ó una grua análoga á la que llevan los montajes de los cañones.

El cabriolé consiste en un sencillo ferrocarril colocado á 2 metros sobre el piso, el cual lleva un marco cuyos lados menores van provistos de ruedas que marchan sobre los carriles puestos en la coronación de los estribos de la bóveda y los lados mayores sirven á la vez de rieles de un carrillo, del que pende el aparato diferencial que ha de suspender el proyectil.

En lugar del cabriolé también puede usarse una vagoneta como la que

forma parte del sistema Decauville, dotada de un pescante parecido al de los cañones. En este caso la vagoneta se instalará sobre el suelo del almacén ó sobre la vía de servicio si la hubiera.

De todas maneras, sea cabriolé sea vagoneta, el aparato lo proporciona el cuerpo de Artillería, según la Real orden ya citada de 22 de Noviembre de 1888, y al cuerpo de Ingenieros sólo corresponde instalar el aparato en el almacén, á cuyo efecto en la coronación de los estribos de la bóveda se formará al construirlos una especie de cornisa de 0^m,20 de salida para recibir los carriles, cuidando que el espacio que resulta entre esta cornisa y el intradós de la bóveda en los arranques sea por lo ménos de 0^m,30, con objeto de que quepa el marco del cabriolé y que la cornisa sea capaz de resistir en cada punto una carga de 800 kilogramos.

Esta disposición de los almacenes conviene se adopte siempre, áun cuando se piense colocar vagoneta, por si algún día se quiere variar el sistema elevatorio.

En los locales de carga y en los depósitos de proyectiles, no hay que tomar ninguna disposición especial para las manipulaciones de los mismos, porque para pasarlos de la posición horizontal á la vertical, ó al contrario, basta la misma vagoneta en que se transportan.

Además de los almacenes particulares de batería para asegurar el servicio de las piezas durante el fuego, es indispensable, como queda dicho, disponer repuestos especiales de municiones para el consumo de un día de combate.

Ya hemos indicado también, que estos repuestos pueden ser comunes á dos piezas cuando se hallen contiguas y que ordinariamente se sitúan al abrigo de los traveses.

Los locales destinados á repuestos deben estar contruidos á prueba de toda clase de proyectiles y componerse de los departamentos siguientes:

- a Depósito de proyectiles cargados.
- b Id. de cartuchos hechos.
- c Id. de espoletas y estopines.

La capacidad de los dos primeros, según la circular de la Dirección general de Artillería de 22 de Abril de 1877, se calcula para que quepan las siguientes dotaciones:

PIEZAS.	Cartuchos.	Proyectiles.		Shrapnels.	Botes de metralla.	Total.
		Ordinarios.	Perforantes.			
Cañón Krupp de 30,5 centímetros.	17	7	10	»	»	17
— Ordoñez de 30,5 centímetros.	17	7	10	»	»	17
— Krupp de 26 centímetros.	17	7	10	»	»	17
— H. R. y S. de 24 cents., mod. 1884.	25	10	15	»	»	25
— H. R. y S. de 24 cents., mod. 1881.	25	10	15	»	»	25
— Ordoñez de 15 cents., mod. 1885. .	35	15	10	7	3	35
— H. R. y S. de 15 cents., mod. 1875.	35	15	10	7	3	35
Obús Ordoñez de 30,5 cents. (en estudio)..	32	15	10	7	»	32
— H. R. y S. de 24 cents. (en estudio)..	32	15	10	7	»	32
— H. R. y S. de 21 cents., mod. 1870. .	15	15	»	»	»	15
— Bc. de 21 cents., mod. 1885.	32	15	10	7	»	32

La Real orden tantas veces citada de 22 de Noviembre sobre organización de baterías de costa, dispone que las dotaciones de los repuestos se eleve hasta 20 disparos en las piezas de grueso calibre y hasta 40 en las demás.

Como las cargas colocadas verticalmente exigen muy poco espacio, si se calcula la capacidad de los repuestos por las dotaciones anteriores, resultan locales tan reducidos, que las manipulaciones en ellos son difíciles y embarazosas; para evitarlo se procura darles por lo ménos 9 metros cuadrados á cada local, en lo cual no hay inconveniente, porque generalmente los macizos de los traveses en que se abrigan permiten este desahogo.

La disposición ordinaria de los repuestos varía con la forma en diagonal, de flanco ó recta de los traveses. En los primeros es lo más común construir en el ángulo de gola cuatro bóvedas agrupadas: la del vértice, que sirve de vestíbulo; la del fondo, para cartuchos, y las dos laterales, para proyectiles, espoletas y estopines. En esta forma de repuestos la comunicación con las explanadas tiene lugar al descubierto por la gola, bien de nivel, bien por rampas ó montacargas de pescante.

La organización más sencilla de los repuestos en los traveses de flanco consiste en disponer tres bóvedas paralelas, la central para entrada y depósito de espoletas y estopines, y las laterales para proyectiles y cartuchos; estos locales en esta clase de traveses tienen naturalmente la ventaja de poder recibir luz directa y de que la comunicación con las explanadas es fácil y no

exige más disposiciones especiales que las que correspondan al desnivel de los pisos.

En los traveses rectos, como el sector peligroso es más extenso y las desembocaduras de las comunicaciones de los repuestos con las explanadas hay necesidad de cubrirlas, conviene adoptar otra distribución de locales: pueden, por ejemplo, construirse dos bóvedas en cruz, la paralela á la magistral, más estrecha para comunicación, y la perpendicular, en sus dos brazos para proyectiles y cartuchos, formando en la primera dos pequeños nichos para espoletas y estopines; se puede también organizar colocando á la parte de revés de la bóveda de comunicación dos bóvedas contiguas para cartuchos y proyectiles y una tercera al otro lado para estopines y espoletas, y se puede, por último, adoptar la disposición francesa, que es más sencilla y consiste en una sola bóveda subdividida en dos compartimentos y con dos nichos laterales, pero entónces la comunicación resulta por la gola y al descubierto, lo que es una contrariedad en la mayor parte de los casos.

Sucede á veces que por la organización especial de una batería, la configuración de la localidad y el poco espacio de que se dispone, no hay más remedio que situar reunidos y al mismo nivel los almacenes particulares y los repuestos de municiones; en tales circunstancias, como los depósitos de proyectiles cargados y cartuchos sirven de repuestos, se pueden economizar estas dependencias y distribuirse el espacio disponible en los siguientes locales:

- a* Almacén de pólvoras.
- b* Almacenes de proyectiles.
- c* Taller de confección de cartuchos y depósito de saquetes.
- d* Taller de carga de proyectiles.
- e* Repuesto de cartuchos hechos.
- f* Repuesto de proyectiles cargados.
- g* Depósito de estopines y espoletas.

La disposición de reunir los almacenes y repuestos es peligrosa y debe evitarse mientras se pueda; así que sólo en un caso extremo se adoptará, estudiando con cuidado las galerías de saneamiento para facilitar las comunicaciones y establecer la debida independencia en los locales.

En épocas normales no se conservan en los repuestos cargas confeccionadas, para evitar su deterioro; así que en estos locales no hay necesidad de tomar tantas precauciones de saneamiento y ventilación como en los almacenes.

Las baterías de costa deben también contener en su recinto y á la inmediación de las piezas, locales á propósito para conservar los útiles y efectos de parque indispensables para su manejo.

Constituyen estos parques de batería en las modernas piezas los juegos de armas, accesorios, respetos y medios de transporte que para las diferentes clases previenen las disposiciones que siguen:

<i>Cañones Krupp de 30,5 cm. y 26 cm.</i>	}	La circular de 27 de Diciembre de 1887 de la Dirección General de Artillería marca la dotación de efectos de estas piezas.
<i>Cañones H. R. y S. de 24 cm. Mod. de 1881 y 1884</i>	}	Id. id. 1.º Octubre 1885.
<i>Cañón Ordóñez de 15 cm. Mod. 1885.</i>	}	Id. id. 3 de Marzo 1887.
<i>Cañón H. R. y S. de 15 cm. Mod. 1875.</i>	}	Id. id. 10 Setiembre 1880.
<i>Obús H. R. y S. de 21 cm. Mod. 1870.</i>	}	Id. id. 20 Octubre 1881.
<i>Cañón Ordóñez de 30,5 cm.</i>	}	No tienen aún señalada su dotación de efectos.
<i>Obús Ordóñez de 30,5 cm.</i>	}	
<i>Obús H. R. y S. de 24 cm.</i>	}	
<i>Obús Bc. de 21 cm.</i>	}	

Los efectos que constituyen los juegos de armas, accesorios y respetos, se guardan en sus almacenes perfectamente clasificados y de modo que se puedan manejar. Al rededor del almacén y aseguradas á las paredes, se colocan las palomillas para los juegos de armas; debajo se ponen los guarda fuegos, carretillas, tapabocas y cubichetes; en el centro se forman armeros con los caballetes para los escobillones, atacadores, palancas, etc.; las cacerinas, ceteras y tirafrictores, se instalan en perchas; los puntos de mira, alzas, escuadras de nivel, aceiteras, agujas, calibradores, anteojos y demás efectos de precisión ó delicados, se guardan en escaparates; por último, los efectos y piezas de respeto se conservan en sus empaques respectivos.

Según la Real orden de 21 de Julio de 1871, corresponde al cuerpo de Artillería proporcionar los accesorios, como palomillas, perchas, estantería, cajones, etc., en que se guardan los efectos de parque; quedando á cargo de Ingenieros, el fijar en las obras de fábrica los que exijan hacer esta operación.

Con arreglo á las dotaciones indicadas y procediendo por comparación, hemos calculado la capacidad superficial mínima que corresponde por pieza á los locales destinados á parques, que es la siguiente:

	<u>Metros cuadrados.</u>
Cañón Krupp de 30,5 centímetros.	15
— Krupp de 26 centímetros.	12
— Ordoñez de 30,5 centímetros.	15
— H. R. y S. de 24 centímetros, modelo 1881 y 1884.	9
— Ordoñez de 15 centímetros, modelo 1885.	9
— H. R. y S. de 15 centímetros, modelo 1875.	9
Obús Ordoñez de 30,5 centímetros (en estudio).	12
— H. R. y S. de 24 centímetros (en estudio).	9
— H. R. y S. de 21 centímetros, modelo 1870.	6
— Bc. de 21 centímetros, modelo 1885.	6

Estos locales, además de reunir buenas condiciones de ventilación y seguridad para conservar el material, deben organizarse á prueba y estar situados á la inmediación de las piezas. Con este objeto suelen colocarse debajo de los traveses lo mismo que los repuestos si se dispone de suficiente espacio, y sino aprovechar para parque las bóvedas y corredores de saneamiento de los almacenes y alojamientos.

El servicio de las modernas baterías de costa exige un personal mucho más numeroso que los antiguos, efecto del complicado manejo de las piezas y del excesivo peso de los proyectiles.

Hoy día la dotación de personal de una batería de esta clase se compone:

- 1.º Del Comandante jefe de la batería y responsable de la defensa.
- 2.º De un oficial por cada dos piezas, responsable del servicio de las mismas.

3.º De un sargento ó cabo por cada pieza, encargado de su manejo, puntería y fuego.

4.º Del número de sirvientes que cada pieza exige según su clase.

5.º De los encargados del servicio de municiones en los almacenes y repuestos.

6.º De los auxiliares del Comandante, encargados de apreciar las distancias y marcha de los buques.

7.º De los telegrafistas que comunican las órdenes que reciben.

8.º De los obreros y sanitarios.

9.º De la reserva de la batería para reemplazar las bajas y relevar á los sirvientes; cuya reserva es la encargada también de rechazar las agresiones por tierra, en caso de que se verifique un desembarco y no se disponga de tropas de línea.

Como regla general se puede establecer que la fuerza total de tropa de una batería debe ser triple del número de sirvientes que se necesitan para el manejo de las piezas. De esta fuerza un tercio permanece en los adarves durante la lucha, otro tercio está en los almacenes y repuestos prestando el servicio de municiones, y el tercio restante queda en descanso en los alojamientos para acudir donde haga falta en caso de necesidad.

El número de sirvientes por pieza, según los reglamentos aprobados, y de los que no existe calculado por asimilación, es el que sigue:

Cañón Krupp	de 30,5 centímetros.	14	hombres.
— Krupp	de 26 centímetros.	10	»
— Ordoñez	de 30,5 centímetros.	14	»
— H. R. y S.	de 24 centímetros, modelo 1884.	8	»
— H. R. y S.	de 24 centímetros, modelo 1881.	8	»
— Ordoñez	de 15 centímetros, modelo 1885.	6	»
— H. R. y S.	de 15 centímetros, modelo 1875.	6	»
Obús Ordoñez	de 30,5 centímetros (en estudio).	12	»
— H. R. y S.	de 24 centímetros (en estudio).	8	»
— H. R. y S.	de 21 centímetros, modelo 1870.	6	»
— Bc.	de 21 centímetros, modelo 1885.	6	»

Con este dato es fácil calcular las dimensiones de los alojamientos que deben proyectarse, sabiendo:

1.º Que sólo se construyen dormitorios para los dos tercios de la guarnición total, porque el otro tercio queda de guardia en los abrigos, á la inmediación de las piezas.

2.º Que por término medio se asigna de superficie cubierta:

12 metros cuadrados,	por oficial.
4 id.	id. por sargento.
2 id.	id. por soldado.

3.º Que el alojamiento en esta clase de obras debe ser sumamente modesto y económico, porque la permanencia del total de la guarnición en la batería es muy accidental y de poca duración.

