# MEMORIAL DE INGENIEROS.

# MEMORIAL
# DE INGENIEROS
## DEL EJÉRCITO.

## COLECCIÓN DE MEMORIAS.

CUARTA ÉPOCA.—TOMO XXI.

(LIX DE LA PUBLICACIÓN.)

*Año 1904.*

MADRID
*IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS*
**1904**

# INDICE

DE LAS OBRAS SUELTAS QUE COMPRENDEN LAS ENTREGAS

DEL

*MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO,*

**publicadas en el año 1904.**

---


CASTILLO Y BARUTELL.—*Ideas modernas sobre plazas marítimas*, por D. Enrique del Castillo y D. Carlos Barutell, primeros tenientes de Ingenieros.—Consta de 79 páginas, con 3 figuras intercaladas en el texto.

LIZASO.—*Memoria relativa á la instalación de filtros de porcelana de amianto en algunos edificios de Zaragoza, coste de su instalación y rendimiento práctico de los aparatos*, escrita por el coronel de Ingenieros D. Eusebio Lizaso.—Consta de 104 páginas, con 6 figuras intercaladas y 1 lámina.

MARVÁ.—*Parques de campaña de las tropas de Zapadores-Minadores.—Secciones á lomo.*—Aprobado por Real orden circular de 17 de Marzo de 1904.—Por el coronel de Ingenieros D. José Marvá.—Consta de 40 páginas y 3 láminas.

MARVÁ.—*Discurso leido ante S. M. el Rey D. Alfonso XIII, presidiendo la Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales, en la recepción pública del Ilustrísimo Sr. D. José Marvá y Mayer, el 5 de Junio de 1904.*—Consta de 31 páginas.

ROJAS.—*Globos exploradores ó sondas aéreas*, por D. Francisco de Paula Rojas, capitán de Ingenieros.—Consta de 107 páginas, con 16 figuras intercaladas en el texto.

RUÍZ Y LA LLAVE.—*Polígonos de tiro para armas portátiles.—Ideas sobre su construcción y trazado*, por los primeros tenientes de Ingenieros D. Agustín Ruíz y López y D. Joaquín de la Llave y Sierra.—Consta de 71 páginas, con 46 figuras intercaladas en el texto.

# IDEAS MODERNAS SOBRE PLAZAS MARÍTIMAS

# IDEAS MODERNAS

SOBRE

# PLAZAS MARÍTIMAS

POR

D. ENRIQUE DEL CASTILLO

Y

D. CARLOS BARUTELL,

Primeros Tenientes de Ingenieros

MADRID

IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJERCITO

1904

# PRELIMINARES

NADA más lejos de nuestro propósito, al escribir estas líneas, que la pretensión de establecer nuevas doctrinas.

Insignes maestros, que nos inspiran profundo respeto, han explicado en brillantes disertaciones, insertadas en estas mismas columnas, las teorías que deben tenerse en cuenta al proyectar obras para la defensa de costas y plazas marítimas, y nuestro objeto, al publicar el presente trabajo, se limita á dar á conocer los importantes adelantos que la ciencia y la industria han conseguido en los últimos años, y que tienen relación con la materia que nos ocupa.

Como los progresos son notables y en nuestro país tiene palpitante interés cuanto se refiere á la defensa del litoral, pues es por todos reconocida la urgente necesidad de fortificar puertos y costas, hemos creído oportuno redactar una modesta Memoria, en la que recopilásemos las modernas ideas sobre el particular.

***

La acción destructora de las escuadras aumenta de manera contínua, merced á los perfeccionamientos de su artillería y al creciente valor defensivo de sus corazas. Tienen sobre las fortalezas del puerto la ventaja de su gran movilidad, que permite á la corta ó á la larga fijar los impactos en las baterías terrestres, condenadas por su fijeza á sufrir los efectos del bombardeo, sin poder eludirlos como no sea logrando la absoluta supremacía de sus fuegos. Los cruceros y torpederos, por sus condiciones de ligereza, son á propósito para practicar sorpresas, contra las cuales ha de estar prevenida la defensa, y vamos á estudiar cómo, empleando los nuevos elementos de que puede disponerse, se organizan las plazas modernas.

Para ello observaremos que las acciones de guerra por mar guardan perfecta analogía con las que se verifican en tierra.

Las posiciones terrestres están defendidas primeramente por un núcleo de potente artillería para el combate lejano; la protección inmediata se consigue por defensas accesorias activas y pasivas, siendo necesaria la cooperación de un elemento móvil, la infantería, para el ataque próximo, con objeto de rechazar, por medio de reacciones ofensivas, á las avanzadas del contrario.

Las plazas marítimas cuentan del mismo modo con potentes cañones, que baten á larga distancia los móviles fuertes acorazados que las acometen. Obstrucciones pasivas y torpedos fijos ó durmientes, á modo de alambradas, impiden la aproximación de los barcos enemigos, y por último, la defensa cercana activa está encomendada á los torpedos automóviles y dirigibles, torpederos y submarinos, que constituyen la vanguardia de la posición defensiva.

Trataremos, pues, de los elementos de defensa en dichas diferentes fases del combate, reseñando los servicios accesorios de una plaza naval, tales como el alumbrado, la red telegráfica, observatorios, etc., que han adquirido suma importancia; describiremos, sirviéndonos de un ejemplo, el conjunto de una plaza moderna y bosquejaremos las opiniones que, sobre su cometido en las guerras futuras, son más respetadas en la actualidad.

En virtud de todo lo expuesto, dividiremos estos apuntes en la siguiente forma:

I. *Artillería de la defensa.*
   1.° Piezas para las diversas clases de tiro.
   2.° Montajes y medios de protección.

II. *Consideraciones sobre baterías.*

III. *Defensas próxima y móvil.*
   1.° Torpedos.
   2.° Torpederos.
   3.° Submarinos.

IV. *Servicios de la artillería y accesorios.*

V. *Organización defensiva de una plaza marítima.*

VI. *Ideas referentes al cometido de las plazas marítimas en las guerras modernas.*

# I.

## Artillería de la defensa.

### 1.º—Piezas para las diversas clases de tiro.

Artillería gruesa.—La determinación de las condiciones que deben reunir las piezas destinadas al ataque contra los acorazados modernos es asunto de permanente actualidad, y que no se debe considerar, por ahora, resuelto en definitiva, toda vez que los progresos en la materia son tan contínuos como importantes. El cañón y la coraza mejoran de día en día sus cualidades para la lucha y las experiencias que, con objeto de detallar sus resultados se verifican, dan á conocer nuevas y constantes mejoras, que impiden declarar la supremacía absoluta del uno sobre el otro elemento de combate.

Cuando se considera insuperable el último perfeccionamiento, la correspondiente comisión experimentadora demuestra bien pronto que puede adelantarse más, y ya sean las variables el cañón, el afuste ó la pólvora, resuelven la ecuación con un incremento positivo en el valor de la incógnita que pretendan despejar, bien se trate del espesor de las planchas de blindaje, bien del número de calibres que determinan la longitud de la pieza.

En la guerra moderna los blindajes todos tienen que luchar con un enemigo formidable, por el desarrollo que adquieren las pólvoras y la esmerada fabricación de los cañones.

Las pólvoras de proyección, empleadas en el día, se caracterizan por su combustión, cada vez más lenta. Francia y Rusia emplean las de nitro-celulosa y la artillería naval y de costa inglesas las de nitro-glicerina, tipo *M. D.* Ambas desarrollan enormes presiones en la pieza, que sólo resiste en virtud de las excelencias de su construcción, aunque saben nuestros lectores que las experiencias pueden repetirse á lo sumo ochenta á cien veces, puesto que al cabo de ellas el cañón no sirve.

La lentitud de las pólvoras en el comienzo de su empleo hizo creer que se imponía disminuir el calibre, pero las nuevas condiciones de las corazas, que de ser de hierro forjado, por adelantos sucesivos, han llegado á fabricarse de acero al cromo-níquel, determinaron la conservación del calibre. Aumentándose la carga, que gracias á las mayores longitudes de las piezas puede quemarse por completo dentro del ánima, se consigue incrementar la velocidad inicial, y con ello la energía, que cada vez asciende á más tonelámetros, no siendo considerable el daño que se causa á la pieza por su constitución actual.

La inferioridad de la coraza, á pesar de las oscilaciones á que aludíamos antes, se considera hoy día próxima á proclamarse por el uso de los explosivos rompedores de enorme potencia destructora. La maximita, por ejemplo, deshace una gruesa plancha de acero al cromo-níquel cementado. Los blindajes modernos se construyen con dicho material, porque el níquel les dá tenacidad, es decir, resistencia al choque, y el cromo, unido á la cementación de la capa exterior, compacidad, que se traduce en aumento de resistencia á la perforación.

El cañón de 30,5 centímetros es el eje alrededor del cual gira la artillería perforante. Hace algunos años daba velocidades iniciales de 600 metros con 30 calibres de longitud. Hoy las alcanza próximas á 1.000 metros.

Antes perforaba en la boca una plancha de hierro forjado de 70 centímetros. Ahora atraviesa 1,43 metros, del mismo metal, en condiciones análogas.

Las torres blindadas de los acorazados pondrán nuevamente en práctica, siguiendo este camino el cañón, la regla antigua de protegerse con corazas de espesor igual al calibre de las piezas que montan, y que son generalmente de 32 centímetros, cesando de aplicarse la teoría de disminuir dicho espesor, en vista de los adelantos metalurgios, cuya teoría había rebajado los gruesos á 23 centímetros, por término medio (1).

La fábrica Krupp emplea, desde hace mucho tiempo, el acero fundido para todas las piezas que construye, reforzando el tubo interior con

(1) El acorazado inglés *New-Zealand*, lanzado al agua recientemente en Portsmouth, tiene el blindaje de cintura de 23 centímetros, pero el de las torres es de 357 milímetros.

un manguito del mismo metal en las de grueso calibre. El cañón de 30,5 que, como decimos, es el preconizado para la perforación de corazas, está formado por un tubo de acero y varios sunchos, uno de los cuales se prolonga hasta la boca. El acero al níquel dá muy buenos resultados y sin recurrir al *sunchado por alambres*, método americano, pueden las piezas alemanas resistir presiones de 4.000 kilógramos por centímetro cuadrado.

A continuación exponemos un cuadro que nos releva de insistir más sobre las nuevas propiedades de dicha pieza, y que demuestra de modo suficiente los progresos de la artillería destinada á combatir los elementos más poderosos de las escuadras modernas. Las plânchas de acero cementado Krupp, á que nos referimos, son al cromo-níquel con cementación gaseosa, que resulta más profunda, más homogénea y más gradual que la obtenida por medio del carbón en estado sólido.

## Cañón de 305 mm. de acero.

| MODELOS. | LONGITUD en milímetros. | PESOS | | | VELOCIDAD INICIAL en metros. | ENERGÍA EN LA BOCA en toneláme-tros. | PERFORACIÓN. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | cañón en toneladas. | carga en kilógramos. | proyectil en kilógramos. | | | | |
| Krupp, 1880..... | 10.700 | 48,540 | 137 | 455 | 532 | 6.124 | 23,8 cm., á 3.000 m.. | Planchas de acero Harvey cementado. |
| » 1887..... | 10.700 | 49,880 | 180 | 455 | 580 | 7.809 | 26,8 cm., á 3.000 m.(2) | |
| » 1889..... | 15.250 | 70,500 | » | 328 | 765 | 10.479 | 35,6 cm., á 3.000 m.. | |
| » 1893..... | 10.700 | 62,000 | 103 | 425 | 681 | 10.775 | | |
| » 1899..... | 15.250 | 59,000 | 111 | 445 | 812 | 14.947 | 40 cm., á 3.000 m.. | |
| » actual pesado | 15.250 | 57,600 | 151 | 350 | 1.015 | 18.317 | 50 cm., á 2.740 m.. | Planchas de acero Krupp cementado. |
| » actual ligero. | 15.250 | 53,300 | 137 | 350 | 996 | 17.669 | 48 cm., á 2.740 m.. | |
| Elwik..... | 15.250 | 65,2 | » | 385 | 878 | 15.079 | 43 cm., á 2.740 m.. | |
| Vickers..... | 12.200 | 51,0 | 140 | 385 | 813 | 12.944 | 37 cm., á 2.740 m.. | |
| Scheneider..... | 12.200 | 38,6 | » | 309 | 930 | 13.636 | 38 cm., á 2.740 m.. | |
| Bethlehen (E. U.) (1).. | 10.700 | 51,0 | 108 | 453 | 701 | 11.331 | 34 cm., á 2.740 m.. | |

(1) En esta fábrica se pretende construir un cañón que arroje el proyectil con 1250 metros de velocidad inicial.
(2) No perfora á ninguna distancia corazas de 35 centímetros de acero al níquel.

Artillería media.—La perforación de corazas no puede hacerse más que á distancia limitada, y únicamente cuando haya probabilidad de blanco. Al tratar más adelante de baterías, indicaremos la organización defensiva actual, en la que se verá existe cierto número de las llamadas de combate, que equivalen á las antiguas de bombardeo, cuyo fin es batir las partes no acorazadas de los buques y efectuar el tiro con toda la rapidez posible, obteniendo de esta manera la característica de mayor efecto, acentuada hoy con el empleo de las granadas-torpedos, y los explosivos capaces de deshacer fácilmente las planchas de protección que llevan las partes sin acorazar, tales como los entrepuentes, cuyos espesores no pasan de 10 centímetros.

Indicado á grandes rasgos el objeto del tiro de combate, diremos que cuando el barco está lejos se empieza el fuego con los obuses y morteros, prefiriéndose los últimos, y á medida que va aproximándose se le bate con cañones de calibre medio y de fuego rápido.

El calibre de 15 centímetros cumple muy bien las condiciones que se exigen á la artillería media.

Rusia tiene el cañón de 15,24 centímetros Scheneider-Canet; Inglaterra emplea el de 152 milímetros. El construído para las costas rusas es de 40 calibres de longitud, pesa 4,8 toneladas y arroja el proyectil de 43 kilógramos con 765 metros de velocidad inicial. La rapidez del tiro determina la necesidad de disposiciones especiales, dotándose á dichas piezas de frenos hidráulicos de émbolo, recuperadores de resortes y plataformas de carga. Pueden efectuar ocho disparos por minuto. Los proyectiles que usan son granadas ordinarias de acero fundido, granadas perforantes de acero forjado y ojiva templada, y granadas-torpedos de acero forjado también, que tienen el culote macizo y llevan carga de lydita y cebo de pólvora pícrica con fulminato colocado en la ojiva.

La artillería media moderna, ó sea la comprendida entre los calibres de 15 y 24 centímetros, produce los mismos efectos que la artillería gruesa de hace años. Como prueba de ello, vamos á indicar una tabla, debida al marino francés Mr. P. de Condi, que aunque pueda exagerar algo por tratarse de artillería francesa, demuestra claramente nuestro aserto, augurando además que los cañones, por su fabricación y sus cualidades balísticas, y los proyectiles, por sus notables y crecientes me-

joras, son aún capaces de futuras transformaciones que redunden en detrimento de la coraza.

**Perforación en milímetros obtenida á 3.000 metros de distancia y con 18° de incidencia, sobre planchas de acero cementado.**

| MODELOS. | CALIBRES EN MILÍMETROS. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 305 | 274 | 240 | 194 | 164 |
| 1893-1896. . . . . | 430 | 370 | 330 | 240 | 150 |
| 1902. . . . . | 520 | 450 | 360 | 280 | 220 |

Artillería de pequeño calibre.—El objeto de esta artillería es rechazar ataques próximos é impedir desembarcos. En la actualidad tiene excepcional importancia por la moderna tendencia, que aconseja á las escuadras atacar por sorpresa en la mayoría de los casos.

Tal es la táctica naval que parece seguir Alemania, al disminuir en sus barcos la artillería gruesa y desarrollar de modo considerable la de tiro rápido, llegando hasta el exceso en el número de cañones de pequeño calibre.

Las plazas se ven en la precisión de contrarrestar la acción enemiga, oponiendo análogos medios de defensa.

Para combatir con torpederos se adoptan calibres de 75, 76 y 88 milímetros, que es el mayor diámetro compatible con el máximum de rapidez. Se emplean también los de 5 y 6 centímetros, debiendo disponer la plaza de ametralladoras para los ataques más inmediatos.

Condición inherente á esta clase de tiro es la movilidad que desde luego permiten dichas piezas.

Siguiendo la teoría de que las artillerías de los barcos y de la costa deben tener igual material, se ha preconizado el empleo de los cañones de 10 centímetros y hasta de 11,9 centímetros, por el sólo hecho de llevarlos algunos acorazados. Nuestra modesta opinión es contraria á tal reforma, pues en la costa el cañón de 15 centímetros desempeña muy bien el cometido de esos otros, siempre que su posición sea bien elegida,

y al adoptarse nuevas piezas se complicaría el servicio de las baterías de tierra, con la necesidad de más proyectiles distintos, sin obtener ventaja alguna, toda vez que no se logra la potencia de un cañón de 15 ni la ligereza de uno de 7,5.

El cañón alemán de 5 centímetros dispara por minuto 14 proyectiles de 1,75 kilógramos, con 656 metros de velocidad. El de 88 milímetros arroja 10 shrapnels de 7 kilógramos, con velocidades iniciales de 616 metros.

Tiro curvo.—Las piezas de tiro curvo en la defensa de costas desempeñan un papel importantísimo. De su fuego, que es el más avanzado, depende la seguridad de la plaza. El objeto fundamental de su empleo es que los acorazados no puedan acercarse á distancias inferiores á 10 kilómetros, por término medio, sin exponerse á ser destruídos. El bombardeo de una escuadra, que hoy por hoy no cuenta con piezas apropiadas para dicho tiro, es de efecto casi nulo á dicha distancia. Los obuses y morteros, como saben nuestros lectores, al contrario de lo que ocurre á los cañones, tienen la notabilísima propiedad de aumentar en velocidad remanente con el alcance, es decir, de contar con más tonelámetros de energía y más potencia perforante, á medida que la distancia es mayor. Por ello, á las baterías organizadas con este material se les llamaba de bombardeo, debiendo ser su verdadero nombre de *contrabombardeo* ó de *ataque*, que es como se las distingue actualmente.

Gozan de propiedades destructoras terribles sobre las partes no acorazadas de los buques por su energía, alcance y gran ángulo de caída.

Las pruebas verificadas recientemente por la Junta facultativa de artillería de la fábrica de Trubia, con el obús de acero de 24 centímetros, cuyo proyecto es del ilustre artillero español general Ordóñez (1), han demostrado las excelentes condiciones de dicha pieza. Es de acero y tiene un tubo central, con manguito y suncho de refuerzo para asegurar las resistencias tangencial y longitudinal. Está dotada de cierre sistema De Bange, de tornillo; su rayado es parabólico, pesa 6 toneladas y su longitud mide 3.840 milímetros.

---

(1) Además de dicho obús, ha proyectado otro de 30,5 centímetros, que su autor destina para la defensa de puertos poco protegidos naturalmente.

Arroja granadas perforantes de 230 kilógramos, con velocidad de 350 metros, lo que produce una energía en la boca superior á 1.100 tonelámetros. El alcance máximo que corresponde á la inclinación de 45° próximamente, con una carga de 12 kilógramos, es de 12.000 metros.

Estas piezas y las demás del referido autor, que si no recordamos mal son, entre otras, los cañones sunchados y entubados de 21, 24 y 30 centímetros, modelo 1891, prueban evidentemente el buen resultado de la fabricación nacional, á cuyo desarrollo tanto ha contribuído el citado general.

Respecto á morteros, la casa Krupp presentó varios modelos en 1899, de calibres comprendidos entre 12 y 24 centímetros. El mortero Krupp de 24 centímetros tiene 6,35 calibres de longitud, que equivalen á 1,524 metros y pesa 3 toneladas aproximadamente, incluyendo en dicho peso el de la cureña. La carga de proyección es de 2 kilógramos, que imprime al proyectil de 136 kilógramos una velocidad inicial de 200 metros.

Los alcances son muy grandes, siendo casi nula su potencia perforante á distancias menores de 1.500 metros. Los morteros de 28 centímetros pueden atravesar á 6 kilómetros las cubiertas de los buques, consistentes en planchas de hierro laminado, de espesor inferior á 194 milímetros.

Como todo no ha de ser favorable al efecto de la artillería de tiro curvo, diremos que es la menos precisa de todas.

A medida que aumenta la velocidad de los barcos, con la potencia de sus máquinas, la rectificación del tiro curvo es más dificultosa, inconveniente que es también función de la distancia y que se agrava con la necesidad de hacer las correcciones por ángulos de elevación, sin variar la carga.

Cañones neumáticos.—El torpedo, cuya organización actual estudiaremos más adelante, es lanzado por cañones, en los cuales el impulso es debido al aire comprimido, ya que resultaba peligroso dispararlo con cañones ordinarios, como se pretendió en un principio, por ser de temer una explosión prematura, debida á los choques y giro rápido que sufriría en el interior del ánima.

El Gobierno norteamericano ha creado baterías de esta clase en Nueva-York y Bostón.

Las recientemente construídas en San Francisco poseen cañones sistema Zalinski, de 381 milímetros de diámetro y 15 metros de longitud. El aire comprimido ejerce una presión de 140 kilógramos por milímetro cuadrado, en virtud de la cual, el proyectil torpedo es lanzado con 150 metros de velocidad, por término medio.

El tiro resulta muy incierto, discutiéndose acaloradamente su conveniencia por marinos y artilleros, aunque predomina la opinión de que merced al descubrimiento de explosivos potentísimos y seguros, cuyo empleo en los torpedos se halla generalizado hace tiempo, se podrán admitir en todos los casos los cañones ordinarios, por ser los más apropiados para obtener trayectorias que satisfagan los parámetros dados.

### 2.º—Montajes y medios de protección.

La importancia de los montajes es proporcional á la intensidad de la fuerza viva inicial, que aumenta de día en día.

Las condiciones especiales en que se encuentran las baterías de costa exigen gran rapidez en las operaciones necesarias para el disparo, dada la extraordinaria movilidad del blanco. La mayor parte de las veces no se dispone más que de reducido tiempo para hacer fuego eficazmente contra un buque, y la buena disposición del montaje ha de permitir ejecutar en ese momento todo lo preciso para efectuar el tiro.

Resultaría ilusoria la potencia de un cañón, en el caso que nos ocupa, si se tuviera que hacerle entrar en batería, cargar, apuntar y disparar sin otra ayuda que la de los sirvientes. No hay que olvidar que los proyectiles pesan 400 kilógramos y las piezas de 50 á 100 toneladas, y que harían falta muchos hombres que, con la precipitación, se estorbarían los unos á los otros, aunque estuviesen perfectamente instruidos.

En los acorazados existen grandes máquinas y el vapor puede actuar de poderoso agente, mediante bien estudiados mecanismos, lo cual resulta muy difícil en la costa, donde tendríamos que empezar por la instalación de una central que nos suministrase energía. Como esto no es práctico, las casas constructoras se esfuerzan realizando notables proyec-

tos de distinguidos artilleros é ingenieros, en hacer automáticas muchas de las operaciones preliminares del disparo, empleando como única fuerza motriz la del retroceso, acumulada en aparatos destinados á tal objeto; idea excelente, toda vez que al ser lanzado el proyectil, desarrolla, al hacer retroceder al cañón, una energía que no se aprovecha y que se debe recoger para ulteriores fines.

Los montajes para artillería gruesa más modernos que están experimentándose, son los propuestos por el coronel ruso Durlacher; el uno para cañones de 28 centímetros y el otro, de eclipse, para piezas de 24 centímetros, fundados ambos en el mismo principio.

En el primero, el cañón se apoya en lo que recibe el nombre de *cuna*, uniéndose al resto del montaje por medio de un freno hidráulico, del cual el émbolo se articula con la pieza, y el cilindro con las gualderas de la cureña. El líquido empleado, que es aceite de nafta, pasa, impulsado por el émbolo del freno, á dos acumuladores hidráulicos, reunidos por una caja de comunicación, provista de la correspondiente válvula de seguridad. El reparto de la energía almacenada en dichos acumuladores, se efectúa por un distribuidor que los pone en comunicación sucesivamente con cuatro cilindros que, á modo de prensas, al recibir el líquido mueven émbolos, cuyos vástagos, terminados en cremalleras, hacen girar á sistemas de ruedas dentadas, que completan las operaciones de colocación en batería, carga y puntería en los sentidos. El distribuidor se mueve con palancas. Como la fuerza la produce el retroceso, es necesario, antes del primer disparo, efectuar la carga de los acumuladores de un modo especial, lo que se consigue con pequeñas bombas que cumplen ese objeto.

También se pueden efectuar las distintas operaciones directamente cuando se desee.

Según el autor, en el retroceso se desarrollan 32.000 kilográmetros de energía, de los cuales sólo se aprovechan 5.000.

La maniobra total con estos montajes la llevan á cabo dos hombres, en la tercera parte del tiempo que tardarían en ella diez sirvientes bien instruidos, sin la cooperación de los mecanismos descriptos. A lo sumo se invierten algunos minutos en cada disparo, y claro es que, en la mayoría de los casos, resultará lo suficientemente rápido dicho procedimiento.

Empleando proyectiles de 222 kilógramos y cargas de 64 kilógramos, se obtienen velocidades iniciales de 466 metros y retrocesos de 1,50 metros para la pieza. El desplazamiento del pistón principal es también de 1,50 metros y las presiones que se producen en los acumuladores no pasan de 30 atmósferas.

El modelo de montaje eclipse, correspondiente al cañón de 24, consta de elevador y soporte, pasándose automáticamente de una á otra posición, en virtud de maniobra hidráulica. Las demás operaciones de carga y puntería se realizan á brazo, lo cual es un inconveniente grave.

Y como los afustes de eclipse tienen excepcional importancia y para ellos resulta deficiente la disposición de Durlacher, es forzoso declarar que los montajes de las piezas de grueso calibre de costa necesitan nuevos perfeccionamientos.

El montaje-barbeta para el Krupp de 30,5 centímetros (1887) es de giro central y marco alto (1). El cañón descansa en la cureña, cuyas dos gualderas asientan sobre grandes vigas, llamadas brancales, que se arriostran con soleras y teleras, sosteniéndose el conjunto por medio de un cajón central en la basa y en cuatro ruedas.

La cureña se une al marco también por medio de ruedas que se alojan en rebajos de los brancales. Estos rebajos terminan en planos con la inclinación necesaria para que, al hacer el disparo, vuelva la pieza á su primitiva posición. Fuera del montaje vá el torno de retroceso, la grúa elevadora de proyectiles, el aparato de dirección y los frenos hidráulicos.

El peso total del cañón y del montaje asciende á 131,400 toneladas, y los ángulos límites de elevación y depresión son + 15° y — 3°.

Pasemos á tratar de los montajes propuestos para el cañón de 15 centímetros.

El modelo español Krupp vá sobre ruedas y puede emplearse tanto en sitio como en costa. Su montaje pesa tonelada y media y permite ángulos que varían entre + 36° y — 10°.

Mr. Canet pretende facilitar la movilidad de este material formando con él baterías volantes, cuyas ventajas en el combate desde la costa no hace falta encomiar. Las primeras tentativas para obtener baterías mó-

(1) En el Museo de Artillería existe uno igual al descrito, en escala reducida.

viles se deben al coronel Reffye, que en el año 1870 proyectó lo que llamaba *tren blindado.*

En el moderno montaje truck de Canet, la pieza bascula alrededor de un eje horizontal, y está provista de frenos y recuperadores hidráulicos, reposando el conjunto en una plataforma circular, sobre la que puede girar el cañón, que alcanza de este modo un campo de tiro de 360°. Existen dos modelos: uno para vía ancha y otro para vía estrecha.

La casa Saint-Chamond presenta tipos curiosos de montajes para material de 15 centímetros. Entre ellos figura uno de eclipse, transportable por vía ancha, que comprende una máscara horizontal para los sirvientes. La puntería en altura se puede hacer en las dos posiciones del cañón, para cuyo efecto sirve un paralelógramo articulado.

Una teoría moderna referente al emplazamiento de las piezas de costa aconseja el empleo de montajes dobles. Sus partidarios proclaman las ventajas inmensas que pueden obtenerse con dicho procedimiento, que en resumen, se reduce á colocar sobre un montaje único dos piezas próximas y paralelas y servirse de ellas de manera análoga á como un cazador aprovecha los dos cañones de su escopeta. Con los montajes dobles se resuelven las dificultades inherentes al tiro de costa, y se obtiene mayores rendimientos y economía.

En efecto, decíamos antes que son precisos en el combate naval la rapidez y la eficacia, habiendo á veces muy poco tiempo para efectuar los disparos. Ninguna disposición como la que describimos puede cumplir dichas necesidades en mejor forma.

Manejando acertadamente los dos cañones, el segundo disparo aumenta la acción destructora del primero, si éste fué blanco, y si no lo ha sido, la rectificación inmediata de la puntería puede resultar notablemente eficaz.

Además la superficie vulnerable es menor y el servicio y municionamiento se simplifican mucho. Exigen menos personal, y sobre todo tienen, como indicamos, la ventaja de que el área de la batería se disminuye de manera considerable. Se usan á bordo de los acorazados para contrarrestar la inestabilidad de las plataformas y el movimiento relativo de los blancos, generalizándose su empleo á las baterías de costa, donde desempeñan importantes cometidos.

La casa Scheneider-Canet presentó en 1900 un modelo de montaje doble para cañones de 15 centímetros, que lo mismo servía para marina que para costa. Los disparos se efectúan por procedimientos eléctricos y cada uno de los dos cañones tienen los frenos y recuperadores independientes. Los cierres giran á distinto lado, el uno hacia la derecha y el otro hacia la izquierda, con objeto de facilitar la maniobra.

El material y los sirvientes se protegen con una máscara fija al montaje, que parece responder satisfactoriamente á las diversas condiciones del tiro de la artillería que hemos llamado de combate.

Al tratar de las baterías de ruptura y de cañones de pequeño calibre, expondremos otros procedimientos que, con los indicados, constituyen los medios de protección actualmente empleados.

# II.

## Consideraciones sobre baterías.

Una batería de costa tiene que luchar con todo un fuerte íntegro y potente, pues tales son los barcos de guerra modernos, y para ello su protección es tan importante como las piezas de que disponga.

Nada se conseguiría con vigorosos agentes de ataque, si no estuvieran convenientemente defendidos, y por esta razón en la gran guerra naval tienen muchos problemas que resolver artilleros é ingenieros.

Estos han de estudiar la situación de la batería, con objeto de desenfilarla de las vistas, si fuera posible, organizarla debidamente y buscar su verdadera posición en la costa. Aquéllos deben montar el servicio de modo que, en el momento oportuno, pueda actuar con el máximum de intensidad.

Vamos á reseñar sucintamente las enseñanzas que se desprenden de la historia contemporánea de los combates marítimos.

La antigua fortificación era superior á la artillería naval, como lo demuestra la guerra de Crimea, en la cual la flota aliada apenas causó daños á las obras de Sebastopol en la acción de 17 de octubre de 1854, y en cambio, quedaron fuera de combate nueve navíos.

Consecuencia de tales sucesos fué el que los ingleses atendieran preferentemente á sus fuertes de las costas, mientras los franceses se preocuparon de blindar sus barcos de guerra.

Después apareció la coraza, convenientemente reforzada, desafiando á las baterías, á cuyas proximidades se acercaba, desmontando sus cañones. En la guerra de Secesión triunfaron los acorazados, según lo prueban las operaciones contra Charleston, en las que los disparos de las baterías terrestres lograron sólo destrozar un monitor de pequeña coraza.

Posteriormente, los hechos reaccionaron en favor de las fortificaciones de la costa. Aunque en Santiago de Cuba el objetivo de la escuadra

yanki fué destruir la nuestra, se puede decir que las veces que se aproximaron á la plaza se les rechazó, y eso que el artillado de las baterías era deficiente. En cambio, según propia declaración del comodoro Schley, la escuadra enemiga gastó 10 millones de francos en municiones, empleadas contra las obras de fortificación inútilmente.

En la guerra actual parece confirmarse, hasta el momento de escribir estas líneas, la importancia de las obras defensivas sobre el ataque de los barcos, aunque como la audacia se considera hoy táctica excelente en las contiendas navales, deben las plazas estar en disposición de rechazar las sorpresas, lo cual dificulta y complica su organización.

Expuestos los sucesos más interesantes del último medio siglo, vamos á resumir las condiciones de la artillería atacante, antes de estudiar las obras de la defensa. El armamento que llevan los acorazados modernos son cañones de 30,5 centímetros y de 15, además de los dispuestos para proteger desembarcos.

El obús, según las ideas que predominan en la actualidad, no se admite en la marina de guerra, y esto dá una supremacía notable á la artillería de la costa.

Los cañones que indicamos se llevan á bordo, son más que nada apropiados al combate naval, pero no para atacar á los fuertes, cuyo tiro curvo tampoco parece temerse, dado el pequeño espesor de las cubiertas.

Sin embargo, no puede desconocerse que sería ventajoso para las escuadras el disponer de obuses, una vez resuelta la dificultad de su montaje.

En la última Exposición de París la casa Scheneider-Canet presentó un modelo de afuste para obús de 24, de marina, que se consideró excelente.

El mortero, á su vez, tiene que proscribirse con más motivo porque es aún mayor la dificultad de emplazarlo á bordo. Unicamente la marina alemana cuenta con algunos obuses cortos, que merecen el nombre de morteros, y que no han dado resultados satisfactorios. Una novísima tendencia de la artillería naval, que no ha calificado todavía la experiencia, consiste en construir el barco-mortero, de acción simétrica á la del terrestre. Estos pequeños barcos exigen tonelajes relativamente grandes para una sola pieza. Su empleo es muy debatido, porque si pre-

tende apagar los fuegos de una plaza medianamente artillada, le será muy difícil, además de necesitar una precisión extraordinaria; y en el bombardeo de una ciudad, el número máximo de proyectiles de que puede disponer es reducidísimo para tal empresa.

Esta embarcación, casi desconocida, tiene aplicaciones más lógicas, que describiremos al ocuparnos de los torpederos.

Concretando, podemos decir que un acorazado lleva cañones perforantes y cañones de calibre medio, que, si pueden rectificar el tiro durante el ataque, inundarán de proyectiles las obras de la defensa, contando además con muchas piezas de tiro rápido para imposibilitar la estancia en cualquier punto de la costa.

Hechas estas consideraciones, vamos á ocuparnos de las baterías, que dividiremos en cuatro grupos, á saber:

1.° Baterías de combate ó bombardeo, comprendiendo en ellas las de obuses y morteros.

2.° De ruptura ó perforantes.

3.° De piezas de pequeño calibre.

4.° Submarinas.

Baterías de combate.—En la guerra marítima desempeñan análogo papel que las baterías de desmonte de la defensa en la guerra de sitio. Contestan al ataque lejano y defienden á las perforantes en el próximo.

Están artilladas con cañones y obuses, y su característica actual es el fuego rápido. Empezaremos por estudiar á qué altura sobre el nivel del mar deben colocarse y describiremos después la constitución del conjunto. Decimos que la cota será nuestro primer objetivo, porque en ella radica la superioridad de la artillería de la defensa. En este punto están de común acuerdo el cañón y la fortificación, pues á medida que aumente la altura, el primero puede ejercer mejor su acción ofensiva, y la segunda puede proteger en buenas condiciones á la artillería, que no tendrá que temer más que al tiro lejano de la contraria.

La cota que elegimos para los cálculos que copiamos á continuación es de 100 metros, y vamos á demostrar sus ventajas.

Claro está que no siempre se podrá contar con dicha altura, ya por la disposición de la costa, ya por las condiciones del terreno; pero debe observarse que no es tan exagerada como parece á primera vista.