4.º Que los lechos para el soldado, á fin de aprovechar más el local, pueden ser camastros, análogos á los de los cuerpos de guardia; ó lechos de hierro, en dos pisos, como los usados en Francia, bastando para los primeros 3 metros de altura de bóveda, y 4 metros para los segundos.

En estas condiciones, los dormitorios de tropa pueden disponerse en bóvedas de 3 metros de luz, colocando á un lado los camastros ó literas, que ocuparán 1^m,80 de anchura, y dejarán un paso libre de 1^m,20; ó lo que es más económico, se dará á las bóvedas la luz de 4^m,60 ó 5^m,00, para situar los lechos en ambos lados y dejar en el centro una calle de 1^m,00 á 1^m,40 para la circulación.

Los pabellones de oficiales se reducirán á una sala común para todos, que hará las veces de comedor, y á tantas alcobas como oficiales haya.

Según queda dicho anteriormente, los alojamientos se sitúan debajo de las explanadas y traveses ó en la gola de la batería; en el primer caso les servirá de patio de desahogo para luz y ventilación el terraplén bajo de servicio, y en el segundo llenarán esta misión el camino de armamento ó el foso. Cuando los alojamientos se colocan en la gola es lo regular utilizar su fachada posterior para la defensa por tierra aspillerando su muro, construyendo matacanes ó disponiendo caponeras de flaqueo. En todos los casos es inútil añadir que en los alojamientos deben tomarse las mismas ó mayores precau-

ciones de saneamiento y ventilación que en los almacenes y aprovechar los corredores de aislamiento para el servicio de comunicaciones.

Como accesorios, los alojamientos para la guarnición en las baterías llevan un aljibe de 300 litros de capacidad por hombre, un almacén de víveres para 10 días, una cocina, retretes y una enfermería para la asistencia de heridos en los primeros momentos, todo relacionado en situación y magnitud con los cuartelillos y pabellones, pero construido con modestia suma.

Los abrigos para los sirvientes que, como queda dicho, es indispensable organizar para proteger á los artilleros contra el fuego de las ametralladoras y los shrapnels, no necesitan tener gran capacidad; un espacio abovedado de 3 ó 4 metros cuadrados, basta para conseguir el objeto. Su situación más conveniente es siempre á la inmediación de las explanadas; unas veces se construyen enterrados en el macizo del parapeto, sirviendo el revestimiento interior de estribo para su bóveda; otras veces se disponen en forma de nichos en los flancos de los traveses protegidos por una especie de bonetes, como los que se ven en los tipos de Brialmont; otras, en fin, se reducen á simples trincheras abiertas á los lados de la explanada, que se cubren con un ligero blindaje ó se dejan descubiertas, pues como la trayectoria de los indicados proyectiles es muy rasante, basta enterrarse 3 ó 4 metros por debajo de la cresta del parapeto para quedar desenfilados.

Cuando en la batería existen bóvedas de comunicacion para el servicio de municiones próximas á las explanadas, estas mismas bóvedas se utilizan para abrigo y entónces puede excusarse la construcción de los demás.

En todos los casos, la comunicacion de los abrigos con las explanadas debe ser lo más directa posible, lo que se consigue por medio de angostas escalerillas ó rampas cuando hay que ganar desniveles.

Los observatorios varían con el sistema de telémetros ó instrumentos que se vayan á emplear; es sabido que hay dos clases de aparatos á propósito, de base horizontal y de base vertical, aplicables los primeros á las baterías bajas y de nivel variable y los segundos á las altas, siendo los más usados los telémetros Starke, Madsen, Hahn, Watking, cuya descripción puede verse en las instrucciones sobre el servicio de las baterías de costa armadas con cañones Krupp del teniente coronel de Artillería D. Julio Fuentes.

Según sea el aparato que se adopte, así se dispone el observatorio descubierto ó cubierto, con capacidad suficiente para alojar dentro al comandante de la batería y á un auxiliar en el primer caso, y en el segundo al encargado de hacer las observaciones y comunicarlas á la obra.

Los observatorios descubiertos se disponen como un simple emplazamiento á barbata, rodeados de un parapeto, por encima del cual pueden dirigirse las visuales, y se busca la protección alejándolos de la batería y disimulando su existencia con accidentes del terreno.

Los observatorios cubiertos pueden construirse en bóveda con una ancha abertura en forma de aspillera apaisada, ó aún mejor en torre con cúpula acorazada. Como tipo de esta clase recomendamos el que hemos recibido en dibujo recientemente de la casa Gruson, que es muy parecido al descrito por Brialmont en su última obra. Se compone éste de un pozo circular, de fábrica, de 1^m,30 de diámetro por 2^m,00 de profundidad, coronado con un anillo de hierro endurecido, de 0^m,12 de grueso, que hace el oficio de antecoraza, y cubierto con un casquete esférico de hierro laminado de 0^m,10 de espesor. Dentro del pozo existe una columna vertical, hueca, de fundición, en cuyo interior va el pivote, que por medio de dos brazos se une y sostiene el casquete de la cubierta cuando no se apoya en la antecoraza; obteniéndose este movimiento elevatorio con una palanca acodada y un contrapeso semejante al de las cúpulas eclipses Schumann de tiro rápido. El observador, que se coloca en un estribo unido al pivote y por lo tanto al casquete, y accionando sobre una manivela y un piñón que engrana en una rueda dentada, puede dar movimiento giratorio á la cúpula para dirigir la visual donde convenga. Esta visual se dirige por una ranura que lleva el casquete y se precisa por una alidada especial que hace el oficio de telémetro, para apreciar las distancias al blanco. Por último, un tubo acústico ó el teléfono permiten transmitir el resultado de las observaciones á los defensores de la batería.

Un observatorio de esta clase tiene la ventaja de proteger perfectamente de los fuegos de ametralladora y cañones de tiro rápido del enemigo; además, dada su seguridad permite establecerlo en la misma batería sobre uno de los traveses, y como su coste aproximado en España no excede de unas 10000

pesetas, ya instalado, creemos que puede ser de útil aplicación en las baterías que se proyecten de nuevo.

Además de la comunicación telefónica entre el observatorio y la batería y entre ésta y los almacenes particulares, ya se ha indicado anteriormente que conviene también ligar por una red telegráfica todas las obras entre sí, con los almacenes generales de la plaza y con el centro directivo de la defensa, para poder comunicar cuantos datos y noticias se obtengan acerca de los propósitos del enemigo y para recibir con prontitud las órdenes oportunas. Esta comunicación puede establecerse, y en la mayoría de los casos se establece, por medio de líneas telegráficas eléctricas, y claro está que entónces hay necesidad de disponer estaciones en todas las baterías.

Poco espacio se necesita para instalar éstas: si se colocan en un local independiente, un cuarto de 6 metros superficiales basta para la mesa del aparato y las pilas; si no la misma del pabellón del jefe de la batería puede servir de estación y se economiza espacio.

Cuando la comunicación sea por medio de señales ópticas, entónces, según sea el sistema que se adopte, así se dispondrá la estación, procurando en este caso alejarla algo de la batería para preservarla de los proyectiles enemigos y para que el humo de los disparos propios no oculte las señales.

En una defensa marítima bien organizada es preciso disponer de aparatos de iluminación para que el enemigo no pueda aprovechar la oscuridad de la noche, y con un golpe de audacia forzar los pasos que se quieren defender. Con este objeto se deben tener un cierto número de proyectores eléctricos de gran potencia, situados en los parajes convenientes para alumbrar toda la zona marítima de ataque, y dirigir el haz luminoso sobre los buques que se acerquen, á fin de que las baterías los descubran y puedan verificar la puntería. Conviene desde luego que estos aparatos de iluminación se coloquen en lugar distinto de las baterías para que no sirvan de blanco al enemigo, y también resguardarlos lo más posible de los fuegos del contrario.

Los aparatos eléctricos de iluminación, además del proyector y acumuladores que van en un mismo carro, necesitan una locomóvil de vapor para desarrollar la corriente; de modo que al estudiar sus instalaciones se deberá tener en cuenta esta circunstancia para disponer locales para el combustible

y aljibes para el agua. Como regla general podemos consignar que en cada instalación hacen falta tres locales de $6^m,00 \times 4^m,00$ de superficie; cada uno con $3^m,5$ de altura y un depósito de agua para el consumo de 200 horas.

En el primer local se guardará el proyector con su carrete; en el segundo la locomóvil; y el tercero servirá de almacén para el carbón; siendo inútil añadir que conviene que todos ellos estén á prueba y se hallen perfectamente ventilados.

Con la completa protección que es indispensable dar á los locales destinados á conservar la pólvora y cargas explosivas en las baterías, la luz directa en la mayoría de los casos será escasa ó casi nula para iluminar los locales, y no habrá más remedio que apelar al alumbrado artificial, con lámparas ordinarias de aceite ó con luces eléctricas, que presentan más ventajas, aunque su instalación sea más costosa.

En las plazas en que se halla bien organizado el servicio de alumbrado eléctrico contra los ataques nocturnos, el empleo de sus acumuladores dará un buen resultado para iluminar sin grandes gastos los locales oscuros de las baterías; pero como esto no siempre será posible, y además exige mantener noche y día su acción las máquinas generadoras, se acude ordinariamente al uso de lámparas de incandescencia y pilas de bicromato de potasa, del sistema Trouvé, que hasta el día es el que ha dado mejores resultados.

Las lámparas, que pueden ser del modelo Swan privilegiado, de cuatro bujías de intensidad, se colocan entre dos gruesos cristales, como los que se usan en las cámaras de los barcos; el cristal que mira al almacén fijo y el otro móvil, de modo que pueda abrirse y cerrarse con facilidad por medio de un sencillo mecanismo.

Las pilas generadoras de la corriente eléctrica se instalan en un pequeño local aislado, de 4 á 6 metros superficiales, que puede situarse á uno de los lados del corredor de saneamiento, ó en el mismo punto donde se encuentre la estación telegráfica.

Los conductores se llevan por los corredores que circuyen los almacenes, suspendidos de palomillas aisladoras, constituyendo con dobles lámparas dos circuitos independientes, para que si algún accidente imprevisto inutiliza uno, queden los locales iluminados con las lámparas del otro.

Cuando haya necesidad de reemplazar alguna lámpara, se interrumpe la corriente de su circuito para evitar las chispas, y con este objeto en el cuarto de las pilas se deben colocar los conmutadores que sean necesarios.

Además, como podría ocurrir el caso de tener que apelar al alumbrado ordinario con lámparas de aceite, al proyectar las baterías conviene, aunque se cuente con la iluminación eléctrica, organizar las ventanillas y chimeneas indispensables para aquellas luces, pues aunque no lleguen á usarse, siempre tendrán útil aplicación para establecer corrientes de aire y ventilar los locales.

Indicados ya los detalles de organización de las baterías, pasaremos ahora á ocuparnos del servicio de comunicaciones de las mismas, tanto para el transporte de las cargas, como para las operaciones de armamento, que hoy día requieren un cuidado especial, por las dimensiones y peso á que han llegado las piezas.

El transporte de los cartuchos se verifica en los portafuegos por uno ó dos hombres á brazo ó con palanca según su peso; como éste en las mayores piezas, que son las Krupp de 30,5, aún contando con el portafuegos y palanca no excede de 50 kilogramos, no hay dificultad en que se verifique por rampas que no excedan de 0,20 de pendiente cuando hay necesidad de ganar diferencia de nivel entre los repuestos y explanadas. El transporte de los cartuchos desde los depósitos de los almacenes á los repuestos cuando éstos están situados encima, conviene hacerlo con montacargas, que pueden ser las mismas usadas para los proyectiles ó mejor otras de platillo de madera como las propuestas por el comité de fortificación de Austria, que consisten en doubles plataformas de madera, que se elevan por medio de poleas maniobradas con un torno de engranaje, guiadas por piés derechos, también de madera, para evitar cualquier contingencia.

Respecto al transporte de proyectiles, en la actualidad se verifica de diferentes maneras, según su peso y calibre; los de las piezas Krupp de 26 y 30,5 centímetros se conducen en una vagoneta especial en forma de teja con cuatro ruedas y doubles lanzas, que marcha sobre el suelo natural afirmado ó sobre una vía férrea de 0^m,40 de anchura; los proyectiles de las piezas Armstrong de 25 y 30,5 centímetros se transportan también sobre una carretilla

análoga de dos ruedas, pero sin auxilio de vía férrea; los proyectiles de las piezas de 15, 21 y 24 centímetros se llevan en una carretilla de madera, de una sola rueda; y los proyectiles de los cañones y obuses Ordoñez de 30,5 centímetros, aunque aún no está aprobado su medio de transporte, parece que se adoptará uno análogo al de los proyectiles Krupp. Existen, pues, diferentes sistemas de locomoción y aunque bajo el punto de vista del ingeniero sería de desear se uniformasen, estudiando una vagoneta común que permitiera conducir á la vez uno, dos ó cuatro proyectiles según su peso, y una vía férrea también igual para todas las piezas; como no se ha llegado todavía á esta uniformidad, hay que proyectar las comunicaciones de los re-puestos con las explanadas según la pieza que se debe servir.

En este supuesto, considerando la vía ordinaria ó férrea, calcularemos el esfuerzo que hay que desarrollar para conducir los proyectiles más pesados de cada calibre, por medio de la fórmula:

$$R = r \cdot P + I P$$

en la cual representan

R la resistencia á la tracción.

r el coeficiente de rozamiento igual á 0,05 para el afirmado ordinario é igual á 0,005 para la vía con carriles.

I la pendiente del camino de servicio.

P el peso del proyectil con la vagoneta.

Aplicando esta fórmula á los proyectiles de las diferentes piezas en las dos circunstancias indicadas, hallaremos:

Por piso ordinario consistente.