Los puertos que interesará más defender serán de importante tráfico ó con arsenales, y en ellos seguramente la naturaleza ofrecerá abrigo contra las borrascas, pues si no, no se hubieran establecido; en una palabra, serán buenos puertos naturales, y en la mayoría de los casos tendrán alturas que les rodeen y permitan al ingeniero militar escoger posiciones excelentes de cota próxima á la que preconizamos.

Se reconoce actualmente por algunos autores que el tiro perforante contra cubiertas exige, como límite mínimo, 10° de ángulo de incidencia, si se quiere que no rebote el proyectil (1). En estas circunstancias, si el espesor de la plancha es menor que la cuarta parte del necesario para resistir el tiro normal, el proyectil la deshace.

Al tratar de la artillería, indicamos que con 18° de incidencia, en experiencias verificadas hace poco tiempo, la pieza de 16,4 centímetros perforó 220 milímetros en plancha de acero, y aunque se hayan exagerado algo las variables que en el problema intervienen, sin embargo, evidentemente se ve que el espesor de 5 ó 10 centímetros de las cubiertas de los acorazados resulta insignificante para el poder de la artillería media que se emplea en la actualidad.

Si admitimos como límite mínimo 10° para el ángulo de incidencia, aunque en realidad deba ser algo mayor, los resultados que obtengamos al comparar las cotas serán independientes de aquél.

En los cálculos que siguen nos referiremos á la figura adjunta.

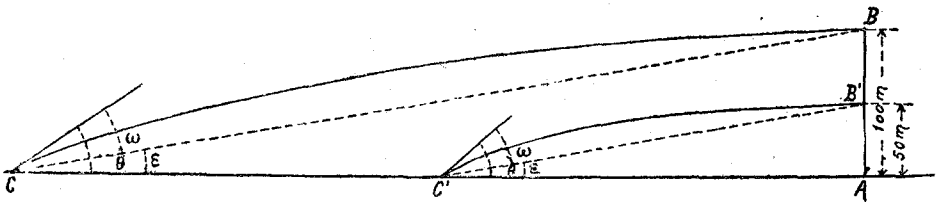



*Fig. 1.*

Sean ω ángulo de caída,
θ » de arribada,
ε » de situación.

(1) Mr. Grasset expone esta teoría, apoyada sin duda en la mayor dureza de los proyectiles, pues en otras experiencias anteriores resultaba que se rompían para ángulos tan pequeños.

Para el tiro contra barcos, tendremos:

$$\theta = \omega + \varepsilon$$
$$\omega = \theta - \varepsilon.$$

Ahora bien, $\omega$ para distancias cortas, es muy pequeño (1); y para que el rebote no se verifique

$$\theta > 10^\circ,$$

de modo que

$$\omega + \varepsilon > 10^\circ,$$

que será desde luego exacta, si

$$\varepsilon > 10^\circ.$$

En el triángulo $A$, $B$, $C$, resulta:

$$\frac{A\,B}{A\,C} = \text{tg. } \varepsilon,$$

y haciendo

$$\text{tg. } \varepsilon = \text{tg. } 10^\circ$$
$$A\,C = \frac{A\,B}{\text{tg. } 10^\circ},$$

que equivale, dando á $A\,B$ el valor de 100 metros, á

$$A\,C' = \frac{100}{0{,}175} = \frac{100.000}{175} = 575 \text{ metros.}$$

En cambio, si la altura del cañón sobre el nivel del mar fuese de 50 metros,

$$A\,C' = \frac{50}{0{,}175} = \frac{50.000}{175} = 285 \text{ metros.}$$

La cota, por lo tanto, influye en el espacio batido con la granada perforante, que es mayor á medida que aquélla aumenta. Para la de 100 metros, un sólo cañón de 15 centímetros detiene á un acorazado hasta las distancias dadas por las fórmulas, que disminuyen con la altura del emplazamiento. Claro es que si son batidos los acorazados, con más razón lo serán los cruceros y demás barcos de menos porte, que intenten forzar el puerto.

---

(1) Con el cañón de 15 centímetros y proyectiles de 39 kilógramos, con carga de 15 kilógramos y velocidades iniciales de 553 metros, $\omega = 1^\circ$, $2C'$ á 1.000 metros y á 500 metros $\omega = 35'$.

A partir de dichas distancias, determinadas por el cálculo, $\varepsilon$ disminuye y como $\omega$ crece muy poco á poco, el referido cañón de 15 centímetros (1) empleado como perforante de los puentes, dejará un espacio muerto hasta los 3.000 ó 3.500 metros, en que los ángulos de caída son relativamente considerables.

En efecto, á 3.500 metros se tendrá para la cota de 100 metros,

$$\text{tg. } \varepsilon = \frac{100}{3.500} = \frac{1}{35} = 0{,}028,$$

ó sea, aproximadamente,

$$\varepsilon = 2^\circ;$$

y como á dicha distancia

$$\omega = 7^\circ\ 30'$$

$$\omega + \varepsilon = 9^\circ\ 30',$$

valor muy próximo á 10°.

En cambio, si la cota es de 50 metros,

$$\text{tg. } \varepsilon = \frac{50}{3.500} = 0{,}014,$$

ó sea,

$$\varepsilon = 40',$$

y

$$\omega + \varepsilon = 7^\circ\ 30' + 40' = 8^\circ\ 10'$$

que no puede admitirse.

Claro es, que los cañones que consideramos ejercen su acción á otras distancias, que no son éstas límites, porque con el sharpnel imposibilitan la permanencia sobre cubierta á los alcances comprendidos entre 1.000 y 3.000 metros, y aunque la cubierta en sí no sufra á dicha distancia los efectos del cañón de 15 centímetros, no por eso se librará de las grandes averías que hasta los 2.000 metros le causarán las baterías perforantes y

(1) En los cálculos consideramos únicamente el tiro directo de esta pieza, pues aun cuando para el cañón Krupp de 15 centímetros existen cuatro tablas de tiro, de las cuales una es de tiro directo y las otras tres de indirecto, con mayores ángulos, las últimas denuncian disminución en la velocidad remanente.

entre 2.000 y 4.000 los obuses ú otras piezas análogas, complementarias de los cañones, que se emplazan con el objeto de destruir las partes mal blindadas.

En efecto, con el obús de 21 centímetros á 2.500 metros,

$$\omega = 12^{\circ}\ 12';$$

de modo que aunque sea pequeño el ángulo de situación, siempre se evitará el rebote.

Resulta de todo lo dicho que la cota de 100 metros es muy aceptable para emplazar la artillería de la costa.

Veamos ahora el efecto que sobre ella puede causar la naval.

El cuadro siguiente, extractado de otro que inserta una revista americana, nos evita dar explicaciones detalladas sobre punto tan importante:

| ALTURA EN METROS DE LA BATERÍA SOBRE EL NIVEL DEL MAR | DISTANCIAS EN METROS Á LAS QUE TIENEN QUE SITUARSE LOS ACORAZADOS PARA QUE SUS PROYECTILES LLEGUEN CON DETERMINADO ÁNGULO DE CAÍDA | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0° | 2° | 4° | 6° | 8° |
| 30,5 | 960 | 1.510 | 2.150 | 2.740 | 3.270 |
| 91,5 | 1.600 | 2.040 | 2.540 | 3.060 | 3.545 |
| 152,5 | 1.985 | 2.395 | 2.860 | 3.310 | 3.750 |

Según el anterior estado, si la batería tiene 90 metros de cota, los proyectiles disparados por un barco á 3.545 metros llegan con ángulos de caída de 8°, que sumados al semi-ángulo del cono de dispersión del shrapnel, á lo sumo de 10°, componen 18°, y por lo tanto, la desenfilada necesaria para seguridad de los sirvientes será próxima á $\frac{1}{4}$, que desde luego no es excesiva.

Además, el barco ha de alejarse á 3.545 metros, distancia que tiene que aumentar á medida que la batería se sitúe más elevada, lo cual va dificultando la rectificación del tiro y la precisión.

En estas obras, el personal que las ocupe debe temer únicamente á la granada rompedora ó *sprengranante.*

El tipo de la batería moderna es de tierra, semi-enterrada ó enterrada con montaje de eclipse. Las baterías de tierra presentan, en primer término, ventajas económicas y además gran campo de tiro y parapetos muy resistentes. Ofrecen varios inconvenientes, como son la necesidad de traveses, toda vez que pueden batirse de enfilada, y el que los sirvientes y el material están expuestos á las proyecciones de tierras, ocasionadas por la caída de proyectiles. Bien miradas estas cuestiones, vemos que la mayor desventaja que antes se les encontraba, que era la falta de protección contra el tiro vertical, ha desaparecido, pues ya se ha dicho que la artillería naval moderna no emplea morteros ni obuses.

Los montajes actuales de eclipse permiten hacer la puntería, estando la pieza en su posición de descenso; tienen escudo protector, que aunque no está hecho para resistir á la granada-torpedo, hace rebotar los balines y rechaza las proyecciones de piedras y arena, poseyendo la excelente cualidad de ser transportable. Teniendo en cuenta todo lo dicho y que las pólvoras sin humo quitan visualidad al disparo, podemos afirmar, en definitiva, que una batería bien organizada, con ámplio campo de tiro, protección en determinadas partes y dotada de cañones con montajes de eclipse, es casi inexpugnable. Todo ello en la hipótesis de que estén situadas á más de 50 metros sobre el nivel del mar, porque las más bajas se encuentran en las condiciones generales de las baterías perforantes.

Las baterías de combate tienen sectores privados de fuegos, dentro de los cuales puede efectuarse un paso ó un desembarco. Se evita esto colocándolas en el interior y apoyándolas con otras de campaña ó semipermanentes; pero de esta manera se disminuye el campo de tiro algunas veces, y siempre el alcance, así es que no conviene retrasarlas á más de 300 ó 400 metros, y para batir el ángulo muerto se dispone una línea de torpedos, flanqueada por pequeñas obras de fortificación de campaña.

Hay que tener en cuenta también que estas obras se organizan casi siempre para una defensa inmediata.

Los grandes traveses son defectuosos, porque destacan á bastante altura la línea sinuosa de sus crestas, y ya que el tipo de las baterías de combate es á barbeta, semi-enterradas á lo sumo, debe li-

mitarse su empleo, proscribiendo, en cuanto sea posible, los grandes relieves.

El apoyo mútuo de unas á otras obras evita de manera más ventajosa el tiro de enfilada.

Careciendo de relieve, con el plano de fuegos á pequeña altura sobre el terreno natural y cubierto además por maleza abundante, siempre merced á la humedad, y empleando, por último, pólvoras sin humo, es punto menos que imposible descubrir en la costa la existencia de las baterías.

Algunos autores recomiendan que se ejecute otra obra á conveniente distancia para desorientar al enemigo. Por lo general, la escuadra atacante no conocerá al detalle las defensas de la plaza, y no sabrá á primera vista cuáles son las baterías ocupadas y cuáles las fingidas.

***

Pasemos á las baterías de morteros (1). Estas piezas representan, como se ha dicho, el fuego avanzado. Merced á ellas, el enemigo se vé obligado á permanecer á grandes distancias, resultando cada vez más ineficaz su bombardeo.

Puede dicho material, que ejecuta tiro indirecto, colocarse detrás de la costa y fuera de las vistas, en depresiones del terreno, pozos ó excavaciones profundas, afectando algunas veces la planta de sus baterías la forma de rombo.

La maniobra debe realizarse por procedimientos eléctricos, que empleará el oficial encargado desde el correspondiente observatorio, de cuya acertada posición depende el resultado de los disparos. Dicho oficial estará en comunicación telefónica con las demás baterías para operar en conjunto.

---

(1) Experiencias verificadas con morteros en polígonos ingleses y alemanes han ofrecido buenos resultados. El año 1890 se ensayó en Meppen el mortero rayado de 28 centímetros, disparando contra una boya acorazada horizontal de 15,8 metros por 4 metros, colocada, paralelamente á la costa, á 3.500 metros. En diez disparos, con 45° de ángulo de elevación, fué atravesada una vez. Las mayores desviaciones observadas no pasaron de 29 metros en alcance y de 8,2 metros transversalmente.

Una segunda serie de 16 disparos, con ángulos de 63°, ofreció resultados semejantes en cuanto á perforación y la desviación fué mayor en los dos sentidos.

La ejecución de estas obras no exige grandes gastos, pues únicamente los repuestos se construirán á prueba, los traveses servirán para varias piezas y las explanadas serán más sencillas que para cañones, por el menor peso de los morteros, cuyo coste es también inferior al de aquéllos.

Deben emplazarse á conveniente altura, porque si las baterías son bajas, la debida seguridad aconseja su acorazamiento, lo cual es ilusorio aun para naciones poderosas, que bastante harán protegiendo sus cañones gruesos.

El tiro de shrapnel con mortero resulta muy eficaz á 4.000 metros, existiendo tablas precisas respecto al particular. Variando el intervalo de explosión, varía la densidad del tiro, que puede elevarse á cuatro ó cinco balines por metro cuadrado, si se trata de batir transportes y barcos que lleven mucho personal sobre cubierta.

***

Las baterías destinadas á obuses, pueden actuar con tiro indirecto y directo; el primero con 20° de ángulo de elevación, y el segundo con 13° ó 12° generalmente.

El tipo de estas baterías es la enterrada con cañoneras, pues así queda la pieza en disposición de disparar á cubierto.

Si la batería es bastante elevada se prescinde de proteger el montaje, pero para pequeñas cotas se considera preciso el escudo, con objeto de resguardar á los sirvientes.

Las exclusivamente destinadas á tirar con grandes ángulos, son para su establecimiento en todo análogas á las de morteros.

No creemos necesario añadir nada ni reseñar los diferentes detalles de construcción de las baterías de combate, expuestos ya en diversos trabajos por personas más competentes, puesto que sólo pretendemos, como digimos al principio, extractar las últimas teorías derivadas del armamento moderno y sostenidas hoy por los autores de defensa de costas.

Baterías de ruptura.—Su objeto es combatir con los buques de guerra en los pasos obligados. Requieren protección eficaz que las resguarde, sobre todo del tiro de enfilada, cuyos efectos destructores inutilizan fácilmente el material.

Se les exige gran precisión en los disparos, pues como no será un barco sólo el que intente forzar el paso, es menester repartir los proyectiles, que son de mucho peso y difícil carga, entre todos los navíos enemigos que operen juntos, pues si no, alguno de ellos puede lograr su objeto, con grave detrimento de la batería.

El general Brialmont afirma que es un tiro teórico el de estas baterías, que rara vez en la práctica dará los resultados apetecidos, por las muchas condiciones necesarias.

Cuentan todos los inconvenientes de las baterías bajas. La puntería desde los buques es más fácil, así como la rectificación de los disparos; la zona peligrosa aumenta por efecto de los mayores ángulos de caída, y últimamente, los shrapnels y granadas de pequeño calibre, arrojadas desde las cofas de los barcos, hacen difícil el servicio de las piezas.

Sin embargo, hay que emplazarlas de manera que el cañón ejecute sus disparos desde alturas próximas al nivel del mar, pasando por todas las desventajas, con tal de conseguir los efectos del tiro rasante con las velocidades remanentes, en dirección normal, necesarias para la perforación.

El adjunto cuadro resume datos relativos á esta clase de tiro.

| CAÑON DE 305 MILÍMETROS DE 35 CALIBRES DE LONGITUD Y 580 METROS DE VELOCIDAD INICIAL | | | |
|---|---|---|---|
| Alcances. | Angulos de elevación. | Angulos de caída. | Velocidades remanentes. |
| 100 metros | 9′ | 5′ | 576 metros |
| 500 » | 30′ | 25′ | 562 » |
| 1.000 » | 56′ | 54′ | 543 » |
| 2.000 » | 1° 50′ | 1° 50′ | 513 » |

De los 500 á los 2.000 metros hay 49 de diferencia entre las velocidades remanentes obtenidas, lo cual se traduce en considerable disminución de energía en el choque. En efecto, llevando las dos velocidades remanentes mencionadas á la fórmula que nos dá dicha energía, se vé que

las fuerzas de perforación están en la relación de 1,17, y como á 500 metros corresponden 6.870 tonelámetros, á 2.000 metros se obtendrán 400 tonelámetros de menos.

A fin de proteger á los cañones y al personal se emplean diversos procedimientos.

Si la costa es de roca, un sistema, generalizado en Inglaterra, consiste en tallar en ella las baterías, estableciendo interiormente un montaje de cañonera mínima.

Pero tal procedimiento requiere condiciones muy especiales del terreno.

Los chinos en Wei-Hai-Wei, dejaron sus baterías bajas de ruptura al descubierto, rodeándolas de grandes traveses. Las piezas estaban en cañoneras y se contaba con que la rapidez del paso del enemigo por el sitio peligroso, le impediría desmontar los gruesos cañones que las artillaban.

Observemos, por la disposición de estas baterías, que su misión más importante es apoyar á la escuadra, dándola medios para que extienda su radio ofensivo y defendiendo su regreso al puerto.

La táctica naval aconseja, por otra parte, que el acorazado se acerque á estas obras y las destruya rápidamente, puesto que si el tiro se practica desde lejos, las baterías reparan los daños sufridos con facilidad, toda vez que será escaso el número de impactos conseguidos.

Son, pues, indispensables la precisión y la protección, encomendada á las obras de fábrica, á las cúpulas y últimamente á los escudos.

Las construcciones de gran fábrica de piedra han desaparecido, hace años, en las teorías de defensa de costas. Sobre ser de labra difícil, no ofrecen resistencia por deshacerse el acuñe del aparejo con una sola piedra que desplome el proyectil, inconvenientes que se han aumentado con las modernas granadas-torpedos.

El punto más vulnerable resulta la cañonera, por donde se desmontaba la pieza, y se pensó reforzar aquélla, formándose la casamata acorazada con planchas superpuestas de 25 centímetros, de las cuales se colocaban hasta tres, en algunos casos, unidas al resto de la mampostería.

Pero con esta disposición, los sirvientes, al chocar el proyectil, se

encontraban expuestos á una verdadera metralla de pernos y roblones, desprendidos de la coraza.

Después, los ingleses empezaron á usar el hierro para fortalecer los parapetos de sus obras. A Mr. Grüson se debe la idea de acorazar íntegra toda la batería, por medio de dovelas de fundición endurecida, construyéndose después las torres y cúpulas como consecuencia de las bóvedas de hierro.

Las cúpulas se perfeccionaron y modificaron convenientemente, siendo su historia tema bastante para varias Memorias que, por otra parte, ha sido ya tratado en las columnas del *Memorial* por otros autores.

Nos limitaremos á decir que la experiencia reconoce la superioridad de la cúpula alemana esférica de eclipse, construída con hierro laminado, después de una reacción en favor del acero templado.

La casa Saint-Chamond ha presentado últimamente algunos modelos dignos de ser conocidos. Uno de ellos es la torre acorazada para dos cañones de 30,5 centímetros, que ocupa horizontalmente un círculo de 15,10 metros de diámetro, empleándose en ella tres metales distintos.

La antecoraza es de fundición endurecida, y como sus análogas, está formada por dovelas de 1,50 metros de altura, que presentan en la base un espesor de 280 milímetros, y en la parte superior alcanzan gruesos de 450 milímetros.

La parte móvil consta de una armadura de 2 centímetros de palastro de acero, de forma tronco-cónica, terminada en un casquete, á la cual se unen inferiormente las vigas sobre las que descansa el suelo del compartimento de los cañones, cuya armadura, apoyada en 16 péndolas, sostiene á su vez á la coraza propiamente dicha, que es de acero templado y cementado, y tiene en la parte tronco-cónica 35 centímetros y en el casquete 15 centímetros.

Las vigas de apoyo se fijan á un cajón cilíndrico que constituye la rángua. El pivote va en una placa circular, sobre la que giran los rodillos cónicos que sostienen la torre.

El centro del conjunto se mantiene siempre en la vertical de la rángua, y á fin de que la trepidación del disparo no altere la estabilidad, se

colocan rodillos verticales de apoyo sobre una solera, unida al hormigón del resto de la obra.

Cada cañón tiene dos frenos hidráulicos y cuatro recuperadores de resortes.

Con seis hombres se imprime el movimiento, capaz de hacer girar á la torre una vuelta completa en dos minutos.

El cañón puede tomar los ángulos de + 15° á — 5°.

Los tornos para el giro, los engranajes y montacargas, así como los revestimientos de hormigón, no difieren de los empleados en otras torres, por cuyo motivo no insistimos en su descripción.

El principal inconveniente que ofrecen las cúpulas es su excesivo coste, pues para que una plaza resguardase con ellas los cañones de grueso calibre se necesitarían un crecido número de millones.

Y no son sólo los inconvenientes económicos los que pueden oponerse á dicho procedimiento, sino otros de carácter técnico, que enunciamos á continuación.

Tienen un punto vulnerable: la boca del ánima. En experiencias celebradas en Castbourne (Inglaterra), un proyectil penetró por el interior de un cañón de gran calibre y lo desmontó.

Presentan blancos considerables, y si bien sus formas son adecuadas para ocasionar el rebote, los proyectiles modernos han adquirido tal dureza que no se rompen, como antes, al choque. En Santiago de Cuba una granada perforante atravesó una cúpula del crucero *Infanta María Teresa*, siendo desmantelada la pieza y muertos los sirvientes, y aunque las cúpulas de la marina son más ligeras y visibles que las de la costa, en cambio el tiro contra ellas es más difícil.

Resultan lentas en sus movimientos por su extremada pesadez, y no permiten durante el combate la substitución de los cañones que sufran averías.

El empleo de las cúpulas será indispensable en los islotes avanzados que, á modo de obras destacadas, puedan existir en una plaza marítima, y en los que la escuadra enemiga reconcentrará sus fuegos, así como en las *baterías flotantes*.

Los detractores del uso de las cúpulas pretenden substituirlas con montajes de eclipse. Estos consiguen proteger á las baterías altas, pero

en las situadas próximas al nivel del mar sufrirán el fuego de toda la artillería contraria, aunque se tomen las precauciones debidas contra el tiro de enfilada, se las disponga á lo ancho en vez de hacerlo á lo largo, y se deje la conveniente separación entre las piezas.

Otro de los medios propuestos para defender á las baterías de ruptura son los escudos.

Constan éstos de planchas de acero al cromo-níquel, que no se someten á la carburación propia del método Harvey, y son de espesores variables entre 3 y 4 centímetros.

Resguardan á la obra del sharpnel y de los cascos de granada únicamente, y consiguen que al chocar se rompan los proyectiles débiles, siendo ya ineficaces para resistir los disparos de cañones de 12 á 15 centímetros.

En realidad no se logra con los escudos sino aumentar la pesadez del montaje. Los de Scheneider-Canet pesan 2 toneladas.

Para el cañón de 21 construye la fábrica Saint-Chamond un mantelete de 10 centímetros de acero al níquel, apoyado en la plataforma del montaje, que es de eje central, y con la cual gira.

Su parte anterior resulta inclinada y permite la abertura para que la pieza dispare con ángulos desde + 20° hasta — 7°.

En resumen: diremos que además de cumplir las condiciones prescriptas para la fortificación permanente, deben acorazarse las baterías de ruptura, que al ser batidas por las escuadras no puedan recibir apoyo de las demás, limitando este procedimiento á lo puramente indispensable; que en las más resguardadas, merced á su posición, los montajes de eclipse harán excelente servicio, y, por último, que los escudos protegen á los sirvientes, pero no al material.

Baterías de pequeño calibre.—El objeto de estas baterías, según digimos al hablar de las piezas que las artillan, es oponerse á los desembarcos y flanquear las demás obras de defensa en las plazas marítimas.

Sus propiedades esenciales son la movilidad y la rapidez de tiro. La primera ahorra el número de cañones y la segunda aumenta la eficacia de sus efectos.

Para movilizar el material son indispensables caminos en la costa,

convenientemente trazados, á fin de que por ellos se pueda cambiar de posición, pronto y á cubierto.

Respecto á la protección que debe tener el personal de estas baterías se reconoce por todas las naciones su necesidad, generalizándose el uso de escudos, colocados en la parte anterior, para resguardar al apuntador y darle la tranquilidad precisa en la ejecución de su importante cometido.

Tal es la idea de la artillería americana al poner en el cañón de 75 milímetros un mantelete de acero, que cubre al sirviente puesto en pie.

También la artillería inglesa dota á sus ametralladoras y piezas de pequeño calibre, de elementos análogos.

El material de 47 milímetros Nordenfelt, de costa, lleva montaje de ruedas; el de 57 milímetros, afuste de cañonera, y el de 76 milímetros se compone de cuna-candelero, basa y mantelete. Este último guarda el mecanismo de puntería en el soporte, logrando, por una disposición especial, que sus engranajes se substraigan á los efectos del tiro. El mantelete es de 76 milímetros de grueso y la parte superior gira alrededor de un eje, con objeto de adaptarla en la forma más conveniente para la protección de los sirvientes.

*Las baterías volantes*, entendiéndose por tales aquéllas que en un carruaje transportan piezas, cureñas, escudos, proyectiles y sirvientes, tienen alguna aplicación en la costa, y decimos alguna porque un sólo disparo puede deshacer el fuerte metálico, destrozando cuantos elementos comprende, ó más fácilmente, inutilizar al ganado ó al motor, si es automóvil, con lo cual cesaría de prestar servicio en un momento dado. La casa Vickers Maxim tiene un curioso modelo de *fortín-acorazado-automóvil.*

En el interior de una coraza de 6 milímetros de acero Vickers, se emplazan dos piezas Maxim de tiro rápido y otros dos cañones revólwers. Conducen 10.000 proyectiles, 10 hombres y la gasolina necesaria para 250 kilómetros de trayecto, que es su máximo radio de acción.

Como la táctica moderna aconseja en todos los casos la diseminación y considera indispensable el flanqueo, hay que reconocer que estos artefactos representan un retroceso, por la acumulación excesiva de elementos de defensa además de su considerable peso.

La casa Grüson fabrica afustes acorazados de eclipse para cañones

hasta de 53 milímetros, que son de hierro laminado. También construye otros móviles para las mismas piezas.

Las baterías de tiro rápido se aplican además á la defensa de los cables, que establecen las comunicaciones exteriores de la plaza, cuya importancia es excepcional si se trata de islas. Como el dragado lo efectuará el enemigo de la proximidad de la costa, el fuego de dichas baterías puede impedirlo en absoluto.

En Santiago de Cuba cortaron los cables telegráficos submarinos, porque no se defendieron en la forma que indicamos.

Baterías submarinas.—Su misión principal consiste en el emplazamiento de tubos lanzatorpedos, por debajo del nivel del mar.

En la actualidad se recomiendan mucho, y por esto vamos á decir cuatro palabras respecto de ellas.

Ocupan gran espacio y se construyen de hormigón de portland, organizándose del siguiente modo.

La cañonera resulta sumergida en el agua y tiene una válvula exterior que permite la salida del torpedo, cerrándose después hermética y rápidamente. El líquido que se introduce en el interior del tubo, al efectuarse el disparo, se extrae por medio de una bomba.

Detrás de las cañoneras se establecen los depósitos de torpedos en locales á prueba, y entre aquéllas y dichos depósitos existen pozos, que se elevan hasta la superficie del terreno, y por los cuales, utilizando una série de prismas, se determina en el interior de la batería la situación del buque, dato preciso para los encargados del lanzamiento de torpedos.

En el capítulo siguiente estudiaremos la constitución de estos proyectiles.

*
* *

Para terminar lo concerniente á las baterías de costa, diremos que es muy árduo el problema de su construcción en el día, tanto más, cuanto las piezas son muy pesadas, el tiro enemigo mucho más destructor que el antiguo y las municiones menos fáciles de manejar.

Cada pieza debe estar ligada con los repuestos, que se multiplicarán para el más rápido servicio, por los montacargas precisos para el manejo de pesos tan grandes como representan los proyectiles de grueso calibre;

los polvorines abovedados han de tener ventilación, que en algunos casos será artificial, y los emplazamientos se procurará, en general, hacerlos en las crestas.

Hay que procurar la posible economía, sin dejar por ello de satisfacer las necesidades de la defensa, porque las obras modernas, artilladas con el material más perfeccionado, suponen siempre gastos enormes.

En efecto: sin tener en cuenta las *baterías flotantes*, de escasa aplicación por su vulnerabilidad y gran coste, á continuación consignamos el importe *aproximado* de las distintas obras de defensa, tomando como modelo los perfiles económicos preconizados por el hoy general Roldán.

Una batería artillada con 4 cañones Krupp de 30,5 centímetros (1887), cuesta 2.000.000 de pesetas; con 4 cañones de 15 centímetros Scheneider-Canet, tipo ruso, 400.000, y con 4 obuses Ordóñez, 350.000. De manera que si suponemos la defensa de una plaza constituída por 4 baterías perforantes, 8 de combate y 10 de obuses, lo cual representa una fuerza considerable, el gasto ascenderá á 15.000.000 de pesetas, y sumando á esto el valor de las baterías de tiro rápido y de los accesorios, tendremos un total de 20.000.000, cifra no excesiva si se compara con el precio de los acorazados. El *Hatsuse*, perdido recientemente por el Japón, valía 40.000.000 de francos.

Antes de terminar este capítulo debemos indicar que el material actualmente empleado en la construcción de baterías es el hormigón; pero creemos que la experiencia debe digirse hacia el cemento armado para la totalidad de las obras, y en ese sentido hay un campo grande para la investigación, sobre todo en los sitios expuestos al fuego enemigo.

El cemento armado presenta gran resistencia, facilidad de construcción y notable economía.

# III.

## Defensas próxima y móvil.

Las defensas pasivas de los puertos son arcáicas.

Sin embargo, habrá casos, y ejemplos bien recientes lo atestiguan, en que dan buenos resultados esas obstrucciones, formadas por barcos echados á pique, con objeto de impedir la entrada ó salida de una escuadra.

Los procedimientos pasivos de defensa se limitan, por lo general, al empleo de barreras fijas, que dificulten el paso de los grandes acorazados, ó flotantes, formados por estacadas y cables de hierro ó cadenas, que pretenden detener á los barcos de pequeño porte, aunque no siempre lo consiguen, como sucedió en el año 1890 en Porchester, donde un torpedero inglés, con 21 nudos de velocidad, franqueó una estacada de madera de 6 metros de largo por 1,80 de ancho.

Estas defensas, para ser eficaces, deben protegerse por baterías de pequeño calibre, colocadas á su inmediación, y situarse cerca de las más poderosas, pues los barcos tratarán de pasar rápidamente por ellas, y detenerlos, siquiera sea poco tiempo, producirá gran efecto y confusión, aprovechables para la plaza.

Las líneas de torpedos fijos deben también estar protegidas de modo análogo.

### 1.º—Torpedos.

Las defensas activas, fijas ó móviles, semejantes, como decíamos al comenzar, á las avanzadas de la infantería terrestre, forman la primera línea de combate y tienen un valor extraordinario para la seguridad de los puertos.

Al tratar de ellas, comenzaremos por hacer un rápido estudio de los adelantes conseguidos en la construcción de torpedos.

La idea de defender los puertos, poniendo en su entrada aparatos que, al pasar los buques enemigos, explotasen formidables cargas de pólvora que aniquilaran al osado invasor, es tan antigua como lógica.

Puesto que siempre existen pasos obligados, que han de franquear forzosamente los barcos al pretender su arribada á un puerto, la colocación en ellos de obstáculos que entorpezcan su marcha, y mejor que sean causa de su exterminio, es medio de defensa natural y excelente.

Del antiguo brulote, que era sólo incendiario, apropósito para destruir barcos de madera, se pasó al torpedo explosivo, gracias á los trabajos de Fultón, confirmados por el inglés Pasley, al demostrar la posibilidad de que explotara la pólvora debajo del agua.

Lo que había que estudiar era el modo de conseguirlo en el momento oportuno.

Los rusos, que han concedido siempre importancia á estos elementos de defensa, los emplearon en el puerto de Cronstadt en 1854, determinando la explosión por inflamación química, producida al chocar el buque con el torpedo. La electricidad, poderoso auxiliar del genio, resolvió el problema por completo, haciendo que se idearan notables perfeccionamientos.

Los torpedos son unos recipientes de palastro, acero ó bronce, de formas diversas, convenientemente dispuestos para impedir la entrada del agua, en cuyo interior llevan la carga, que ya no es de pólvora, sino de dinamita, melinita y mejor aún, ácido pícrico y picratos, prefiriéndose los explosivos más violentos para que el efecto sea más grande. Claro es que el explosivo empleado debe reunir las condiciones de ser inalterable al aire y á la humedad, fácil de conservar, de manipulación sencilla y no peligrosa y susceptible de producir la mayor acción con el menor volumen.

Pueden colocarse en el fondo del mar ó flotando entre dos aguas, merced á una disposición conveniente, distanciándolos de manera que no pase con impunidad ningún barco por los intervalos, ni estén tan cerca que la explosión de uno cause la del inmediato. Para esto se determina experimentalmente su esfera de acción, en la cual todo será des-

truído por la onda elástica, que transmite el choque producido por la expansión de los gases. Este efecto mecánico de la explosión es el que, por lo general, se aprovecha en los torpedos, pues claro es que sólo muy rara vez el navío pasará precisamente por la vertical del centro de explosión. Se deben instalar varias líneas de torpedos, para que su efecto sea más seguro, y si explotan por la electricidad, puede hacerse á voluntad ó automáticamente por el choque.

En todos los casos hay medios de que queden inactivos cuando se desee, con objeto de que no sufran los barcos amigos su mortífera acción, aunque siempre resultan peligrosos para todos y necesitan de la observación y protección desde tierra para constituír una buena defensa.

Pero, como decíamos antes, se han perfeccionado los antiguos sistemas, y á estos torpedos fijos suceden los automóviles y los que son hasta dirigibles. En los automóviles no se contenta el defensor con esperar que el enemigo se acerque, sino que lanza el torpedo en busca del buque contrario. Para ello hace falta un medio de propulsión cualquiera, que puede ser una hélice movida por aire comprimido, depositado en el mismo torpedo, como sucede en el *Whitehead,* ó una turbina que accionen los gases de la combustión de un mixto, como en el tipo *Berdan*, ó un volante giroscópico al que se le imprime rapidísimo movimiento de rotación al lanzarlo, 10.000 vueltas en un segundo, como en el *Howell.*

Todos ellos tienen forma alargada, que termina en punta para introducírse y avanzar mejor en el agua y llevan la carga provista de una espoleta de percusión, que al chocar inflama súbitamente las substancias explosivas.

Estos torpedos automóviles pueden ser lanzados desde la orilla ó desde un barco parado ó en marcha, por medio de tubos de bronce ó acero, empleando máquinas de aire comprimido ó haciendo uso de la pólvora.

Este lanzamiento resulta inseguro, y si el enemigo se percata de ello, elude la acción del torpedo, cuya dirección ya no se puede modificar después de lanzado.

Se comprende sin esfuerzo que á pesar de la automaticidad de sus aparatos propulsores, reguladores y de sumersión ha de haber muchas causas de incertidumbre, debidas al medio en que camina y á los movimientos del barco, que ejerzan su influencia en el torpedo automóvil.

En cambio en el dirigible, la persona que lo lanza tiene dominio sobre el torpedo hasta el momento de explotar y puede guiarle convenientemente.

A fin de darle la dirección debida son precisos procedimientos para hacerle adelantar ó atrasar, subir ó bajar, desviarse á la derecha ó á la izquierda. Todo esto exige una instalación fija en la costa, de la cual depende constantemente el torpedo.

Los del tipo *Lay* conducen dos motores de propulsión y dirección, que son de ácido carbónico líquido y que se maniobran eléctricamente desde la orilla, empleando un cable de cuatro hilos, cuyo peso se compensa haciendo, de manera automática, entrar agua en un departamento del torpedo, á medida que se vá desarrollando. Son de 8 metros de longitud y $0^m,60$ de diámetro y pesan 1.500 kilógramos, de los cuales 50 componen la carga de dinamita.