PENDIENTES.	ESFUERZO DE TRACCIÓN PARA LOS PROYECTILES DE LAS PIEZAS.						
	Cañón Krupp de 30,5 cm.	Cañón y obuses Ordoñez de 30,5 cm.	Cañón Krupp de 26 centím.	Cañones y obuses H. R. y S. de 24 cm.	Obuses de H. R. y B. de 21 centím.	Cañón Ordoñez de 15 centím.	Cañón H. R. y S. de 15 centím.
	Kilógs.	Kilógs.	Kilógs.	Kilógs.	Kilógs.	Kilógs.	Kilógs.
0,000	25	20	15	10	5	3,5	2,00
0,050	50	40	30	20	10	7,0	4,00
0,100	75	60	45	30	15	10,5	6,00
0,150	100	80	60	40	20	14,0	8,00
0,200	125	100	75	50	25	17,5	10,00
0,250	150	120	90	60	30	21,0	12,00
0,300	175	140	105	70	35	24,5	14,00

Por vía férrea de 0^m, 40 de anchura.

PENDIENTES.	ESFUERZO DE TRACCIÓN PARA LOS PROYECTILES DE LAS PIEZAS.						
	Cañón Krupp de 30,5 cm.	Cañón y obuses Ordoñez de 30,5 cm.	Cañón Krupp de 26 centím.	Cañones y obuses H. R. y S. de 24 cm.	Obuses de H. y B. de 21 centím.	Cañón Ordoñez de 15 centím.	Cañón H. R. y S. de 15 centím.
	Kilógs.	Kilógs.	Kilógs.	Kilógs.	Kilógs.	Kilógs.	Kilógs.
0,000	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,35	0,2
0,050	27,5	22,0	16,5	11,0	5,5	3,85	2,2
0,100	52,5	42,0	31,5	21,0	10,5	7,35	4,2
0,150	77,5	62,0	46,5	31,0	15,5	10,85	6,2
0,200	102,5	82,0	61,5	41,0	20,5	14,35	8,2
0,250	127,5	102,0	76,5	51,0	25,5	17,85	10,2
0,300	152,5	122,0	91,5	61,0	30,5	21,35	12,2

Del exámen de estas tablas, sabiendo que el esfuerzo de tracción que un hombre puede ejercer es de 60 kilogramos por término medio y que los pro-

yectiles de los calibres de 26 y 30,5 centímetros los transportan dos sirvientes, mientras que en los calibres de 24, 21 y 15 centímetros sólo se emplea un conductor, deducirenos:

1.º Que desde luego conviene, siempre que se pueda, construir las vías horizontales ó con la menor pendiente posible.

2.º Que pueden, sin embargo, adoptarse en caminos ordinarios y mejor en vías férreas pendientes hasta de $0^m,200$ para todos los calibres, pero no conviene pasar de $0^m,12$ porque la marcha de los conductores sería muy molesta.

Y 3.º Que cuando haya necesidad de establecer rampas pueden organizarse en la parte superior de ellas tornos de tracción, en cuyo caso no hay dificultad en admitir pendientes hasta de $0^m,300$ por metro ó más, puesto que los hombres comunicarían por escalerillas.

Aunque, como se acaba de indicar, en ciertos casos pueden admitirse las rampas para ganar las diferencias de nivel en el transporte de los proyectiles, hay otras, como sucede, por ejemplo, cuando los almacenes están situados debajo de los repuestos, en que no hay más remedio que elevar verticalmente las cargas haciendo uso de ascensores.

La Real orden de 22 de Noviembre de 1888 que encomienda al cuerpo de artillería la fabricación de estos aparatos, deja libertad para que en cada batería que se proyecte se proponga el sistema de montacargas que debe adoptarse; libertad á nuestro juicio muy bien entendida, porque si se admitiese el mismo sistema para todas las piezas habría unas veces exceso de potencia con pérdida de velocidad, otras se ocuparía inútilmente un espacio indispensable, y en otras muchas se vería embarazado el proyectista al tenerse que sujetar en sus estudios á un modelo determinado, no siempre aplicable á todas las localidades; así que creemos preferible, como se ha hecho, dejar á la elección de la Junta mixta local el montacargas, para que proyecte el que más convenga, según el tamaño y peso de los proyectiles, la organización especial de la obra, el espacio de que se disponga y el sistema de comunicaciones que se adopte.

Existen una infinidad de aparatos elevadores que pueden servir de montacargas, desde la simple polea hasta la más complicada grúa corrediza, y desde el pescante giratorio hasta los ascensores, todos pueden aplicarse; pero

nosotros nos limitaremos á reseñar aquí solamente los más sencillos y económicos, pues ambas condiciones deben llenar para ser útiles al objeto.

Desde luego, el más sencillo de todos los que se pueden adoptar es un aparejo diferencial *Becker-Berlin*, más ó ménos resistente, suspendido de la bóveda superior, y que por medio de un pozo abierto en la bóveda baja, eleva los proyectiles de uno á otro piso. Este sistema, que es el que aparece en los tipos de traveses y repuestos del general Brialmont, tiene la ventaja de ser muy económico y fácil de instalar; pero como sólo permite el movimiento ascensional, obliga luego á ejercer un esfuerzo horizontal á brazo, para sacar el proyectil de su posición alta y colocarlo sobre el piso superior; esfuerzo que en los grandes calibres es considerable.

Para evitar este inconveniente, conservando la sencillez, pueden adoptarse dos caminos: ó suspender el aparejo de un pescante giratorio, análogo al de los montajes de las piezas, que una vez elevada la carga por el pocillo de ascensión permite dar un giro y descargar el proyectil sobre el piso, ó montar el aparejo sobre una barra de suspensión, empotrada en el techo, de modo que una vez verificada la ascensión pueda correrse á lo largo de la barra hasta dejarlo en el suelo firme ó en el ferrocarril de servicio. Este último sistema ha sido adoptado en la batería de Valdeaguas, en Céuta, con una polea diferencial, patente Weston, perfeccionada, y hasta la fecha ha dado buen resultado. Sin embargo, á los dos sistemas de pescante giratorio y de corredera, les hallamos el inconveniente de que no sujetan al proyectil lo bastante en su ascensión para impedir que oscile y se produzcan choques en las paredes del pozo, que pueden dar lugar á un accidente; á evitarlo se encaminan los dos aparatos que siguen, de Gruson y del Comité austriaco.

El montacargas Gruson, cuyo dibujo acabamos de recibir, se aplica principalmente á proyectiles de calibre menor y consiste: en tres carriles verticales, colocados en el pozo de ascensión, para guiar la marcha de los platillos elevatorios, que son dobles y conducen las cargas verticalmente; en una rueda de engranaje con su manivela, para ejercer el esfuerzo en cuatro poleas, y una cadena sin fin que pasa por ellas y suspende los dos platillos del montacargas, de modo que cuando el uno sube baja el otro; y por último, en unos topes que se colocan sobre los carriles, á la altura que conviene, para detener los ascensores.

Este aparato es económico y ocupa muy poco espacio; se puede instalar en un lado del local practicando un nicho en el muro, y para los proyectiles de menor calibre no exige más que el esfuerzo de un hombre; pero no sería aplicable á los grandes proyectiles sin modificarlo, para que pudieran subir en su posición natural con la vagoneta.

El montacargas austriaco llena esta última condición, pues en él pueden entrar y salir horizontalmente las vagonetas porta-proyectiles. La organización de este aparato es muy sencilla, aunque algo más costoso que el Gruson, y consiste en un doble ascensor de platillo, guiado entre seis piés derechos y movido por un torno de engranaje; las dimensiones de los platillos están ajustadas al tamaño de los proyectiles, para que éstos quepan en su posición natural y entren y salgan guiados por los ferrocarriles del piso, que deben quedar en prolongación de los carriles que llevan los platillos del ascensor. Las poleas y cadena sin fin para la tracción; las roldanas, que reducen el rozamiento y guían la marcha de los platillos; los topes, que paran éstos donde conviene, completan el sistema, que exige un espacio de instalación de $3^m,00 \times 2^m,50$ en sentido horizontal en los locales.

Si el servicio de comunicaciones para el servicio de proyectiles reclama especial cuidado, como acabamos de ver, no lo pide ménos el del transporte de las piezas para armar las modernas baterías.

Las piezas destinadas á la defensa de costas, generalmente se conducen por mar á su destino.

Cuando cerca de la posición que han de ocupar, ó á no muy larga distancia de la batería, hay un muelle al cual puede atracar el buque, nada más fácil que verificar el desembarco de los cañones con las grúas del muelle si tienen suficiente potencia, ó con una especial que se coloque, como se ha hecho en la fortaleza de Isabel II, de Mahón; si por el contrario, los muelles tienen poco fondo, entónces habrá que apelar á la conducción de las piezas en chalanas ó barcasas y echar á tierra las piezas por el método seguido en Ferrol y Céuta, ú otro que se considere conveniente.

En ámbos casos corresponde al cuerpo de artillería proporcionar los medios auxiliares indispensables para llevar á cabo la operación del desembarco y efectuar las maniobras de fuerza; y al cuerpo de ingenieros concierne pre-

parar los muelles ó rampas, instalar las máquinas en buenas condiciones de estabilidad y prestar su concurso para conseguir buen resultado. En este concepto nos limitaremos á indicar ligeramente las obras que deben ejecutarse en cada uno de los casos siguientes, que son los más generales:

1.º Cuando en el muelle existan grúas, máquinas ú otros aparatos, bastará, si éstos pueden utilizarse, limpiar el fondo si fuera necesario para que el barco pueda atracar, preparar un almohadillado en el borde del muelle para proteger el costado del buque, comprobar la resistencia de la máquina de suspensión y reforzarla si fuera necesario, y arreglar las vías de comunicación sobre el muelle.

2.ª Cuando no haya medios elevatorios, además de la preparación del muelle y vías ántes indicadas, habrá necesidad de instalar la grúa formando una sólida base de hormigón de 6^m,00 de diámetro á la plataforma de giro central y otras circulares de 1^m,00 de anchura con los radios medios de 8^m,6 y 18^m,20 para las carrileras del marco, todas ellas con la profundidad ó espesor que exija la naturaleza del suelo.

3.º Cuando por falta de fondo haya que conducir las piezas en batea ó chalana, se preparará un baradero y la cabeza del muelle ó rampa de desembarco de modo que su superficie quede de nivel con el plano de asiento de los cañones; una vez conducida la batea á su baradero y afianzada al muelle, se enlazarán ambas partes con fuertes vigas colocadas en sentido perpendicular al eje del cañón, para que sirvan como de puente en el desembarco; hecho esto se verificará la tracción desde tierra haciendo uso de cabrestantes ó de una locomóvil si la hay, ayudando el movimiento con cuñas y palancas hasta dejar en tierra firme la pieza; y ya en esta situación no habrá más que levantarla con los criks reglamentarios hasta apoyarla en sus trucks de transporte.

La conducción de las piezas desde los muelles de desembarco hasta las baterías en que se van á instalar, se verifica por caminos ordinarios, que hay necesidad de explanar y preparar de antemano, según los medios de tracción y transporte que se vayan á emplear. Si la tracción se ha de efectuar con las locomóviles Avechins-Porter que posee el cuerpo de artillería, la anchura, el radio de las curvas y las pendientes de la vía se ajustarán á las condiciones que el uso de esta máquina exige. Si la tracción se verifica á brazo, con ca-

brestantes ó con aparejos diferenciales, convendrá preparar el camino, á ser posible, en línea recta, ó sinó en varios tramos rectos con los ángulos horizontales, para instalar en ellos plataformas horizontales que faciliten el cambio de dirección.

Las piezas Krupp de 26 y 30,5 centímetros, de todas maneras se transportan sobre unas ruedas especiales, que hacen las funciones de trucks, y sobre un ferrocarril portátil de 1^m,80 de anchura, compuesto de tres tramos rectos de 6^m,00 de longitud cada uno y dos curvos de igual desarrollo con 10 metros de radio medio. La descripción de esta vía y de las ruedas puede verse en la citada obra del teniente coronel de artillería D. Camilo Fuentes, titulada *Instrucción para el servicio de las baterías armadas con cañones Krupp de grueso calibre*.

Las piezas de fabricación española de 15, 21, 24 y hasta las de 30,5 centímetros Ordoñez, se conducen en los trucks reglamentarios de 15 y 30 toneladas, sobre una vía Decauville de 0^m,60 de anchura, compuesta de diez tramos rectos de 5^m,00, cuatro de 4^m,00, seis de 3^m,00 y ocho de 2^m,00, que suman 100 metros de longitud, más otros ocho tramos curvos de 2^m,00 de desarrollo con 10^m,30 de radio medio. La descripción de esta vía y de los trucks reglamentarios puede verse en la Memoria que acompaña á la circular de la Dirección general de Artillería de 11 de Agosto de 1887.

En cuanto á los medios para montar las piezas sobre sus afustes en las explanadas, está dispuesto que se empleen los caballetes y criks hidráulicos, como se hizo en Cádiz con los cañones Armstrong, ó que se haga uso de una cábría de cuatro apoyos, de las fabricadas en Trúvia. Ambos medios exigen espacio suficiente en el terraplén para instalarlos, en unión del marco del montaje y del truck en que se transporte la pieza, y en este concepto, con arreglo á la circular de 15 de Enero de 1885, será preciso disponer el terraplén de modo que tenga por lo ménos 5^m,00 en sentido perpendicular á la dirección del camino á cada lado del eje y 2^m,00 más que la longitud del marco en sentido normal al parapeto. La descripción de los criks hidráulicos y de las grúas reglamentarias adoptadas por el cuerpo de artillería se encuentran en las circulares de la Dirección general de este arma de 7 de Septiembre de 1888, 15 de Octubre de 1886 y 20 de Marzo de 1883.

Terminaremos estos apuntes con algunas ligeras indicaciones de los detalles de construcción de las baterías referentes sólo á las explanadas para las piezas, puesto que los que se relacionan con el saneamiento y ventilación de los locales cubiertos son bastante conocidos de nuestros lectores y en nada se apartan de las reglas generales de construcción.

Las explanadas para las grandes piezas de la artillería de costa, además del esmero con que deben construirse para conseguir la precisión en el tiro, que no se alcanza sin una perfecta horizontalidad en las carrileras y basa, exigen una gran solidez en la fábrica para resistir los efectos del disparo.

De todos los materiales que pueden emplearse en la construcción de las explanadas, ninguno mejor que el hormigón hidráulico, y para formar éste, el cemento Portland, pues dicho cemento tiene sobre el de Zumaya las ventajas siguientes: 1.^a, su fraguado lento permite preparar de una vez toda la cantidad necesaria para la instalación de una basa, mientras que el de Zumaya obliga á operar en pequeñas porciones para evitar que fragüe ántes de su empleo; 2.^a, á pesar de fraguar más tarde el cemento Portland, endurece mucho más pronto que el Zumaya, y su pasta llega á adquirir al cabo de un año 2,50 veces más resistencia; y 3.^a, la adherencia á las piedras es más considerable.

Por estas razones en el hormigón de las explanadas convendrá emplear siempre el cemento Portland alemán (de Stettin) ó inglés (Wondhan), la arena silíceá de grano grueso y la piedra de cuarzo partida á tamaño uniforme de 0^m,04 á 0^m,07, todo en las proporciones siguientes:

1,00 volúmen de mortero hidráulico.

1,80 id. de piedra partida.

Y en cuanto al mortero, las siguientes proporciones:

1,00 volúmen de cemento Portland.

1,00 id. de arena.

0,62 id. de agua.

Para confeccionar el mortero se debe mezclar en seco el cemento y la arena, y luégo añadir el agua poco á poco, batiendo la mezcla, que se presentará muy suelta, hasta conseguir la completa homogeneidad de la masa.

Una vez fabricado el mortero ya se puede incorporar la piedra para for-

mar el hormigón, sin dejarlo de batir hasta que se emplee en obra, que deberá ser en seguida.

Abierta la caja de la explanada se empieza por rellenar su parte inferior hasta la altura de la plataforma inferior de la base para constituir el cimiento, y comprobada la horizontalidad se coloca dicha plataforma con los pernos pasadores, sujetos con una plantilla de madera por la parte superior, á fin de que conserven su verdadera posición. Hecho ésto se continúa el macizo de hormigón por capas, apisonando con cuidado la parte comprendida entre los pernos, y se alcanza hasta el plano de asiento de la basa, que no se coloca ni tampoco las carrileras, hasta dos ó tres días después de terminado el macizo.

La colocación de la basa, los pernos y las carrileras exigen tener trazado sobre el terraplén y parapeto la directriz del eje de la pieza, para que sirva de referencia en la instalación, y para que después se puedan nivelar los planos de asiento; porque como queda dicho, esta condición es indispensable para la exactitud del tiro. También será necesario comprobar con cuidado la posición de las carrileras respecto al perno pinzote ántes de asegurarlas, colocando el marco explanada para ver si en su giro se apoya igualmente en todas ellas. Por último, ya situadas las carrileras, se rellenarán los espacios vacíos con el mismo hormigón bien apisonado, y se emplomarán los tornillos de sujeción. Inútil es añadir que, como las basas tienen un peso considerable, habrá que montar una cabria ó andamiaje para instalarlas.

El tiro de prueba sobre los emplazamientos así construidos, podría hacerse al mes ó ántes si preciso fuera; pero como su mayor resistencia no la adquirirían hasta después de un año, si las circunstancias no aconsejan otra cosa, conviene demorar la prueba para mayor seguridad.

Hemos llegado al fin que nos habíamos propuesto y quizás nos hubiéramos extendido algo más en estos apuntes si la necesidad de repartir el tomo del *Memorial* no nos aconsejase dar por terminado este imperfecto trabajo, hecho sin más mira que prestar un servicio á nuestros compañeros, reuniendo los datos que se encuentran diseminados en diferentes libros.

FIN.

ÍNDICE.

Páginas.

ADVERTENCIA PRELIMINAR. 5

Artillería de costa.

I.—Cañones.

Piezas lisas antiguas.	7
Cañones H. R. y S. de 16 centímetros, de avancarga.	8
Id. Barrios lisos de 28 centímetros.	11
Id. H. R. y S. de 24 centímetros, C c., modelo 1881 y 1884.	14
Id. H. R. y S. de 15 centímetros, C c., modelo 1875.	19
Id. Armstrong de 25 y 30,5 centímetros.	21
Id. Krupp de 26 y 30,5 centímetros.	27
Id. Pérez de 21, 25 y 30 centímetros.	33
Id. Ordoñez de 15 y 30,5 centímetros.	35

II.—Obuses y morteros.

Morteros cónicos de 32 centímetros.	43
Obús H. R. y S. de 21 centímetros, modelo 1870.	46
Id. B c., de 21 centímetros, C c., modelo 1885.	55
Id. H. R. y S de 24 centímetros (experimental).	59
Id. H. R. y S. de 30,5 centímetros, C c. (en estudio).	63

III.—Cañones de tiro rápido y ametralladoras.

Ametralladoras.	68
Cañones de tiro rápido.	71

Acción mutua entre los buques y las baterías descubiertas.

I.—Los buques contra las baterías.

Influencia de la distancia de tiro.	75
Id. de la altitud de la batería.	77

II.—Las baterías contra los buques.

Espacios muertos.	80
Perforación de corazas.	82
Zonas peligrosas.	85
Perforación de cubiertas.	87

Baterías.

I.—Situación y armamento de las baterías de costa.

Consideraciones generales sobre las operaciones marítimas.	93
Bloqueo.	93
Bombardeo.	94
Ataque á viva fuerza.	94
Id. forzando el paso.	96
Diferentes clases de baterías que constituyen la defensa.	97

	Páginas.
Baterías de defensa lejana.	97
Id. de defensa próxima.	98
Id. de defensa de pasos.	99
Id. de defensa interior.	100
Altitudes más convenientes para cada clase de baterías.	100
Condiciones generales que deben llenar los emplazamientos.	102

II.—Organización y perfil de las baterías de costa.

Trazado y organización general de las baterías.	103
Locales cubiertos que deben contener.	104
Servicio de comunicaciones.	107
Perfil normal de las nuevas baterías.	108
Espesor del parapeto.	108
Altura de rodillera.	110
Inclinación del declivio.	110
Taludes y revestimientos	111
Adarve y terraplén de servicio.	111
Precauciones que deben tomarse según las circunstancias del terreno.	112
Resúmen general sobre la organización y perfil de las baterías.	112

III.—Detalles de las baterías de costa.

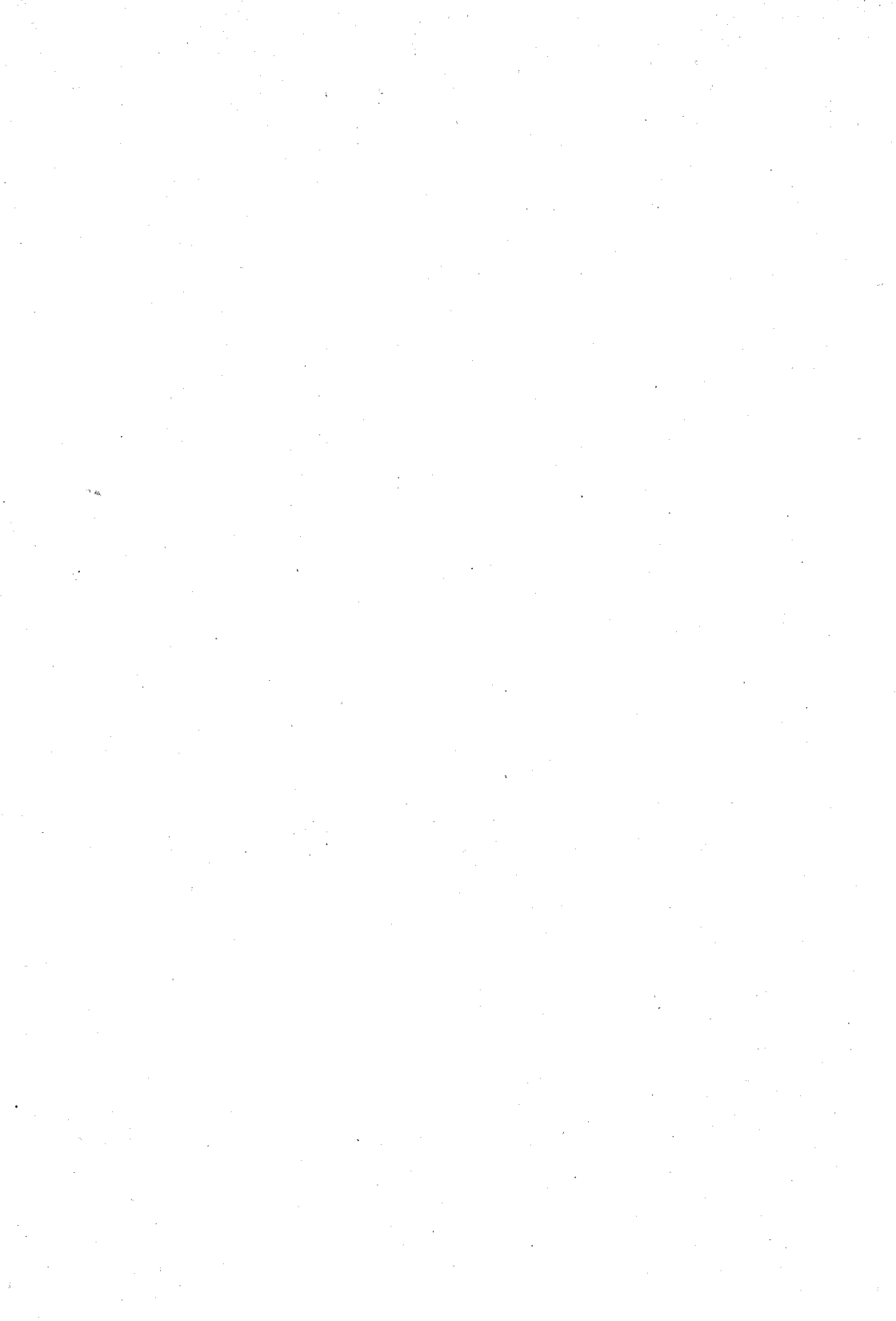
Almacenes particulares de municiones.	114
Repuestos especiales de municiones.	122
Almacenes de efectos.	125
Alojamientos para la guarnición.	127
Abrigos para los sirvientes de las piezas.	129
Observatorios.	129
Telégrafos.	131
Alumbrado eléctrico de la zona de ataque.	131
Alumbrado eléctrico de los locales cubiertos.	132
Comunicaciones para el servicio de cargas y proyectiles.	133
Comunicaciones para el armamento de la batería.	138
Detalles de construcción de las explanadas.	141

ERRATA IMPORTANTE.

En la tabla de la pág. 89, en todas las casillas que corresponden á los cañones de 30 centímetros Ordoñez, los dos Armstrong y los tres Krupp, y á las cotas de 100, 150, 200, 250 y 300 metros, deben borrarse las indicaciones de *ninguna* y de *idem*, sustituyéndolas con una simple raya que indique que no se estampan los datos correspondientes.

Como dichos cañones, según lo expuesto en la página 101, no conviene colocarlos á más de 50 metros sobre el nivel del mar, se ha creído inútil calcular el efecto que en tal situación producirían sobre las cubiertas blindadas. Claro es que las distancias, que deberían constar en la tabla en las expresadas casillas, irían siendo menores á medida que aumentase la altura de la batería.

PLANÍMETRO DE AMSLER.



PLANÍMETRO DE AMSLER.

DESCRIPCION, TEORÍA, USO

DE

IDEAS SOBRE UNA MODIFICACION DE ESTE INSTRUMENTO,

«.... l'un des plus beaux et des plus utiles
qu'aient produits la mécanique appliquée.»