Para conocer su posición sirven unos discos, que sobresalen de la superficie del mar, y son visibles á una milla, durante el día, llevando por la noche pequeñas lámparas eléctricas con reflectores que proyectan la luz hacia la costa. Explotan á voluntad de quien los dirige y también por choque.

Las máquinas de ácido carbónico que usan los torpedos *Patrick*, así como las de aire comprimido de los *Smith*, no pueden competir con los motores eléctricos empleados en el torpedo *Edisson*, que se maniobra exclusivamente por la electricidad. Las hélices propulsoras se mueven por una pequeña dinamo que se relaciona con una dinamo generatriz, situada en tierra. La dirección se le dá también por procedimientos eléctricos, dependiendo de la instalación fija de la costa, por los correspondientes cables. Los resultados son excelentes, pero el precio es exorbitante: establecer ocho torpedos de este sistema en el Havre, costó á Francia dos millones de francos.

El inconveniente principal de estos torpedos se refiere á que, como han de llevar el cable arrollado, no puede éste ser de gran sección, porque entonces no podría alojarse cómodamente longitud bastante para que se satisfacieran las necesidades de la práctica, y si, en virtud de este razonamiento, se emplea cable delgado, hay que aumentar la tensión para que se tenga la misma energía, y entonces tropezamos con la difi-

cultad de aislarlos en buenas condiciones y de utilizar máquinas especiales para producir tan alta tensión, diferentes de las usuales en marina.

Hay, pues, que proceder por tanteos, de un modo experimental.

La aplicación de la transmisión eléctrica á distancia sin necesidad de hilos, á la maniobra de los torpedos, puede ser de una importancia inmensa, resolviéndose las dificultades que en tan interesante problema se presentan. Los trabajos de Tesla, en este sentido, son notables.

Los torpedos dirigibles tienen el inconveniente de necesitar una instalación fija en tierra, que puede ser vista y destruída por el enemigo; pero comparados con los automóviles, ofrecen resultados más seguros.

Después de hablar de los torpedos dirigibles y durmientes, todos ellos submarinos, conviene indicar el mal resultado de los torpedos aéreos; es decir, que ese poderoso elemento activo de destrucción requiere sin duda el auxilio del agua, que localiza de cierta manera los efectos de la explosión.

La idea del torpedo aéreo es del americano *Gathman*, y su autor pretende deshacer, sin perforarla, la superficie en que se verifica el choque, en virtud de la gran conmoción producida por la violencia de la carga al estallar.

El torpedo aéreo pesa cerca de una tonelada, tiene 230 kilógramos de explosivo y requiere para su lanzamiento un cañón de 45,7 centímetros, el cual, en los ensayos practicados, resultó sin precisión y sin alcance, y por otra parte, los efectos fueron nulos.

Dada la magnitud de las ventajas conseguidas por los torpedos y la garantía que representan para la seguridad de los puertos, hay que insistir con afán en su estudio y proclamar su excepcional importancia, pues constituyen el único medio, relativamente modesto, de precaverse contra esas moles acorazadas que, haciendo ostentación de su invulnerabilidad, esparcen por los mares la destrucción y la muerte.

### 2.º—Torpederos.

Los barcos torpederos están en perfecta consonancia con las ideas modernas, que preconizan la rapidez y la osadía en los combates navales.

Existen autores que aconsejan la constitución de escuadras compues-

tas únicamente de estos pequeños navíos, que atacando varios reunidos á los acorazados, lograrían, según la opinión que indicamos, destruirlos en la mayoría de los casos.

Sus condiciones esenciales son la gran velocidad, sobre todo en los que podemos llamar ofensivos, que alcanzan 40 nudos, ó sean 74 kilómetros por hora, y el pequeño volumen, que les permite pasar desapercibidos. Para esto, y como los humos pueden denunciarlos, constan de aparatos fumívoros que los evitan, empleándose carbones especiales y calderas que utilizan todos los gases en ignición, antes de su escape por la chimenea.

Las velocidades considerables son opuestas á la reducción de dimensiones, pero se procura armonizar ambas cosas perfeccionando y simplificando los motores. La caldera *Belleville*, llamada caldera militar, reunía cualidades excelentes para estos barcos, pero en la actualidad tienen más aceptación las turbinas *Párson*, cuyo único inconveniente consiste en no poder marchar sino en una dirección, necesitándose, por lo tanto, dos: una para avanzar y otra para retroceder, lo cual consiente su reducido volumen.

Los torpederos que interesan á nuestro objeto, que son los llamados defensivos, aunque necesitan de cierta autonomía, no les es preciso alcanzar velocidades tan grandes como los destinados á operar en alta mar. Su táctica, según la creencia más generalizada, debe fundarse en la reunión de escuadrillas, compuestas de seis por ejemplo, que ataquen juntos al barco invasor. Como estos torpederos no se alejan mucho de la costa, á lo largo de ella pueden repartirse las bases de operaciones, convenientemente diseminadas, contando así con medios para reparar sus averías y aprovisionarse de carbón.

Una de las ventajas que pueden obtenerse con los torpederos, que es el ataque nocturno, exige el reconocimiento preliminar del buque contra el cual se lance, circunstancia nada fácil en muchas ocasiones, si no hace señales que destruirían su invisualidad, condición en que funda muchas veces su empleo.

Los torpederos antes cumplían su misión de conducir torpedos hasta la proximidad del enemigo, arrojándoles desde pequeñas distancias y haciendo que explotaran, bien por choque, bien eléctricamente á volun-

tad desde el barco; pero esto tiene el grave inconveniente de que durante la travesía puede una estacada ó cualquier causa extraña motivar la explosión extemporánea y terrible del proyectil. Por eso, una vez perfeccionados los torpedos automóviles, son los preferidos para dotación de los torpederos, que los arrojan en condiciones excelentes, sin temor ninguno á los choques. Claro es que se necesita instalar tubos para lanzarlos, y que se colocan fijos en la proa ó móviles alrededor de un pivote situado en el eje del barco, efectuándose la operación merced á pequeña carga de pólvora.

Con los nuevos torpedos se consigue también no acercarse tanto á los acorazados contrarios.

Se discute mucho la distancia desde la cual deben arrojarse dichos proyectiles, y en general se señala la de 400 á 800 metros; pero teniendo en cuenta los errores de visualidad que pueden producirse, y la imposibilidad de rectificar la trayectoria, una vez disparado el torpedo, será conveniente aproximarse cuanto se pueda al enemigo, con objeto de hacer más certero el lanzamiento.

Para disparar torpedos se han ensayado otros procedimientos.

La marina norteamericana ha pretendido usar los cañones neumáticos, que describimos en el capítulo correspondiente, á bordo de sus cruceros. Construyó el *Vesubius*, armado de tres cañones Zalinski, colocados paralelamente á su eje, con un ángulo fijo de 18° de puntería, que disparaban los torpedos á distancias comprendidas entre 200 y 1.800 metros. Pero los defectos de su mecanismo, los peligros de su carga y tiro y la falta de protección de las materias explosivas, expuestas al fuego enemigo, han hecho pensar en la necesidad de ulteriores perfeccionamientos.

Digimos al reseñar la artillería atacante, que se habían construído barcos-morteros, que no parecían dar grandes resultados contra las obras de tierra, y en cambio para las defensas de las costas pueden ser útiles reemplazando á los torpederos.

En efecto, emplean proyectiles de considerable carga explosiva, susceptibles de ser disparados contra los barcos enemigos á 2.000 metros, en mejores condiciones de precisión que los torpedos á distancias mucho menores.

El inconveniente de la reducida dotación de municiones no es tan

grande, limitando su radio de acción, y contando con la base de operaciones en el puerto á cuyo abrigo opera.

La táctica de estos barcos-morteros, que desde luego se limitan al tiro directo, consiste en atacar juntos, como hemos dicho de los torpederos, solamente que desde mucho más lejos, é inundar de proyectiles la escuadra enemiga, retirándose con rapidez.

Para defender al puerto de los torpederos enemigos, sirven la artillellería de fuego rápido, sobre todo; las estacadas y defensas pasivas, que principalmente libran de los torpedos que explotan al choque; y los contratorpederos, que han de alcanzar mayores velocidades y tonelajes, que permitan estabilidad suficiente para las plataformas, con objeto de que el tiro de su artillería sea certero contra los barcos que han de destruír, pues claro es que con el fuego de sus cañones lograrán mucho más que con la embestida, que puede serles tan perjucial como al contrario.

### 3.º—Submarinos.

Auxiliares poderosos de la defensa de costas son los barcos submarinos. Como aparatos lanzatorpedos, que gozan de la propiedad de poderse acercar, sin ser vistos, al buque enemigo y disparar en condiciones excelentes el proyectil, merecen estudiarse con detención.

La navegación submarina interesa en alto grado á la ciencia militar, pues sus principales aplicaciones se refieren á la guerra, siendo de las más notables la destrucción completa de los efectos de un bloqueo, tan temibles casi como un ataque, sobre todo para los puertos comerciales.

En la construcción de submarinos se ha adelantado mucho en los últimos años, generalizándose su empleo en todas las escuadras, entre las cuales se distingue la francesa, que les concede extraordinaria importancia; pero debemos consignar que, á pesar de esto, no se ha logrado hasta ahora solución, basada en principios científicos, de los problemas que hay que resolver.

La fantasía de los inventores dá por vencidas todas las dificultades que se presentan, pero en realidad no se conoce, hasta ahora, el procedimiento racional y exacto que consiga la estabilidad longitudinal, mientras el barco está sumergido, á pesar de que afirman muchos la posibilidad de restablecer automáticamente el equilibrio por medio de

bombas que inyecten agua en cámaras especiales. Claro es que, para estar en equilibrio dentro de agua, hace falta que el centro de gravedad del conjunto esté por debajo del centro de carena, y cuando se sale á flote es necesario que el centro de gravedad resulte por encima del de carena.

Para hacer cambiar de signo á la distacia entre dichos centros y conservar la estabilidad debida en los dos casos, los submarinos franceses, que ya decimos son los que más progresos presentan, tienen un exceso de flotabilidad que se vence por medios mecánicos en el momento de sumergirse.

El tipo *Narval* aseguran que ofrece resultados satisfactorios. Tiene dos cascos, uno interior cilindro-cónico y otro exterior en forma de torpedero ordinario. Pertenece á la categoría de los sumergibles, que se caracterizan por su navegación, ordinaria por la superficie de los mares, pudiendo hacer pequeños trayectos como submarinos, sin más que llenar de agua el espacio que queda entre sus dos cascos, con cuyo lastre se consigue la inmersión. Emplea distinto motor, según vayan en la superficie ó sumergidos, siendo de vapor en el primer caso y eléctrico en el segundo.

También la marina americana estudia con entusiasmo la construcción de submarinos.

El sistema *Holland* consigue que desciendan los barcos por introducción de agua y utiliza un motor de gasolina, al navegar en condiciones normales, y como submarino acumuladores eléctricos.

Los informes yanquis no han sido muy favorables, sin embargo de lo cual, Inglaterra ha comprado la patente y está construyendo buques de este tipo. Uno de los inconvenientes que se atribuían á los *Holland* era que el periscopio, ó sea la torre óptica que sobresale en la superficie y permite á los que van dentro del submarino alguna visualidad, no reunía buenas condiciones, porque la visión es incierta cuando no reina completa calma.

Este defecto se ha querido obviar en el submarino *Protector* del tipo *Lake*, que se ha construído recientemente, el cual emplea un periscopio, que llama omniscopio, compuesto de cinco prismas que dán las imágenes en su verdadero tamaño y pueden girar en todas direcciones, pero que, por tener pequeño campo visual, tampoco cumplen su objeto.

En los submarinos franceses los periscopios constan, por lo general, de un tubo telescópico de 15 centímetros de diámetro y 6 metros de altura, con una série de dobles lentes convexas y reflectores.

El vértice del tubo se mantiene á 1 metro por encima del nivel del mar, lo que permite al submarino disponer de un radio visual de tres millas.

El fundamento del aparato es el mismo que el de la cámara obscura y para ver todo el horizonte es preciso dar una revolución completa al tubo. Si el submarino se encuentra en medio de una escuadra, son necesarios dos aparatos de esta clase: uno que se dirija al buque que se trate de destruír y otro que explore el resto del mar.

Si se quiere obtener claridad en las imágenes, la luneta de Drzewiecky lo consigue, pero es á costa de disminuir el campo visual. Recíprocamente, MM. Garnier y Romazzoti han logrado un campo extenso, tanto vertical como horizontalmente; pero las lentes que emplean disminuyen la claridad. En general estos aparatos, cuya importancia es inmensa para los submarinos, por constituír la única referencia que tienen del exterior, resultan deficientes y necesitan nuevos progresos para ser útiles.

Su longitud limita la profundidad de sumersión y es conveniente cuanto tienda á aumentarla en buenas condiciones.

La pérdida del submarino *A-1*, de la marina inglesa, en las maniobras verificadas en Marzo de este año, la ocasionó el choque con el barco mercante *Berwick Castle*; se hubiese evitado si hubiera permitido la altura del periscopio mayor descenso al buque sumergido.

Para seguridad relativa, llevan los barcos destinados á navegar dentro del agua, pesos de los que se despojan para su emersión, ó cámaras de aire comprimido, que al abrirlas se desocupan rápidamente deslastrando al navío. Los pesos tienen el inconveniente de no poder ser muy grandes, porque en este caso convertirían al barco en pesada boya, sin condiciones de navegación. En cambio, el aire comprimido sirve para utilizarlo en la respiración, que antes se consideraba como el más grande obstáculo de los submarinos, aunque se ha demostrado después que sólo es una molestia fácil de evitar.

Respecto á los motores empleados, entablan vivas discusiones los par-

tidarios de cada sistema. Sólo diremos que se considera imposible el vapor, por el consumo de aire de los hornos y la dificultad de evacuar los humos, que, por otra parte, serían para el enemigo preciada referencia delatora del submarino, y que la mejor solución la ofrece la electricidad, bajo forma de acumuladores, que tienen la cualidad notable de pesar lo mismo cargados ó no, cuya condición no reunen los demás motores y es importantísima para el equilibrio durante la marcha. Pero los acumuladores son pesados, y además se consumen pronto, mermando la autonomía del barco. Para los guarda-costas parecen insustituibles. Para los submarinos, ó mejor dicho los sumergibles, que han de extender más su radio de acción, se recomiendan los sistemas mixtos de vapor y electricidad, ó preferentemente, acumuladores eléctricos y motores de petróleo, según naveguen sumergidos ó á flote.

El submarino *Z* de la marina francesa, botado al agua en 29 de Abril del año corriente en Rochefort, es de 202 toneladas, tiene 41 metros de eslora y 3 metros de manga.

Emplea motor eléctrico, con acumuladores, con fuerza de 940 caballos; su velocidad normal es de 11 nudos y su armamento cuatro tubos lanza-torpedos.

El nuevo barco, del que se hacen grandes elogios, ha sido ideado por Mr. Maugas.

La principal misión de los submarinos en la defensa de los puertos, hemos dicho que era su papel de torpederos invisibles que se acercan impunemente al contrario; pero debe consignarse que, hasta el descubrimiento de los torpedos automóviles, no resultaba práctico su empleo. La incompresibilidad del agua hacía que el primer víctima de un torpedo, disparado por un barco sumergido, fuese el mismo submarino, que recibiría en toda su intensidad las presiones producidas por la explosión; en cambio, con los automóviles nada tiene que temer.

Dichos torpedos se colocan en tubos cerrados por porta-culatas de cierre rápido, desde los que se lanzan, en virtud de una pequeña cantidad de pólvora, productora de presiones inferiores á 4 kilógramos. Los tubos lanza-torpedos de que están dotados los submarinos, pueden ser de varias clases. Los primitivos se llamaban *de roda*, por ir colocados en el remate de la proa; pero las pequeñas dimensiones transversales de los

barcos y hasta su mejor orientación, aconsejan que vayan en el sentido de su eje mayor.

Cuando los navíos sumergibles son de poco tonelaje y presenta dificultades la instalación interior del tubo lanza-torpedos, se emplean los *tubos-garras*, que retienen á los lados del barco los torpedos y permiten efectuar desde dentro la operación en virtud de la cual se sueltan los proyectiles automóviles en el momento preciso.

También se construyen *tubos giratorios*, que pueden orientarse con facilidad, como los que lleva el *Narval*, de la marina francesa.

La opinión actual respecto á la aplicación de los submarinos en las guerras marítimas es favorable á su empleo. Francia con el *Gustavo Zeda* y América con el *Holland* señalaron hace diez años la utilidad de los estudios encaminados al perfeccionamiento de dichos barcos; Inglaterra, excéptica al principio, ante el creciente desarrollo que la Marina francesa imprimió á la construcción de sumergibles, cambió su criterio, formando una escuadrilla compuesta de 19 submarinos.

El almirantazgo inglés no busca tipos nuevos sino que adopta el *Holland*, según dejamos dicho. Los cinco construídos en 1900 son de este sistema modificado, lo mismo que los 14 botados recientemente, de los cuales se han perdido dos: uno en 1903 por explosión, y el otro A-1 por abordaje, como dijimos anteriormente.

Que Inglaterra se arriesgue á gastar la importante suma que representa un número de barcos tan considerable relativamente, hace pensar que el problema está en vías de resolverse.

Las ideas que dominan sobre el particular pueden resumirse del modo siguiente:

1.° El submarino es práctico en la guerra naval moderna.

2.° Su radio de acción ha aumentado, siendo suficiente para las necesidades de la defensa de costas.

3.° Navegando en la superficie del agua presenta poco blanco.

Y 4.° Sumergido es invulnerable, gracias á su *coraza de agua*, según afirman los franceses.

Falta por conocer con claridad su potencia ofensiva y defensiva, punto que será difícil dilucidar, pues, como es lógico, el resultado de las experiencias no lo hará público ninguna nación.

De todo lo expuesto se deduce que, aunque carecen de valor científico los nuevos descubrimientos de la navegación submarina, quizás porque el secreto de los inventos impida su razonada demostración, como su desarrollo es grande en las escuadras extranjeras, y no puede negarse la posibilidad de un próximo progreso que satisfaga las necesidades de la práctica, se debe procurar el valioso concurso de los submarinos, especialmente en la defensa de los puertos, toda vez que su cometido es de excepcional importancia.

*
* *

Al terminar este capítulo debemos consignar que, desde hace poco tiempo, está de moda, como medio que determina la inacción de las escuadras, el sistema que ha dado en llamarse su *embotellamiento.*

La maniobra se reduce á echar á pique uno ó más barcos que, en el sentido de su longitud, cierren la boca del puerto, imposibilitando la salida de los buques que se encuentren dentro de la rada.

La *frase* nació en Santiago de Cuba cuando el teniente Hobson pretendió con el *Merrimac* obstruir el paso, sin conseguirlo, tal vez porque no puso los medios necesarios para ello. La empresa se realizó con un vapor mercante, sin protección ni apoyo, que tripulaban siete hombres y caminaba lenta y pesadamente. Su propósito consistía, sin duda, en avanzar hasta el canal que forma Punta Socapa, atravesar el barco, explotar unos torpedos y merced á ellos *fijar* el punto del naufragio causando el vuelco del navío, que de este modo cerraría el paso. Pero las baterías rasantes de la plaza le batieron con éxito, le hicieron varias vías de agua, perdió la dirección y fué á caer á un lado paralelamente á la costa, sin constituir obstrucción ninguna, como se probó al salir la escuadra íntegra, siquiera lo hiciese con tan mala fortuna.

Recientemente, el procedimiento ha sido puesto en práctica diferentes veces por los japoneses.

El almirante Togo ha intentado embotellar la escuadra rusa en Puerto-Arturo, conduciendo, á media noche, grandes brulotes sostenidos por torpederos que ocultaban el premeditado naufragio de un barco mercante, ó bien servían de escudo para sorpresas audaces.

El sistema se ha perfeccionado notablemente; los barcos se cargan con enormes piedras ó llevan hormigón mezclado en seco, cuyo material al sumergirse el buque se une, parte de él, al agua, iniciándose un principio de fraguado que dá lugar á la formación de una barrera de madera y hormigón, mucho más difícil de destruir que el obstáculo constituído por el barco simplemente.

# IV.

## Servicio de la artillería y accesorios.

Servicio de la artillería.—El tiro de costa contra blancos fijos es reputado entre los artilleros como el más sencillo de cuantos practican; pero en cambio consideran el más difícil el ejecutado contra barcos, evolucionando á grandes velocidades. Forzosamente debe resultar así, por sus especiales circunstancias.

La artillería de costa no puede compararse con la de campaña, en lo que respecta á la práctica del tiro contra blancos móviles. Las velocidades que alcanzan las tropas son inferiores á las de los buques, mientras que la rapidez del tiro de campaña supera con mucho al efectuado por las baterías de los puertos; los cierres de los cañones en una, pesan pocos kilógramos, y en la otra pasan de mil; y además, las cargas de proyección, que en las piezas de costa son de 150 kilógramos, en las de campaña no llegan, generalmente, á 700 gramos.

Tienen en su favor las baterías de las plazas marítimas la visualidad de los blancos, la fijeza de las explanadas, y en la mayoría de los casos, la dominación.

Están expuestas á graves errores y han de vencer grandes dificultades, como decimos, merced á diferentes causas, entre las que se encuentran las variaciones en la altura; la ley del movimiento en los barcos; el estado atmosférico que influye en la trayectoria y en la conservación de las pólvoras; las cargas de proyección necesarias, que difieren de las determinadas por las tablas; los proyectiles, variables en forma y peso; las imperfecciones de los aparatos de medida, y otras que patentizan la importancia de atender, con sumo interés, á la constante corrección del tiro.

El elemento de perturbación más variable lo constituyen las mareas. Suponiendo que una tabla se haya calculado para el nivel medio de las

aguas, si la marea sube, con el ángulo de elevación correspondiente una á distancia cualquiera, obtenida con el telémetro vertical, el disparo resultará corto, é inversamente sucederá cuando la marea baje, debiendo aumentarse en el primer caso dicho ángulo y disminuirse en el segundo.

Todos los errores que pueden sufrir las piezas de costa, se clasifican en *sistemáticos* y *accidentales*.

Entre los sistemáticos figuran las variaciones en el estado de la pólvora, que se determinan por medio de disparos preliminares, y la influencia de las mareas, que se lleva á las tablas mediante cálculos basados en los cuadros del Instituto geográfico, que dan las pleamares y bajamares en todos los días del año.

Los accidentales hay que subsanarlos durante el tiro, como sucede con los originados por el desvío longitudinal del buque.

La resolución de tan árduos problemas depende en gran parte del celo del personal.

El general *Borgnis Desbordes* afirma que un capitán de batería debe tener «calma, instrucción y energía».

En este punto es preciso consignar que la laboriosidad de los artilleros españoles aquilata los límites del error, procurando establecer el servicio del modo más práctico posible.

Las tablas existentes para efectuar el tiro, en cada caso, están cuidadosamente corregidas, tomando en cuenta los ángulos de situación ó sea la altura de la batería, la dirección y fuerza del viento y alguna otra causa perturbadora de las que hemos llamado sistemáticas.

Conocida una trayectoria, saben nuestros lectores cómo se construye otra, que parta del mismo punto. El teniente coronel Recacho, en su estudio sobre el *Trazado de trayectorias*, resuelve el problema de «dada la que se obtiene con el ángulo de proyección $\varphi$, calcular el ángulo $\varphi'$ necesario para que se bata un espacio determinado, y la velocidad remanente del choque».

Para ello se parte de la trayectoria matriz y se despeja el valor de tg. $\varphi'$ en función de seno y coseno $\varphi$ y de la tg. $\varepsilon$, siendo $\varphi$ el ángulo de proyección que dá el alcance horizontal, correspondiente á la vertical que pasa por el punto de origen.

Se comprende con esto el modo de construir una tabla para el tiro de costa, tomando como partida el nivel medio del mar.

En el citado trabajo se demuestra la influencia de la diferencia de cotas entre las explanadas, asunto muy debatido por los técnicos, y del cual diremos que ocasiona errores pequeños, debiéndose, sin embargo, buscar la manera de hacerlos desaparecer.

En la marcha del tiro, para medición de distancias y corrección, es reglamentario en España el método Madsen, tratado por el teniente coronel La Llave, en sus *Lecciones de Artillería.*

Vamos á extractar el modo de establecer el servicio, supuesta elegida la base, con arreglo á lo realizado por la Escuela Central de Tiro en su sección de Cádiz durante el curso de 1900, exponiendo los elementos de que dispone cada estación en forma de cuadro, para mayor claridad y concisión, y no insistiendo en descripciones que nuestros lectores conocen y pueden ver en la obra citada y en las Memorias anuales de la Escuela referida.

| | | |
|---|---|---|
| Estación capital (1). | Observatorio. . . . . | Timbre.<br>Grafómetro.<br>Tubo acústico. |
| | Gabinete.. . . . . | Plano cuadriculado.<br>Estación telefónica con todas las baterías.<br>Teléfono independiente con la auxiliar. |
| Estación auxiliar. . | Igual al observatorio de la anterior y teléfono en vez de tubo acústico para comunicar con el gabinete de la Estación capital. | |
| Estación de batería. | Teléfono con el gabinete de la capital.<br>Plano telemétrico con regla giratoria.<br>Plano de observación del tiro. | |
| | Cuadro de datos (2). . | Distancias al blanco en metros.<br>Componentes y dirección de las velocidades del blanco.<br>Desvíos longitudinales<br>Dirección. |
| Observatorios laterales (dos por batería). . | | Alidada.<br>Teléfono con la batería |

Nota. El personal que propone la Escuela Central, contando con una sola batería, es: 3 oficiales, 2 sargentos, 4 cabos y 11 individuos, total 20.

Por estación de batería, emplean 2 oficiales, 1 sargento y 3 individuos.

(1) Deben tener condiciones defensivas absolutas.

(2) Este plano reune los resultados de los dos anteriores. Se maneja por dos hombres que hacen aparecer, en las casillas correspondientes, los números obtenidos en los otros cuadros en tiras de lona pegadas sobre hojas de persiana. Se coloca vertical.

El sistema Madsen es complicadísimo. En la baterías que tienen varios frentes hacen falta, si se desea obtener exactitud y brevedad, una base y una estación capital para cada uno, pues con una sola base resulta materialmente imposible transmitir los diferentes ángulos. Por eso se

generaliza el empleo de telémetros independientes de base vertical, establecidos en todas las baterías.

En el *Electrical Rewiew* ha sido expuesta una interesante modificación del sistema telemétrico Madsen, mediante la cual se aplica la electricidad á la determinación automática del lugar del blanco. Supongamos que los dos grafómetros de la estación capital giren sobre un reostato circular, es decir, que los puntos de apoyo en las distintas divisiones sean otros tantos de una resistencia gradual.

Esta vá montada en el circuito eléctrico de unas pilas, de manera que en cada momento se modifica la intensidad de la corriente con la posición del anteojo ó de la alidada, en la prolongación de cuyo eje óptico se encuentra el buque. Ahora, si en un punto de ese circuito, á cualquier distancia que sea, intercalamos un galvanómetro, el desvío de la aguja será proporcional á la corriente y se podrá marcar en un plano la dirección relativa del navío. Como en el otro grafómetro ocurre lo propio, la posición queda perfectamente determinada en la estación capital. Al ser automática la investigación del punto, se evitan las lecturas de los grafómetros, el parte telefónico, la colocación de los hilos, abreviándose, en resúmen, toda la marcha del sistema.

Los inconvenientes puede decirse que son muchos, pues aparte de los accidentales deben ser grandes los sistemáticos, y respecto á esta cuestión es preciso decir, que sigue en el día la desconfianza de cuanto á los aparatos automáticos se refiere. Tratándose de encomendar á un mecanismo la investigación de un dato de importancia ó la ejecución de una maniobra de transcendencia, la práctica no parece conformarse con la teoría, y el hombre resuelve esas cuestiones directamente.

Por el procedimiento Madsen, de base horizontal, se determina la posición del blanco mediante triangulaciones, análogas á las estudiadas en topografía. En los métodos de base vertical se encuentra la distancia horizontal al blanco $D$, en función de la altura de la batería sobre el nivel del mar $H$ y del ángulo de situación $\varepsilon$ por la fórmula

$$\frac{H}{D} = \operatorname{tg} \varepsilon$$

ó

$$D = \frac{H}{\operatorname{tg} \varepsilon}.$$

Este es el fundamento del método de *Salmoiraghi*, expuesto á errores originados: por inexactitudes del aparato, dificultades en la lectura del ángulo $\varepsilon$, los trabajos topográficos necesarios para conocer $H$, la esfericidad de la tierra, inapreciable á distancias pequeñas, pero que precisa tener en cuenta en las grandes, el oleaje y la refracción, y otras causas que se procuran apreciar en las Escuelas prácticas anuales de la Central de Tiro.

Para remediar las complicaciones del método Madsen, antiguo y ya desacreditado, y los errores del Salmoiraghi, se usa en Inglaterra el *alza automática*, que permite al capitán de la batería desarrollar sus iniciativas, aumentando, por otra parte, como es natural, sus responsabilidades.

El mecanismo consta, en esquema, de una barra horizontal, á cuyos extremos se unen el punto de mira y un anteojo astronómico, con retículo doble, cuya barra resbala sobre otra relacionada con el eje de muñones por una palanca acodada, que se mueve sobre una excéntrica; además lleva un arco dentado que engrana con un piñón fijo, en cuyo eje gira un tambor, indicador de la distancia que sirve para hacer la puntería independientemente, por los procedimientos ordinarios.

El alza automática es, pues, un telémetro vertical unido al eje de muñones y graduado desde el mayor ángulo de elevación al de máxima depresión que permite la pieza.

Para cada altura sobre el nivel del mar de los emplazamientos, hace falta una excéntrica especial. Esto, unido á que la puntería automática sólo se dirige á las líneas de flotación de los navíos, hacen defectuoso el sistema, que, por otra parte, para grandes distancias, como los ángulos de depresión varían poco y en función de ellos se obtienen las indicaciones telemétricas, dá resultados deficientes.

Las dilataciones de los metales alteran también la exactitud de la puntería.

En cuanto á las mareas ya se tienen en cuenta en el aparato las diferencias de nivel que ocasionan.

Para conseguir mayor celeridad en las correcciones del tiro, modernamente se acude á la *Nomografía* ó cálculo por el trazado (1) que, en

(1) Descartes es el primer autor que representó gráficamente las ecuaciones de

virtud de complicados principios, representa linealmente, de modo gráfico, ecuaciones de tres ó cuatro variales, y fijando el valor de las demás se obtiene el de cualquiera de ellas.

Las primeras aplicaciones que ha encontrado á este sistema la artillería, son las correcciones de distancias y ángulos obtenidos telemétricamente para los tiros directo é indirecto.

El telémetro dá una distancia y un ángulo que no son los verdaderos, formándose un triángulo obtusángulo, en el que se determina la correccción sustractiva del ángulo y la aditiva de la distancia, en el supuesto de que el blanco y el telémetro estén situados á la derecha del cañón.

La refracción debida á la atmósfera se conoce, para una distancia dada, observando la hora y el estado del aire.

Algunas propiedades de las trayectorias, tales como la velocidad inicial, se representan también nomográficamente.

Mr. Sarrau ha encontrado una fórmula, excesivamente compleja, que se expresa por medio de la nomografía, en la cual se miden las velocidades iniciales, en función de siete variables y una constante, dependiente de la pieza.

La balística, de efectos perforantes, es quizás la más estudiada y la menos conocida. Asombra el gran número de fórmulas, unas empíricas, otras matemáticas, que existen, pero puede asegurarse que ninguna es, no ya exacta, sino tampoco práctica.

Casi todas comprenden cuatro variables ligadas por una ecuación, en la cual se despeja cualquiera de ellas en función de las otras tres. Cada fórmula se refiere á una plancha metálica distinta, y dentro de cada metal hay varias, dependientes de la fábrica, método de obtención y proyectil que se destine á perforarlas.

Los tratados y revistas resumen los efectos en cuadros diferentes para la fundición, planchas compound, acero Scheneider, al níquel, Krupp, planchas delgadas de acero endurecido de Saint-Chamond, etc.

---

dos variables. Bauche consiguió extender á tres variables el procedimiento, y por último, los trabajos de Lalanne, Massau y M. de Ocagne, discípulo de Collignon, han hecho progresar esta ciencia, que merece especial estudio y que ha sido tratada en el *Memorial* en su aplicación al forjado de pisos de cemento armado.

Seguir estas fórmulas en orden cronológico equivaldría á hacer la historia de la coraza de blindaje.

Pero como la simplificación es indispensable, se adoptan *ábacos* que determinan, con suma sencillez, la incógnita que se pide, sin acudir á cálculos que dificultan la rápida acción. En general, la estructura de las fórmulas es la igualdad de dos productos, compuestos de dos ó tres factores cada uno.

Algunos de dichos factores están afectados de exponentes decimales, cuyo cálculo requiere el empleo de logaritmos y, en vista de ello, se aconseja el uso de la regla logarítmica.

Nosotros creemos que esto no abrevia el procedimiento, y si se ha de operar con prontitud, nos parece preferible el empleo de diagramas rectangulares, muy fáciles de construír.

Para explicar el método más expeditivo, pongamos, por ejemplo, la fórmula de *Lonel*, para planchas de acero Scheneider con proyectiles franceses Holtzer,

$$p \cdot v^2 = 10^{3,27}\, a_1^{1,6}\, s^{1,4}$$

en la cual

$p$. . . . peso del proyectil en kilógramos.
$v$. . . . componente de la velocidad del choque en m. $\times$ 1″
$a$. . . . calibre en centímetros.
$s$. . . . espesor de plancha en centímetros.

Esta fórmula, que es de las más sencillas, iguala, como decimos ocurre en general, dos productos de dos factores, pudiéndose formar con los cuatro una proporción, y determinando geométricamente una cuarta proporcional resolveremos el problema.

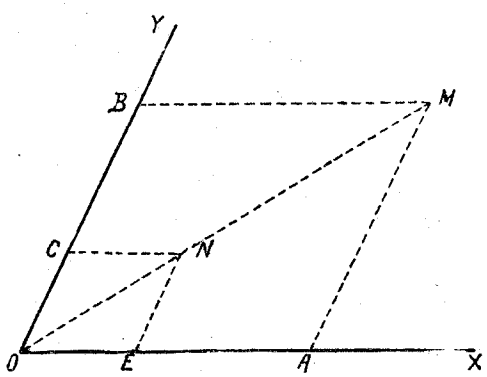


*Fig. 2.*

Sean $O\,X$ y $O\,Y$ dos ejes cualesquiera.

Haciendo $O\,A = a' = (a_1^{1,6} \times 10^{3,27})$, con arreglo á una escala en la

que se formarán los valores de $a'$, escribiéndose los correspondientes de $a_1$;

$$O\,B = p$$

y

$$O\,C = s' = s^{1,4}.$$

Si unimos $O$ con $M$, por $C$ trazamos la paralela á $B\,M$ hasta que corte á la $O\,M$ en $N$, y por este punto, la $N\,E$, la magnitud $O\,E$ representa el valor de la velocidad de choque necesario para obtener la perforación.

Paralela á la línea que nos dá la velocidad remanente se traza otra escala que indica la distancia, y conocidas ambas se determina la velocidad inicial, siguiendo los cálculos del modo ordinario.

Si en vez de referirse á coordenadas cualesquiera, se elige un sistema rectangular, y en dos paralelas á los ejes se disponen las escalas respectivas, se formará un cuadrado, que simplifica notablemente la resolución de las fórmulas.

También se emplean nomogramas, de cuatro escalas rectilíneas, para las fórmulas de Jacob de Marre y otras, cuya generalización sería conveniente.

Servicio de vigilancia.—La plaza debe organizar su servicio de vigilancia de manera que esté á salvo de las sorpresas preparadas por el enemigo. Para este fin cuenta, en general, con una escuadrilla de torpederos y avisos que salen á alta mar y transmiten rápidamente el resultado de sus pesquisas al puerto. Los semáforos reciben las señales hechas por dichos barcos, que responden á claves especiales, cuya renovación y secreto ha de atenderse con interés. El semáforo, estación telegráfica de la costa, envía al comandante del puerto noticias inapreciables para la defensa. Antes, estas instalaciones tenían exclusivamente carácter comercial, que después se transformó en defensivo de gran importancia, estableciéndose varios, relacionados entre sí, que cumplen su misión con notable eficacia durante el día. Cuando la bruma impide la visualidad, y en otros muchos casos, desempeñan también excelentes servicios de comunicación las palomas mensajeras, llevadas á bordo de los barcos encargados de la exploración.

La seguridad de los puertos aconseja, además de la existencia de los semáforos, diversos procedimientos de iluminación que por la noche per-

mitan descubrir al atacante ó faciliten el empleo de los medios de defensa.

Conocidos son los perfeccionados proyectores que se establecen en las costas, y que tienen sobre los emplazados en buques las ventajas de poderse colocar á la debida distancia de las baterías, para no denunciar su posición, y de consentir aumentos de potencia y alcance, irrealizables en los barcos por la forzada reducción de peso y espacio.

No creemos necesaria su descripción, indicando únicamente que en la actualidad se desecha la idea de utilizarlos como medio de defensa, propiamente dicho, cegando con el resplandor de sus rayos á los encargados de servir la artillería enemiga, y se les reserva para su verdadero cometido, que no es otro que auxiliar á los demás elementos de que disponen las plazas. Según su objeto se dividen en tres clases.

La primera comprende los proyectores *buscadores* que iluminan, alternativa y contínuamente, distintas zonas del espacio, descubriendo á los barcos que se acerquen; la segunda la forman los *fijos* que alumbran pasos determinados ó líneas de torpedos, á los que se dará fuego cuando pase por encima algún buque contrario; y por último, la tercera constituída por los *auxiliares*, que siguen á los navíos y facilitan la acción contra ellos de las baterías y defensas móviles.

Como serán blanco codiciado por el enemigo, los proyectores tienen que protegerse cuidadosamente. Para ello, los fijos pueden instalarse dentro de túneles á prueba, toda vez que su campo es limitado, y los demás deben acorazarse, dejando sólo la lente al descubierto.

La maniobra de los proyectores, así como su luz, es por lo general eléctrica y exige mucho método y atinada dirección, para evitar perjudiciales confusiones.

Un sistema de iluminación á grandes distancias constituyen los *cohetes de luz*, susceptibles de ser lanzados muy lejos, donde los proyectores no llegan con sus rayos. Claro es que dicho procedimiento, preconizado por los alemanes, tiene grandes inconvenientes, y sólo se recomienda en debida combinación con los anteriores.

Otro medio empleado en las plazas marítimas para conocer la proximidad de los barcos contrarios, son los aparatos microfónicos, que facilitan importantes avisos.

Constan, en general, de placas vibrantes sumergidas á cierta profundidad y unidas al teléfono ó galvanómetro establecidos en la costa. Tienen el inconveniente de que al procurar su mayor sensibilidad se obtienen señales por las menores causas, dando motivo á errores. Sin embargo, en tiempo de bruma ofrecen excelentes resultados los aparatos *Mac-Evoy*, cuyas experiencias se verifican en Inglaterra. A distancia de 1000 metros anuncian perfectamente la presencia de un navío.

El establecimiento de comunicaciones entre los barcos exploradores y la costa, tan interesante para la vigilancia y defensa de los puertos, es la más genuina aplicación del floreciente sistema de telegrafía sin hilos.

Que pueden esperarse resultados maravillosos lo prueban las experiencias realizadas por el acorazado italiano *Cárlos Alberto*, durante una larga expedición desde Cronstadt á Spezzia.

En dicho viaje mantuvo comunicación constante con Poldhu, á través de cadenas de montañas tan grandes como los Alpes y los Pirineos, hasta distancias superiores á 1.700 kilómetros. En estas pruebas el barco llevaba sólo aparatos para la recepción, que eran impresionados por la potente acción de las ondas lanzadas en Poldhu (en el Cabo Lizard, extremo SO. de Inglaterra) por cuatro secciones de cien conductores de cobre, que á modo de antenas se establecían en emparrillados, sostenidos por cuatro grandes postes de madera de 70 metros de alto, distanciados unos de otros 60 metros.

Para el objeto que se persigue en la defensa de las costas, con que un torpedero de gran andar en plena noche, con las luces apagadas, comunique con tierra á distancias mucho menores á las alcanzadas por el acorazado aludido, sería suficiente, y sin embargo, hay bastante que experimentar aún para conseguirlo.

Se realizan ensayos de esta clase por las marinas inglesa y alemana, que guardan gran reserva respecto á los resultados, y en España se siguen con interés tales estudios, y se trabaja con entusiamo para la resolución de problema científico tan importante, con probabilidades de pronto y definitivo éxito.

Los radiogramas y aereogramas tienen aplicaciones utilísimas en la guerra marítima, pero ofrecen el grave inconveniente, patentizado en la campaña ruso-japonesa, de ser fácilmente interceptados por el enemigo.

Ahora bien: esa interceptación se pretende evitar, y para ello se hacen estudios notables, entre los que destacan los realizados por el doctor *Tommasi*, que emplea falsos transmisores para confundir á quien trate de sorprender la comunicación.

Como la longitud de la chispa del oscilador determina la distancia precisa á que debe colocarse el receptor, se consigue el objeto indicado separando desigualmente las esferas en los transmisores falsos, á fin de que los receptores enemigos que, por lo general, no se colocarán junto al de la línea, reciban los signos incoherentes que se transmitan y que no dificultarán en nada la comunicación verdadera.

Los adelantos realizados en la aerostación, hacen que los globos formen parte activa de lo que podemos llamar la red de seguridad de un puerto. Desde luego, su aplicación será análoga á la que desempeñan en la guerra de sitio: descubrir las posiciones y los elementos del enemigo.

El campo visual, que á 500 ó 600 metros sobre el mar se alcanza desde ellos es enorme, y aunque la observación y corrección del tiro no son tan necesarias en la costa como en un sitio, dada la visualidad de los barcos de combate, sin embargo, se atribuyen á los globos importantes cometidos relacionados con la defensa de plazas marítimas.

Opinan algunos autores que, colocados á regular altura, divisarán cuanto exista en el interior del mar, destacándose el fondo y sus rocas; todo ello, como es de suponer, para profundidades pequeñas. Si esto fuera así, podrían los aerostatos determinar la situación de los submarinos, y avisar á las baterías para que procurasen su destrucción.

Pero debemos consignar que el principio en que se funda esta teoría no es exacto, toda vez que si se verifica el fenómeno de vislumbrarse el fondo de los lagos en calma, no sucede lo mismo en un mar agitado y en condiciones atmosféricas opuestas á dicha observación.

Más verosímil es el empleo de los globos como centinelas nocturnos. En efecto, sabemos que, en estado de quietud atmosférica, se perciben claramente desde la barquilla los sonidos que llegan de tierra, tales como los producidos al rodar de los coches y hasta las conversaciones de las personas. De manera que si se estaciona un globo á prudencial altura sobre el mar, percibirá el periódico y acompasado ruido del oleaje, distin-

guiendo perfectamente la rápida rotación de las hélices de un torpedero ó el bronco choque del agua contra los pesados buques de guerra.

Telefónicamente comunicarán los aerosteros sus observaciones á baterías y proyectores, que gracias á tan preciadas referencias ejercerán su acción contra los barcos contrarios, cuyos intentos de sorpresa nocturna fracasarán en absoluto.

La importancia de tales servicios parece ser grande, como lo prueba el que Rusia haya proyectado la constitución de tres parques aerostáticos marítimos: uno para Cronstadt, otro para Sebastopol y el último para Puerto-Arturo.

Suecia pretende llegar á más y lograr que el globo avance, mar adentro, y descubra mayor espacio, ensanchando su esfera de vigilancia. Para ello se construyen los *pontones-parques*, en los que van todos los aparatos indispensables para llenar el globo sobre el pontón. La idea no resulta práctica, pues el enemigo puede destruir el aerostato antes de elevarlo, ó también batir el pontón que, por su necesaria pesadez, no tendrá medio de repeler el ataque.

***

Las comunicaciones de los puntos avanzados de la costa entre sí y con el interior, deben ser numerosas y ofrecer grandes seguridades, estando á salvo de las averías consiguientes á un bloqueo. Una bien estudiada red de líneas telegráficas y telefónicas ha de cumplir tan importante cometido, prefiriéndose las subterráneas á las aéreas.

Para el caso de que se interrumpan dichas comunicaciones telegráficas elétricas, se deben establecer postes ópticos, relacionados entre sí, y que transmiten, en general con gran rapidez, aunque ya se saben los inconvenientes de la telegrafía óptica.

En Pigno (Italia) se han construído postes de 900 metros de altura, desde los cuales una dinamo, movida por motor de petróleo, alimenta un arco voltáico, con regulador, encargado de emitir los rayos luminosos que, atravesando lentes de 60 centímetros, producen las señales nocturnas.

# V.

## Organización total de una plaza marítima.

Como resumen de lo expuesto vamos á indicar algunas consideraciones sobre la organización en conjunto de las plazas marítimas.

Las obras de defensa no deben estar alejadas entre sí, con objeto de prestarse mútuo apoyo, cruzando sus fuegos, lo cual efectuarán las baterías de tierra con facilidad, mientras que los barcos al intentarlo se estorban los unos á los otros.

La idea sostenida por algunos de emplazar una obra avanzada en los estrechos cabos que puedan existir en la costa, sin el debido flanqueo de otras inmediatas, no es aceptable, pues la escuadra atacante la rodeará exteriormente y podrá aniquilarla con sus fuegos.

Si las baterías están diseminadas á lo largo del litoral el enemigo las irá reduciendo sucesivamente.

Además, la defensa debe tener posesión absoluta de las islas ó islotes que haya en las proximidades de la plaza, á fin de impedir en ellos desembarcos de fuerzas y personal, que ejecutarían el tiro en mejores condiciones que desde los barcos.

Esta observación debe tenerse muy en cuenta, por ser aplicable á muchos puertos nuestros.

Ejemplo que justifica tal prevención fué lo sucedido en Sweaborg (Crimea) el año 1855. En una noche los franceses colocaron seis morteros en el islote Abrahan, á 2200 metros de la plaza, y consiguieron grandes resultados. Hoy día, según hemos dicho, no se llevan á bordo piezas de esta clase, pero los cañones de 15 y 21 centímetros, concentrando su fuego, pueden destrozar las obras de tierra.

De no fortificarse los islotes deben batirse desde los puertos con fuegos cruzados, y si se fortifican, es necesario el flanqueo é inversamente proporcional á su defensa autónoma. Cuando el islote es pequeño y des-

cubierto requiere obras acorazadas, que en este caso son indispensables, y si es grande y accidentado, entonces es menester defenderlo como si se encontrara sólo en alta mar.

La artillería de fuego rápido de los puertos se encargará de prohibir los reconocimientos marítimos, hechos por cruceros y barcos de menor porte, cuyas exploraciones tienen por objeto conocer la naturaleza de la costa y los puntos apropósito para efectuar desembarcos y se verifican, por lo general, en todas las guerras. También estará prevenida la plaza contra otros reconocimientos aislados, en los cuales la escuadra enemiga se valdrá de los siguientes medios: el cañón, el marino ó el espía.

El primero tantea las fuerzas de las baterías, cuya potencia aproximada se conocerá, porque teniendo el monopolio de la artillería cuatro ó cinco casas constructoras no puede ser un secreto lo que las naciones les adquieren para sus costas y sus acorazados. La situación y los efectos prácticos del tiro no serán tan conocidos, porque aun sabiendo los cañones emplazados hay gran diferencia entre sus resultados de polígono, donde la puntería se hace pausadamente, en día tranquilo, hora favorable y blanco determinado, y los conseguidos de noche, repeliendo una sorpresa.

El marino reconoce la costa en su íntima constitución, sus obras, sus comunicaciones y el conjunto de la defensa.

El espía en cambio no reporta, en general, noticias útiles, pues tratándose de sistemas defensivos tan complejos como los modernos, no pueden alcanzarse á marineros náufragos ó desertores. La práctica ha confirmado tal opinión.

Aconsejan los autores de organización de costas la necesidad de tener en el extremo opuesto al frente de mar las fábricas, talleres, almacenes y todos aquellos edificios de grandes cubiertas, en las cuales podría ser fatal el efecto de un bombardeo.

Los arsenales tienen una importancia excepcional y deben resguardarse también cuidadosamente.

No hay que olvidar que constituyen la obligada base de operaciones de las escuadras, siquiera sean las modestas encargadas de la vigilancia, y que las escuadras sin arsenales son como ejércitos á los que se corta la retirada. Y modernamente son, si cabe, más precisos que antes, toda vez

que al multiplicarse los mecanismos de un acorazado, que lleva núcleo formidable de artillería, gran acopio de pólvoras, hélices, máquinas de triple expansión, engranajes complicados para sus torres, etc., sus maniobras son más difíciles y exigen que sus expediciones sean cortas y sus reposiciones frecuentes.

Como accesorios de los arsenales, que completan su defensa, se recomiendan los sacos terreros, las cubiertas incombustibles, los blindajes de carriles y los aparatos apaga-fuegos.

***

La buena organización de una plaza marítima exige precauciones contra los ataques de revés. Si el enemigo, por medios cualesquiera, logra sitiar la posición por la parte de tierra, debe oponerse una resistencia poderosa, toda vez que, aun siendo inexpugnable su fortaleza en los combates navales, se puede dar el caso de sufrir una derrota definitiva, si penetra el contrario por la espalda.

Por estas razones y por la para nosotros dolorosa experiencia de hechos relativamente recientes, se considera preciso é indispensable establecer la defensa terrestre.

El llamado *frente de tierra* presenta, como núcleo más importante, una posición principal defensiva, destinada á impedir el bombardeo de la plaza. Deben también construirse fuertes destacados ó mejor, en vista de la autonomía emanada del empleo de los proyectiles modernos, baterías para combate lejano y para la defensa inmediata.

Anterior á la posición principal, y distante de ella unos 3 kilómetros, se situará otra avanzada de fortificación semipermanente; además habrá una posición de sostén y un recinto central de seguridad, al abrigo de sorpresas, donde se extremará hasta lo último la resistencia.

Un caso favorable puede ocurrir en la práctica, capaz de abreviar dicho sistema defensivo. Nos referimos á cuando un río divida el litoral ó desemboque en la rada exterior de la plaza.

En las proximidades del mar los ríos son caudalosos, por lo general, y quedando la plaza á un lado de la corriente, resulta que el posible desembarco enemigo se circunscribe á un sector, el cual será protegido con menos obras.

Los sitios en que pueda desembarcar el atacante serán en este caso playas ó puertos sin importancia, en los que, prévia la destrucción del material elevador y de transporte, se colocarán tres ó cuatro obras, por lo menos, las cuales dificulten mucho la acción enemiga.

Estas pequeñas obras que baten los muelles, si están bien ocultas, prestan muy buenos servicios y se ocuparán con los regimientos de campaña ó montaña de que disponga la plaza, que, en último resultado, se retiran al recinto.

Si suponemos que el invasor desembarca en el lado opuesto, tendrá que disponer del tren de puentes, muy difícil de transportar y que complica las maniobras del contrario. Desde la otra orilla, ó sea la de la plaza, se le puede hostilizar con ventaja é impedir el paso del río por puentes de circunstancias ó por vados.

Si el río desemboca en la rada interior, se simplifica extraordinariamente la defensa, pues el lado opuesto á la desembocadura será paso obligado, lo cual limita la posición de las baterías de ruptura.

De todos modos, si se realiza el desembarco es síntoma de superioridad en el agresor y de debilidad en los defensores de la plaza, cuya pérdida es tanto más fácil cuanto mejor combinadas se realicen las operaciones marítimas y terrestres.

Materia que obliga á detenido estudio al Estado Mayor de la plaza, es la organización de las defensas móviles terrestres y el plan general de comunicaciones y señales.

Como no existen líneas de fuertes á todo lo largo del litoral, es necesario, según hemos dicho anteriormente, una red de vigilancia bien establecida que comprenda pequeños observatorios, para conocer los movimientos del enemigo, y buenas comunicaciones para avisar con rapidez.

Los pequeños destacamentos defensivos volantes, en cuya composición entran fuerzas de todas armas, han de situarse en puntos estratégicos que les permitan acudir pronto á donde sea preciso, á salvo de los efectos del bombardeo, y batiendo las vías más importantes, en fortificaciones ligeras.

Con los modernos cañones de campaña se puede detener el avance del enemigo, interrumpir sus comunicaciones y hasta obligarle á una reti-

rada, mientras se reciban los poderosos refuerzos que deben enviarse enseguida á dichas columnas móviles.

Como modelo de organización defensiva del litoral, merece citarse el sistema empleado en Alemania, en los mares del Norte y Báltico. Un ferrocarril estratégico, próximamente paralelo á la costa, desde Emden á Memel, se enlaza con veinte líneas dirigidas hacia el interior, y se defiende por obras de campaña. El centro defensivo es Altona, que comunica por cable subterráneo con la capital del imperio y con los puertos más importantes de ambos mares, en los cuales la poderosa escuadra alemana consolida la seguridad del territorio.

* * *

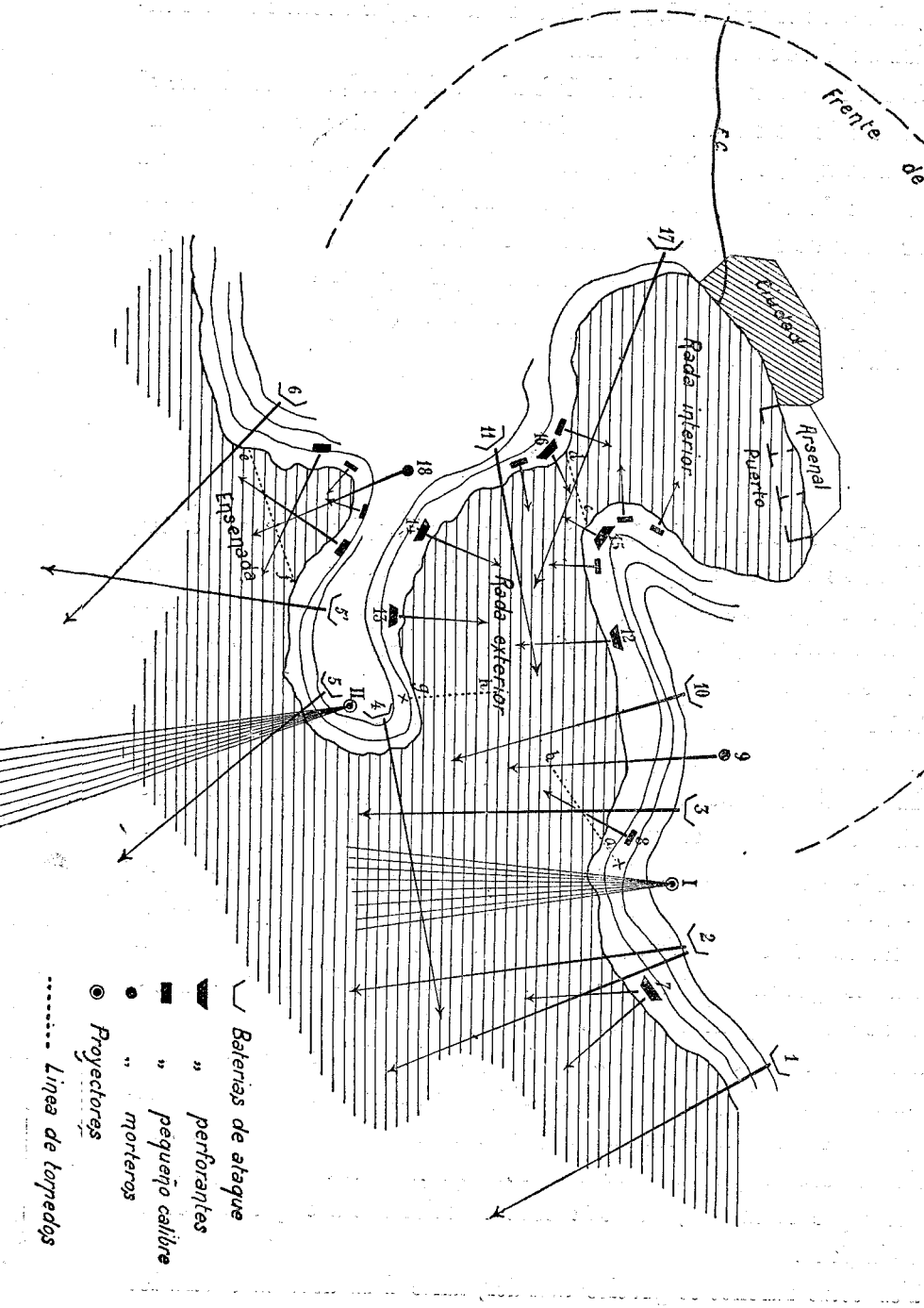
Con objeto de reasumir, de una manera gráfica, las ideas expuestas, refiriéndolas á un caso práctico, nos permitimos presentar, en el adjunto dibujo, el cróquis de una plaza marítima moderna, para cuya defensa proponemos un conjunto de obras que difieren en absoluto de las empleadas en plazas antiguas, donde se levantaban altos muros y se hacía verdadero derroche de mamposterías, emplazando cañones de avancarga, que disparaban granadas esféricas sólidas.

Las condiciones de dicha plaza hipotética son las siguientes. En el interior se encuentran el arsenal y la ciudad, y la forma del puerto es de las que mejor garantizan la seguridad de los buques, porque el antepuerto, ó rada exterior, preserva á la otra de los accidentes metereológicos, merced á lo cual los barcos no están expuestos á ser destruidos por grandes temporales. Se trata, pues, de un puerto de refugio y de apoyo, ó sea, de un buen puerto militar.

No suponemos en él circunstancias que simplifiquen la defensa. El litoral es navegable y de gran extensión, no existen ríos en las inmediaciones y la entrada se presenta libre, sin escollos, islotes ni arrecifes.

La protección que en tal caso ofrece la naturaleza para la plaza, se reduce á que el camino, desde la boca exterior hasta el puerto, es de gran longitud.

Por estas razones es preciso atender, tanto á la defensa contra los




CROQUIS DE UNA PLAZA MARÍTIMA MODERNA.

ataques lejanos, como contra los próximos, y establecer un frente de tierra que permita vigorosa resistencia.

En el cróquis que acompañamos se vé que el combate á grandes distancias lo sostienen las baterías *1, 2, 3, 4, 5, 5'* y *6*, de las cuales la *1, 4, 5'* y *6* son de obuses y las *2, 3* y *5* de cañones.

La batería núm. *4* cruza sus fuegos con las *2* y *3*. Las *1, 5'* y *6*, y las *9* y *18* de morteros, que pudiéramos llamar de contra-bombardeo, rechazarán el ataque lejano, propiamente dicho, y evitarán la ventajosa situación de la escuadra para batir á la ciudad á ambos lados del puerto, obligándola á colocarse á más de 12 kilómetros, desde donde el bombardeo resulta estéril.

La *5* presta apoyo á la *4* y *6* y la *2* á la *1* y *3*, siendo por consiguiente baterías que favorecen el flanqueo.

Si un barco, aproximándose al litoral, tratase de burlar la acción de las *1* y *2* por sus ángulos muertos, la perforante *7* le obligará á alejarse lo suficiente para sufrir los ataques de las baterías que pretendía eludir. En el caso de que consiguiera librarse de la acción de la *7*, por rapidez ó por sorpresa, entonces la línea de torpedos vigilantes *a b*, defendida por la batería de tiro rápido *8* y por la de morteros *9*, le cortará el paso.

Para combatir á los barcos que se aproximen por la derecha, sirven las baterías de cañones *3* y *10* y la de mosteros *9*.

Si consideramos al buque dentro de la rada, á pesar de los torpedos *g h*, que le impiden la entrada exterior, las baterías *9, 10* y *11*, esta última de obuses, en unión de la *3* le forzarán á acercarse á una ú otra orilla, sufriendo entonces los fuegos de las perforantes *12, 13* y *14* y los de enfilada de las *16* y *15*.

El paso á la rada interior por el canal se defiende con las *15* y *16*, también perforantes, las de tiro rápido que se señalan en el plano y la línea de torpedos durmientes *c d*.

La batería de obuses *17* completa la defensa dentro del puerto.

La ensenada anterior, donde podría efectuarse un desembarco que facilitase el tomar de revés las baterías *13, 14, 4* y *5*, se protege por la de morteros *18* y las de tiro rápido indicadas, que vigilan además la línea *e f* de torpedos automóviles.

El conjunto de esta posición avanzada será punto de apoyo de un extremo del frente de tierra.

El proyector *I* ilumina la entrada y el *II* emite sus rayos hacia alta mar.

No hay que olvidar que la hipótesis que seguimos es la más desfavorable para la plaza, por carecer de las condiciones que, según hemos dicho, permiten reducir el número de obras necesarias.

Las baterías enumeradas deben artillarse con material mederno; las de obuses montarán cuatro piezas, por lo menos, y alguna de las de tiro rápido podrá servirse con las fuerzas activas de la plaza. De las próximas al nivel del mar, se acorazarán las precisas y á las demás de ruptura se les dará protección con montajes de eclipse, estableciéndose las restantes á barbeta, á excepción de las *4* y *5*, que, por estar muy avanzadas, deben constituirse también con montajes de eclipse.

Los diferentes servicios de la plaza se organizarán en la forma que, según decimos en los capítulos precedentes, exigen los modernos adelantos.

# VI.

## Ideas referentes al cometido de las plazas marítimas en las guerras futuras.

Hemos llegado al término de la tarea que nos habíamos impuesto. Nos resta sólo reseñar en este último capítulo, lo que sobre la importancia y cometido de las plazas marítimas se opina en la actualidad. Para ello comenzaremos por decir cuatro palabras respecto á los efectos del bombardeo.

Si un puerto está en buenas condiciones de defensa, y dispone de los elementos que se han enumerado en el transcurso de esta Memoria, poco tiene que temer de un bombardeo. Las baterías de contra-bombardeo mantendrán á respetable distancia á la escuadra enemiga, la cual, á pesar de los progresos de su artillería, efectuará el tiro con pocas probabilidades de éxito y en el caso de que, arrostrando inminente peligro de destrucción, avance á toda la velocidad de sus máquinas hasta colocarse en situación de poder causar más daños, las baterías perforantes y los torpedos eléctricos repelerán la agresión, si como es de esperar, el servicio está montado con arreglo á los principios expuestos.

Por otra parte, aunque la defensa no sea tan poderosa, los bombardeos consiguen efectos materiales escasos, en relación á los dispendios que exigen, siendo su resultado más bien moral que positivo.

En los puertos comerciales sobre todo, se temen los bombardeos, en proporciones mayores que las determinadas por su acción contra la plaza, porque si descontamos la zozobra de los habitantes y su miedo á perjuicios de orden económico, el aprovechamiento de proyectiles en la mayor parte de los casos es pequeño.

Para demostrarlo, el general Borgnis Desbordes hace cálculos, en los que se deducen, del área total batida y la de distribución de impactos, las municiones que pueden aprovecharse y que no pasan del 6 por 100

de las empleadas, lo cual, teniendo en cuenta que los disparos de grueso calibre cuestan cada uno de 1.000 á 1.500 pesetas y 350 á 400 los de calibre medio, hace comprender claramente que las ventajas logradas por la escuadra atacante no corresponden á sus gastos.

Los bloqueos resultan á veces más prácticos, aunque claro es que su eficacia depende de las condiciones especiales de la plaza, cuyo aislamiento respecto del resto de la nación facilitará dicho sistema de ataque, que exige gran superioridad naval en quien lo emplea. Si el agresor está distante de su metrópoli, necesita una base de operaciones que, en la mayoría de los casos, le será difícil establecer. Además, indicamos que la navegación submarina, y quién sabe si la navegación aérea, burlarán con el tiempo estos asedios, que para ser decisivos han de acompañarse de medios ofensivos de mayor actividad, tales como los desembarcos.

Una plaza organizada á la moderna opondrá grandes dificultades á semejantes audacias, que sus cañones de tiro rápido rechazarán con energía, así como columnas de defensa terrestre, para cuyo concentramiento ofrece facilidades la prontitud en las comunicaciones, conseguida merced al telégrafo y los ferrocarriles.

Hemos analizado, en cada caso particular, las condiciones relativas en que se encuentran las diferentes clases de baterías de la defensa y los barcos que las hostilizan, y deducimos, en consecuencia total, que los progresos de la artillería y de los demás elementos que constituyen el conjunto de una plaza fuerte marítima, la colocan en situación ventajosa para resistir á los ataques, si se atiende decidida y espléndidamente á la satisfacción de las múltiples condiciones que debe cumplir.

Las plazas navales son la línea avanzada de la defensa de una nación.

Para proteger en absoluto el litoral parecen necesarias gran número de fortificaciones, puesto que por muy rápida que sea la movilización de las tropas siempre habrá sitios, sobre todo en litorales extensos, donde se pueda efectuar, por sorpresa, un desembarco. Según este razonamiento, debería fortificarse toda la costa, y tal empresa es imposible.

La constitución de las escuadras les impide dirigirse contra puertos que no reunan especiales circunstancias. Además, el material de sitio, el tren de puentes, los parques rodados, no pueden desembarcarse en pla-

yas cualesquiera, sino en puertos resguardados y que ofrezcan amplias vías de comunicación con el interior. Tales limitaciones ya reducen, de modo considerable, las obras defensivas precisas, que no deben faltar en los puertos militares, los grandes centros de comercio, las plazas que sirvan de bases de operaciones de las escuadras, las posiciones estratégicas marítimas y las que sean llave de otras terrestres de importancia.

El resto del litoral se defenderá por fuerzas móviles de tierra y mar, estableciendo una red de vigilancia constituída por cruceros, guardacostas, torpederos organizados en escuadrillas, como hemos dicho, de pequeños radios de acción, semáforos que transmitan velozmente la noticia del próximo peligro y comunicaciones que permitan una rápida concentración.

La necesidad de una escuadra poderosa para las naciones que aspiren á ser respetadas en los mares, no tenemos que encomiarla. El papel importantísimo que representan para la protección de las costas, tampoco es preciso detallarlo. Pero como la posesión de los grandes acorazados y de los demás barcos de guerra, indispensables para formar un núcleo potente, no está al alcance de los pueblos pobres, porque cuestan muchos millones de duros, se debe atender con toda actividad á la defensa de los puertos y á una organización completa que ponga á salvo al territorio de las agresiones navales. Esto es más rápido y es más barato que la construcción de una escuadra moderna, y aunque reduce á la defensiva al país que lo acepte, siempre es darle la seguridad precisa para su existencia, siquiera sea en la modesta proporción compatible con sus recursos.

En España, la urgente necesidad de atender á tales razones está en la conciencia de todos.

Y conste que sólo nos referimos al territorio de una nación, propiamente dicho, porque las colonias distantes de la metrópoli sin una flota defensiva-ofensiva de primer orden, están siempre á merced de cualquier potencia de esas que asombran por el número de toneladas que remolcan los miles de caballos de las máquinas de sus acorazados, y por la cifra que representa los tonelámetros de energía desarrollados en las bocas de sus cañones.

Las marinas de guerra de todos los países, con tristes excepciones, incrementan su poder.

Según cálculos de una importante revista inglesa, en 1906 tendrán acorazados de más de 10.000 toneladas las siguientes naciones:

| | |
|---|---|
| Inglaterra.. . . . . | 57 |
| Francia. . . . . | 23 |
| Rusia. . . . . | 25 |
| Estados Unidos.. . . . . | 19 |
| Alemania. . . . . | 18 |
| é Italia. . . . . | 13 |

Aparte de éstos contarán dichas potencias con otros varios de menor porte y multitud de cruceros acorazados.

Nos debe consolar la frase del general francés, que asegura que *una batería vale un acorazado.*

FIN.

# ÍNDICE.

Páginas

PRELIMINARES. . . . . 5

## I.—Artillería de la defensa.

### 1.º—PIEZAS PARA LAS DIVERSAS CLASES DE TIRO.

*Artillería gruesa.*=Consideraciones sobre los perfeccionamientos de los cañones, las pólvoras y las corazas.—Blindajes de las torres acorazadas de los barcos.—Cañón de 30,5 cm.—Material Krupp.—Cuadro demostrativo de los adelantos conseguidos en las piezas de dicho calibre. . . . . 7

*Artillería media.*=Su objeto.—Tiro de combate.—Cañón de 15 cm.=Material Scheneider-Canet.—Tabla de Mr. P. de Condi sobre la perforación obtenida sobre planchas de acero cementado por diferentes cañones. . . . . 11

*Artillería de pequeño calibre.*=Su objeto.—Táctica naval moderna.—Material empleado.—Sus cualidades.—Inconvenientes de la uniformidad de las artillerías naval y de costa. . . . . 12

*Tiro curvo.*=Su necesidad.—Piezas de contrabombardeo.—Obús Ordóñez de 24 cm.—Morteros Krupp de 24 y 28 cm.—Inconvenientes. . . . . 13

*Cañones neumáticos.*=Su misión.—Sistema Zalinski.—Tendencia moderna.. . 14

### 2.º—MONTAJES Y MEDIOS DE PROTECCIÓN.

Su importancia.—Diferencias entre los de marina y los de costa.—Aprovechamiento del retroceso.—Montajes Durlacher para cañones de 28 y 24 cm. — Montaje-barbeta para el Krupp de 30,5 cm.—Montajes para cañones de 15 cm.—Montajes volantes de Canet y transportables Saint-Chamond. — Montajes dobles.—Sus cualidades.—Modelo Scheneider-Canet.—Otros medios de protección. . . . . 15

## II.—Consideraciones sobre baterías.

*Condiciones de las baterías de costa.*=Enseñanzas desprendidas de la historia contemporánea.—Importancia actual de la fortificación.—Artillería atacante.—Carencia de obuses y morteros á bordo de los buques.—Barco-mortero.—Clasificación de baterías. . . . . 20

*Baterías de combate.*=Su papel.—Estudio relativo á la cota más conveniente para su emplazamiento.—Hipótesis de Mr. Grasset.—Cálculos.—Acción

Páginas

de las baterías á las diferentes distancias.—Cuadro explicativo de las distancias á que deben tirar los acorazados á fin de obtener determinados ángulos de caída para sus proyectiles contra baterías de distintas alturas.—Consecuencias.—Ventajas de las baterías de tierra.—Montajes empleados.—Inconvenientes de los traveses.—Prevenciones contra el tiro de enfilada.—Baterías fingidas.—Baterías de morteros.—Maniobra eléctrica.—Tiro de shrapnel.—Baterías de obuses. . . . . 22

*Baterías de ruptura.*=Su objeto.—Precisión necesaria.—Sus inconvenientes. —Cuadro demostrativo de la variación de velocidad remanente según las distancias.—Consecuencias.—Medios de protección.—Costa de roca. —Procedimiento chino en Wei-Hai-Wei.—Casamatas acorazadas.—Cúpulas.—Torre acorazada Saint-Chamont para cañones de 30,5 cm.—Inconvenientes.—Montajes de eclipse.—Escudos.—Mantelete para cañón de 21 cm. . . . . 29

*Baterías de pequeño calibre.*=Su objeto.—Condiciones precisas.—Protección. —Escudos americanos.—Sistemas ingleses.—Baterías volantes.—Fortín acorazado automóvil de Vickers-Maxim.—Sus inconvenientes.—Afustes Grusson.—Aplicaciones de las baterías de tiro rápido. . . . . 34

*Baterías submarinas.*=Su misión.—Idea general.—Consideraciones finales sobre baterías de costa. . . . . 36

## III.—Defensas próxima y móvil.

DEFENSAS PASIVAS.—1.º—*Torpedos.*=Breve reseña histórica.—Torpedos automóviles.—Torpedos dirigibles.—Tipos Lay, Patrick y Edison.—Inconvenientes.=2.º—*Torpederos.*—Sus condiciones.—Torpederos defensivos.—Táctica.—Ataque nocturno.—Tubos lanza-torpedos.—Distancia á que deben colocarse.—Cañones neumáticos del *Vesubius.*—Aplicación de los barcos-morteros.—Defensa contra los torpederos.=3.º—*Submarinos.* —Su importancia.—Estado científico del problema.—Sumergibles.—Tipos Narval, Holland y Mougas.—Periscopio.—Omniscopio del tipo Lake.—Precauciones de seguridad.—Motores.—Torpedos empleados.—Tubos de roda, garras y giratorios.—Resúmen. *Embotellamiento.* . . . . . 38

## IV.—Servicio de la artillería y accesorios.

SERVICIO DE LA ARTILLERÍA.=Cualidades de la artillería de costa.—Necesidad de la constante corrección del tiro.—Errores sistemáticos y accidentales.—Trazado de las trayectorias.—Método de tiro Madsen.—Método Salmoiraghi.—Alza automática.—*Nomografía.*—*Ábacos.*=SERVICIO DE VIGILANCIA.—Red de seguridad.—Semáforos.—Proyectores-Buscadores, fijos y auxiliares.—Cohetes de luz.—Aparatos microfónicos.—Telegrafía sin hilos.—Expedición del acorazado italiano *Cárlos Alberto.*—Aerostación.—Sus aplicaciones á la defensa de costas.—Centinelas nocturnos.—Sistema sueco.—Comunicaciones interiores.—Postes ópticos. . . . 52

Páginas

## V.—Organización total de una plaza marítima.

*Resumen.*=Condiciones que deben cumplir las obras de la defensa.—Caso de existir islotes.—Reconocimientos contrarios.—El cañón, el marino y el espía.—Defensa de arsenales.—Precauciones contra los ataques de revés. —Frente de tierra.—Casos que simplifican la defensa.—Organización de columnas móviles.—Ejemplo.—Cróquis de una plaza moderna.—Hipótesis.—Defensa propuesta. . . . . 65

## VI.—Ideas referentes al cometido de las plazas marítimas en las guerras futuras.

Bombardeos.—Bloqueos.— Desembarcos.— Protección del litoral.—Puertos que elegirá el ataque.—Necesidad de la escuadra.—Tendencia moderna. —Colonias.—Marinas extranjeras. . . . . 73

# INSTALACIÓN DE FILTROS

# MEMORIA

RELATIVA Á LA

# INSTALACIÓN DE FILTROS DE PORCELANA DE AMIANTO

EN ALGUNOS EDIFICIOS DE ZARAGOZA,

## COSTE DE SU INSTALACIÓN

Y

## RENDIMIENTO PRÁCTICO DE LOS APARATOS,

ESCRITA POR EL CORONEL

D. EUSEBIO LIZASO,

EN CUMPLIMIENTO DE LA ORDEN

DEL EXCMO. SEÑOR COMANDANTE GENERAL DE INGENIEROS

fecha 25 de Octubre de 1895.