G. A. HIRN.

POR

EL TENIENTE CORONEL,

D. ANTONIO VIDAL Y RUA,

CAPITAN DE INGENIEROS

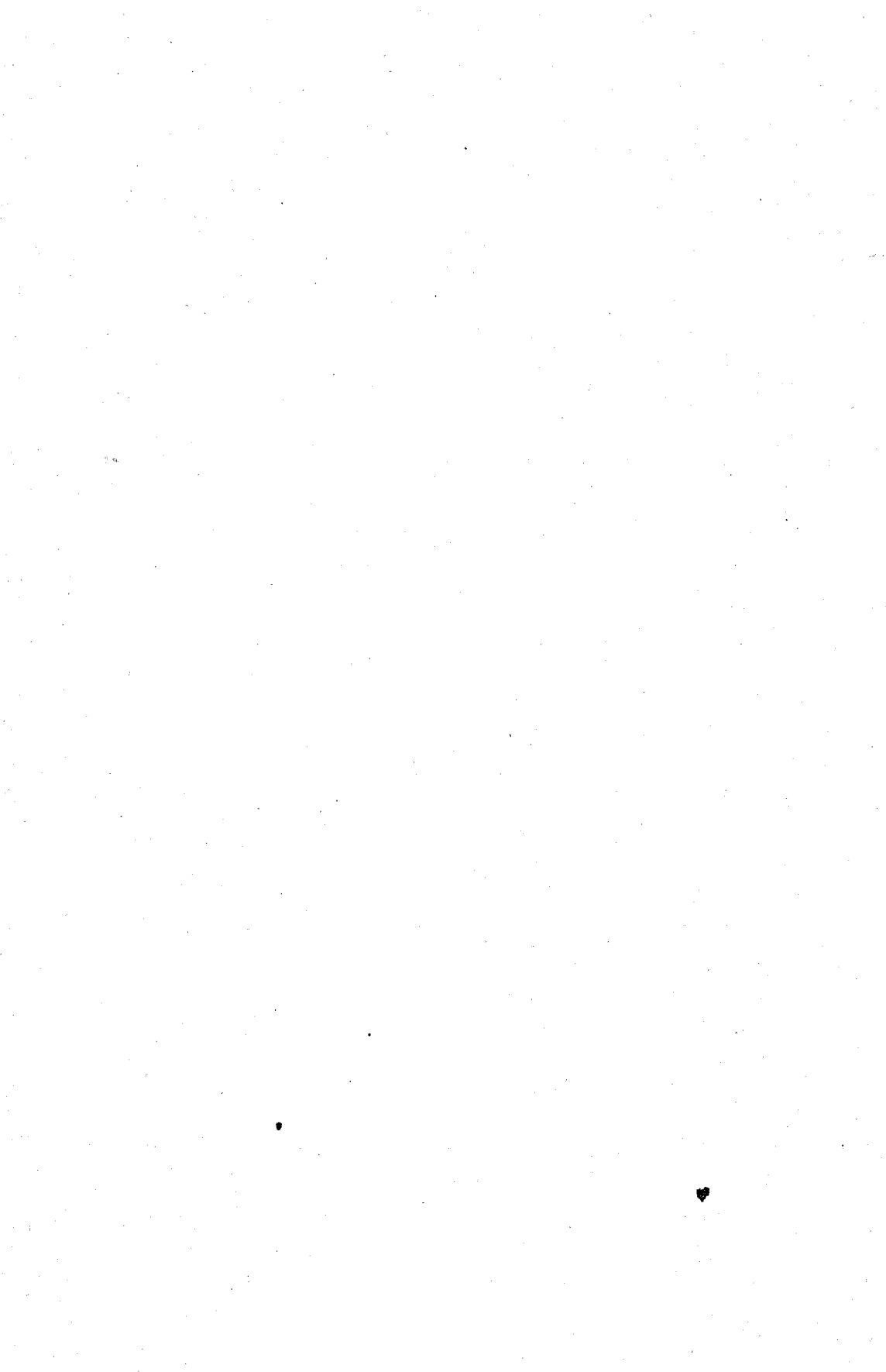
Y PROFESOR DE LA ACADEMIA DEL CUERPO.



MADRID.

IMPRESA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS

1888



PLANÍMETRO DE AMSLER.

I.

CONSIDERACIONES PRELIMINARES.

AUNQUE ignorásemos por completo las aplicaciones prácticas, tan útiles como numerosas, y los curiosos estudios de geometría, cálculo diferencial y cinemática que con motivo del *planímetro* de Amsler se han llevado á cabo, excitaría seguramente nuestra atención el sinnúmero de obras, revistas, folletos y artículos en que aquel instrumento se describe y analiza ó cuando ménos se bosqueja ó menciona. Mas conociendo los recursos que de tan ingenioso aparato se obtienen en el ejercicio de todas aquellas profesiones que tienen su fundamento en las ciencias físico-matemáticas, desde luego podía asegurarse que el ingeniero constructor, el mecánico, el de caminos, el naval, el militar, etc., han de hacer del planímetro objeto de numerosos estudios y recurso para facilitar no pocas cuestiones profesionales.

Y en efecto, la determinación del área plana encerrada por un contorno señalado en una hoja de papel y no sujeto á una expresión matemática á la cual pudiera aplicarse fácilmente una fórmula sencilla para efectuar la cuadratura de dicha área, es el planteo práctico y efectivo de muchos asuntos para cuya resolución se apela á procedimientos gráficos: la cubicación de desmontes y terraplenes y cálculo del movimiento de tierras en un proyecto de vía de comunicación ó en el de una plaza fuerte; la medición de cantidades de trabajo expresadas por los dinamómetros; el estudio de los diagramas en los indicadores del trabajo y del funcionamiento de las máquinas de vapor, gas, etc.; la determinación de superficies agrarias con aplicación á los

trabajos del catastro y de la agrimensura; la investigacion del valor medio de una cantidad expresada por las ordenadas de una curva trazada mecánicamente y tal como las que se obtienen en los mareógrafos, en los aparatos meteorológicos registradores, etc., exigen una expedicion grande en la evaluacion de áreas planas de forma irregular; y si á esto añadimos que, en general, la expresion de volúmenes, la de centros de gravedad, la de momentos estáticos y de inercia, y otras muy interesantes cuestiones matemáticas, pueden reducirse en muchos casos á la cuadratura de una área plana, iremos descubriendo el ancho campo de aplicacion de los planímetros, á todos los cuales puede además, y por último, considerarse como aparatos integradores, por cuanto sabido es que las integrales definidas de la forma:

$$\int_{x'}^{x''} X dx$$

tienen por interpretacion geométrica, el área correspondiente á una curva plana.

Con todo esto en cuenta, ya no sorprende el que publicaciones tan heterogéneas como el *Cosmos*, los *Annales des ponts et chausees*, el *Engineering*, *La lumière électrique*, la *Revista de obras públicas*, el *Memorial de l'officier du génie*, y muchísimas otras, principalmente las que se refieren á asuntos de la construccion y de la industria, cuya enumeracion sería prolija, se ocupen con más ó ménos frecuencia é interés de cuanto á planímetros concierne; que con exclusivo objeto de la misma materia hayan salido á luz memorias tan importantes como las de Beck und Sohn, Sebert, Hirn, Abakanowicz..... y que multitud de nombres como Wittstein, Petsch, Résal, Combes, Cuenoud, Merrifield, Deprez, etc., figuren con los anteriores en la extensa lista de los que han estudiado los planímetros, y con predileccion el de Amsler, y expuesto sobre este último tantos y tan variados estudios y teorías, que así se encuentra entre ellas una *teoría elemental* sencilla pero errónea al principio de la memoria de Sebert, como se tropieza con otras como la de Wittstein salpicadas con exceso de integrales y trasformaciones algebraicas.

Y es que, así al ménos lo creemos, ha ocurrido en pequeña escala con el planímetro de Amsler lo que en grandes proporciones aconteció con la in-

vencion del cálculo diferencial; es seguro que ni el mismo Leibnitz pudo comprender todo el alcance de la sublime concepcion que dió lugar á un paso en el adelanto de las matemáticas, tan gigantesco, que más de un siglo de dudas, discusiones y controversias fué necesario para fijar el concepto de la nueva rama creada para el análisis; como es probable que el propio inventor Amsler no se diera cuenta de toda la difícil facilidad que en su instrumento se sintetiza, y por esto se haya encontrado insuficiente lo que sobre la teoría del planímetro publicó su mismo autor.

Verdaderamente se hizo de necesidad, no ya dar una comprobacion matemática que explicara el uso, en extremo sencillo, del instrumento, y justificara la bondad de los resultados que de él pudieran obtenerse, sinó que también fué preciso exponer la teoría de su funcionalismo, si se quería evitar el manejo puramente rutinario, y ántes bien, dar medios para que el operador haga de aquél un uso consciente á que en cierto modo se opone la sencillez misma del aparato.... «Yo he visto el planímetro en manos de personas muy inteligentes (dice Mr. Hirn en su *Teorie analytique elementaire du planimetre Amsler*), no extrañas á los conocimientos matemáticos, ántes por el contrario algunas de ellas muy versadas en esta ciencia. Y cuando, no sin intencion maliciosa, lo confieso, les hacía preguntas sobre la teoría del instrumento, una misma respuesta obtenía invariablemente: «Nada más sencillo, ni más fácil de comprender», me decían. Sin embargo de lo cual, al cabo de pocos instantes de discusion, aparecía nublado el espíritu del que tan convencido se había mostrado en un principio, y quien, si no tenía la sinceridad de confesarse *pegado* (colé), cuando ménos pretestaba no haber considerado nunca las cosas bajo el punto de vista en que yo las planteaba.»

Condena con razon el autor de las líneas que acabamos de traducir, la tendencia que se ha notado en muchas de las demostraciones llamadas *elementales* á recurrir á razonamientos de *poco más ó ménos*, esquivando sistemáticamente toda idea de análisis matemático. Pero Mr. Hirn, por el contrario, convencido de la imposibilidad de comprender en todo su valor el funcionalismo del instrumento de Amsler sin el concurso de las primeras nociones de trigonometría, geometría analítica y cálculo infinitesimal, aborda resueltamente una *teoría analítica*, dando á este calificativo su signifi-

cacion algebraica, haciendo de pasada razonamientos aclaratorios sobre el concepto del cálculo infinitesimal, y penetrando profundamente en la manera de ser sustancial del precioso instrumento en cuestion.

Por esto mismo nos referimos con predileccion á la notable memoria á que acabamos de aludir, entre las varias que sobre el mismo asunto han llegado á nuestras manos, mas no sin confesar desde luego que nos separa una distancia bastante grande en la manera de considerar cómo funciona el instrumento en que nos ocupamos, diferente como la concibe Mr. Hirn de como la vamos á explicar más adelante, y diferentemente tambien de como aparece tratada en los escritos que hasta ahora hemos visto sobre este asunto, que creemos interesante, lo cual motiva el que nos hayamos decidido á dar á luz estas breves ideas que tenemos hace ya tiempo apuntadas.

De no explicar el funcionalismo del planímetro de una manera empírica, hay que reunir como medio más expedito al que suministra el método infinitesimal en sus procedimientos fundamentales, método fecundo y claro principalmente en sus aplicaciones geométricas, y á la nocion, por tanto, del infinitamente pequeño, considerado como elemento de la cantidad que se trata de conocer y medir. Y hemos de procurar no engolfarnos en este asunto, aunque á ello nos incite lo interesante que es en sí, y la circunstancia expresada de que sobre él ha de cimentarse toda explicacion analítica (en el sentido más lato de esta palabra), de los instrumentos semejantes al que nos ocupa, porque suponemos en nuestros lectores, las nociones del cálculo diferencial suficientemente arraigadas para no atribuir falta de rigor, como es idea demasiado extendida, al despreciar diferenciales de segundo orden, cuando sólo se trata de sumar elementos diferenciales de primer orden. Podrá (y permítasenos la digresion), achacarse á error de lenguaje la titulada operacion de despreciar una parte, por más que sea infinitesimal, de cada sumando en una suma compuesta de un número infinito de los primeros, y á imperfeccion de nuestra inteligencia, la necesidad de preparar la induccion mental, que conduce á la consideracion abstracta del infinitamente pequeño, mediante la formacion del elemento finito de primer orden, descomponible en elementos de segundo orden, ya no despreciables cuando de la suma del total de aquéllos se trate; mas la gimnasia intelectual, si cabe la palabra, ad-

quirida en el estudio de los cálculos, hará discernir sin dificultad que una parte superficial, siquiera sea muy pequeña, no es matemáticamente despreciable en la evaluación del área, mientras que el infinitamente pequeño no dá ni quita valor efectivo á lo finito; que el infinitamente pequeño de segundo orden no produce aumento ni disminucion al sumarse al infinitamente pequeño de primer orden, etc.; que es, como si dijéramos en lenguaje geométrico, que el punto, elemento de la línea, carece de extension lineal; que la línea, elemento de la superficie, está exenta de magnitud superficial, etc.

Aunque sea con carácter de ideas recordatorias, creémos bueno haber mencionado estos conceptos fundamentales del análisis matemático, pues ellos son la piedra de toque en asuntos de la índole del que tratamos, y escollo intelectual con que se tropieza para la comprensión de muchas explicaciones, que, fuera de esto, pueden calificarse de verdaderamente sencillísimas y elementales.

Por lo demás, y tomando el hilo de nuestro asunto principal, añadiremos que si nada nos separa de la generalidad de los que han expuesto la teoría del planímetro, en lo referente al principio fundamental, nos apartamos en cambio del procedimiento más generalmente seguido y que afecta á la forma de los elementos superficiales en que se supone descompuesta el área que se trata de medir, y cuya integracion realiza el planímetro. Y que esto es asunto de importancia, por cuanto afecta á la sencillez del modo de llegar al fin apetecido, lo demuestra uno de muchos ejemplos que pudiéramos poner: Si por procedimientos teóricos queremos determinar el área encerrada por una curva, es claro que debemos considerar descompuesta dicha área en elementos acomodados á las circunstancias de cada caso; si la curva está referida á coordenadas cartesianas ortogonales (x, y) , visible es la conveniencia de la descomposicion en elementos rectangulares, comprendidos, por ejemplo, en la expresion $y \, dx$, al paso que si la ecuacion de aquélla nos fuere dada en coordenadas polares (ω, ρ) , el elemento diferencial de la superficie debería ser de forma de sector circular y expresada algebraicamente su área por $\frac{1}{2} \rho^2 \, d\omega$.