MADRID

IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS

1904

# MEMORIA

RELATIVA

# Á LA INSTALACION DE FILTROS DE PORCELANA DE AMIANTO

EN ALGUNOS EDIFICIOS DE ZARAGOZA,

## COSTE DE SU INSTALACIÓN

Y

## RENDIMIENTO PRÁCTICO DE LOS APARATOS.

### Ordenes recibidas para la redacción de esta Memoria.

Con fecha 26 del mes de Octubre último, el Sr. coronel, Ingeniero comandante de la plaza de Zaragoza, pasó al jefe que suscribe la siguiente comunicación:

«ZARAGOZA.—*Comandancia de Ingenieros.*=El Excmo. Sr. Comandandante General de Ingenieros de este Cuerpo de ejército, con fecha 25 del actual me dice lo que sigue:=Próxima á terminar la obra de instalación de filtros de porcelana de amianto en algunos edificios militares de esta plaza, es del mayor interés dar á conocer cuantos datos sea posible de tan interesante asunto á las demás Comandancias del Distrito, tanto en en la parte que pudiéramos llamar teórica, como en la práctica, sacada de las detenidas é inteligentes experiencias que esa Comandancia ha practicado en las instalaciones que ya hace algún tiempo funcionan. Con el fin, además, de dar cuenta á la superioridad, de una manera concreta, de los primeros resultados de tan interesante servicio, planteado en esta plaza antes que en ninguna otra, y de cuyos resultados la estadística ha de pronunciar la última palabra, comprobando el problema planteado y resuelto teóricamente por el Ingeniero, se servirá V. S. ordenar al Teniente Coronel D. Eusebio Lizaso, autor del proyecto referido, que redacte con todo detenimiento una Memoria que sirva á los objetos antes expresados, la cual abrace los puntos siguientes: 1.º—La teoría general de la filtración en la parte necesaria para deducir la superioridad de la forma empleada y del uso de los filtros de porcelana de amianto, consignando los informes científicos oficiales que le sirvan de base.=2.º—Des-

cripción de los filtros é instalaciones hechas, ya sea haciendo la filtración con depósitos altos ó acumuladores de presión.=3.º—Datos prácticos, deducidos de experiencias directas, relativos á rendimientos de los filtros y su relación con la carga de agua ó con la presión producida por los acumuladores.=4.º—Limpieza, regeneración y esterilización de los filtros, en cuanto lo permitan los medios de que la Comandancia ha dispuesto para esta parte del estudio, consignando también los datos que hayan podido adquirirse de estudios químicos ó microbiológicos por corporaciones oficiales ó personas de reconocida competencia.=5.º—Medios prácticos de organizar el servicio de los filtros en un cuartel y cálculo del agua necesaria y del número de aquéllos.=Además deberá añadir el Jefe encargado de este estudio, cuantos datos, apreciaciones y observaciones le sugiera su reconocido celo y acabado conocimiento del asunto, para poder así llevar á cabo un trabajo de suma utilidad y gran aplicación, que servirá de poderosa ayuda á las Comandancias de la Región que necesiten estudiar proyectos de esta especie, y á la vez hará patente á la superioridad el interés, que me complazco en reconocer, con que la de su digno cargo mira cuanto á la salud del soldado se refiere, dentro y á pesar de los escasos recursos de su asignación.=Lo que traslado á V. para su conocimiento y cumplimiento.=Dios guarde á V. muchos años. =Zaragoza, 26 de Octubre de 1895.=*El Coronel, Ingeniero Comandante,* Honorato de Saleta.=*Sr. Teniente Coronel de Ingenieros* D. Eusebio Lizaso.»

Al comunicársenos la orden que antecede, teníamos recogidos y acopiados, ya de revistas, folletos é informes emitidos por corporaciones científicas, ya de observación y propia experiencia, bastantes datos, interesantes y utilísimos todos, y muy curiosos los más, que pensábamos dar á conocer á nuestros compañeros, considerando que podrían economizarles trabajo, al proyectar instalaciones análogas y que es además deber ineludible de conciencia, que al propio tiempo proporciona satisfacción grande y legítima, el contribuir, dentro de la esfera de acción á que cada cual alcanza y en la medida de sus fuerzas, á que se difundan y vulgaricen, si se nos pasa la frase, conocimientos ó hechos comprobados, de los que la humanidad reporta indudablemente beneficios inmensos é incalculables ventajas, dado que proporcionan medios seguros de

garantir su salud contra agresiones de enemigos, tanto más temibles, cuanto son más difíciles de descubrir, de esquivar sus ataques, y lo que importa más todavía, de salvar, con su aplicación inteligente y oportuna, muchas vidas.

La tarea, pues, que se nos encomendaba, sobre sernos grata, porque no puede menos de complacer y mucho, al que bien siente, hacer algo en pró de los demás, no nos era, en verdad, demasiado difícil y penosa, toda vez que, como decimos antes, poseíamos ya muchos y buenos materiales, que ordenados, dispuestos y agrupados concretamente por asuntos, de los varios que el programa señala, nos daban, con poco trabajo, hecha por completo la labor.

## Historia del primitivo proyecto.

Antes, sin embargo, de entrar de lleno en la cuestión y de exponer sobre cada uno de los diversos puntos, igualmente interesantes, que hemos de tratar, los datos adquiridos y el resultado de nuestras propias observaciones, juzgamos oportuno y necesario, en cierto modo, esbozar ligeramente la historia del proyecto formulado para establecer filtros en algunos cuarteles, causas que lo motivaron y dieron origen, y en fin, las variaciones que ha sufrido hasta llegar al definitivo, hoy realizado en todas sus partes.

Durante los meses de Julio y Agosto de los años 1892 y 1893, presentáronse en las fuerzas que ocupaban los cuarteles del Cid y de Sangenís frecuentes casos de fiebre tifoidea, gravísimos y seguidos de muerte algunos de ellos, que según la general creencia y la opinión de distinguidos médicos militares, reconocían por causa, tal vez única, la mala calidad de las aguas de bebida.

Súrtense de ella ambos cuarteles por una cañería de hierro, enterrada, que parte de los depósitos que el ramo de Guerra tiene con este objeto establecidos en el Campo del Sepulcro, en los cuales depósitos se recibe de una acequia derivada del Canal que en su largo trayecto recorre y atraviesa descubierta extensos campos en cultivo, primeramente, y ya cercana á la población, la zona urbanizada de las afueras. Difícil fuera reunir, ni estudiadas de propio intento, mayor número de circunstancias favorables y apropiadas para la infección del agua, que las que ésta en-

cuentra en la primera parte de su viaje, y claro es, que si por consecuencia de ellas se halla expuesta á recibir y recibe además de multitud de cuerpos extraños que alteran su pureza, gérmenes patógenos que la hacen perjudicial y nociva, é impura y contaminada ya, entra en los expresados depósitos, de nada sirve que éstos se hayan construído con todas las condiciones prescriptas por la higiene para la buena conservación del agua, ni tampoco el especial cuidado con que se atiende á no suministrarla sino después de largo período de reposo; por cuanto ni aquellas condiciones, ni esta previsora medida poseen, por sí solas, la virtud esencial de exterminar y destruir los gérmenes y exporos que consigo lleva. Suerte, y no escasa, sería que el agua á su salida no los contenga en mayor número que á la entrada; y de todos modos es seguro que el uso y consumo de este agua contaminada, producirá inevitable y necesariamente en el organismo perturbaciones funcionales, propias y consecutivas á la clase de elementos y agentes morbosos que contiene.

Todas estas circunstancias eran perfectamente conocidas del entonces jefe principal del regimiento de Pontoneros, coronel D. Honorato de Saleta, el que animado además por el muy laudable propósito de poner, por su parte, remedio, siquiera no fuera radical, al inmediato y serio peligro que amenazaba la salud y aun la vida de sus soldados, solicitó del Sr. Alcalde presidente de la Corporación municipal, autorización para tomar de la conducción pública y en la boca de riego contigua al cuartel de Sangenís, el agua necesaria á las diarias atenciones de la tropa.

De buen grado otorgó el Municipio esta autorización, aunque, como era lógico, con el carácter de provisional y limitándola al tiempo puramente preciso para llevar á término el expediente y convenio á que el abastecimiento de los dos citados cuarteles había de ajustarse; pero como quiera que la concesión en estos términos otorgada, por lo precaria y transitoria, no era una solución, ni menos la radical que con urgencia demandaban las circunstancias, el Excmo. Sr. Comandante en jefe don Enrique Bargés, atendiendo este importantísimo asunto con el interés y elevado celo que le inspira cuanto á la salud y bienestar de la tropa concierne, dispuso que, sin pérdida de tiempo, se incoase el expediente en cuestión, por un Comisario de Guerra, nombrado expresamente al efecto.

En el comienzo de las gestiones hechas por este funcionario militar, cerca de la Sección 2.ª del Excmo. Ayuntamiento, á la que por la índole del asunto le competía entender, el presidente de dicha sección expuso las condiciones y obras á que, para el abastecimiento de que se trataba, habría de obligarse el ramo de Guerra, independientemente y además de las generales prescriptas en el reglamento aprobado por aquella corporación para el servicio á los particulares, condiciones que, por onerosas para el Estado, conceptuó inadmisibles la Comandancia de Ingenieros, exponiéndolo así en el informe fecha 5 de Febrero de 1894, al fin del cual proponía se establecieran por cuenta del Estado, ya en los mismos depósitos del Campo del Sepulcro, bien dentro de los cuarteles, filtros que proporcionasen el agua pura y potable en la medida que exigieran las necesidades.

En vista de este informe y del que en su apoyo emitió también la Comandancia General de Ingenieros, el Excmo. Sr. Comandante en jefe del 5.° Cuerpo dispuso, en comunicación de 26 de Marzo de 1894, que se procediera á hacer el estudio y proyecto para la instalación de filtros en los cuarteles, incluyendo en él, además de los dos ya citados, los de la Aljafería y los pabellones del Gobierno Militar; estudio que fué encomendado al jefe que subscribe por el Ingeniero Comandante en 29 del mismo mes y que, terminado, tuvimos la satisfacción de someter á la aprobación en 26 de Junio siguiente.

### Ligeras ideas sobre la teoría de la filtración.—Estudio comparativo de los filtros de arena y de los Chamberland-Pasteur.

En la comunicación y orden para el estudio á que nos referimos, el Excmo. Sr. Comandante en jefe, lejos de prejuzgar ni de fijar de antemano el sistema de filtros, dejaba por el contrario al ingeniero libertad completa para proponer los que estimase más ventajosos, y planteada la cuestión en estos términos, podía resolverse de dos maneras distintas, á saber: con filtros ordinarios de arena, ó con los Chamberland, sistema Pasteur; pero bien se comprende que la adopción de unos ó de otros ni era indiferente, ni menos podía ser arbitraria y caprichosa, sino producto y resultado de un estudio comparativo hecho desde los tres puntos de vista siguientes: el económico, el higiénico, al que como de mayor inte-

rés é importancia deben los demás subordinarse, y el de la facilidad ó dificultades que su uso y manejo ofrecieran.

Para calcular el coste aproximado de los filtros de arena, es preciso ante todo determinar sus dimensiones, y después las de los muros de contorno, depósitos para agua filtrada, etc., cálculo de que vamos á ocuparnos, tomando como tipo la fuerza máxima que puede alojarse en el cuartel de Sangenís y una dotación de 3 litros por cada una de las 660 plazas que la constituyen, para que la correspondiente por cada plaza de la fuerza ordinaria sea de 5 litros, de cuyos datos se deduce que el volúmen por día para el citado cuartel es de 2000 litros.

De sus observaciones y experiencias sobre la circulación del agua á través de la arena, dedujo Darcy que para una misma clase de ella, el gasto era proporcional á la carga y en razón inversa del espesor de arena; estableciendo en consecuencia la fórmula

$$q = \frac{h}{e} \times K,$$

universalmente aceptada para calcular el rendimiento de los filtros. En ella es $q$ el gasto; $K$, un coeficiente que depende de la naturaleza del filtro; $h$, la altura del agua, y $e$, el espesor de arena.

Como la relación $\frac{h}{e}$ no es otra cosa que la pérdida de carga por metro de recorrido del agua á través de la arena y el gasto es proporcional á la velocidad, Dupuy dió á la fórmula anterior la expresión $j = m \times v$, que puede considerarse como resultado de experiencia.

Procediendo con arena de $0^{m},30$ de huecos, halló Darcy que el rendimiento por metro cuadrado de filtro era de $4^{m3},500$ en 24 horas, con una carga de 1 metro é igual espesor de arena. La velocidad de filtración fué, según ésto, de

$$V = \frac{0,000052}{0,30} = 0,000173$$

por segundo y el coeficiente

$$m = \frac{1}{0,000173} = 5780,$$

puesto que la relación $\frac{h}{e}$ es en el caso presente igual á la unidad.

Aceptando una velocidad de $0^m,05$ por hora, que como después veremos no conviene exceder mucho en ningún caso, y suponiendo una carga de $0^m,60$ é igual espesor de arena de $0^m,30$ de huecos, tendremos para determinar la superficie del filtro con el gasto de $0^m,083$ por hora, correspondiente á los $2^{m^3},000$ diarios, la expresión

$$0,083 = 0,30 \times 0,05 \times x,$$

de la que se deduce

$$x = 0,55.$$

Aceptemos $0^{m^2},60$ para el filtro; que hubiera dos iguales para prevenir las interrupciones causadas por las limpiezas periódicas, etc.; supongamos igualmente que deban construirse dos depósitos de agua filtrada inmediatos y simétricamente colocados respecto de los filtros; que el nivel del agua en dichos depósitos quede solamente $0^m,40$ más bajo que el superior del filtro para que éste pueda llenarse de abajo á arriba con agua pura, y teniendo presente, por último, que en tales condiciones y con la altura que el agua alcanzaría en los depósitos, sus muros de contorno necesitan un espesor de $0^m,60$, calculamos que el coste aproximado de los filtros, depósitos, tubos de conducción, llaves de toma y demás accesorios para el cuartel que nos ocupa, sería de unas 2500 á 3000 pesetas, muy inferior, como veremos en seguida, al de los Chamberland de igual rendimiento.

El que á éstos se atribuye en las Instrucciones dictadas por el ministerio de la Guerra de Francia, para las instalaciones oficiales, es el que va á servirnos de tipo para la comparación de precios y de total coste.

Según las mencionadas Instrucciones, se necesita un filtro de 50 bujías con limpiador mecánico André, funcionando con una presión variable de 15 á 20 metros, para un batallón de 400 plazas, y un filtro de 25 bujías para dos compañías, de manera que para los 660 hombres que constituyen la fuerza máxima del cuartel de Sangenís, habría que instalar un filtro de cada una de las clases indicadas. El coste de ambos en Paris es de 1800 francos, que con el cambio, transporte, derechos, etcétera, pueden suponerse equivalentes á 2800 pesetas cuando menos.

Sin contar para nada con el coste de accesorios, importantes é indispensables, tales como bombas de aire y acumuladores de presión, si de

ellos hubiera de hacerse uso, ó de las bombas de agua, cisternas y depósitos de hierro para la impura y la filtrada, se vé que el coste de los aparatos de filtración exclusivamente, iguala al total calculado para la instalación completa de los filtros de arena, los que, desde el punto de vista de la economía, llevan á los Chamberland grandísima ventaja. Ciertamente no es este punto de vista el único, ni siquiera el principal, desde el que cuestión tan importante debe estudiarse, y por tanto no basta para formar acabado juicio del sistema, ni menos aun para pronunciarse en su favor, sino que es necesario establecer entre ambos comparación bajo otro aspecto mucho más interesante, en el que hay que buscar las ventajas y los inconveníentes verdaderos, positivos y trascendentales, y este punto de vista primordial, es el higiénico, del que vamos á ocuparnos comenzando por fijar las condiciones que en toda conducción debe reunir el agua filtrada, para deducir después por cuál de los dos sistemas ó medios se llega á obtenerla con mayor número de ellas y cuál es el que más cumplidamente las satisface.

Estas condiciones son: primera, limpieza y claridad absoluta, sin olor ni sabor; segunda, ausencia de vegetales y de animales microscópicos; tercera, eliminación tan completa como es posible de materias orgánicas y muy particularmente de las que se hallan en descomposición; cuarta, temperatura conveniente, y quinta, que contenga la proporción *normal* de ácido carbónico y de los demás gases de la atmósfera.

Las substancias de que se componen los filtros, ejercen, según Knapp, dos efectos distintos sobre el líquido que los atraviesa, á saber: uno puramente mecánico, por virtud del cual las materias en él suspendidas se depositan y retienen, unas, las más gruesas, en la superficie, y otras finas y ténues, en los conductos capilares de la masa. Pero además de este efecto, é independientemente de él, ejercen una acción importante y directa sobre los principios disueltos en el agua en virtud de las leyes que rigen las atracciones moleculares, suficientemente activas y enérgicas en algunos cuerpos para turbar el equilibrio de las fuerzas químicas y determinar ciertas descomposiciones.

Este fenómeno juega importante papel en la vida vegetal y aun cuando en la filtración no sean tan enérgicos sus efectos, debido, de una parte á que las materias de que se hacen los filtros en general y especialmente

la arena no poseen en alto grado este poder absorbente, y de otra, á la pequeña cantidad de substancias disueltas en el agua con relación á su volumen, es indudable aquella acción y además beneficiosa. En cambio sobre las materias orgánicas, no es tan activa y eficaz y no resulta, ni mucho menos, decisiva; porque las arenas, por ejemplo, dejan pasar los infusorios; el carbón de madera, las más pequeñas variedades y aun cuando el carbón animal y la arcilla grasa las retienen por completo, si se examinan las aguas filtradas á través de estas materias, se reconoce que las vegetaciones microscópicas reaparecen muy rápidamente, lo que, según Hassal, revela que los gérmenes han escapado á la acción del filtro.

La filtración quita al agua algo de la proporción de gases que contiene, parte de los cuales son absorbidos por la materia misma del filtro y otros quedan libres por un efecto análogo al que producen todos los cuerpos pulverulentos. Ahora, cuando esta acción se ejerce sobre gases nocivos ó que en exceso contiene el agua, como acontece en las que tienen fuerte proporción de calcáreos en estado de bicarbonatos disueltos, á beneficio de un exceso de ácido carbónico, gas que la filtración desaloja haciendo precipitar el carbonato, si la acción se ejerce, repetimos, de la manera indicada, es sin duda beneficiosa, hasta el punto de poder convertir en potable un agua que no lo sea antes; pero si por el contrario obra sobre los gases que deben entrar en su composición normal, resulta también indudablemente perjudicial. Hay que hacer observar, además, que esta acción no es igualmente enérgica para todos los gases, ni para todas las materias filtrantes, pues en tanto que el ácido carbónico es eliminado casi completamente por todas, y que otros gases, como el oxígeno y el ázoe, lo son en proporción bastante fuerte, el hidrógeno sulfurado sólo se desaloja y elimina de una manera completa por el carbón vegetal y principalmente por el animal.

Los filtros de arena no ofrecen, á juzgar por lo que de las consideraciones expuestas se deduce, garantía bastante de una buena depuración del agua, sino para su clarificación, y ésta no completa.

Frankel ha comprobado, por medio de experiencias repetidas y cuidadosamente hechas con filtros de arena, que el número de micro-organismos que se encuentran en las aguas filtradas, está en relación direc-

ta con el que contienen las impuras, así como también con la rapidez con que se proceda en la filtración. Resulta igualmente de las citadas experiencias, que el paso de las bacterias del agua impura á la filtrada, no es un hecho constante y necesario en todo momento de la filtración, sino que se produce al principio de ella, cuando aun no se ha formado la membrana filtrante, y en el curso del trabajo, cuando por haberse hecho esta membrana demasiado gruesa y tupida requiere, para mantener constante el rendimiento del filtro, un aumento de presión.

Como consecuencia lógica de tales experiencias, se deduce que para obtener con los filtros de arena la conveniente depuración del agua, es absolutamente preciso cumplir las condiciones siguientes: 1.ª, favorecer, en primer término, la formación de la membrana filtrante, dejando reposar el agua en el filtro el tiempo suficiente para que se depositen en la superficie las materias suspendidas; 2.ª, empezar, despues de ésto, la filtración con cargas pequeñas, que deberán irse aumentando progresiva, gradual y lentamente hasta llegar á la que produce la velocidad conveniente para la filtración; 3.ª, no exceder la presión de la que convenga para mantener el rendimiento del filtro; 4.ª, limpiar éste cuando su rendimiento disminuya, á pesar de la carga límite tolerada, extrayendo la arena en toda la extensión superficial y en profundidad de $0^m,01$ á $0^m,02$. Esta limpieza es, además, indispensable para evitar el gravísimo peligro de que los gérmenes se cultiven en el filtro, cosa que no es realmente difícil si se descuida esta precaución y la de cubrir los filtros, á fin de que los agentes, calor y humedad, que tan poderosamente contribuyen á la descomposición de la materia, obren juntamente y aceleren el desarrollo y pululación de los expresados gérmenes.

Fácil nos ha de ser demostrar el fundamento racional en que estas condiciones descansan. Es en efecto sabido que cuando el filtro es nuevo depura mal, ó más propiamente expresado, no depura nada; de suerte que si desde el principio se hiciera circular rápidamente el agua, arrastraría consigo todas las impurezas y la filtración resultaría completamente ilusoria y esteril.

Para que no suceda así, es preciso llenar el filtro de abajo á arriba con agua pura del depósito, cuyo nivel deberá hallarse á $0^m,40$ del correspondiente del filtro; de esta manera el agua irá desalojando el aire

contenido en los conductos capilares de la arena y ganará poco á poco la altura de la capa superior hasta empaparla por completo. Desde ese momento no hay ya inconveniente en introducir, poco á poco también, el agua impura hasta obtener en el filtro una altura de un metro sobre la superficie.

Si manteniendo cerrado el tubo de evacuación se deja entonces reposar el agua, las materias suspendidas en ella se depositarán lentamente formando en su agrupación una membrana ténue, pero tupida, que en esencia constituye el verdadero filtro, y que, en tal concepto, es del mayor interés conservar intacta durante la operación. Con este objeto deberá abrirse paulatinamente y con todo género de precauciones, el tubo de salida de agua, hasta que ésta tenga sobre la arena nada más que $0^m,30$ de altura, que es la conveniente á una velocidad moderada en la filtración.

Ahora bien; en proporción y á medida que ésta continúa, claro es que la membrana se hace más tupida y resistente, exigiendo, como es lógico, para mantener un determinado rendimiento, cierto aumento de presión; mas como quiera que estos incrementos de la presión tienen un límite insalvable que fija y señala la necesidad de mantenerse en una velocidad conveniente, por una parte, y por otra de prevenir el riesgo que con elevadas cargas se corre de destruir la membrana, haciendo nulo y estéril el resultado de la filtración, de aquí que cuando se aminora el rendimiento, á pesar de filtrar bajo la carga extrema y límite aceptada, sea indispensable la limpieza del filtro.

Cuando el filtro funciona del modo inteligente que se acaba de indicar, la distribución de las bacterias en él es constantemente la misma, á saber: muy numerosas en la lámina superficial y disminuyendo rápidamente hacia el fondo; pero esta distribución sólo se realiza y obtiene con velocidades moderadas que no excedan de $0^m,10$ por hora, habiéndose comprobado que con velocidades mayores, debidas á fuertes presiones, las bacterias ganan pronto las capas profundas y arrastradas por el agua, son conducidas al recipiente de la filtrada, que así resulta tanto ó más impura que lo estaba al principio.

El examen bacteriológico de las aguas comprueba, sin excepción alguna, este aserto. En Berlin este examen reveló, en efecto, 3609 gérme-

nes por centímetro cúbico en las aguas impuras, y sólo 63 en las depuradas mediante una velocidad comprendida entre 0,05 y 0,10 por hora; pero la relación en que las bacterias contenidas en unas y otras se encontraban, descendió rápidamente á medida que se aumentó la velocidad de filtración, resultando ésta ilusoria por hallarse el mismo número de gérmenes en las aguas filtradas que en las impuras, cuando la velocidad llegó á $0^m,80$ por hora.

Iguales experiencias hechas en Zurich, durante los años 1886 y 1887, dieron análogos resultados.

El promedio general de los gérmenes contenidos en centímetro cúbico de agua impura, fué, en el primero de los años citados, de 159, mientras que en igual volumen de agua filtrada, con la velocidad de $0^m,30$, el promedio general fué de 24, entre cuyos números existe la relación aproximada de $^1/_6$.

Disminuida la velocidad de filtración, durante el año 1887, á $0^m,20$, la relación entre el número de bacterias por centímetro cúbico de agua filtrada, que fué 19, y el contenido en igual volumen antes de la filtración igual á 224, resulta de 1 : 12.

No puede manifestarse más clara y precisa la influencia grandísima que en el resultado de la filtración ejerce la velocidad con que se opera, la que, como queda demostrado, ha de ser precisa y necesariamente pequeña, siguiéndose de aquí que debe comenzarse con cargas pequeñas que se irán aumentando lentamente á medida que sea preciso para mantener el gasto normal, sin exceder de $0^m,60$, y evitando á todo trance las variaciones bruscas que podrían ocasionar la rotura de la membrana filtrante.

Otro detalle, que aunque de escasa monta á primera vista es, sin embargo, importante y añade á las indicadas otra condición más, que debe satisfacerse en los filtros, es la clase de arena y la magnitud que deban tener los granos de la que se emplée: ninguna de estas dos circunstancias es, aunque parezca extraño, indiferente, porque la magnitud de los granos, por ejemplo, está en íntima conexión con la velocidad é influye, por lo tanto, muy directamente en el resultado higiénico del filtro; según sea por otra parte la clase de arena, así es también la resistencia que opone al paso del agua y la presión que requiere para el rendimiento

normal, y como la presión tiene límites fijos infranqueables, ellos establecen, de hecho, determinada clasificación entre las arenas aceptables y eliminan las inadmisibles.

Teniendo en cuenta que las resistencias opuestas por las arenas de 2 milímetros, las de grano medio, las finas y muy finas se hallan en la misma relación que los números 1, 1,63, 3,33 y 10, se comprende muy bien que creciendo las presiones en razón de estas resistencias, nó es en modo alguno indiferente el escoger una cualquiera, sino que es preciso combinarlas entre sí, cuando más guardando cierto orden y relación en la magnitud de las de cada una de las tongadas que componen el filtro, tanto en la idea de obtener una resistencia conveniente, cuanto para que los granos de una capa ó tongada no cierren demasiado los huecos de la siguiente y entorpezcan fuera de medida la circulación por ellos del agua.

Al par que se evidencia por lo expuesto la necesidad de proceder con grandes precauciones é inteligente cuidado en la filtración de las aguas para lograr por este medio su depuración en el grado conveniente, se comprende también la dificultad, rayana en lo imposible, de cumplir escrupulosamente todas las condiciones que operación tan delicada requiere, no siendo la menor de ellas el encontrar un operario suficientemente hábil, entendido, concienzudo y cuidadoso á quien encomendar la filtración, que penetrado y profundamente convencido de la importancia efectiva que en el resultado de aquélla tienen todos y cada uno de aquellos detalles enumerados, les preste la atención necesaria y los realice con rigurosa exactitud, circunstancia sin la cual bien puede asegurarse que el resultado será, no solamente nulo, sino en muchos casos contrario y perjudicial. Se ha observado, en efecto, que cuando la filtración, en pequeña escala sobre todo, se conduce mal, los filtros de materias granuladas y aglomeradas dejan pasar los gérmenes, conteniendo el agua filtrada tantos como la impura y frecuentemente en mayor número que ésta, debido á que se cultivan en la materia misma del filtro y son arrastrados por el agua á su paso por los conductos capilares de aquél.

A este inconveniente, el más grave de los que presentan los pequeños filtros de arena, hay que añadir todavía la dificultad de hacer bien la limpieza y, lo que es peor, la imposibilidad absoluta de esterilizarlos.

El estudio que de estos filtros hicimos, expuesto, aunque incompletamente, en las páginas que preceden, nos demostró que no sólo dejaba mucho que desear desde el punto de vista higiénico, sino que la solución que ofrecían al problema planteado era de todo punto inadmisible por defectuosa.

Desechada en principio y forzados como estábamos á recurrir, para buscarla satisfactoria, á los filtros industriales, fijamos la atención en los Chamberland-Pasteur, que gozaban de gran reputación y eran, según las noticias que de ellos teníamos, los más perfeccionados entonces y muy superiores, considerados higiénicamente, á los de arena.

Consisten esencialmente los filtros Chamberland, en un tubo de porcelana sin barnizar de 0,20 de longitud, 0,025 de diámetro interior y 0,002 de grueso en sus paredes, cerrado por uno de sus extremos y terminado en el opuesto por un anillo esmaltado que se prolonga por una boquilla ó telón para dar salida al agua filtrada. El espesor de la capa filtrante es, en estos filtros, de 0,002 por 0,60 que tiene en los de arena, disminución notable que ha podido obtenerse reduciendo á la vez, en proporción considerable, el diámetro de los poros; y esta ventajosísima circunstancia, al par que facilita, acrece también la acción de las atracciones moleculares, haciéndolas más enérgicas y por superficies más extensas, resultando de ello que los corpúsculos un poco voluminosos se detienen en la superficie del tubo ó bujía y las bacterias, esporos, etc., se fijan, apenas penetran, en los espacios porosos, casi á flor, puede decirse, de la membrana filtrante.

Por fracciones de milímetro no más, se mide en estos filtros el espesor de la capa penetrada por el limo, y hasta tal punto es esto cierto, que cuando se rompe una bujía en uso constante por espacio de muchos años, la superficie de ella solamente y un espesor que no llega á una décima de milímetro ha cambiado de color, mientras el resto de la porcelana conserva su primitiva blancura.

Diversas publicaciones que para el completo estudio y conocimiento de estos filtros, consultamos, se ocupan ventajosamente de ellos, ensalzando, con rara unanimidad, sus excelentes condiciones, entre las cuales es la más importante y característica la de impedir el paso á microbios y gérmenes, dejándolo no obstante libre á los gases que el agua contiene.

Mr. Richard, en su tratado de higiene práctica, dice á este propósito que, cuando un filtro Chamberland está bien cuidado, en la práctica ordinaria, suministra, en general, un agua exenta de gérmenes, y que cuando éstos se presentan, lo están en número muy inferior al que contiene el agua más pura obtenida con los filtros de arena. Schlœsnig, en notable disertación de 21 de Diciembre de 1885 sobre los filtros Chamberland, en la Academia de Ciencias de París; Mr. Miquel, en luminoso escrito de 1.° de Agosto del mismo año, y Mr. Dor en un notable artículo publicado por el periódico *El Lyon Medical*, fecha 9 de Junio de 1889 confirman esta ventajosísima condición, respecto de la que Mr. Trouessard expone, en su tratado sobre los microbios y fermentos, lo que sigue: «Se ha tratado de construir un filtro suficientemente perfecto para no dejar pasar ninguna materia sólida, ni por consiguiente los más pequeños organismos que en el agua existan; resultado que realiza ventajosamente el inventado por Mr. Chamberland en el laboratorio de Mr. Pasteur,» y en fin, este sabio y eminente bacteriólogo, operando la filtración de los caldos de cultivo á través de un tubo de porcelana, semejante á una bujía Chamberland, recogió al cabo de algunas horas un líquido absolutamente puro, que pudo inocular á varios animales sin causar en ellos perturbación alguna, siendo así que la menor cantidad del líquido primitivo hubiérales producido inevitablemente la muerte.

Estos filtros ofrecían, sin embargo, alguna dificultad para su limpieza y esterilización, que fué salvada ingeniosamente por Mr. O. André con el limpiador mecánico de su invención, constituyendo un nuevo modelo de filtro más perfecto y más práctico, respecto del cual y de los resultados de experiencias con él realizadas, dice Mr. Netter, reputado médico á cuyo cargo corre el laboratorio de higiene de la facultad de Medicina de París, en informe á la Junta consultiva de higiene pública de Francia, entre otras cosas y en esencia: «Que habiendo filtrado con el aparato en cuestión agua á la que añadió cierta cantidad del bacillus pyocyanico, no obstante que éste existía en el aparato dos y tres días después de introducido, el agua salía de las bujías exenta de gérmenes», de donde dedujo las conclusiones siguientes: primera, que el limpiador previene la acumulación y pululación de las bacterias en las superficies de las bujías; segunda, que facilita mucho el uso del filtro Chamberland, cuyo rendi-

miento aumenta, y tercera, que disminuye la probabilidad de roturas de las bujías.

A todos estos datos y noticias, verídicas sin duda y dignas de fé y entero crédito, daba valor extraordinario é incontrastable fuerza, el hecho práctico y elocuente, como ninguno, de haberse aplicado en Francia tan extensivamente estos filtros, que en 1892 el número de los instalados en los cuarteles bastaba para 200.000 hombres, y claro es que cuando después de las numerosas y bien dirigidas experiencias hechas en el laboratorio bacteriológico de Val de Grace, la comisión los propuso al Ministro de la Guerra y éste los adoptó, haciendo de ellos aplicación tan extraordinaria y costosa, indudablemente fué impulsado á ello por una razón superior que no podía ser otra sino la higiénica primeramente, la seguridad y confianza del éxito más completo y el convencimiento, en fin, de que allá donde se aplicasen y el agua se depurase por sú medio, lograría extinguir la fiebre tifoidea que diezmaba al ejército.

Los dos siguientes estados, el primero de los cuales comprende los datos estadísticos referentes á todos los cuarteles dotados de filtros, y el segundo solamente los relativos á los cuarteles situados dentro de Paris, son de ello la demostración más acabada y el más fehaciente testimonio.

**Estado núm. 1.**

| | MEDIA de los años 1886 y 1887 | AÑOS | | DISMINUCIÓN | | PROPORCIÓN por 100 en menos | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1889 | 1890 | 1889 | 1890 | 1889 | 1890 |
| Número de casos de fiebre tifoidea. . . . . | 6881 | 4412 | 3491 | 2469 | 3390 | 36 | 49 |
| Número de muertos por idem. . . . . | 864 | 641 | 572 | 229 | 292 | 25 | 34 |

**Estado núm. 2.**

| | MEDIA de los años 1886 y 1887 | AÑOS | | DISMINUCIÓN | | PROPORCIÓN por 100 en menos | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1889 | 1890 | 1889 | 1890 | 1889 | 1890 |
| Número de casos de fiebre tifoidea. . . . . | 1270 | 531 | 309 | 739 | 961 | 58 | 75 |
| Número de muertos por idem. . . . . | 136 | 82 | 52 | 54 | 84 | 40 | 62 |

El estudio comparativo que de los dos sistemas de filtros hemos hecho, minucioso y prolijo quizás, más no inútil, por cuanto por él se forma cabal juicio de las condiciones propias de cada uno, á la vez que de los resultados que su aplicación presenta, demuestra que desde el punto de vista higiénico son los filtros Chamberland-Pasteur muy superiores á los de arena, respecto de los cuales tienen numerosas, indudables y grandes ventajas y que solamente comparados en su coste ó con relación al gasto inicial que su instalación requiere, las tienen éstos.

Ahora bien: constituye en nosotros más que opinión y arraigado convencimiento, parte esencial de nuestra manera de sér y sentir, la idea de que cuando se trata de resolver problemas á los que van ligados por lazos íntimos y estrechos, tan preciados intereses como para todo militar deben serlo y lo son la salud y la vida del soldado, la economía no puede, ni mucho menos debe imponerse ni anteponerse á la higiene. Cierto que debe procurarse aquélla, pero únicamente después de cumplir los sabios preceptos de ésta. Proceder de otro modo fuera en verdad poco cuerdo, é insensato el aceptar un procedimiento reconocidamente defectuoso, con preferencia á otro evidentemente bueno, fundados, no más, que en una insignificante economía, no del todo palpable y justificada. De aquí que, en primer término, por la convicción profunda é íntima que abrigamos de que en higiene nada es indiferente y que hasta los detalles en apariencia más insignificantes tienen valor é importancia grandes; y además porque siempre juzgaremos como delito de lesa humanidad mirar con indiferencia, desatender ó posponer á consideraciones de orden secundario la esencialísima y primordial que se relaciona con la salud y el bienestar de la tropa, nos pronunciamos abierta y decididamente por los filtros Chamberland-Pasteur con limpiador mecánico O. André, para todos los cuarteles, no obstante su mayor coste, y estos fueron los que, como mejores y más perfectos que entonces conocíamos, propusimos en el proyecto primitivo.

### Filtros de porcelana de amianto; su estudio y modificación del primer proyecto.

En curso para su aprobación se hallaba todavía este proyecto, cuando en una revista científica tuvimos ocasión de leer algo relativo á la

porcelana de amianto y á los excelentes resultados logrados en Francia en sus aplicaciones á la filtración de las aguas; pero por lo que podía deducirse de la breve exposición y somero relato que de los experimentos y resultados se hacía, parecían serlo todavía más de ensayos de laboratorio que de prácticas é industriales aplicaciones; y en esta inteligencia y concepto, y sin desconocer, ni mucho menos, que el hecho podía tener importancia y hasta verdadera transcendencia, nos pareció prematuro, cuando menos, basar sobre tan incompletos datos y noticias una rectificación del criterio que había informado aquel proyecto: creyendo, repetimos, que las aplicaciones prácticas de la porcelana de amianto distaban mucho de ser un hecho, y que la fabricación de filtros industriales superiores á los Chamberland se hallaba diferida á un porvenir tal vez muy lejano.

Pronto, sin embargo, hubimos de convencernos de que esta suposición no era fundada, ni exacto el juicio que con respecto al estado de tan interesante particular habíamos formado. Todas cuantas noticias recibíamos, por conductos esencialmente distintos, conformaban, efectivamente, para presentar resuelta de manera práctica la aplicación industrial de la nueva cerámica, lo cual no basta en rigor para justificar debidamente ante nosotros un cambio y radical modificación de nuestro primer pensamiento, como tampoco para formar juicio exacto y definitivo sobre tan delicada materia, porque entre los datos recogidos los había de todas especies: unos, de cuya veracidad no era lícito dudar; otros, bastantes, vagos é inciertos, y los demás, de orígen dudoso ó interesado. En vista de todo lo cual, y no queriendo pecar de ligeros y apasionados de novedades, sino por el contrario, marchar sobre terreno firme y seguro, y con perfecto conocimiento de causas, nos propusimos inquirir, sin apresuramientos ni precipitaciones, lo que de cierto hubiera en las experiencias realizadas y resultados por ellas conseguidos.

Con este propósito nos dirigimos al distinguido profesor de la Universidad Central, Sr. D. José Muñóz del Castillo, persona respetable y merecedora de toda nuestra confianza en punto á la veracidad de sus afirmaciones, quien por aquellos días había dado en la Sociedad española de higiene una conferencia, publicada en extracto por uno de los diarios de la corte, sobre los filtros de porcelana de amianto, y dicho señor, con

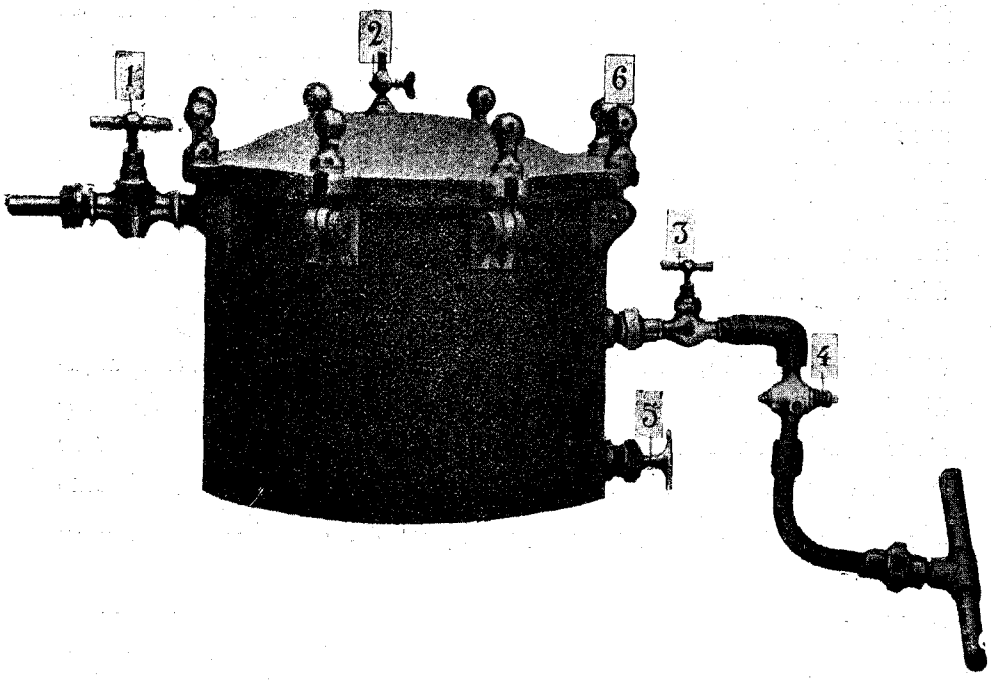
amabilidad nunca bastante agradecida, tomó á su cargo la trabajosa labor de desarraigar nuestros prejuicios en pró y favor de los filtros Chamberland, reivindicando para los de porcelana de amianto la superioridad que sobre aquéllos tienen, en el triple concepto de la higiene, de la economía y del rendimiento. En larga y muy instructiva correspondencia rebatió, con fortuna, todos los argumentos, datos y observaciones en que habíamos fundado nuestra predilección por los primeros de dichos filtros, facilitándonos á mayor abundamiento dos folletos por él publicados en Enero de 1894 y Febrero de 1895, en los que, condensados, expone los resultados de experimentos realizados en Francia, las opiniones de personalidades eminentes y las de corporaciones científicas de indiscutible respetabildad, todas las cuales sirvieron al Sr. Muñóz del Castillo de base firmísima para sentar sus convicciones, que son hoy también las nuestras, merced á las provechosas lecciones de dicho señor recibidas y á la incontrastable fuerza de los hechos.

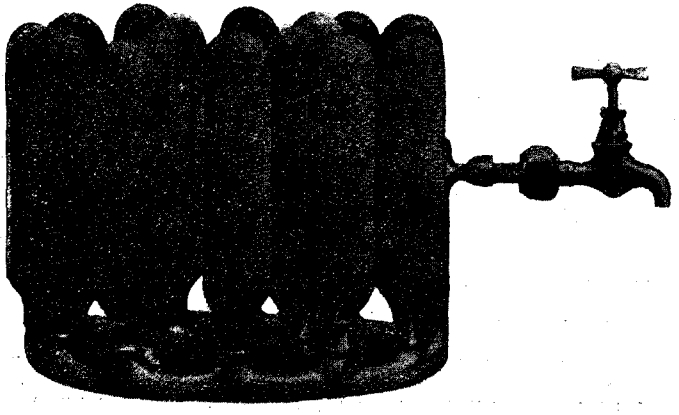
Consígnase en el primero de los folletos citados, como dato de grandísima significación, y la tiene en efecto extraordinaria, el haberse adjudicado por la Academia de Ciencias de París, prévio informe de monsieur Gautier, en el concurso de 1893, esto es, cuando de mayor favor gozaban los filtros Chamberland, el premio Montyon, tan ambicionado por los inventores, á los Sres. Merán y Garrós, que lo son de la nueva cerámica denominada *porcelana de amianto.*

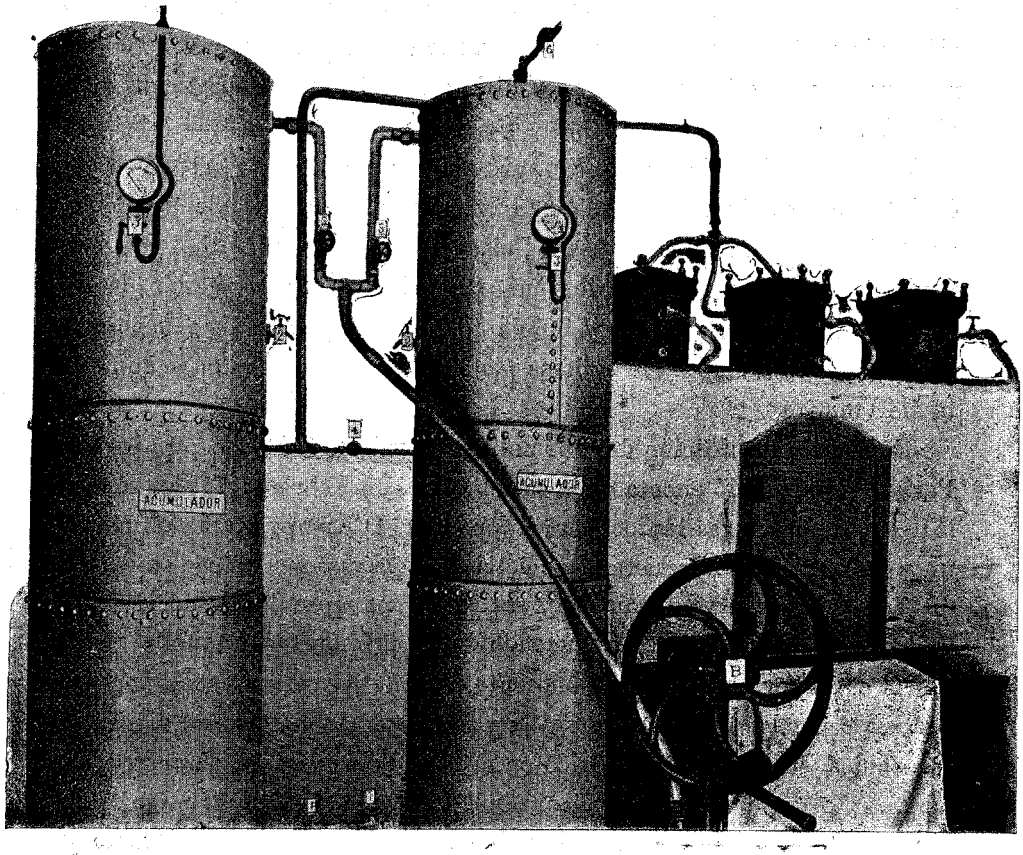
En su nota á la expresada corporación, presentada por Berthelot en 14 de Diciembre de 1891, dice en síntesis Mr. Garrós, que como las fibras de amianto tienen un diámetro muy pequeño, variable de 0,00015 á 0,0002 es posible, después de reducirlas á polvo y conglomerarlas sin la adición de ningún cuerpo extraño sólido, obtener, mediante determinadas manipulaciones y cocción á conveniente temperatura, una porcelana muy homogénea, de poros muy pequeños, regulares, uniformemente repartidos por unidad superficial y en número muy superior al de la porcelana usual ó bizcocho, sin barnizar, de los filtros Chamberland.

Los siguientes fotograbados, que reproducen aumentados 1000 veces los poros contenidos en porciones iguales de superficie de una y otra substancia, sirven de acabada demostracción á las afirmaciones anteriores. Se vé efectivamente en ellos que la porosidad en la porcelana de

amianto es uniforme, considerabilísimo el número de sus poros, de formas muy regulares en sus secciones transversales y sin diferencias apreciables en las dimensiones de ellas; mientras que en la porcelana usual estas diferencias son muy sensibles, irregulares en sus formas las secciones rectas de los canalillos ó conductos capilares, cuyo diámetro, mucho mayor, implica necesariamente el haber menor número de ellos por unidad superficial.






Esta porosidad uniforme y considerable de la porcelana de amianto y la pequeñez misma de sus conductos capilares, pueden explicar, aunque no de modo completamente satisfactorio, la diferencia enorme que se observa entre el rendimiento de los filtros de esta nueva materia y los Chamberland-Pasteur de porcelana usual; porque si, como asegura el Sr. Muñóz, que por propia experiencia ha podido conocer y apreciar el resultado práctico de aquellos filtros, ni las materias suspendidas en el agua, ni las que de ella se separan por virtud de las atracciones moleculares, obturan los poros de la porcelana de amianto con la misma facilidad que los de la usual, sino que forman una envoltura de grosera trama entre las paredes de las bujías y el agua, que ésta atraviesa fácilmente, es también consecuencia lógica y natural de ello el que la filtración no se halle sujeta á tan pronunciadas irregularidades é intermitencias como

en la porcelana usual experimenta, y también el que por ser esta filtración más contínua, constante y regular, por verificarse á través de mayor número de conductos, produzca, en último término, un rendimiento más elevado.

El que Mr. Garrós obtuvo con un pequeño matraz de 6 centímetros de diámetro, según comunicación dirigida á la Academia de Medicina de París, presentada por Mr. Jungfleisch, en 9 de Febrero de 1892, es verdaderamente extraordinario, pues con la insignificante presión de 10 centímetros de altura de agua, fué de 1,10 gramos por hora y centímetro cuadrado, alcanzando hasta 8 litros por hora cuando la presión se aumentó á 40 metros.

En otra comunicación del mismo inventor á la Sociedad química de París, de que se dió cuenta en la sesión de 26 de Febrero de 1892, reseña los experimentos realizados por el profesor D'Arsonval, encaminados unos á determinar la resistencia eléctrica de los vasos porosos construídos con la porcelana de amianto y realizados los segundos desde el punto de vista bacteriológico; deduciendo de los primeros que aquella resistencia es menor que la correspondiente á los de porcelana usual, y comprobando por los segundos que ni la glicerina y alcohol de los vinos, ni los ácidos sulfúrico, clorhídrico y acético, atacan á la porcelana de amianto, la que por tan notables propiedades está llamada á desempeñar importantísimo papel en las industrias y á ser objeto de numerosas y muy útiles aplicaciones.

Trasladar íntegros á esta Memoria los experimentos todos que en ambos folletos se insertan, fuera en verdad larga y además innecesaria tarea, razón por la cual habremos de limitarnos á trascribir tan sólo aquellos de los que, por hallarse en relación íntima con nuestro objeto y propósito, pueden sacarse en este único concepto provechosas y prácticas enseñanzas, garantidas, en cuanto á su exactitud, por el nombre de reputadas personalidades que en el mundo científico ocupan preeminente lugar y en el oficial cargos en los que son obligadas la seriedad y absoluta veracidad de afirmaciones.

Cinco son las experiencias llevadas á cabo por los doctores R. Durand, Fardel y F. Bordas, en el laboratorio de Toxicología de París, de las que trascribimos tan sólo tres, que por las condiciones en que fueron

realizadas y por el objeto que con ellas se perseguía interesan más á nuestro propósito y tienen con él una relación inmediata y directa.

1.ª Filtración del agua de las cañerías de la ciudad (agua del Vanne).

Un centímetro cúbico de agua del Vanne fué diluido en 100 de agua destilada y esterilizada, y un centímetro cúbico de esta dilución se ha empleado para efectuar siembras y cultivos. El recuento á las cuarenta y ocho horas ha dado este resultado:

Agua del Vanne antes de la filtración,

1200 colonias por centímetro cúbico.

Agua del Vanne después de la filtración,

Ninguna.

Los cultivos en placas, con agua filtrada, no han ofrecido á los seis días y más de observación ninguna colonia.

2.ª Filtración de un caldo de cultivo que contenía el bacilo tífico.

Filtrado el caldo á través de un matraz y sembrado el obtenido en tubos de gelatina, resultó esteril.

3.ª Filtración de un caldo de cultivo que contenía la bacteridia carbuncosa.

Inoculado con el caldo sin filtrar un conejo de Indias, murió á las treinta y seis horas; mientras que otro al que se inoculó con cultivo filtrado, no sufrió ninguna perturbación funcional.

Después de seis semanas de filtración contínua al través de una bola de amianto, los ensayos de cultivo en gelatina—añaden los citados profesores—no han producido ninguna colonia bacteriana.

Hecho muy notable y «resultado imposible de conseguir por más de cuarenta y ocho horas, aun con los filtros mejor acreditados» según afirma Mr. Gautier al ocuparse, en su informe á la Academia de Ciencias de París, de los ensayos hechos por el jefe del servicio micrográfico en el Laboratorio municipal de Montsouris, con las aguas del Ourcq, trasformadas mediante la filtración en líquidos completamente estériles, no obstante hallarse muy cargadas de microbios y de materias orgánicas.

Tan concluyentes como los anteriores y de tanta elocuencia son los resultados obtenidos por Mr. Girard, jefe del Laboratorio municipal de química de París, y las muy concretas afirmaciones de Mr. Miquel, partidario resuelto y defensor acérrimo de los filtros Chamberland hasta

1892. Mr. Girard certifica, en efecto, que analizada una muestra presentada por la casa Mallié, en la que el agua antes de la filtración contenía 600 colonias por centímetro cúbico, hecho el recuento á los ocho días de la siembra después de filtrada al través de la porcelana de amianto, no se encontró colonia alguna.

El eminente bacteriólogo Mr. Miquel, que en 1885 se había pronunciado abiertamente por los filtros Chamberland, considerándolos «como el único filtro industrial que podía oponerse eficazmente á la transmisión de las enfermedades por las aguas de la bebida» afirmaba en 1892, en vista de los resultados de sus propios estudios y experiencias con la porcelana de amianto:

1.° Que todos los bacilos del cólera habían sido detenidos y además aislados los pigmentos de las bacterias cromógenas.

2.° Que durante dos períodos de doce días consecutivos sin limpieza alguna, el agua salió del filtro tan completamente esterilizada el último día como el primero, no obstante haberse hecho la experiencia con agua del Ourcq cenagosa y cargada de bacterias.

3.° Que en estas condiciones, la porcelana ordinaria deja pasar microorganismos á las cuarenta y ocho horas.

4.° Durante más de treinta días sin limpiar el filtro á presión superior á 3 atmósferas y con agua del Dhuis, se han obtenido iguales resultados.

Estos y las terminantes y concretas afirmaciones que contienen, no pueden ser, como muy oportunamente dice en su folleto el Sr. Muñóz del Castillo, más significativas, y contrastan en gran manera con las que el mismo sabio bacteriólogo expuso ante la comisión de saneamiento de París, en sesión de 3 de Diciembre de 1892, al dar cuenta de los estudios que se le habían encomendado relativos á la instalación de filtros de porcelana usual en las escuelas. He aquí sus palabras, literalmente copiadas del segundo de los folletos:

«Resulta de experimentos repetidos que si las bujías impiden al principio el paso de las bacterias contenidas en los líquidos de cultivo más grandemente infestados, es lo cierto que no se oponen por mucho tiempo á dicho paso, sobre todo desde que, tratándose del agua, el exterior de las bujías se recubre de una capa mucosa muy putrescible, que constituye un verdadero medio de cultivo.»

«Según todas las probabilidades, las bacterias pueden atravesar en tales condiciones los filtros de bizcocho de porcelana, acaso por multiplicación de capa á capa, ganando el espesor de las paredes filtrantes hasta infestarlas por completo.»

«La rapidez de la infección depende: primero, de la temperatura ambiente, que favorece, en la estación de los calores, la pululación de las bacterias; segundo, de la naturaleza de las aguas, más ó menos adecuada para el desarrollo de los microfitos; tercero, de la presión, según algunos experimentadores.»

El paso de las bacterias á través de las paredes filtrantes en la porcelana usual, considerado como probable y anunciado y previsto por Mr. Miquel, confírmanlo plenamente los experimentos realizados durante un año por el farmacéutico mayor de primera clase Mr. Lacour, resumidos en una memoria premiada por la Academia de Medicina y que publicó la *Revue de Hygiene* en 20 de Julio de 1892.

De ella toma el Sr. Muñóz, y trascribimos nosotros, los siguientes elocuentísimos párrafos:

«Cada bujía después de haber sido lavada, frotada con un cepillo y cuidadosamente esterilizada á 170°, se colocaba en su armadura y se atornillaba ésta á su correspondiente grifo; después se hacían las siembras en tubos de gelatina peptonizada ó agar, según la estación, con agua de uno, dos, tres, cuatro y cinco días y los cultivos en placas, en la cámara húmeda, ó en cajas de Petrí ó en frascos de Erlenmeyer.»

He aquí el resultado bacteriológico:

«Agua cogida después de funcionar contínuamente el filtro durante veinticuatro horas: nada.

Agua del segundo día de contínuo funcionamiento: nada.

Agua del tercer día: algunos gérmenes semejantes á los del líquido no filtrado.

Agua del cuarto día: colonias cuyo número, aunque creciente, es aún inferior al del agua sin filtrar.

Agua del quinto día: cantidad considerable de gérmenes, cuyo número es tres, cuatro, cinco y aún seis veces mayor que el de los contenidos en el líquido antes de la filtración. Algunas colonias encontradas en

cultivos hechos con agua filtrada, no se pudieron observar en los del agua sin filtrar.»

Estos hechos y algunos más muy elocuentes también que todavía pudiéramos añadir, tomándolos de entre los que en los dos citados folletos se consignan, modificaron por modo radical y completo nuestras convicciones, en cuanto se referían á la bondad intrínseca y eficacia esterilizadora de los filtros Chamberland, cuya inferioridad desde este esencialísimo punto de vista, respecto de los de porcelana de amianto, queda por todos aquellos hechos demostrada y hecha bien patente. Y como además de incontestable superioridad higiénica reunen los filtros de porcelana de amianto, las muy atendibles ventajas de ser mucho más baratos á igualdad de rendimiento, y de producirlo mucho más elevado por unidad superficial, no dudamos en proponer la substitución de los Chamberland-Pasteur proyectados para los cuarteles, por los de la nueva materia, que por las circunstancias indicadas, de coste y rendimiento, permitían, sin exceder la cifra del presupuesto primitivo, ampliar el número de instalaciones, estableciendo en el Hospital Militar filtros de igual sistema, en número suficiente para obtener un rendimiento diario de 4.000 litros y dotar de los llamados domésticos las habitaciones que el Excmo. Sr. Comandante en Jefe ocupa en la Capitanía General y los demás pabellones del mismo edificio, no comprendidos, como tampoco el Hospital Militar, en aquel proyecto.

Al formular dicha propuesta, que fué aprobada por Real orden de 27 de Marzo de 1895, ignorábamos todavía lòs resultados de las experiencias que, cumpliendo lo dispuesto por el Ministerio de la Gobernación, llevaban á cabo en el Laboratorio bacteriológico de San Carlos los eminentes profesores Sres. D. Andrés del Busto, D. Santiago Ramón Cajal, D. Benito Hernando y D. Félix Guzmán, para justificar la utilidad de la porcelana de amianto en sus aplicaciones á la filtración de las aguas y la eficacia esterilizadora de esta nueva cerámica.

Conocidos ya estos resultados y garantidos con la firma de aquellos sabios experimentadores, á quienes se estima y muy justamente se reputa, por su grandísima competencia y profundo saber, como verdaderas eminencias europeas, constituyen para nosotros el dato de más valor, la demostración y prueba más concluyentes del poder esterilizador de la

porcelana de amianto, como también de la superioridad que en este concepto esencial tiene sobre la usual de que se fabrican los filtros Chamberland-Pasteur.

He aquí textualmente copiado el informe de los distinguidos profesores citados.

«*Ministerio de la Gobernación.=Subsecretaría.=Sección de Sanidad.* =Remitidos á informe del Decano de la Facultad de Medicina de esta corte los filtros de porcelana de amianto, de cuya Sociedad española es V. representante, á fin de que una comisión de profesores de la misma practicara los estudios y ensayos necesarios, ha emitido el siguiente informe:=La comisión nombrada por este Decanato para examinar las cualidades de los filtros de porcelana de amianto, me dice lo que sigue:= En cumplimiento de lo dispuesto por el Sr. Decano accidental de esta Facultad de Medicina, quien, por oficio del 8 de Octubre de 1894, nombró una comisión de los profesores D. Andrés del Busto, D. Benito Hernando, D. Santiago Ramón Cajal y D. Félix Guzmán, para que examinaran experimentalmente las cualidades de los filtros de porcelana de amianto presentados por la Empresa Española de Filtros, los abajo firmados han efectuado con dichos filtros en el Laboratorio de Bacteriología de San Carlos las siguientes experiencias, que juzgan suficientes para justificar la utilidad del invento: Primera experiencia. Consistió en hacer un ensayo comparativo acerca del poder de filtración de la porcelana de amianto y de los filtros Chamberland. El resultado fué el siguiente: en veinticuatro horas obtuviéronse con el filtro Chamberland-Pasteur 5400 centímetros cúbicos; con el de porcelana de amianto número 1, 7800 centímetros cúbicos; con el de porcelana de amianto número 0, 26.200.=Segunda. Investigación microscópica de agua filtrada. Se tomó una gota de agua de caño libre y otra de la filtrada, y convenientemente coloreados en portaobjetos los resíduos de la evaporación, se advirtió que el agua libre presentaba diversas especies de bacterias, mientras que la filtrada no contenía ningún micro-organismo.=Tercera. Siembra en gelatina agar-agar y suero sanguíneo de una gota de agua filtrada. Practicada la siembra en tres tubos de gelatina peptonizada, en tres de agar-agar peptonizado y en otros tres de suero sanguíneo gelatinizado, ninguna colonia apareció en estos diversos terrenos, á pesar de haberlos sometido durante seis días

consecutivos á una temperatura de 38 grados.=Cuarta. Filtración de caldos con bacterias patógenas. Filtróse un caldo que contenía bacilos de la difteria, y con el líquido recogido se ensayaron siembras en diversos terrenos, así como preparaciones microscópicas; el resultado fué negativo: ni aparecieron colonias, ni pudo discernirse al microscopio en el producto filtrado ninguna bacteria. Experiencias efectuadas con otros micro-organismos, tales como el *Staphilococus progenes aurens*, el *bacillus tiphosus* y el *micrococus erisepelatis* dieron exactamente los mismos resultados. De lo expuesto se infiere que el filtro de porcelana de amianto no deja pasar ningún género de micro-organismos patógenos, por lo menos durante un tiempo bastante considerable de su empleo, y que lleva además al de Pasteur-Chamberland la ventaja de filtrar una mayor cantidad de líquido en la unidad de tiempo.=ANDRÉS DEL BUSTO.=BENITO HERNÁNDEZ.=SANTIAGO RAMÓN DE CAJAL.=FÉLIX GUZMÁN.=Lo que traslado á V. para su conocimiento y en virtud de lo solicitado en su instancia.=Dios guarde á V. muchos años.=Madrid 13 de Septiembre de 1895.=*El Subsecretario:* MARQUÉS DEL VADILLO.=Señor Gerente de la Empresa Española de Filtros.»

## Causas que motivaron el orden seguido para la ejecución de las instalaciones.

Autorizada la Comandancia de Ingenieros de Zaragoza por Real Decreto de 19 de Junio de 1895 para la compra de los aparatos sin las formalidades de subasta, adquiriéronse de la casa Mallié de París, por mediación de la Sociedad Española de Filtros, á la que aquella casa tiene concedido el monopolio de la venta en España, dieciocho baterías de 15 bujías cada una con destino á los edificios de la Aljafería, del Cid, de Sangenís y del Hospital Militar y diecinueve filtros de casquete, modelo de Madrid, para los pabellones, á reserva de adquirir en adelante algunos más de los primeros, si fueren necesarios, para tener previsto un aumento inusitado de fuerza en los expresados cuarteles, como también la contingencia, posible, aunque no probable, de que el rendimiento efectivo total de los filtros instalados fuese menor que el *a priori* atribuído y estimado indispensable.

En los últimos días del mes de Junio de 1895 comenzaron á llegar

los aparatos, cuyo completo recibióse al finalizar aquel mes, procediéndose sin demora á establecer los correspondientes á los cuarteles del Cid y Sangenís, más que otro alguno necesitados de esta medida higiénica y en los que, por la circunstancia en un principio apuntada, era urgentísima la reforma, que en ambos quedó por completo realizada en los primeros días de la segunda quincena del mes de Julio.

No obstante esto y que las dos instalaciones funcionaron desde el primer momento con éxito y resultados que excedían en mucho nuestras previsiones, puesto que en pocas horas de trabajo y con parte, no más de los aparatos establecidos, proporcionaban cantidad de agua esterilizada muy superior á la demandada, creímos conveniente diferir la entrega de los aparatos y accesorios á las respectivas unidades orgánicas, hasta terminar las experiencias que personalmente nos proponíamos hacer, con el fin de adquirir, en primer lugar, la práctica necesaria en las diversas aunque sencillas operaciones que el inteligente manejo de estos aparatos requiere; deducir de ellas reglas é instrucciones para su uso y funcionamiento, y por último y muy especialmente, para conocer y precisar dos puntos de sumo interés, cuales son: 1.°, el volumen de agua que con la presión bajo la cual funcionan producía diariamente cada filtro, ó más bien el que debía tomarse como su rendimiento normal, y 2.°, los períodos ó espacio de tiempo que sin inconveniente podía mediar entre dos limpiezas ó dos regeneraciones del filtro, siempre en la mira de obtener en el caso más desfavorable, esto es, cuando las paredes externas de las bujías se hallen más cargadas de materias que dificulten la filtración, el rendimiento mínimo indispensable para llenar con holgura las necesidades previstas.

Precisados y conocidos estos datos sabríase en efecto, por el primero, si el número de filtros instalados en cada cuartel bastaba ó no para satisfacer con amplitud las atenciones del mismo, y por el segundo, se tendría la seguridad y absoluta certeza de que, ejecutadas las limpiezas y las regeneraciones de los filtros dentro de los períodos señalados, estarían en todos los casos cubiertas dichas atenciones y en ninguno habría de escasear el agua.

Hiciéronse las experiencias á que nos referimos simultáneamente en los dos cuarteles, bajo la dirección del jefe que subscribe, eficaz é inteli-

gentemente secundado por el maestro de obras de la Comandancia don Juan Urruti, que tenía á su cargo las de el Cid, y por el oficial celador D. Francisco Carroquino, á quien se encomendaron las de el de Sangenís.

En los estados números 1 y 2 y correspondientes diagramas, de cuyo análisis y estudio nos ocuparemos después, se consignan los resultados obtenidos, con las circunstancias de presión, estado y número de los filtros que funcionaron en cada una de las experiencias, datos que nos sirvieron de base y puntos de partida para redactar las Instrucciones que como apéndice acompañan esta Memoria y que aprobadas por el Excmo. Sr. Comandante en Jefe de la Región, son hoy en ella preceptivas para el uso y manejo de los filtros.

En presencia de tan excelentes resultados y del completo éxito alcanzado en estas primeras instalaciones, que por lo mismo eran, sin duda, la mejor y más segura garantía del que había de obtenerse en las demás, natural parecía, y más que natural todavía, obligado, para llegar en breve plazo al objeto importantísimo y humanitario fin á que responden, proseguirlos sin intermisión y simultáneamente en todos los restantes edificios.

Así lo aconsejaban todas las conveniencias y este era el plan que seguramente habríamos seguido si á su realización hubiera sido lícito aplicar íntegramente las cinco mil pesetas consignadas á la Comandancia, para sus atenciones, obras y servicios en el primer mes del año económico; pero como quiera que una buena parte de ellas tenía obligada é ineludible inversión en la variedad de pequeñas obras que contínuamente requiere el entretenimiento de los edificios, que en ningún caso fuera prudente descuidar, al propio tiempo que en las más importantes de reforma del cuartel de Sangenís, imperiosamente demandadas por urgentísimas necesidades del regimiento de Pontoneros, cuya satisfacción pronta y cumplida pone á salvo valiosos intereses del Estado, y últimamente en las atenciones especiales y demás servicios de la Comandancia, igualmente perentorios; se ve clara y patente la imposibilidad de acudir con tan escasos medios á tantas y tan justificadas obligaciones y la en que consiguientemente se estaba de realizar á la vez todas las instalaciones con la actividad y desarrollo adecuados y convenientes á su rápido progreso, porque pretenderlo, en efecto, con el reducido gasto que

permitían los escasos recursos disponibles, era buscar una armonía, evidentemente imposible, entre dos términos que por su índole y naturaleza son inconciliables.