Ahora bien, para concebir de la manera más sencilla posible el funcionamiento del planímetro de Amsler ¿en elementos de qué forma debe conside-

rarse descompuesta la superficie plana cuya área se busca? Lo general ha sido recurrir á elementos infinitesimales acomodados al sistema de coordenadas polares, cuyo calificativo lleva tambien el planímetro; pero considerado en toda su generalidad aquel instrumento, y concibiendo su manera de sér en la forma más sustancial posible, se ocurre preguntar: ¿cuadra en el caso actual la descomposicion en sectores circulares? No vacilamos en la negativa, atendiendo á que el punto de giro de todo el instrumento, el polo, que pudiéramos llamar, así como la varilla de la cual aquél forma una de sus extremidades, no constituyen parte rigurosamente esencial del aparato; éste se halla determinado, en sustancia, por la varilla que lleva la ruedecilla, por la ruedecilla, y por el movimiento definido de aquélla y el consiguiente de ésta.

Pero antes de entrar en materia, expondrémos una ligera descripcion y uso del planímetro, á fin de que resulte algo más completo el estudio que nos hemos propuesto hacer sobre tan precioso y útil instrumento.

II.

BREVE DESCRIPCION Y USO DEL PLANÍMETRO DE AMSLER.



El planímetro de Amsler (fig. 1), está constituido por dos varillas de metal AB y CD , articuladas en C , de suerte que puedan formar un ángulo variable próximamente entre 0° y 180° sin llegar á estos valores límites, y llevan en sus respectivas extremidades: la una, un punzon ζ , que al clavarse en el papel extendido sobre un tablero, y mantenerse en esta disposición por el peso adicional P , suministra un punto de giro de todo el instrumento; y la otra, un estilete ó puntero t , que sirve para recorrer el área señalada en el papel ántes mencionado. Unida á la varilla AB y susceptible de girar sobre un eje paralelo á ésta, vá una ruedecilla R , provista de una pestaña ó reborde que sobresale de la llanta; ésta está dividida en 100 partes iguales, pudiéndose apreciar décimas de division merced á un nónio n , y contarse el número de vueltas de la ruedecilla, desde cero hasta diez, mediante un sencillo disco ó contador c , rotatorio sobre un eje, del cual forma parte un piñon que engrana en un tornillo sin fin adaptado al eje de la ruedecilla.

Todo el pequeño mecanismo compuesto de la rueda con su nónio, contador, y articulacion de la varilla CD , está sujeto en una armadura que permanece fija á la varilla AB , para cada operacion; pero que de una operacion á otra puede correr á lo largo de la expresada varilla AB aumentándose ó acortándose la magnitud comprendida entre el puntero y la articulacion de ambas varillas. Por esta disposición (de que carecen los planímetros más sencillos), se puede obtener en la medida de las áreas, variedad de unidades superficiales, ó bien la misma unidad superficial correspondiente á planos

dibujados en variadas escalas. Como quiera que sea, los trazos grabados en el canto de la varilla AB , indican las diversas posiciones de ésta en consonancia con las diferentes unidades superficiales expresadas abreviadamente á la inmediacion de dichas divisiones, bajo la siguiente forma:

1° dcm	(1 decímetro cuadrado por cada division del contador).
$0,1^{\circ}$ f	(0,1 pié inglés, cuadrado).
200° m	} (200 metros cuadrados en escala de $\frac{1}{500}$)
1 : 500	
10° in	(10 pulgadas inglesas, cuadradas).
$0,5^{\circ}$ dcm	(0,5 decímetros cuadrados).
1000° m	} (1000 metros cuadrados en escala de $\frac{1}{500}$)
1 : 500	

Esto en los instrumentos de construccion inglesa, que en los demás suelen figurar tan sólo magnitudes referentes al sistema métrico decimal, y que hacen referencia, ya á una division de la ruedecilla, ó ya á una del disco, lo cual es siempre fácil de distinguir.

Para cada una de las mencionadas divisiones de la varilla, existe un número, ó *constante instrumental*, cuya significacion y uso veremos luego, y que suele ir grabada en la parte superior de la referida varilla.

En los planímetros más perfeccionados, se facilita el ajuste del índice ó línea de fé de la armadura sobre una cualquiera de aquellas divisiones, por medio de un tornillo de coincidencia d , que puede, á voluntad, hacerse solidario de la varilla AB por medio de la corredera r y su tornillo de presion; y otros planímetros acomodados á la determinacion de la ordenada media referente á la curva de un indicador, van provistos de dos puntas semejantes á las de un compás de varas y dispuestas: una, á inmediacion del puntero, y otra, sobre la armadura movable (en la forma que se indica de puntos en p y p'), y de suerte que la distancia variable que las separa, sea igual á la que existe entre el puntero t y el eje de giro de las dos varillas, todo ello conforme con la teoría que en breve explicaremos.

El uso del planímetro es muy sencillo y se reduce, en general: á fijar el punzon en el papel, para ayuda de lo cual sirve el peso P ; á colocar el puntero sobre un punto determinado del contorno que define el área que ha de

medirse, y en cuya disposicion el instrumento queda apoyado sobre el papel por medio de tres puntos, el punzon, la ruedecilla y el puntero, y las varillas AB y CD paralelamente al plano del papel; á hacer la lectura de la ruedecilla (lectura del contador, de la rueda y del nóbio); á recorrer con todo cuidado y en determinado sentido (el de la marcha de las agujas de un reloj), el contorno límite del área; y á efectuar, por último, despues de ésto, otra lectura de la ruedecilla que nos conduce inmediatamente, por diferencia con la primera lectura, á la evaluacion de la superficie buscada, la cual se obtiene en unidades correspondientes al trazo de la varilla utilizado.

Pero aún á trueque de abusar algo de la forma didáctica, ampliaremos esta explicacion acomodándola á los diferentes casos de aplicacion práctica:

1.º Si se trata de medir el área de una figura relativamente pequeña, tal como la representada en ABC (fig. 2), siendo oab el planímetro, se clavará el punzon en un punto o , exterior á la curva, y fijo el puntero sobre un punto señalado de la misma, se hará la lectura inicial, que será por ejemplo:

4 = lectura del disco.

83 = lectura sobre la llanta de la ruedecilla.

7 = lectura del nóbio.

4,837 = *primera lectura* definitiva que se anota (1).

Hecho esto y recorrido cuidadosamente el contorno del área en sentido de la flecha, hasta llegar al punto de partida, se efectuará despues la lectura final, que supongamos sea:

6,158 = *segunda lectura*.

Restando de esta segunda lectura la primera, el resultado 1,321 indicará la superficie buscada en decímetros cuadrados, por ejemplo, si el ajuste del planímetro se hizo sobre el trazo de la varilla ab correspondiente á dicha unidad de medida.

(1) En lugar de haer esta primera lectura, puede tambien establecerse á mano la coincidencia de ceros en la ruedecilla y en el disco, con las respectivas líneas de fé.

Puede alcanzarse mayor aproximación, recorriendo sin interrupción el contorno un cierto número de veces, y dividiendo luego por este mismo número el resultado obtenido por la resta de las lecturas final é inicial; no olvidando de tener en cuenta el número de veces que el *cero* del contador pasa por el índice, á fin de no caer en un error grosero que afectaría á las decenas de la medida superficial.

2.º Si el contorno del área que se quiere medir ocupa una extensión grande (fig. 3), se clavará el punzón del planímetro en el interior de aquél y se efectuará la misma operación y anotaciones que acabamos de explicar, con la variante de que para encontrar ahora el valor de la superficie, hay que añadir á la diferencia de lecturas un número distinto para cada trazo ó división de la varilla. Este número, ó *constante*, vá, como hemos dicho, grabado generalmente sobre dicha varilla, y aunque así no fuese, siempre es muy fácil su determinación práctica operando con superficies conocidas y en consonancia con lo que más adelante diremos relativo á la teoría del instrumento.

La explicación que hemos hecho de este caso es general, siempre que se tome la diferencia de lecturas (ó mejor dicho el arco de ruedecilla que en definitiva haya pasado por el índice) con signo *más*, cuando el movimiento de la graduación respecto al índice sea en sentido 0, 1, 2, 3,..... y con signo *ménos*, cuando aquél tenga lugar en el sentido 0, 9, 8, 7,.....; sin descuidar, como ántes hemos dicho, la observación del número de vueltas completas efectuadas por el contador.

3.º Si se quiere hallar el valor de la ordenada media en un diagrama, ó sea la ordenada media de la curva AB (fig. 4) referida al eje CD ; si el planímetro tiene disposición especial para ello, se arreglará de suerte que la *longitud útil* de la varilla que lleva la rueda, esto es, la distancia entre el puntero y el eje de giro de las dos varillas, sea igual á la magnitud CD de la figura. Hecho esto, se efectuará el recorrido del contorno $ABCD$ (1) en la

(1) Para obtener más exactitud y facilidad en el recorrido de contornos rectilíneos, debe siempre guiarse el camino del puntero por medio de una regla y del mismo modo que si se tratase de trazar una recta.

forma explicada para el primer caso; y como, según veremos en la teoría del instrumento, el área obtenida por éste es igual al producto:

$$\text{longitud útil de la varilla } a b \times \text{longitud del arco desarrollado en el giro de la ruedecilla,}$$

si cada división de ésta corresponde, por ejemplo, á un milímetro en el reborde de la misma, la diferencia de lecturas inicial y final nos expresará desde luego, en milímetros, la ordenada media que se buscaba.

Ya se comprende que el valor lineal correspondiente á una división de la ruedecilla, ó sea la *constante de la ruedecilla*, se puede determinar experimentalmente operando sobre superficies conocidas, tales como rectángulos ó círculos de magnitudes fijas y trazadas de antemano en el papel.

En el caso de que el instrumento careciese de disposición especial para determinar directamente la ordenada media en la forma que acabamos de explicar, podría siempre hallarse ésta midiendo primero el área del cuadrilátero mixtilíneo $CABD$, y construyendo sobre la base CD un rectángulo de área igual á la encontrada. La altura de dicho rectángulo sería el valor de la referida ordenada media.

Si se quiere obtener el promedio correspondiente á una porción de ordenadas medias, tal como si una serie de diagramas semejante al de la figura 4, representase cada uno de ellos la curva de la marea, ó de la temperatura, etcétera, diurna, y después de hallar el valor medio diurno se pretendiese, propongamos por caso, encontrar el valor medio mensual, no habría más que construir una curva (fig. 5), sobre una serie de ordenadas equidistantes y cuyos valores fuesen respectivamente los diversos valores medios consecutivos. Determinando después de esto, y en la forma antedicha, la ordenada media de la curva resultante, se llegaría al valor medio general que se busca.

4.º Cuando se quiere determinar por medio del planímetro el volumen de un sólido representado por un sistema de secciones planas y paralelas, puede seguirse un procedimiento gráfico, que consiste en establecer dos ejes coordenados rectangulares para señalar, con arreglo á una escala prefijada sobre el primero, y unas á continuación de otras, las distancias que separan cada dos secciones consecutivas; y en dirección del segundo, por los puntos

de division acabados de obtener, las áreas de las respectivas secciones paralelas expresadas en el diagrama, á razon de unidad lineal (en la escala designada), por unidad superficial. El número de éstas, determinado en el diagrama con el planímetro, será igual al de unidades cúbicas del volúmen buscado.

Si las secciones planas son equidistantes y próximas unas á otras, se halla muy fácilmente el volúmen, multiplicando la suma de áreas de dichas secciones planas, por la equidistancia de éstas.

Este problema tiene inmediata aplicacion al cálculo de desmontes y terraplenes, á la determinacion del volúmen relativo á un macizo de tierras dado por curvas de nivel, á la del agua contenida en una laguna ó pantano, etcétera, etc.

5.º Tambien se puede determinar por medio del planímetro momentos estáticos, centros de gravedad, momentos de inercia, de áreas planas, y resolver otras cuestiones semejantes á éstas, pero más complicadas, fundándose en lo que al principio hemos indicado relativo á la interpretacion geométrica de una integral definida.

Si recordamos, en efecto, que el área encerrada por una curva plana referida á dos ejes coordenados rectangulares, se puede expresar por una integral de la forma:

$$\int_x^x y dx$$

sobrentendiendo que los límites x, x comprenden entre sí todos los valores de la abscisa de la curva, deducirémos que el planímetro nos dá el valor numérico de aquella integral, sobre la base del trazado de la curva $y=f(x)$.

Por otra parte, teniendo en cuenta que el momento estático de la misma área plana con relacion al eje de las x , está dado por la integral

$$\frac{1}{2} \int_x^x y^2 dx$$

que puede escribirse bajo la forma:

$$\frac{1}{2} \int_x^x y' dx$$

se deduce, que transformando la curva dada en otra cuyas ordenadas sean

los cuadrados de la primera, obtendremos el momento estático correspondiente á ésta, en cuanto con el planímetro se haya medido el área encerrada por la curva transformada.

Por un procedimiento semejante se puede reducir á una cuadratura la determinacion de las integrales:

$$\int_x^x y^3 dx$$

$$\int_x^x y^4 dx$$

cuyos valores, en union de los más arriba escritos, conducen sencillamente, de acuerdo con los principios de geometría y de mecánica, á la resolución de las cuestiones mencionadas. Pero, como puede preverse, no se llegará á estos resultados sino mediante operaciones algun tanto laboriosas, debido á que el planímetro no conduce á aquéllos de una manera directa, ni se opera con él directamente sobre la curva dada.