Fué, pues, forzoso proceder separadamente por instalaciones, dando preferencia á las de la Aljafería, cuyo estado de adelanto ofrecía mayores probabilidades de terminarlas en corto plazo, y cuando, después de algunos ensayos, adquirimos seguridad y plena confianza en el funcionamiento regular de estas instalaciones, continuóse, en primer término, la del Hospital Militar, y concluída que fué ésta, la de los filtros domésticos en los pabellones de la Capitanía General, Gobierno Militar y Parque de Ingenieros.

Al describir las instalaciones hechas, veremos que varía bastante de una á otra la presión bajo la cual funcionan los filtros, y como esta diferencia suministraba un medio excelente para deducir las relaciones que ligan entre sí la presión funcional y el rendimiento, á la vez que también los incrementos correspondientes de éste por metro de aumento en aquélla, hiciéronse por los oficiales celadores D. Vicente Pérez y D. Francisco Carroquino en la Aljafería, y por el maestro D. Juan Urruti en el Hospital, experiencias idénticas á las llevadas á cabo en el Cid y Sangenís, aunque principal y casi exclusivamente dirigidas á fijar con exactitud aquellos dos expresados extremos, consignándose los resultados en los cuadros números 3 y 4 y gráficos correspondientes, cuyo estudio haremos al propio tiempo que el de los ya antes citados.

En cuanto al rendimiento de los filtros domésticos, llamados de casquete (modelo de Madrid), tenemos verdadera satisfacción en consignar que supera considerablemente á los 50 ó 60 litros garantidos por la Sociedad Española de Filtros, puesto que ninguno de los establecidos rinde menos de 180 litros diarios, con una presión que, en el que tiene más, no pasa de $1^{m},50$.

Cuando después de aprobada la substitución de los filtros Chamberland-Pasteur primeramente proyectados por los de porcelana de amianto y de haberse consignado fondos, en el anterior ejercicio, para establecerlos, fué llegado el caso de señalar el número de los necesarios para obtener la dotación de agua de antemano señalada en cada cuartel, hubimos de aceptar, á falta de otros datos, los que el representante de la Sociedad

Española de Filtros proporcionó respecto del rendimiento normal, variable entre 900 y 1.000 litros, de la batería tipo de 15 bujías.

Ateniéndonos á este dato, que tomamos, no como rendimiento normal, sino como el mínimo producido por batería, asignáronse tres de éstas para el cuartel de Sangenís é igual número para el del Cid, en los que supuesta alojada la fuerza total que su máxima capacidad permite, é incluyendo jefes y oficiales, serían necesarios 2.400 litros por día.

Las experiencias hechas en ambos cuarteles han demostrado, por modo evidente, que si con oportunidad y en los plazos marcados se atiende á la limpieza y á la regeneración de los filtros, éstos no rinden menos de 1.500 litros en veinticuatro horas, y en este supuesto, es indudable: primero, que tanto para el Cid como para Sangenís, hubieran sido, no ya suficientes dos filtros, sino sobrados, puesto que con ellos se garantiza un rendimiento de 3.000 litros, que excede y subviene con holgura á las mayores necesidades previstas; y segundo, que bastan igualmente tres baterías por instalación en las dos de la Aljafería y en la del Hospital Militar, para asegurar una producción diaria de agua filtrada superior á la dotación fija de estos edificios, que es de 3.500 litros para cada uno de los cuarteles y de 4.000 en el Hospital Militar.

Claro es que esta designación del número justo y preciso de filtros, cuyo rendimiento total estuviese en la debida relación y armonía con el consumo y satisfacción amplia de las necesidades de las tropas alojadas en estos edificios, no era dable establecerla *a priori*, sino en virtud y consecuencia de nuestra propia y personal experiencia y resultados de las realizadas en las primeras instalaciones que cuentan, es verdad, con aparatos en número mayor del necesario; pero esto no es realmente un defecto, ya que en buena lógica no puede calificarse de tal la posibilidad ó la certeza de tener en cualquier momento una producción que supere al consumo máximo, si el exceso, lejos de ser perdido, puede tener ventajosísima aplicación en caso de epidemia, por ejemplo, á satisfacer atenciones no previstas de otras fuerzas cuyos cuarteles no se hallen dotados de filtros esterilizadores.

Ciertamente que si con anterioridad hubiéramos conocido el rendimiento práctico verdad de cada filtro, habríase podido economizar uno por instalación en las dos referidas; pero no hay que lamentarse de ello,

siquiera sea porque, tal como están, nos han servido de provechosa enseñanza, haciéndonos conocer y apreciar por modo práctico el valor, la utilidad é importancia de muchos detalles, cuya aplicación consciente en las demás instalaciones, ha sido manantial fecundo de economías, hasta tal punto importantes, que sin exceder la cantidad presupuesta para el primitivo proyecto, han permitido, según antes hemos consignado, realizar con holgura el reformado, que ampliaba el número de instalaciones; hacerla en el cuartel de Hernán-Cortés, no incluído en ninguno de los proyectos, y atender á muchos detalles costosos, exigidos, ya lo hemos dicho, para dotar permanentemente de agua á la Capitanía General.

### Ligera descripción de las instalaciones.

Las disposiciones que en su conjunto afectan las instalaciones, difieren poco entre sí, y sólo en aquellos detalles que ha sido forzoso modificar para adaptarse en cada una, ya á la situación, número y amplitud de los locales, construídos *ad hoc*, ó existentes en los cuarteles, ya al procedimiento ó medio de obtener en ellos la presión indispensable para el funcionamiento de los filtros; presión que en los cuarteles de la Aljafería, lo mismo que en los de Sangenís, Hernán-Cortés y Hospital Militar es producida por depósitos de palastro negro establecidos en los desvanes y que proporcionan en el Cid dos acumuladores de presión.

Estos aparatos son sencillamente unas calderas cilíndricas de $0^m,60$ de diámetro y $2^m,40$ de altura, hechas con chapa de palastro, cuyo grueso se calculó para que puedan soportar permanentemente una presión interior absoluta de 2,50 atmósferas por la fórmula

$$e = 0{,}00154\, n\, d + 2{,}6,$$

generalmente usada en Alemania para el cálculo de las calderas en las máquinas de vapor, y de ella resulta con los indicados datos un valor de 4,91 milímetros para $e$.

En cada uno de estos acumuladores existen: primero, cerca de su base inferior tres orificios, á dos de los cuales se adaptan tubos y llaves de paso correspondientes para la entrada del agua y salida á los filtros, y el otro, cerrado habitualmente por una válvula de presión, se destina á la

limpieza y vaciado; segundo, cerca de su extremo superior, un orificio provisto de tubo y llave de presión para entrada del aire; tercero, un grifo indicador de nivel interior del agua, en el tercio de la altura del aparato, y últimamente, en lo alto de éste é inmediato á la tapa ó sobre ella, un manómetro indicador de la presión.

Obtiénese ésta por medio de una bomba de aire ó compresor, de cuyo cálculo detallado vamos á ocuparnos, comenzando antes por examinar los fenómenos que en él se producen. El aire que el émbolo aspira en el período ascendente de su carrera, al introducirse en el cilindro lo llena por completo á la presión atmosférica; pero á medida que el émbolo desciende y reduce el volumen del cilindro, comprime el aire gradualmente y aumenta del mismo modo su presión hasta adquirir la que tiene en el acumulador, y en tal momento, si se abren las válvulas por las que se comunican los aparatos, el aire contenido en el compresor será impulsado por el émbolo en su movimiento de avance é introducido en el acumulador.

La compresión del aire y su inyección exigen un consumo de trabajo cuyo valor determina la expresión

$$T = p_0 \, V_0 \, \frac{Y}{Y-1} \left( \frac{T_1}{T^0} - 1 \right)$$

En esta fórmula, $T_0$ es la temperatura inicial absoluta; $T_1$ la final; $Y = 1{,}4$ la relación $\frac{c}{c'_0}$ del calor específico á presión constante, al calor específico á volumen constante, y $V_0$ el volumen de aire que ha de comprimirse tomado á la presión $p_0$ y temperatura $T_0$.

Supuesto este volumen $V_0 = 0{,}0005$ por segundo, y en la hipótesis también de que la temperatura inicial sea de 293° ó bien de 20° centígrados; teniendo además en cuenta que la temperatura $T_1$ para la relación $\frac{p_1}{p_0} = 3$ atmósferas de las presiones es de 402°,9, el factor

$$\left( \frac{T_1}{T_0} - 1 \right) = 0{,}375, \quad \text{el} \quad \frac{Y}{Y-1} = 3{,}50 \quad \text{y} \quad p_0 = 10{,}332,$$

el valor $T = 10{,}332 \times 0{,}0005 \times 0{,}375 \times 3{,}50 = 6{,}78$ kilográmetros; de manera que, aun contando nada más que con el 65 por 100 de efecto

útil en esta clase de compresión, el trabajo efectivo sería poco más de 10 kilográmetros, que un hombre aplicado á la manivela del volante puede sin inconveniente producir, dado el poco tiempo necesario para poner en presión los acumuladores.

El cilindro del compresor se calculó por la fórmula

$$V = 29{,}28\ \pi\ t\ \frac{T_0}{p_0}$$

en la que $\pi$ es el peso del aire que ha de comprimirse, el cual, á la temperatura de 20°, es de 1,20 kilógramos por metro cúbico.

El volumen $V_0 = 0{,}0005$ pesará 0,0006;

$t$ duración de una cilindrada, que suponemos 2″;

$T_0$ temperatura inicial = 293°, y

$p_0$ presión atmosférica.

Con estos datos resulta para $V$ un valor de $V = 0{,}00099$.

Suponiendo al cilindro un diámetro de $0^m{,}10$ y una longitud de $0^m{,}16$, su volumen será $V = 0{,}00126$ mayor que el calculado, pero necesario para obtener el útil igual á aquél, previniendo la disminución producida, no sólo por los espacios perjudiciales, sino también por la colocación de las válvulas de aspiración é impulsión, para todo lo cual queda libre con el mayor volumen del cilindro una altura de cerca de 4 centímetros.

La tubería que comunica el compresor con los acumuladores, ofrece á la marcha del aire determinada resistencia, que implica una pérdida de presión cuyo valor se determina por la fórmula

$$p = 13{,}88\ \frac{\pi^2\ t^2\ l}{p_1{}^2\ d^5}$$

en la que

$\pi$ es el peso del aire introducido por segundo en el acumulador;

$t_1$ temperatura absoluta del aire en el compresor;

$l$ longitud de la tubería, en nuestro caso $4^m{,}00$;

$p_1$ presión en kilógramos, y

$d$ diámetro de la tubería = 0,024.

Estos valores, substituídos en la expresión anterior, dan, después de hechas reducciones, $p = 0{,}07$, de donde se infiere que, comprimiendo el aire á 3 atmósferas, se obtendrá en el acumulador una presión mayor que la supuesta.

El espesor de los tubos y el de las paredes del compresor se determinan por las fórmulas

$$e = 8 + 0{,}0125\ d \ldots\ldots \text{ para los tubos;}$$
$$e = 12 + 0{,}02\ d \ldots\ldots \text{ cilindro.}$$

Los acumuladores y compresor, cuyo cálculo transcribimos en los párrafos precedentes, se hallan establecidos, según se ve en la figura 1, en

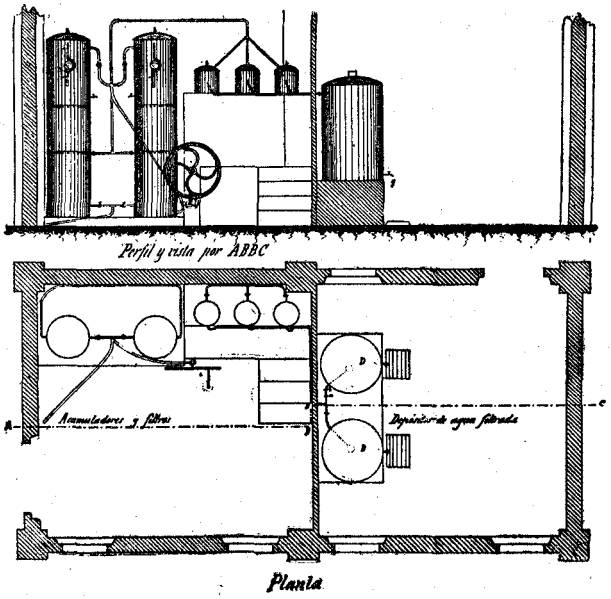



*Fig. 1.*

INSTALACIÓN EN EL CUARTEL DEL CID.

el mismo departamento de los filtros, los cuales reciben, bajo la presión conveniente de los acumuladores, el agua impura que restituyen y llevan filtrada y esterilizada á los depósitos *D D*, situados en el local contiguo sobre una meseta de $2^m,00$ de longitud, $0^m,85$ de anchura y $0^m,80$ de altura sobre el suelo, que permite colocar debajo del grifo de que van provistos, los recipientes que las compañías y escuadrones emplean para transportar el agua á los dormitorios.

Los depósitos para agua filtrada, cuya capacidad útil es de unos 550 litros, son de forma cilíndrica, de plancha de palastro galvanizado, y llevan cerca de la base que descansa sobre la meseta una llave de toma, y

á $0^m,10$ del borde superior é interiormente, otra llave de flotador que cierra el extremo de la tubería que desde los filtros conduce el agua esterilizada cuando el depósito se encuentra lleno. Sobre esta tubería hay además otras dos llaves, *a* y *b;* la primera de las cuales tiene por objeto interrumpir ó dejar libre y expedita la comunicación entre los filtros y depósitos, y la segunda dar salida al agua procedente de la esterilización de los filtros, llaves y tuberías, la cual, por hallarse coloreada por el permanganato de potasa, agente de la esterilización, no debe tener entrada en el depósito hasta aparecer limpia y transparente.

La tapa de los depósitos, que á voluntad y cuando convenga para la limpieza de éstos puede levantarse, se adapta y ajusta al aro de hierro estañado en que termina la sección recta superior de aquéllos, produciéndose una obturación y cierre casi hermético á beneficio de un tubo de caucho que se interpone entre el aro mencionado y el homólogo del borde de la tapa, que se aprietan uno contra otro por tornillos con tuerca. En su punto más alto lleva, además de la tapa, un filtro de aire, que consiste sencillamente en un pequeño cajón de cinc ó hierro galvanizado, cuyas bases son de tela metálica, de malla muy estrecha, por las cuales circula el aire á través de un trozo de franela ó guata, plegado en varios dobleces, según indica la figura 2, dejando en ellos el polvo y pequeños corpúsculos que arrastra.


*Fig. 2.*

Las figuras 3 y 4 dan exacta y cabal idea de las instalaciones en los cuarteles de Sangenís y Hernán-Cortés y la figura 5 de la del Hospital Militar. Los filtros y depósitos de agua esterilizada se encuentran en ésta en el mismo departamento y en el inmediato la bomba, que aspirando el agua de una cisterna contígua, como en el cuartel de Sangenís, ó distante, como en el Hospital Militar y Hernán-Cortés, la eleva á los depósitos de los desvanes, bajando de ellos á los filtros, cuyo fun-

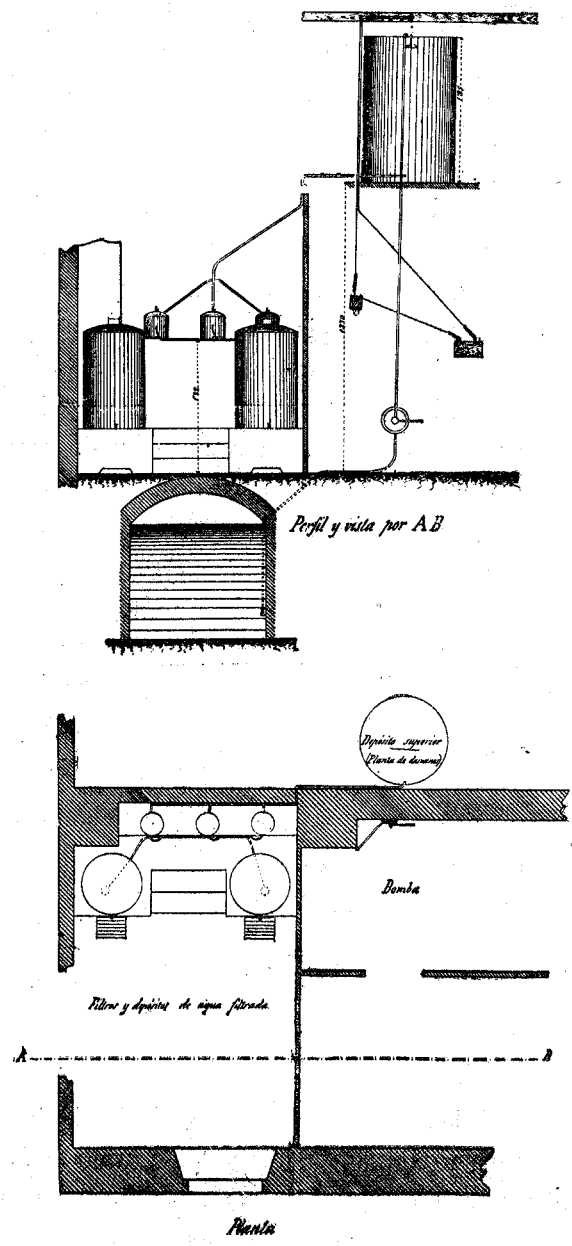



*Fig. 3.*

INSTALACIÓN EN EL CUARTEL DE SANGENÍS.

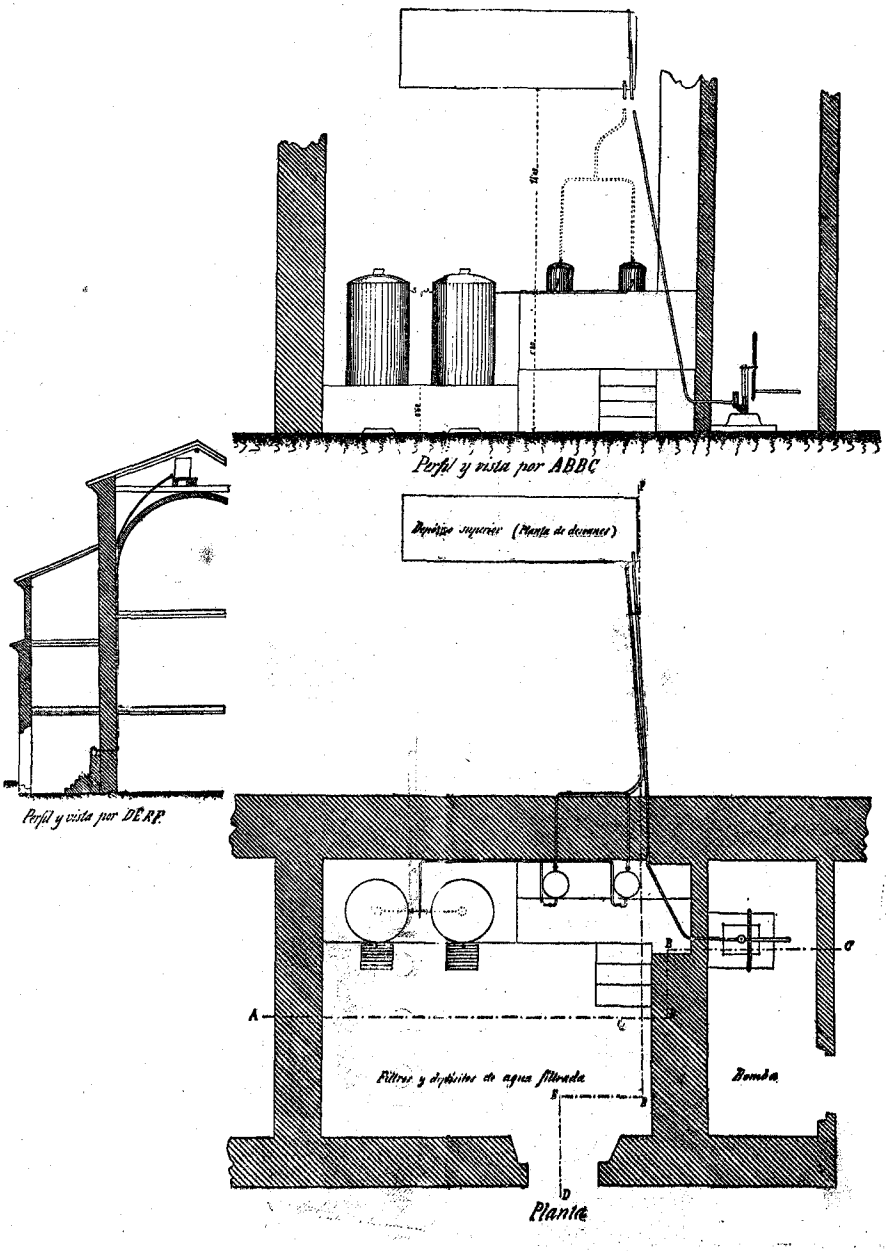



*Fig. 4.*

INSTALACIÓN EN EL CUARTEL DE HERNÁN-CORTÉS.

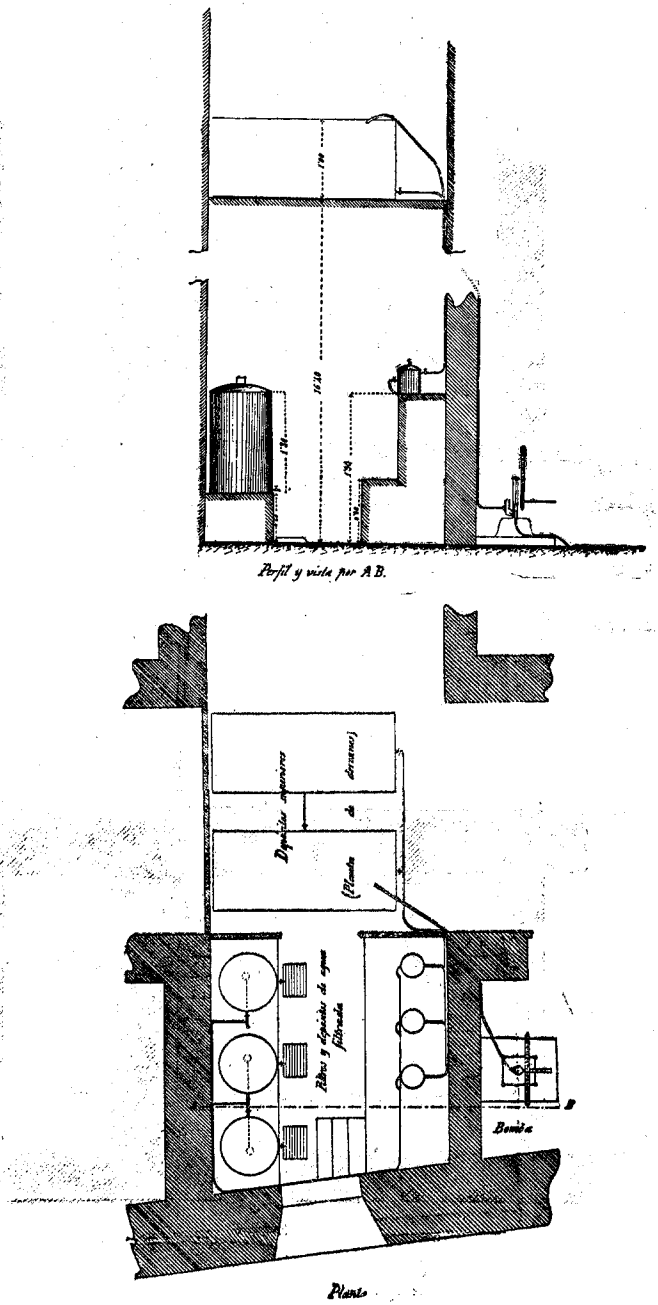



*Fig. 5.*

INSTALACIÓN EN EL HOSPITAL MILITAR.

cionamiento puede ser simultáneo en los tres, ó aislado en uno ó en dos, quedando inactivos los restantes, para lo que basta maniobrar convenientemente la llave de admisión.

El agua, después de filtrar á través de las bujías, sale esterilizada por una llave de presión opuesta á aquella y enlazada por una tubería curva á la colectora, que la conduce á los depósitos, cuyas dimensiones, estructura y forma son enteramente iguales á las de los ya descriptos.

Las instalaciones de la Aljafería (fig. 6), idénticas é idénticamente dispuestas en los dos cuarteles del Príncipe y de Santa Isabel, constan cada una de tres departamentos.

Los extremos, ocupados uno de ellos por los recipientes de agua filtrada establecidos sobre su meseta, inmediatamente encima de la cisterna, y el opuesto, por la bomba que aspira el agua de la citada cisterna y la eleva y vierte en uno de los dos depósitos de 4.000 metros cúbicos de capacidad, situados al efecto sobre el piso alto de la torreta, con una elevación de $21^m,60$ sobre el de la bomba.

El departamento central del edificio, construído expresamente, ocupado por los filtros, que reciben el agua por tuberías independientes para cada grupo de aparatos, arrancando del depósito superior, afecto exclusivamente á ellos, pero que á la vez son susceptibles de comunicar entre sí y consiguientemente con uno ú otro de los citados depósitos, en previsión de que alguno de ellos exija reparaciones que impidan utilizarlo durante más ó menos tiempo.

El departamento inmediato, que contiene los depósitos. El agua esterilizada es recogida á la salida de los filtros y se conduce á estos depósitos por una tubería colectora de hierro estañado, como las demás, en cuyo trayecto se hallan llaves de paso que permiten ó cortan la comunicación con los recipientes, y dentro de éstos los flotadores, que cierran por completo el extremo de la expresada tubería.

Las bombas Noel, adoptadas para todas las instalaciones, son de doble efecto, con volante para ser movidas á brazo y manipuladas por los soldados en los respectivos cuarteles. El diámetro y carrera del émbolo son respetivamente $0^m,07$ y $0^m,10$ y consiguientemente á ellos el volúmen de desplazamiento por viaje, expresado en la fórmula $\pi r^2 h$, será igual á 0,00038 metros cúbicos, del que la experiencia demostró en la

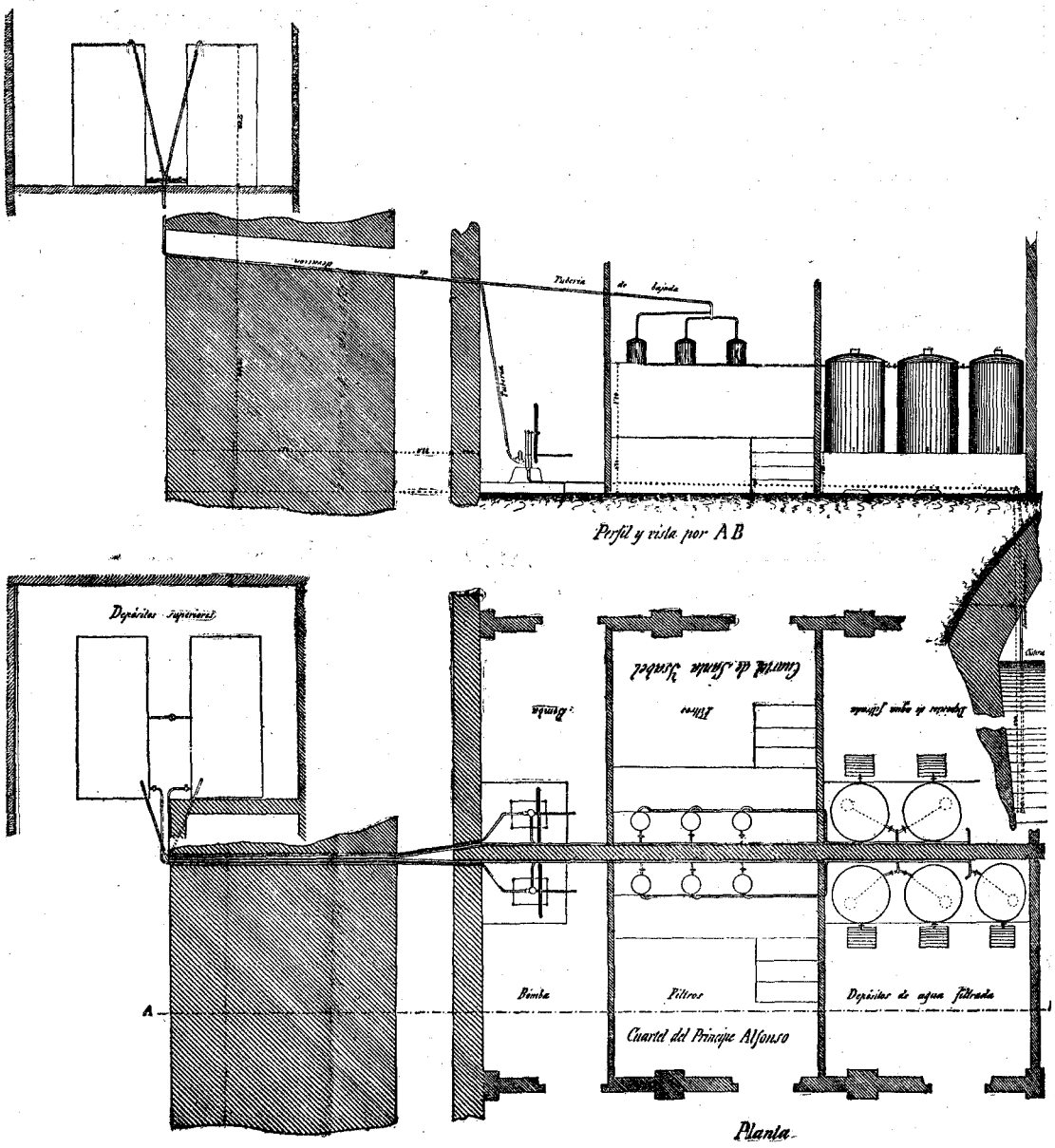



*Fig. 6.*

INSTALACIÓN EN LOS CUARTELES DE LA ALJAFERÍA.

Aljafería que á $21^m,60$ se eleva por segundo 0,00033 metros cúbicos. Este gasto supone en la tubería de elevación, cuyo radio $r = 0,016$, una velocidad media

$$V = \frac{V}{\pi\, r^2} = 0,41$$

y una pérdida de carga

$$j = \frac{b_1\, v^2}{r} = \frac{0,001984 \times \overline{0,41}^2}{0,16} = 0,02,$$

siendo $b_1 = 0,001984$ coeficiente de resistencia tomado de las tablas de Darcy para tubos usados.

La pérdida de carga correspondiente á los $21^m,60$ de tubería, será, según ésto,

$$21,60 \times 0,02 = 0,43$$

y la total altura á que ha de considerarse que el agua se eleva, 22 metros en números redondos, lo cual representa un efecto dinámico de

$$22 \times 0,00033 = 7,26 \text{ kilómetros,}$$

mas como en las bombas no puede contarse con un efecto útil superior al 60 por 100 del esfuerzo, éste deberá ser capaz en definitiva de 12,10 kilómetros, que muy bien pueden desarrollar dos hombres aplicados á la manivela del volante.

El trabajo transmitido al émbolo tiene que vencer la resistencia que el agua opone en la aspiración y en la elevación; pero como esta última es muy superior á aquélla y no obran simultánea, sino separadamente, se estará seguro de vencerlas, tomando, para calcular el trabajo, la mayor de aquellas resistencias, que es la de elevación, expresada para nuestro caso por el peso de la columna de agua que tuviera por base la sección del émbolo y por altura 22 metros, ó sea

$$\overline{0,035}^2 \times 3,14 \times 1000 \times 22 = 84,62 \text{ kilógramos}$$

y como el curso del émbolo es $0^m,10$, el trabajo desarrollado en cada revolución será

$$84,62 \times 0,10 = 8,46 \text{ kilográmetros,}$$

menor que el aplicado para tener el efecto útil que se necesita.

**Dotación de agua necesaria para cada edificio, gasto inicial por aparato establecido y por metro cúbico de agua.**

La dotación de agua se ha fijado en cada cuartel partiendo de la base de que en el acuartelamiento máximo pudiera disponerse por plaza, para la bebida exclusivamente, de 3 litros, con lo que, en el acuartelamiento normal ú ordinario, la dotación individual no bajaría de 5 litros.

Según el estado de acuartelamiento, la capacidad ordinaria en los edificios del Cid y Sangenís, es para 400 hombres y la máxima para 660, que á 3 litros necesitan diariamente unos 2.000, volumen que responde, como se vé, exactamente á la dotación de 5 litros por plaza de la fuerza reglamentaria.

En los cuarteles de la Aljafería la capacidad máxima, según el mismo estado, es para 2.250 hombres, á los que para el cálculo y estudio deben agregarse 200 personas, que suponemos constituyen las familias de los jefes y oficiales que ocupan los 20 pabellones de ambos edificios, resultando un total de 2.450 hombres, que á razón de 3 litros elevan el consumo diario á 7.350 litros, con los que se cubre seguramente la dotación de 5 litros por plaza en el acuartelamiento ordinario, reducido á dos regimientos de infantería, los que aun supuestos al completo de su fuerza reglamentaria, si de ésta se deducen enfermos, asistentes y otros destinos, escasamente tendrán 650 hombres cada uno.

Por último, el mayor número de enfermos que el Hospital Militar puede albergar, y no ciertamente en condiciones aceptables siquiera, es de 500, á cada uno de los cuales se asignan 8 litros para bebida, confección de tisanas, limpieza de instrumentos de cirujía y demás servicios que requieren ó en los que conviene el agua esterilizada, dotación individual que, en las circunstancias de mayor densidad, obliga á producir diariamente 4.000 litros; pero como la población normal del Establecimiento rara vez alcanza á 200 enfermos, podrá contarse ordinariamente con un volumen por plaza, doble cuando menos que aquél, muy suficiente en nuestro concepto para satisfacer con amplitud todas las atenciones.

La producción diaria de agua, á que por las necesidades enumeradas venimos obligados, es:

| | |
|---|---|
| 2.400 litros para cada uno de los cuartes del Cid, Sangegenís y Hernán-Cortés; sean en total. . . . . | 7.200 litros. |
| Para los dos cuarteles de la Aljafería. . . . . | 7.350 » |
| Para el Hospital Militar. . . . . | 4.000 » |
| *Total general.* . . . . . | 18.550 litros. |

Para obtener los cuales hay establecidos los siguientes filtros, cuyo rendimiento se estima en 1.500 litros diarios:

| | | |
|---|---|---|
| 3 | En el cuartel de Sangenís, que diariamente pueden rendir. . . . . | 4.500 litros. |
| 3 | En el Cid, con igual rendimiento. . . . . | 4.500 » |
| 2 | En el de Hernán-Cortés, capaces de proporcionar.. | 3.000 » |
| 6 | En los cuarteles de la Aljafería, que pueden proporcionar por día. . . . . | 9.000 » |
| 3 | En el Hospital Militar, que dan. . . . . | 4.500 » |
| 17 | *con rendimiento total diario de.* . . . . . | 25.500 litros. |

No sólo está, pues, asegurada y por completo garantida la amplia satisfacción de todas las necesidades de las fuerzas que en tiempos normales, extraordinarios ó de concentración, ocupen los cuarteles dotados de filtros, sino que éstos permiten subvenir, en el desgraciado caso de epidemia, á las de unidades orgánicas alojadas en cuarteles que carezcan de aquellos aparatos, puesto que aun admitiendo que en tales circunstancias el Hospital Militar consuma toda el agua que sus filtros proporcionan, quedarían de los 21.000 litros restantes 6.450 disponibles, después de deducir de aquéllos los 14.550 necesarios en los cuarteles de la Aljafería, Cid, Sangenís, etc., para distribuirlos á las demás tropas, en número de 2.150 hombres.