Para estos casos está más indicado el uso de los *integrómetros*, que, como el de Mr. Marcel Deprez, dan de un modo directo, y por procedimiento ingenioso, los valores de las cuatro integrales ya citadas. También puede recurrirse con igual objeto á los *integradores* de Amsler-Laffon, de los cuales hay varios modelos, y á los *integraros*, instrumentos que trazan mecánicamente la *curva integral*, cuyas ordenadas expresan los valores del área variable que el aparato va determinando, y la cual curva sirve de base para resolver multitud de problemas como los antes enunciados y otros muy interesantes de mecánica de las construcciones, construcción naval, balística, etcétera (1). Mas no es nuestro ánimo entrar en el estudio general de los aparatos integradores, y así, ciñéndonos al objeto de este escrito, vamos á tratar el asunto que principalmente nos hemos propuesto.

(1) El integrómetro de Deprez puede estudiarse en la memoria de Sebert titulada *Notice sur l'integrometre Marcel Deprez et le planimetre Amsler*. Los integradores de Amsler-Laffon están descritos en folletos de este mismo autor y en las instrucciones que para el empleo de aquéllos se encuentran en el comercio. Y en cuanto al conocimiento de los integraros, remitimos al lector que quiera indagar este asunto á la obra *Les integraraphes, la curve integrale et ses applications par Abdank-Abakanowicz*, París, 1886.

III.

TEORÍA GEOMÉTRICO-MECÁNICA DEL PLANÍMETRO.



CONSIDERANDO en toda su generalidad el planímetro de Amsler, concibámosle esencialmente constituído por una varilla rígida ab (figura 6), tal que uno de sus extremos a (de movimiento definido) esté obligado á no salir de la curva AB y el otro extremo b (de movimiento libre) se halle sujeto á recorrer una curva cualquiera CD ; supongamos, además, dotada la expresada varilla de una ruedecilla r situada en un punto cualquiera entre a y b ó en la prolongacion de la recta ab , de tal manera que le sirva de apoyo y sea susceptible de girar sobre la varilla ó sobre un eje paralelo á ésta, que para la teoría es lo mismo.

Tratemos de hacer un estudio geométrico-mecánico de los elementos que acabamos de mencionar, para lo cual fijémonos ante todo en el movimiento de la ruedecilla, que resulta como consecuencia del que se ha presupuesto á la varilla ab .

De tres maneras elementales se puede mover una rueda que se apoya sobre una superficie plana, conservando aquélla su eje de giro constantemente paralelo á ésta:

1.º Si se mueve la rueda en direccion oa (fig. 7) de su mismo plano, rodará aquélla girando una cantidad proporcional á la distancia recorrida $oa = D$, y de suerte que se puede establecer:

$$n = \text{número de vueltas} = \frac{D}{2\pi r}$$

siendo r = radio de la rueda.

2.º Cuando sigue la direccion ob de su eje, la rueda no cambia de punto de apoyo; no hay giro, y sí sólo resbalamiento.

Y 3.º Moviéndose en una dirección oc oblicua á su plano, la rueda gira y resbala á la vez, resultando el giro igual á la proyección oa sobre el plano de la rueda, del camino oc recorrido por ésta; ó sea :

$$n = \text{número de vueltas} = \frac{D = oc}{2 \pi r} \cos \alpha.$$

Sentado este precedente, una primera observacion que podemos hacer relativa al funcionalismo general del planímetro es fijar la existencia de una línea tal que al ser recorrida por el puntero ó extremo b de la varilla, la rueda no haga más que resbalar. A esta línea la podemos llamar *línea de resbalamiento*, y es fácil definirse en los diversos casos; así, por ejemplo, si AB es una recta, la línea de resbalamiento será esta misma recta; si AB es una circunferencia con su centro en o (fig. 8), la línea de resbalamiento será otra circunferencia RR' concéntrica á la anterior, de radio ob determinado por la posición que ocupa el punto b cuando el plano de la ruedecilla pasa por el centro o , ó lo que es lo mismo, por la condición de que el triángulo obr sea rectángulo en el punto de apoyo de la rueda.

Además de la línea de resbalamiento, que es única en cada caso, podemos considerar un sistema de *líneas circulares de giro* $GG, G'G' \dots$ (fig. 9) de radio constante é igual á la longitud de la varilla, y cuyos centros se hallan sobre la curva AB , en que se mueve el extremo a de la varilla.

Es claro que si el otro extremo de ésta recorre una cualquiera de las líneas circulares de giro, la rueda rodará sin resbalar, girando cantidades proporcionales á las magnitudes recorridas por el extremo b .

Con estas consideraciones y definiciones previas vamos á suponer primeramente el planímetro constituido de la manera más sencilla posible, que se obtiene cuando la línea AB (fig. 10) es recta y la ruedecilla está situada en el extremo a , que es á la vez punto de giro de la varilla, y veamos lo que sucede cuando el puntero ó extremidad b recorre un elemento cualquiera de la curva CD .

El movimiento del planímetro al pasar de la posición ab á la $a'c$ se puede descomponer en el movimiento de traslación de ab á $a'b'$, paralela á la anterior, y el de giro sobre el punto a para pasar de $a'b'$ á $a'c$. En este último movimiento, dada la disposición especial que hemos atribuido al instrumen-

to, la rueda no hace más que pivotar sobre su punto de apoyo, y por lo que respecta al primero, éste implica un giro de la rueda medido por la magnitud $a a_1$, altura del paralelogramo elemental $a b b' a'$. La superficie de este paralelogramo resulta, pues, designada en el instrumento y en la forma siguiente:

base = longitud de la varilla $a b$, y

altura = desarrollo del arco de ruedecilla que mide el giro que ha tenido lugar entre dos posiciones consecutivas del instrumento.

Y como, por otra parte, el área de este paralelogramo es igual al área $b b_1 b'_1 b'$ comprendida entre las líneas circulares de giro $b b_1$, y $b' b'_1$, se obtiene de aquí una explicación clara del funcionalismo del instrumento con sólo concebir el espacio plano, en toda su zona utilizable para la medición, descompuesto en elementos diferenciales limitados lateralmente por dos arcos de círculo infinitamente próximos, de radio constante (longitud de la varilla) y centro situado en la línea $A B$ (fig. 11). De esta suerte, y si en el interior de aquella zona imaginamos una curva cualquiera $C D E F$, fijamos luego el puntero del planímetro en uno de sus puntos, tal como C , y recorremos el contorno $C D E$ es fácil ir comprendiendo la función integral del instrumento. Al pasar el puntero de C á D (punto de tangencia con el arco límite $D D'$), el planímetro habrá medido el área $C D D' C'$, y al recorrer el arco $D E$ continuará sumando los elementos del área $D E E' D'$, pero éstos con signo contrario á los correspondientes al arco $C D$, puesto que, como es fácil advertir, la rueda ha experimentado un cambio en el sentido de su rotación en cuanto ha llegado el puntero á D . Es decir, finalmente, que al llegar el puntero á C , punto de partida, el instrumento habrá determinado el

área $C D E F C$ = longitud de la varilla \times arco de la rueda correspondiente á la diferencia de lecturas inicial y final.

No creemos necesarias más aclaraciones, pues con la misma sencillez se comprenderá cómo funciona el planímetro en el caso de la fig. 12 y en cualesquiera otros imaginables, aún cuando éstos fuesen casos singulares y exclusivamente teóricos, tales como los que resultarían de recorrer con el puntero una circunferencia completa de giro ó una curva que por tener un punto de

máxima distancia á la línea AB igual á la longitud de la varilla, pudiera hacerse que las posiciones inicial y final de ésta en lugar de ser idénticas fuesen simétricas. Esto aparte de que el primero de estos casos singulares no suele tener posibilidad material de realizacion práctica, y el segundo se evitaría con sólo guiar convenientemente al planímetro en cuanto llegase al *punto muerto*, en que la varilla es normal á la línea AB .

Esta teoría puede extenderse sin complicacion á los diversos casos que resultarían de considerar el planímetro en condiciones diferentes de las que acaban de suponerse.

Fijémonos en una variante de los razonamientos que preceden, originada de imaginar la rueda situada en la prolongacion de la varilla (fig. 13). Siempre podremos suponer descompuestos los movimientos diferenciales del planímetro en traslaciones y giros; á las traslaciones se aplican ahora las mismas consecuencias antes expuestas, y por lo que hace á los giros, éstos ocasionan en el caso actual rotacion de la rueda, pero inmediatamente se comprende que la rotacion integral por este concepto es igual á cero cuando el puntero recorre un contorno cerrado. Si nos fijamos en el recorrido de un arco CD , el razonamiento anterior demuestra que la ruedecilla acusará la magnitud del área $CD D' C'$ (designada por la longitud de arco de ruedecilla que mide el rectángulo correspondiente construido sobre la varilla) más el giro de la rueda relativo al arco $D_1 D$, de circunferencia de giro, supuesto recorrido por el puntero. Y si señalamos dos puntos C y E equidistantes de la recta AB , entonces, con el recorrido del trozo de curva CDE , se obtendrá el área $C' C D E E'$ ó su igual $C_1 C D E E_1$.

Para acercarnos más á la explicacion teórica del planímetro de Amsler tal cual está generalmente constituido, y sin perder de vista las ideas anteriores, considerémos las dos varillas oa y ab (fig. 14) articuladas en a ; que o sea el centro general de giro, ó *polo* del instrumento, y que la ruedecilla esté fija á la varilla ab , precisamente en su extremo a . La línea de resbalamiento es actualmente una circunferencia RR de centro o y radio os igual á la hipotenusa de un triángulo rectángulo, cuyos catetos tienen por dimensiones las magnitudes oa y ab .

Ahora bien; considerando un elemento infinitesimal bc de la curva $CDEF$,

cuya área pretendemos medir, y sin extendernos en razonamientos ya expuestos, fácil es deducir que el movimiento del planímetro originado de recorrer su puntero aquel elemento lineal, implica una rotación tal de la rueda, que multiplicada por la longitud de la varilla ab mide el área del paralelogramo $abb'a'$, ó lo que es igual, el área del elemento curvilíneo $sbc's'$ (prescindiendo de infinitamente pequeños de segundo orden) infinitesimal de primer orden, y limitado por las circunferencias de giro sb y $s'c$, por la línea de resbalamiento y por el elemento expresado bc de la curva dada.

Siguiendo mentalmente la marcha del planímetro y el giro de la ruedecilla consiguiente al recorrido de la curva $CDEF$ por el puntero en sentido de la flecha, y por analogía entre las figuras 12 y 14, se puede comprender ahora, como ántes, la cualidad sumatoria del instrumento.

Si se recorre un trozo de curva CD cuyos extremos equidisten de la circunferencia de resbalamiento, ó lo que es igual, del centro o , el planímetro determinará por la diferencia de lecturas, inicial y final, el área $CD D' C'$ limitada por dicha curva, las rectas CC' y DD' concurrentes al centro o y el arco de círculo $C' D'$.

Si recorremos el contorno completo de una curva exterior el centro o , el planímetro nos dá el área encerrada por esta curva mediante la fórmula ya conocida:

$$\text{área} = \text{longitud } ab \times \text{arco desarrollado en la rotación de la rueda;}$$

de suerte que si por ejemplo es $ab = 0^m, 2$, y á cada división de la ruedecilla corresponde una magnitud igual á $0^{mm}, 5$ en su reborde, la sola diferencia de lecturas inicial y final proporciona el valor del área á razón de 1 decímetro cuadrado por cada vuelta completa de la rueda (dividida en 100 partes), 1 centímetro cuadrado por cada división de la misma y 0,1 de centímetro cuadrado por cada división (de las diez en que está dividido) del nonio.

Si se trata de medir el área de una figura $ABCD.....$ (fig. 15) en cuyo interior se establezca el centro o de giro de todo el instrumento, ya no hace falta más explicación para comprender que el planímetro suma con signo $+$ los segmentos ABC , etc., exteriores á la circunferencia de resbalamiento, y con signo $-$ los segmentos CDE , interiores á la misma circunferencia; por

consecuencia de lo cual, para hallar el área completa de la figura, hay que añadir á la superficie que acuse el planímetro y dada por la magnitud de arco de ruedecilla que ha pasado por el índice ó cero del nonio (tomada con signo $+$ cuando la marcha general de las graduaciones respecto á los índices es en sentido creciente 0, 1, 2,, y con signo $-$ cuando las graduaciones pasan en el orden 0, 9, 8,) el área de la referida circunferencia de resbalamiento, cuya área viene á ser una constante instrumental, que llamaremos C , pudiendo establecerse la siguiente fórmula:

área buscada = $C \pm$ área deducida de la diferencia de lecturas final é inicial.

Esta constante C , que, como dijimos, suele ir grabada en la varilla del planímetro, es, por lo demás, de fácil determinación, operando sobre superficies conocidas, tales como rectángulos esmeradamente contruidos sobre el papel y recorridos con el puntero, sirviéndose del auxilio de una regla, ó también por medio de circunferencias de radio conocido, que se hacen recorrer con gran precisión por el puntero, utilizando una tira de cartulina con dos taladros de aguja, distantes entre sí la magnitud de aquel radio, y por uno de los cuales se hace entrar el punzon o , al paso que el otro se aprovecha para el puntero.

Réstanos, para insistir todo lo posible en esta teoría, estudiar el planímetro tal como están contruidos los que se venden en el comercio, y como es, en realidad, el instrumento de Amsler; para lo cual la sola variante que tenemos que hacer al caso que últimamente se ha considerado, es referente á la colocación de la ruedecilla, que en la práctica está á cierta distancia del eje de giro de ambas varillas y de ordinario adaptada á la prolongación de la varilla ab (fig. 16).

La línea de resbalamiento es ahora, como hace un momento, la circunferencia RR , descrita desde o , con el radio os , que corresponde á la posición del puntero, para la cual el plano de la ruedecilla r pasa por el centro o ; pudiendo también decirse que os es la hipotenusa del triángulo $or's$, formado sobre los tres puntos de apoyo del instrumento cuando aquél es rectángulo en r' .

Ahora bien; á un elemento bc de la curva dada $CDEF$ corresponde un

elemento superficial curvilíneo $bc s' s$, apoyado, como siempre, sobre la línea de resbalamiento y limitado por dos circunferencias de giro consecutivas; y es fácil darnos cuenta de que el recorrido por medio del puntero de dicho elemento lineal bc implica una rotación de la rueda equivalente al área del expresado elemento superficial, más un giro de la misma ruedecilla, giro cuya integral es nula en cuanto el puntero, después del recorrido de toda la curva, vuelva al punto de partida. Y para distinguir bien las dos partes del movimiento diferencial de la ruedecilla correspondiente al traslado del puntero de b á c , concibamos por el punto b un arco de círculo bb'' , concéntrico con la línea de resbalamiento y recorrido con el puntero; ó lo que es lo mismo, concíbase un giro de todo el instrumento, como si fuese rígido, sobre el centro o ; el movimiento de rotación que con esto habrá sufrido la ruedecilla dá la medida del elemento superficial antes mencionado, y en cuanto al recorrido del arco $b''c$ de la circunferencia de giro, es claro que la integral de este movimiento infinitamente pequeño puede definirse inmediatamente, dado que sea el punto de partida y el de llegada del puntero, resultando dicha integral de valor nulo cuando estos dos puntos se hallen á igual distancia y á un mismo lado de la línea de resbalamiento, ó sea, dicho de otro modo, equidistantes del centro o .

Para demostrar de una manera minuciosa que con el recorrido, por el puntero, del arco circular bb'' se obtiene el área del elemento $bs s' c$ de primer orden (depreciando un elemento diferencial de segundo orden), descompongamos el movimiento experimentado por la varilla al pasar de ab á $a'b''$ en dos: uno de traslación, de ab á $a'b'$, y otro de giro de $a'b'$ á $a'b''$. El primero produce la medición (con signo *más*) del paralelogramo $baa'b'$, ó su igual el *paralelogramo curvilíneo* $bs_1 s'_1 b'$, cuya base $s_1 s'_1$ está en prolongación del elemento aa' ; y el segundo da la medida (con signo *ménos*) del paralelogramo $sa a' r''$, ó su igual el *paralelogramo curvilíneo* $ss_1 s'_1 r''$.

Esta última parte queda probada con fijarse en el recorrido de ss' , que produce tan sólo resbalamiento de la rueda, y que puede considerarse resultante del movimiento sr'' y el $r''s'$; luego estos dos ocasionan rotaciones iguales y de signos contrarios de la rueda, y, por consiguiente, el recorrido de $b'b''$, que es igual al recorrido de $r''s'$, dá un efecto igual y de signo con-

trario al correspondiente al recorrido de $s r''$, lo cual completa la demostración.

Con lo dicho para el planímetro, tal como acabamos de considerarlo, se deduce que las consecuencias generales del caso actual son las mismas explicadas para el anterior, y así que, ya se trate de medir un área fuera de la cual se fije el punzón o , ya se quiera determinar una superficie en cuyo interior se establezca el citado centro de giro o , en ambos casos son aplicables las respectivas fórmulas últimamente halladas, y siempre ocurre que para este último caso la constante instrumental que hay que añadir al resultado que da el instrumento es la expresión del área encerrada por la circunferencia de resbalamiento.

Damos, con esto, por terminada la explicación teórica del planímetro de Amsler; mas no dejaremos de hacer presente que esta teoría que acabamos de exponer pudiera aplicarse desde luego al último de los casos que preceden, sin necesidad de apelar, como se ha visto, ni á complicados razonamientos analíticos ni á la más breve expresión algebraica, que desdirían unos y otra de la manera de ser y funcionar tan sencilla del instrumento. Esta misma sencillez es lo que hemos tratado de poner á la vista del lector, y su comprensión, base para el manejo consciente del planímetro, hemos procurado facilitarla mediante la consideración prévia de los casos más sencillos, que, unidos al que pudiéramos llamar caso práctico y definitivo, revelan el funcionalismo teórico y general del admirable aparato que nos ocupa.

IV.

MODIFICACION DE QUE ES SUSCEPTIBLE EL PLANÍMETRO DE AMSLER.



AMOS á entrar, no sin cierto recelo, lo confesamos, á desenvolver el título de esta última parte de nuestro pequeño trabajo, y decimos no sin recelo, por cuanto pudiera parecer que en lo que sigue tratábamos de enmendar la plana al ilustre profesor de matemáticas de Schaffhause. Léjos de nuestro ánimo tan pretenciosa intencion, haremos constar, como precedente que nos dé libertad en la explanacion de nuestras ideas, que así como en lo que antecede hemos manifestado de qué manera concebíamos el modo de funcionar del aparato, en lo que sigue quisiéramos apuntar cuanto se nos ha ocurrido respecto á su utilizacion práctica en los diversos casos que pueden presentarse, bajo la base de conservar inalterable lo esencial, lo tan sencillo y precioso del instrumento, modificando solamente lo secundario ó accesorio en beneficio, ó de una mayor exactitud en el resultado, ó de una mayor facilidad en el empleo del planímetro.

Un detalle práctico, ajeno á lo sustancial del instrumento, y que influye grandemente en la índole de los resultados, le tenemos desde luego en la naturaleza del papel ó superficie material que sirve de asiento á la ruedecilla durante el recorrido del contorno por medio del puntero. Para que la rotacion y el resbalamiento de la rueda se verifiquen extrictamente con arreglo á las indicaciones de la teoría, se precisan ciertas condiciones que aseguren la regularidad del rozamiento; conviene que el papel en que está señalada la superficie que se trata de medir, si es que sobre él ha de funcionar la rueda, no sea ni demasiado liso ni excesivamente áspero, y es un hecho de expe-

riencia que se obtiene una gran precision cuando el instrumento funciona sobre una hoja de zinc laminado.

Otra circunstancia de que carecen los planímetros que de ordinario se venden en el comercio, es la facilidad de acomodarlos á la medicion de áreas muy extensas, pues como puede verse en la figura 1, que representa la forma más corriente del planímetro de Amsler, el instrumento así formado sólo puede utilizarse para figuras tales que la máxima distancia entre dos de sus puntos sea menor que el doble de la suma longitudinal de las varillas del planímetro, siendo necesario, para figuras mayores, subdividir el área en trozos; y sin embargo, ocurre pensar que desempeñando una funcion tan secundaria la varilla porta-punzon, podría ésta ser un accesorio del aparato y constituirse el planímetro de una parte principal formada por la varilla porta-puntero con la armadura corrediza sosten de la ruedecilla y de la articulacion de las dos varillas, suprimiendo de éstas la primeramente mencionada y dejando en su lugar, unida á la expresada articulacion, una mordaza con tornillo de presion, susceptible de recibir y sujetar el extremo de una reglilla de madera, metal ó marfil, bastante larga. Bastaría, además de esto, tener una pieza de metal constituida esencialmente por otra mordaza giratoria sobre un punzon ó pivote, y sujetando aquélla en puntos determinados de la reglilla antes citada, se obtendría con esto más facilidad en las aplicaciones del planímetro, sin complicacion del mismo.

Pudiera tambien sin mucha dificultad convertirse la reglilla accesoria en guía fija, rectilínea, de la charnela unida á la varilla, acomodando el planímetro á lo representado por líneas en la fig. 10, y conseguir con esto la ventaja de tener muy circunscrito el camino de la ruedecilla, camino que podría cubrirse con una hoja larga y estrecha de zinc ú otra sustancia conveniente que asegurase el movimiento regular de la rueda. Esto tendría aplicacion, por ejemplo, á la medida de numerosos perfiles de pequeña dimension en un cálculo de desmontes y terraplenes; pero se conseguiría prácticamente, y de manera más sencilla, análogo resultado adaptando al planímetro una reglilla muy larga, con su pivote sujeto á uno de los extremos de la mesa ó tablero en que se opera, y de suerte que la charnela del planímetro y el movimiento general de éste tuviese la amplitud de una pequeña oscilacion. Disponiendo

bajo el camino posible de la ruedecilla, la plancha de zinc, larga y estrecha, sujeta hácia una ó sus dos extremidades á la mesa ó tablero, y en forma tal que bajo esta plancha pudiera deslizarse el márgen ó la parte necesaria del papel ó plano del dibujo objeto de la utilizacion del planímetro, se alcanzaría el manejo de éste con facilidad y muy buenos resultados, improvisando en casos extremos la reglilla de madera.

Cuando fuese conveniente disponer el polo ó centro general de giro de todo el instrumento en el interior del área que trata de medirse, se tomaría á voluntad una parte útil, más ó ménos grande, de la reglilla, quedando el resto de ella saliente más allá del punzon ó pivote. Para estos casos es bueno que la reglilla tenga señalados algunos trazos, á los cuales se puede ajustar la posicion del punzon, y por ser tan fácil la determinacion de las constantes instrumentales correspondientes á cada una de estas divisiones combinadas con las diversas que se hallan grabadas en la varilla, un sencillo estudio práctico del instrumento bastaría para poder escribir ó grabar dichas constantes en la reglilla, ó mejor aún, formar con ellas una tabla aparte, aneja al planímetro.

Una observacion en que tenemos que insistir, principalmente cuando se trata de medir áreas muy extensas, es la de observar la marcha del cero correspondiente al disco ó contador y anotar las veces que dicho cero pasa por el índice, ya en uno, ya en otro sentido, pues de no hacerlo así podría cometerse un error grosero consistente en una diferencia de 10 unidades de las que señala el planímetro, que afectaría al resultado final por cada vuelta completa del contador que se hubiese omitido. Todo esto en caso de no querer ampliar un poco el mecanismo adicionándole otro pequeño disco ó disposicion cualquiera que señale las vueltas completas del primero en un corto número de éstas, y en atencion á las áreas, relativamente muy extensas, susceptibles de ser medidas con el instrumento, toda vez que puede adaptarse á él una varilla de longitud ilimitada.

Como se ve por lo antecedente, no afecta en nada sustancial lo que proponemos respecto á la modificacion del planímetro de Amsler, y sin embargo opinamos que esta variacion de detalles proporciona un notable aumento de precision en muchos casos y de facilidad para acomodarlo, ya sea á figuras

muy reducidas, ó ya á las de gran extension, sin que el instrumento pierda la preciosa cualidad de su sencillez, circunstancia de que carecen otros similares al de Amsler.

Entre éstos, el de Wetli y Starke, por ejemplo, puede considerarse como una variante del que hemos estudiado, mas con la particularidad paradógica de que siendo el funcionalismo teórico de aquél más sencillo, resulten mucho más complicados su mecanismo y detalles. Y es, á no dudarlo, que en el primero aparece la realizacion material de una idea preconcebida: la de que el movimiento de giro de la ruedecilla sea proporcional á la *ordenada y* señalada por el puntero y al camino recorrido por éste en sentido de las *x* (en un sistema de coordenadas rectangulares) (1) para que el planímetro sume los elementos superficiales de la forma $y dx$, cuestion ésta, como otras muchas análogas, que pueden realizarse apelando á los múltiples recursos de la cinemática, y que se ven resueltas con más ó ménos complicacion, de ordinario en grado bastante alto, en la mayor parte de los instrumentos integradores; al paso que en el planímetro de Amsler resalta un destello de intuicion, materializado en un aparato de forma y uso tan en extremo sencillos, que le hacen difícilmente reemplazable cuando de la medicion de áreas planas se trata.

Damos término al breve cometido que nos hemos propuesto referente á un asunto conocido de nuestros compañeros, por cuanto se halla incluida de muchos años acá en el plan de estudios de nuestra carrera la descripcion y teoría del planímetro de Amsler, instrumento que por lo fácil de su manejo, lo reducido de sus dimensiones, lo módico de su precio y lo múltiple de los

(1) Esto se ha obtenido mediante apoyar la ruedecilla sobre un disco horizontal dotado de dos movimientos: uno de traslacion en sentido del eje (*Y*) de la ruedecilla, y que se verifica solidariamente al del puntero, y otro de giro proporcional al movimiento del puntero cuando éste tiene lugar en direccion del eje (*X*) perpendicular al anterior. Si el puntero se fija en un punto cualquiera del eje ideal de las *x*, la ruedecilla descansa en el centro del disco; si el puntero se mueve en sentido del eje de las *y*, la ruedecilla resbala segun un rádio del disco, por efecto del movimiento de traslacion de éste; y por último, si el puntero recorre una paralela al eje de las *x*, el disco gira proporcionalmente á la distancia recorrida por el puntero y trasmite el movimiento de giro á la ruedecilla, en proporcion, consiguientemente, de la distancia á que ésta se encuentra del centro del disco, con lo cual se realiza el funcionalismo teórico que hemos indicado.

usos á que se destina, debiera figurar en los catálogos de enseres de las comandancias de ingenieros, y en todas las oficinas de nuestro cuerpo dedicadas á la formacion y estudio de proyectos y demás cuestiones tan complejas del servicio profesional que nos está encomendado.

Guadalajara, 10 de Febrero de 1888.

FIN.

ÍNDICE

	Páginas.
I.—CONSIDERACIONES PRELIMINARES.	5
II.—BREVE DESCRIPCION Y USO DEL PLANÍMETRO.	11
III.—TEORÍA GEOMÉTRICO-MECÁNICA DEL PLANÍMETRO.	19
IV.—MODIFICACION DE QUE ES SUSCEPTIBLE EL PLANÍMETRO DE AMSLER.	27

ERRATA.

Página.	Línea.	Dice.	Léase.
8	14	reunir	recurrir