Por el primitivo proyecto, cuyo presupuesto importaba 32.550 pesetas, únicamente los cuarteles del Cid, de la Aljafería y Sangenís y los pabellones del edificio Gobierno Militar y Parque de Ingenieros, dotábanse de filtros Chamberland Pasteur; pero merced á la oportuna adopción de los de porcelana de amianto y sobre todo á la muy notable diferencia que á rendimiento igual existe entre el precio de unos y otros, ha sido posible establecer, no sólo en los ya expresados cuarteles,

sino también en el de Hernán-Cortés y en el Hospital Militar, número suficiente de los segundos para llenar con holgura las necesidades préviamente calculadas y ampliar además la instalación de los domésticos á los pabellones de la Capitanía General, no incluídos en aquel proyecto, sin exceder, á pesar de estas ampliaciones y aumentos, el crédito concedido, ó sean las 32.550 pesetas primeramente presupuestadas.

Claro es que en su totalidad se han invertido estas 32.550 pesetas en lo que, en términos generales, podemos llamar instalación de filtros; mas como unos, las baterías de 15 bujías, se han establecido en los cuarteles y Hospital, y otros, los denominados de casquete, en los pabellones, conviene fijar separadamente con exactitud la cantidad gastada en uno y otro género de instalaciones, para conocer de igual modo y prácticamente el coste de la unidad de cada tipo, cuyo conocimiento es de incuestionable utilidad en cuanto puede servir de guía para ulteriores cálculos ó presupuestos de obras análogas.

Como las realizadas para establecer los filtros de casquete en los pabellones, aparte de su menor importancia, no han sido tantas ni tan variadas como las otras, es cosa fácil precisar su coste, ó sea el gasto total que han originado, y comprende:

1.° El relativo á la adquisición de los aparatos con sus accesorios (recipiente de agua, flotador, etc.).

2.° El de instalación, incluyendo en ella las obras que ha sido preciso llevar á cabo en la Capitanía General para asegurar de modo permanente el servicio de agua, que sujeto á las variaciones que la presión experimenta en la canalización pública, era incierto, deficiente y generalmente escaso.

3.° El de compra de dos bombas Noel para la Capitanía General y Parque de Ingenieros.

4.° La de once muebles de madera de pino chapeada de nogal, con tablas de mármol, para colocar los recipientes de loza decorada, que reciben el agua del filtro.

El importe de cada una de estas partidas, tomado del que arrojan los partes diarios de la obra, es como sigue:

| | Pesetas. |
|---|---|
| 1.ª Diecinueve filtros de casquete, modelo de Madrid, con recipiente de agua, flotador, etc., á 100 pesetas. . . . . | 1.900,00 |
| 2.ª Instalación, tuberías de hierro y caucho, llaves de paso para todos los filtros; depósitos de madera forrados de zinc para la Capitanía General. . . . . | 1.490,00 |
| 3.ª Dos bombas Noel, instaladas, á 250 pesetas. . . . . | 500,00 |
| 4.ª Once muebles de madera para los filtros.. . . . . | 610,00 |
| *Total*. . . . . | 4.500,00 |

Suma que, deducida de la total presupuesta é invertida, da un resto de 28.050 pesetas, para espresión numérica de lo gastado y especialmente afecto á la instalación de las 17 baterías de 15 bujías establecidas en los cuarteles y Hospital; de donde resulta, que cada batería ó filtro de 15 bujías en marcha supone y ha exigido un desembolso inicial de 1.650 pesetas, ó bien uno de 1.100 pesetas por metro cúbico de agua esterilizada diariamente obtenido, en la suposición nada aventurada de que cada filtro rinda por día 1.500 litros.

Ahora bien: como además de ser varias las instalaciones y distinta también la presión de funcionamiento, que en unas se obtiene elevando el agua hasta depósitos situados á diferente altura sobre los filtros, y en otras, como la del Cid, por acumuladores de presión, y que, en fin, se han levantado para las de este cuartel y los de la Aljafería edificios *ad hoc,* mientras que en los demás se han utilizado locales existentes, no hay duda que el conjunto ofrece variedad de soluciones tal, que con pequeñas y no importantes modificaciones podrían adaptarse á los casos más frecuentes de la práctica, y en este concepto, el promedio de coste deducido para la unidad, ya sea filtro, ya metro cúbico diario de agua, puede tomarse, sin temor de equivocaciones de monta, ni de graves errores, como muy aproximado y aplicable por lo tanto en la apreciación y cálculo alzado de instalaciones semejantes.

El anterior estudio, aunque breve y ligeramente hecho en lo que respecta á la teoría general de filtración y á los medios ó aparatos comunmente empleados en ella, basta, en nuestro sentir, para llenar el objeto y fin á que esta Memoria responde; es lo que con propiedad puede llamarse

su parte teórica, y comprende los dos primeros puntos del programa á que en su redacción hemos de ajustarnos; creyendo, en tal concepto, oportuno y preciso el momento para ocuparnos de los tres restantes puntos, relacionados con la parte práctica de la cuestión y de consignar también los datos y resultados obtenidos en propias y personales experiencias.

### Estudio de los resultados de experiencias.

Si en el estado núm. 1 y correspondiente gráfico se comparan las cifras y ordenadas que respectivamente representan los rendimientos de experiencias hechas en condiciones semejantes, por ejemplo, las que inmediatamente siguen á la limpieza de los filtros, se ve que de una á otra disminuye este rendimiento gradualmente, lo cual indica que no obstante la frecuente limpieza de las bujías, sus conductos capilares se obturan y tupen, iniciándose, desde el comienzo de la filtración, algo así como un entrapamiento permanente que obliga á su regeneración; entendiendo por tal, el restituir el filtro al estado en que produce el rendimiento normal.

Obsérvase igualmente, por la comparación de los resultados que arrojan los diversos grupos de experiencias:

1.° Que á igualdad de horas de trabajo, el rendimiento medio por hora y filtro es tanto más pequeño, cuanto el grupo considerado se aleja más del origen de los ensayos, ó mayor es el número de horas transcurridas desde el primero.

2.° Que el rendimiento medio por filtro y hora está en razón inversa del total de las que en cada grupo han funcionado los aparatos, es decir, á mayor número de horas de contínuo trabajo, sin limpiar los filtros, menor rendimiento medio de éstos. Así, el correspondiente á 30,5 horas de trabajo es menor que el obtenido en 24 horas; éste, á su vez, lo es respecto del que corresponde á 18, que no alcanza al conseguido en 15 horas.

3.° Que dentro de cada grupo y de una á otra de las experiencias que el mismo comprende, decrece el rendimiento por hora, conforme transcurren más desde la en que se hizo la limpieza.

De todo lo cual se deduce que los filtros rinden tanto menos cuanto

funcionan más largo espacio y con menos frecuencia se limpian. Este hecho natural y presumible tiene una sencilla explicación, y se comprende teniendo en cuenta: de una parte, que los efectos ya apuntados del entrapamiento permanente aumentan con el funcionamiento contínuo de los filtros ó tiempo durante el cual trabajan; de otra, que la altura de agua, y con ella la presión decrece á medida que es más activo y duradero, y como con tál decrecimiento de la presión coincide precisamente el aumento que, como consecuencia de esta continuidad de funcionamiento y actividad en la filtración, adquiere en densidad y en grueso la envoltura que sobre las paredes externas de las bujías forman las materias suspendidas en el agua, ofreciéndole á cada instante mayor resistencia, los efectos se suman y concurren para disminuir el rendimiento, en el que influye también por modo directo y perjudicial el coeficiente de viscosidad del agua, variable dentro del filtro en el período de la filtración.

El menor rendimiento medio obtenido durante las primeras 117,75 horas de las 193,5 que abarca el cuadro de experiencias, es el del grupo 28, 29, 30, 31 y 32 que corresponde á 30,50 horas de trabajo, así como el mayor rendimiento medio corresponde á las experiencias 23, 24, 25, 26 y 27 que comprenden 15,25 horas de funcionamiento. El primero indica que no conviene demorar tanto la limpieza de los filtros, y el segundo que no es necesario hacerla con tanta frecuencia: en vista de lo cual y de que el rendimiento en 24 horas (experiencias 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17), término medio aproximado entre aquéllos, es menor que el correspondiente á 18 horas, optamos, como medida de prudencia y garantía de acierto, por fijar este plazo ó período de 18 horas para la limpieza de los filtros, en las instrucciones redactadas para su uso y manejo.

Las experiencias realizadas en los días del 12 al 16 de Agosto, ambos inclusive, cuando cada uno de los filtros había funcionado 121 horas, acusan en 18 horas 25 de trabajo, un rendimiento medio por hora y filtro de 91,77 litros, de cuya comparación con el obtenido en las experiencias de los días 29 al 31 de Julio y 1 y 2 de Agosto, que comprenden el mismo espacio de tiempo, resulta una disminución total de 17,23 litros, ó sea de 0,38 por cada hora de las que median entre uno y otro grupo.

Esto sentado, como quiera que para obtener 1.500 litros diarios con

un solo filtro, basta que su rendimiento sea 62,50 por hora, es evidente que hasta descender á esta cifra no es indispensable la regeneración, la que en tal concepto podía, á partir del último experimento, diferirse todavía 77 horas, necesarias, suponiendo gradual y uniforme la disminución del rendimiento, para descender de 91,77 á 62,50, límite que produce al día el total asignado por filtro.

El intervalo entre dos regeneraciones sucesivas debiera haberse fijado, según esto, en 270 horas; mas en previsión de que no se efectúen aquéllas tan perfecta y cuidadosamente como es preciso para el buen resultado, y á fin de ponernos á cubierto, también, de otras posibles contingencias que el incompleto conocimiento práctico de los aparatos hace difícil prever hoy, juzgamos más prudente y á la vez más seguro reducir aquel plazo, limitándolo á 240 horas, equivalentes á diez días completos de trabajo efectivo.

### Regeneración por el ácido clorhídrico.

Cuando los dos filtros hubieron funcionado este número de horas total, se procedió á regenerarlos, sumergiendo al efecto las bujias y manteniéndolas con las boquillas hacia arriba durante quince minutos en una disolución formada por un volumen de ácido clorhídrico del comercio en dos y medio de agua, después de lo cual y de haber lavado bien las bujías durante tres horas en agua clara y frecuentemente renovada, se atornillaron á los tubos del aparato y se filtró á agua perdida por espacio de dieciocho minutos. Emprendióse seguidamente otra serie de experiencias encaminadas á conocer y apreciar el alcance de la regeneración, sus efectos y resultados ulteriores, numéricamente consignados en el cuadro número 1 y gráficamente en la porción correspondiente del diagrama, dibujada con trazo lleno.

El resultado inmediato fué elevar el rendimiento por filtro y hora á 150 litros, que coincide exactamente con el relativo á $6^h,45'$ después de la limpieza de los filtros, en el grupo primero de experiencias anteriores á la regeneración. Como además se observa que después de ésta los rendimientos en períodos iguales de trabajo decrecen menos rápidamente que los que preceden á la regeneración, puesto que á las $17^h,15'$, contadas desde la en que se igualan en ambas los productos, resultan por

filtro y hora 65 litros en éstas y sólo 58,30 en aquéllas; hay fundamento bastante, en nuestro concepto, para creer innecesaria é inutil una mayor frecuencia en las regeneraciones, y confirmar que el período de 240 horas prescripto es perfectamente aceptable para todos.

No obstante que, por los resultados obtenidos en la primera, parecía desprenderse haber sido hecha en buenas condiciones de tiempo, de inmersión de las bujías y estado de concentración del líquido empleado, quisimos cerciorarnos de ello mediante la comparación de los resultados alcanzados en esta primera regeneración y los de otras hechas con disoluciones más concentradas, y al efecto, se regeneraron separadamente los dos filtros, empleando para el uno la disolución de un volumen de ácido por dos de agua, y para el otro, la de un volumen de ácido por uno y medio de agua.

Como se ve claramente en el cuadro y diagrama citados, no hay diferencia sensible en los efectos producidos en el filtro por una ú otra regeneración; pero sí muy notable respecto de la primera, puesto que el rendimiento por hora y filtro en la experiencia que siguió inmediatamente á la regeneración, fué de 171 litros en vez de los 150 que alcanzó solamente en la homóloga de aquélla.

El diagrama demuestra y confirma además:

1.° Que el rendimiento obtenido coincide exactamente con el punto *n* que corresponde á $4^h,45'$ después de la limpieza del filtro, mientras que el anterior lo está con el relativo á $6^h,45'$.

2.° Que en períodos de tiempo iguales, en unas y otras experiencias, el rendimiento medio es más elevado en la segunda regeneración que en la primera, que lo dió de 100 litros en $15^h,45'$ en vez de 103 obtenidos en aquélla en $15^h,50'$, y

3.° Que no hay diferencia alguna en los rendimientos producidos por los filtros regenerados con una ú otra de las dos disoluciones más concentradas, de donde se deduce que pueden emplearse indiferentemente. Pero como por otra parte no hay tampoco entre los resultados de las tres regeneraciones diferencias bastante notables y tales que no puedan estimarse compensadas por el exceso de coste del mayor volumen de ácido en las más concentradas, creemos que debe desecharse la última y usar en general la segunda, valorada y concentrada según hemos indicado.

**Relación del rendimiento con la presión.**

Las observaciones expuestas respecto del rendimiento de los filtros y de las relaciones que les unen y ligan con las circunstancias y particulares condiciones de funcionamiento, son de todo en todo aplicables á las instalaciones de la Aljafería, como también á la del Hospital Militar, en la que la presión se obtiene, como en Sangenís, por depósitos establecidos en los desvanes de los cuarteles; pero si entre los respectivos cuadros de experiencias y diagramas que gráficamente representan los resultados de ellas, se establece comparación, obsérvase que con la presión aumenta el rendimiento, aunque no en la misma proporción que aquélla.

¿A qué es debida esta falta de armonía, ó mejor dicho, de proporcionalidad que se nota y que sin embargo no debe existir dentro de ciertos límites, cuando son idénticas las condiciones de la instalación y de funcionamiento? Es debida, en nuestro sentir, á varias causas. Una de ellas es que esta identidad de condiciones en la instalación y en el funcionamiento, necesaria, indispensable más bien, para que siendo enteramente iguales las resistencias pasivas y las pérdidas de presión ó de carga, se realice aquella proporcionalidad, no existen, ni ha sido posible conseguirlas por consecuencia de la distinta situación de los locales disponibles en cada cuartel respecto de los depósitos superiores. Otra de las causas cuyo influjo directo se marca claro en los resultados, es la composición y calidad del agua, que en unos edificios, como el Hospital Militar y Hernán-Cortés, procede de la canalización pública, siendo préviamente depurada, aunque de modo incompleto, por filtros de arena, en los que deja la mayor parte de las materias que lleva en suspensión, mientras que para la Aljafería, y lo mismo para el Cid y Sangenís, se toma de acequias, y aun cuando antes de filtrada se reposa y aclara en cisternas, no puede estarlo tanto, ni tan eficazmente, como por la filtración prévia que experimenta la de la canalización pública, siendo natural y lógica consecuencia de ello el que sean más pequeños los depósitos que ésta deje sobre las bujías y mayor el rendimiento de los filtros para determinada presión.

Todavía hay notables diferencias de composición, y por lo que respecta al resíduo sólido que dejan al filtrarse, entre el agua del Cid y San-

genís, cuya procedencia es la misma, y la que surte la Aljafería, de origen y recorrido distinto de aquélla.

La de los primeros citados cuarteles lleva en suspensión, según demuestra el análisis, mayor cantidad de materias sólidas que la de la Aljafería; pero en cambio tiene ésta una mayor proporción de alumina coloidal, que la hace menos propia para la filtración, y de tal manera es esto cierto, que en el mismo tiempo que se filtraron 300 centímetros cúbicos de este agua, se filtraron de la del Cid y Sangenís 342 centímetros cúbicos, explicándose por esta diferencia de composición la falta de armonía que existe entre las presiones y los rendimientos, que no dependen en rigor y exclusivamente de aquéllas, sino también de otras muchas circunstancias dificilísimas de apreciar, y algunas más todavía de tenerse en cuenta; sin que esto obste para que en términos generales pueda afirmarse, que para una misma clase de agua y en instalaciones hechas en condiciones idénticas, etc., los rendimientos son proporcionales á las presiones, dentro de los límites que alcanzan las de nuestro estudio.

Llégase á la afirmación del anterior principio, que da por cierta la existencia de una relación constante entre la presión y el rendimiento, por la comparación de los obtenidos mediante el concurso y acción simultánea, sobre los filtros de dos causas distintas y algunas veces contrarias en sus efectos, cuales son las presiones y la calidad del agua, variables ambas de una á otra instalación.

Ahora bién: claro es que si para todas ó para algunas no más de las sometidas á experiencias se hubiera determinado con exactitud y valorado numéricamente el efecto que la composición del agua produce en la filtración y el modo y forma como en ella influye, afectando los respectivos rendimientos del coeficiente que en su caso correspondiera, se habrían hecho comparables, refiriéndolos á la causa y acción única de las presiones, con lo que las consecuencias deducidas de su estudio comparativo hubieran tenido toda aquella exactitud absolutamente indispensable para sentar sobre ellas tan terminante y concreta afirmación. Pero por dificultades nacidas, más que nada, de las circunstancias propias y particulares de cada instalación, no ha sido dable proceder de esta manera, y de ahí las anomalías observadas en los rendimientos, algunos de los

cuales, por ejemplo, los de la Aljafería, no resultan exacta y rigurosamente proporcionales á la presión con que funcionan los filtros.

Si el agua que en estos cuarteles se filtra fuese igual en calidad, composición y limpieza á la del Hospital Militar, y aceptásemos como tipo de rendimiento por metro de presión ó carga, el de 14,24 litros obtenido en dicho establecimiento, cada uno de los filtros de la Aljafería, para los que la presión media es de $18^{m},70$, debiera haber dado un rendimiento medio por hora, al fin de 9,30 de trabajo, de 266,29 litros, en vez de los 236 obtenidos después de la regeneración por el bisulfito-sódico.

Esta diferencia notable, ciertamente, entre el rendimiento teórico, digámoslo así, y el efectivo, podrá deberse en parte á diferencias en las condiciones de la instalación, á la disposición, traza y desarrollo de las tuberías de bajada que en estos cuarteles ofrecen más inflexiones y codos, y muy principal, por no decir exclusivamente, á las condiciones del agua y á su menor grado de depuración respecto de la del Hospital Militar, que, como procedente de la conducción pública, lo está más por los filtros de arena en el principio de su curso; pero en este punto es firme nuestra creencia, de que tales resultados, aunque sean realmente anómalos, no contradicen en puridad el enunciado principio.

A confirmarlo efectivamente y en su apoyo vienen las experiencias hechas por Guinochet, insertas en el cuadro C, pág. 265, de su obra.

En ellas se ve que el día 20 de Enero el rendimiento inicial de un filtro Chamberland de seis bujías, funcionando á 10 metros de presión, fué de 60 litros; mientras que el mismo filtro, funcionando con las bujías limpias, bajo una presión de 20 metros, dió el día 25 de Enero un rendimiento de 120 litros, doble del anterior y en armonía con la presión, también doble, de funcionamiento; en cambio, á 30 metros de presión, el rendimiento inicial del día 1.° de Febrero fué de 64 litros, y con la presión de 40 metros, éste descendió el 7 del mismo mes á 61; deduciéndose de aquí, que el rendimiento es proporcional á la presión cuando ésta no excede, como en nuestras instalaciones, de dos atmósferas, y que las presiones superiores á ésta producen un fuerte entrapamiento de las bujías, que disminuye considerablemente el rendimiento y destruye su proporcionalidad con la presión.

En todas las instalaciones de que hasta ahora nos hemos ocupado, se

presenta con caracteres más ó menos definidos y claros, pero constante, el hecho de que el rendimiento por hora es menor para cada filtro á medida que aumenta el número de los que simultáneamente trabajan. Este hecho, que á primera vista sorprende, es, sin embargo, natural, y se comprende y se explica con sólo fijarse en que la superficie filtrante sobre la que se reparte la presión producida por la columna de agua varía considerablemente según que funcione un sólo aparato ó varios de ellos á la vez; que la presión única no se ejerce de modo igual sobre cada filtro en los dos casos, y que no es tampoco indiferente abrir una derivación ó todas las que de la cañería general llevan el agua á aquéllos.

Demuéstranlo así, en primer lugar, las experiencias del Hospital Militar números 3, 8 y 12, cuyos rendimientos por hora y filtro correspondientes al trabajo de uno sólo y al simultáneo de dos y de tres, fueron de 213,63, 172,77 y 153,71 litros en 6,75, 6,50 y 4,95 horas respectivamente de filtración. Lo confirman también, aunque no tan clara y terminantemente, las experiencias de Sangenís, por cuanto el rendimiento de 75 litros obtenido para un filtro en las números 4 y 8, aun cuando se conserva sin alteración en la 14, que corresponde al trabajo de dos, desciende á 70,83 litros en la 21 y á 66,66 en la 26.

Estas diferencias son todavía más sensibles en la Aljafería, como puede verse comparando los rendimientos de las experiencias números 1, 2 y 3, que corresponden al trabajo de un sólo filtro, con las 18 á 24 inclusives, que comprende el mismo período de trabajo y se refieren al simultáneo de tres filtros. El rendimiento que á cada uno corresponde por hora en las primeras experiencias y en el período de 26,41 horas de filtración, es de 154,21 litros, mientras que el resultante en igual tiempo de las segundas, por filtro y hora, es sólo de 142,89 litros.

Nótase, en cambio, que el rendimiento decrece con menos rapidez de una á otra experiencia del correspondiente grupo, cuando simultáneamente funcionan dos ó tres filtros, que en el caso de trabajar nada más que uno. Así, por ejemplo, en las experiencias 1, 2 y 3 del Hospital Militar, el rendimiento descendió de 239,13 litros á 213,63 en 6,75 horas, lo que representa por cada una 3,77 litros de disminución, mientras que funcionando dos filtros durante 6,50 horas, el rendimiento, que fué de 187,50 litros en las primeras, bajó á 172,77 al final, que implica una disminución no más

que de 2,66 litros por hora. En fin, las experiencias correspondientes al trabajo de tres, dos y un filtro, en períodos de 4,95, 4,90 y 4,75 horas respectivamente, acusan una disminución por hora, en el rendimiento, de 2,60, 3 y 5,35 litros, resultados que están en acuerdo completo con los anteriores, y que, como aquéllos, confirman la observación apuntada.

### Instalación con acumuladores.

Expuestas en lo que precede cuantas observaciones nos ha sugerido el estudio comparativo de los resultados y rendimiento de los filtros cuando funcionan bajo la presión producida por depósitos superiores, vamos ahora á proceder análogamente, por lo que respecta á la instalación del cuartel del Cid, en la que los aparatos funcionan con acumuladores de presión.

Desde luego se observa, tanto en el cuadro de experiencias como en el diagrama correspondiente, que el rendimiento aumenta, aunque no mucho, con la presión, y que la inicial de tres atmósferas es la que da rendimientos más altos.

Partiendo de esta presión inicial, se ve también que el mayor rendimiento corresponde á dos acumuladores y un filtro, y los más pequeños á uno y dos acumuladores con tres filtros; siguiendo al primero el relativo á un filtro con un acumulador, y á los segundos en el orden ascendente, el de dos acumuladores y dos filtros.

De igual manera que en las demás instalaciones, se nota también en ésta, que el rendimiento medio por hora y filtro es menor cuando funcionan tres de ellos, ya sea con uno ya con dos acumuladores, que cuando á la presión de éstos se someten solamente uno ó dos filtros, y últimamente, que con la presión inicial de tres atmósferas, equivalente á una y media ejercida regular y constantemente durante la filtración, los rendimientos son más bajos por medio de los acumuladores que con la presión directa proporcionada por depósitos elevados; cosa por demás fácil de comprobar, comparando los resultados de estos filtros con sus homólogos del Hospital Militar, que funcionan bajo la presión media de 15 metros, y con los del mismo cuartel de Sangenís, que por la calidad del agua se hallan en condiciones más semejantes, á pesar de que la presión media en éste no excede de $12^{m},20$.

Las experiencias hechas en Sangenís los días 20 al 23 de Agosto, acusan, en efecto, en $25^h,15'$ de trabajo, después de haber funcionado los filtros por espacio de 170 horas, un rendimiento medio por filtro de 81,18 litros, mientras que los realizados en el Cid, durante los días 12 y 13 del propio mes, dan en 22 horas de trabajo y habiendo funcionado los filtros sólo por espacio de 153 horas, un rendimiento medio por filtro de 61,81 litros. En cambio, cuando cada filtro funciona independientemente de los demás con su acumulador ó acumuladores respectivos, el rendimiento excede, pero con mucho, al que produce la presión en Sangenís, puesto que ésta á las 9 horas de trabajo, después de la limpieza del filtro, da en los días 21 y 22 de Julio 108 litros, en tanto que el rendimiento en el Cid, correspondiente al 31 del mismo mes, es de 122,16, y el del 8 de Agosto de 163 litros.

De todo lo expuesto se deduce, que los acumuladores ofrecen al problema de la filtración medio excelente, si bien más costoso que el de la presión directa, para resolverlo satisfactoriamente, á condición, sin embargo, de que las instalaciones se dispongan, como dejamos indicado, de manera que cada filtro trabaje con su correspondiente acumulador.

Réstanos para terminar con lo que á estas experiencias concierne, analizar los resultados de las realizadas después de la regeneración, en la que, como en Sangenís, se usó el ácido clorhídrico del comercio en dilución de un volúmen de ácido por dos de agua.

Más eficaz y completa que en Sangenís ha sido todavía la regeneración de los filtros en el Cid, puesto que el volumen de agua rendido en una hora por cada filtro en las experiencias que siguieron á aquella operación, se acerca más que en las homólogas del referido cuartel, al rendimiento primitivo de los filtros, á los que con mayor razón les son aplicables, por consiguiente, las observaciones que entonces hicimos, lo mismo que las consecuencias derivadas de ellas, sobre las que, en tal concepto, es improcedente insistir.

### Regeneración por el bisulfito-sódico.

A pesar de los inconvenientes que para la regeneración ofrece el ácido clorhídrico, nacidos, más que de el empleo de este agente, de la necesidad de quitar y poner las bujias del filtro, exponiéndolas á inutilizarse

prematuramente, fué preciso aplicarlo cuando convenía hacer la regeneración de los del Cid y de Sangenís, porque en aquella fecha no habíamos logrado todavía proporcionarnos el bisulfito-sódico, que merced á las gestienes de nuestro distinguido amigo el Sr. Muñóz del Castillo y por su mediación, adquirimos en Madrid, en estado sólido y en cantidad suficiente para regenerar algunas veces los filtros en todas las instalaciones.

Una vez que dispusimos de los elementos necesarios, se regeneró por el bisulfito uno de los filtros de la Aljafería, que después de los del Cid y Sangenís eran los que llevaban más tiempo de contínuo trabajo; pero en lugar de preparar la disolución al 5 por 100, como lo prescribe la fórmula recomendada, la que en nuestro caso implicaba un kilógramo de bisulfito por filtro, cuya capacidad útil es de unos 20 litros, empleamos nada más que 500 gramos, fundándonos para hacerlo así en que la fórmula ó prescripción supone, sin duda, el uso de una disolución comercial cuya riqueza en bisulfito no precisa ni determina taxativamente, ó la de Guinochet, de 1,300 de densidad, que no creemos sea, ni menos todavía aquélla, tan rica en sal como la preparada por nosotros.

Limpias las bujías y lleno de agua el filtro hasta cubrirlas casi por completo, se vertió la disolución, manteniéndola en reposo y cerrado, por de contado, el filtro durante veinticinco minutos, al cabo de los cuales se filtró á agua perdida por espacio de media hora.

No obstante que, á juzgar por el rendimiento de 6 litros por minuto obtenido en los diez primeros de la filtración, debía haberse renovado el contenido del filtro de siete á ocho veces en la media hora que duró aquélla, al día siguiente, y antes de filtrar para el consumo de la tropa, se tuvo la precaución de verter el agua que el filtro dió durante diez minutos, para estar seguros de haber descartado por completo hasta las menores trazas de la disolución.

Nuevamente se limpiaron después de esto las bujías, y presto el filtro para funcionar, se reanudaron las experiencias, principalmente dirigidas á conocer la eficacia absoluta del bisulfito-sódico como agente regenerador de los filtros, y si en tal concepto además era preferible ó no al ácido clorhídrico, por cuyo medio se había al mismo tiempo regenerado otro filtro de la instalación contigua.

Los resultados de ambas regeneraciones se consignan en el cuadro nú-

mero 3 y porciones del correspondiente diagrama, dibujadas con trazo lleno la primera y de trazo y punto la segunda.

El rendimiento por hora durante 4,20 de trabajo, en el filtro regenerado por el bisulfito-sódico, fué de 244 litros, que, como se ve, excede en 4 del mayor obtenido en el comienzo de las primeras experiencias; mientras que el regenerado por el ácido clorhídrico dió 235,29 litros por hora en 4,25 de trabajo.

Hay entre ambos rendimientos una diferencia de 8,71 litros por hora, que subsiste igual ó mayor entre los debidos á períodos iguales de tiempo después de la regeneración; en vista de lo cual, puede afirmarse que la del bisulfito-sódico ha sido mayor y más completa. En cambio es algo más cara, puesto que los 500 gramos empleados de esta sal valen 1,37 pesetas, en tanto que el litro y medio de ácido clorhídrico necesario para regenerar un filtro cuesta solamente 0,45 pesetas.

Este mayor coste, no obsta, sin embargo, para considerar preferible la regeneración por el bisulfito-sódico, porque además de que resulta más completa que por el ácido clorhídrico, tiene la inmensa ventaja de no exigir como éste que se muevan las bujías, toda vez que, ni las partes metálicas de ellas, ni ninguna otra de los aparatos, sufren nada por la disolución del bisulfito, lo que evita frecuentes roturas, precave el desgaste de las boquillas metálicas, y aleja, en fin, las causas de prematura inutilidad de las bujías, compensando, por todas estas circunstancias, crecidamente el mayor gasto, que, en último término, puede llegar á ser motivo de grande economía.

No quiere decir esto, ciertamente, que haya de proscribirse en absoluto el ácido clorhídrico en la regeneración, sino que debe restringirse su empleo y limitarlo á una por cada tres operaciones, como se indica en las reglas prescriptas para el manejo de los filtros; y la razón que entonces nos indujo y ahora nos inclina á aconsejarlo así y admitir este ácido, es la doble cualidad de regenerador y esterilizador que posee, por la cual, con una sola operación, poco costosa, se logran dos resultados igualmente importantes y beneficiosos.

Siendo además, según lo prescripto en las citadas reglas, de diez días de trabajo el intervalo que separa dos regeneraciones sucesivas, la del ácido clorhídrico corresponde cada 30, al cabo de los cuales se hallará el

filtro esterilizado á la vez que regenerado, y esta circunstancia permitirá quizás diferir á más largo plazo el uso del permanganato para la esterilización que, si por su medio se consigue en efecto más eficaz y más completa, ofrece en cambio el inconveniente de disminuir algo el rendimiento de los filtros, á causa del entrapamiento que en ellos se produce por los elementos en que aquella sal se descompone.

### Esterilización de los filtros. — Estudio de los agentes empleados en ella y sus efectos.

Es un hecho práctico innegable y repetidamente comprobado además en los laboratorios bacteriológicos, por sabios experimentadores, entre los que figuran profesores tan doctos y eminentes como los que en la Facultad de Medicina de Madrid ensayaron la eficacia y poder esterilizador de la porcelana de amianto, que el agua filtrada á través de esta substancia se esteriliza, es decir, que pierde todos los microbios patógenos, hasta los más diminutos, que antes de la filtración contiene.

Estos microbios, sus gérmenes y esporos quedan, pues, retenidos por el filtro y adheridos en su inmensa mayoría á las paredes externas de las bujías, cuya frecuente limpieza, así como la del recipiente que las contiene, separa y expulsa gran parte de ellos, pero no su totalidad, y los que inevitablemente y á pesar de ello quedan pegados, digámoslo así, á la superficie exterior de las bujías, no hay duda que, ya sea ocultándose, ya por un fenómeno de vejetación, ageno á la filtración, pueden, aunque lentamente, ganar poco á poco el espesor de ellas, y adaptándose después á las formas de los conductos capilares y progresando en su camino, aparecer en el interior. Si tal sucediera, evidente es, á todas luces, que la filtración resultaría ineficaz é inútil, corriéndose el gravísimo riesgo de beber un agua tanto ó más cargada de gérmenes que la primitiva, porque de nada sirve, en efecto, eliminar los que á su entrada contiene, si encuentra á la salida depósitos de ellos donde los toma ó recibe más abundantes.

Sólo hay un medio seguro y eficaz de prevenir y evitar la contingencia y peligro indicados, muy remotos en verdad, pero posibles, y este medio es la esterilización periódica de los filtros, tuberías, llaves, etc., empleando al efecto ó el ácido clorhídrico ó los permanganatos de potasa

y de sosa en disolución acuosa, estos últimos al 1 por 1.000, y haciendo la operación de la manera y con la periodicidad indicada en las instrucciones que antes mencionamos.

Que la esterilización no parece ser necesaria con mayor frecuencia de la señalada en aquellas instrucciones, inducen á creerlo, y lo confirman: primero, el resultado obtenido por Guinochet en sus experiencias con un filtro Chamberland, por espacio de veintisiete días, al cabo de los cuales sólo un insignificante número de microbios había atravesado las paredes de las bujías, no obstante haber operado á presiones variables de 10 á 50 metros y con golpes de ariete; y segundo, el experimento ya citado de Mr. Miquel, según el cual: «Durante más de treinta días, sin limpiar el filtro, á presión superior á tres atmósferas y con agua del Dhuis, salió tan completamente esterilizada el último día como el primero.»

Para apreciar el valor y la importancia excepcional de estos últimos resultados, conviene fijar bien la atención y tener muy en cuenta que se obtuvieron á pesar de la concurrencia de dos circunstancias que les son enteramente contrarias, á saber: la de no haberse limpiado el filtro en todo el tiempo de la operación, es decir, en las condiciones más favorables al cultivo y pululación de las bacterias, y el haberse operado, además, á presiones elevadas superiores á tres atmósferas, más propias evidentemente para favorecer el paso de los microbios á través de la porcelana. De las experiencias realizadas por Mr. Lacour para estudiar el paso de las bacterias á través de la porcelana de los filtros Chamberland, dedujo este sabio experimentador que, operando con presiones de tres ó más atmósferas, ó bien con otras más pequeñas, pero variables y sujetas á los cambios que se producen en las cañerías de conducción, ó bien á golpes de ariete, se favorece y facilita aquel paso, y que se entorpece y retarda, por el contrario, cuando estos golpes de ariete no se producen, ó se opera á presión constante y moderada que no exceda de dos atmósferas.

Resulta además de dichas experiencias que una de las medidas más eficaces para retardar el paso de las bacterias es la limpieza frecuente y completa de las bujías, evitando de este modo la formación de depósitos fangosos, que constituyen un excelente medio de cultivo y la causa principal á que sin duda debe atribuirse la variabilidad grande observada en el poder esterilizador de un mismo sistema y en el número de microbios

que por acto de vegetación, más que por otra causa alguna, atraviesan las paredes del filtro.

Ahora bien: si no obstante haber operado Mr. Miquel en condiciones abonadísimas para la contaminación del agua, se encontró á su salida de los aparatos exenta de gérmenes, prueba inequívoca es de que no precisaba todavía esterilizarlos, y como por otra parte, en nuestras instalaciones la filtración se hace en circunstancias y condiciones totalmente distintas y mucho más ventajosas que aquéllas, puesto que los filtros se limpian con frecuencia, eliminando así en buena parte una causa poderosa de infección é ineficacia en los resultados higiénicos, y como, además de esto, la presión media á que se opera llega apenas á dos atmósferas, no es creible que ni aun en la época más propicia para el cultivo y pululación de las bacterias, cual es la de verano, se fragüen paso á través de las bujías en el período ó intervalo de treinta días que ha de mediar entre dos esterilizaciones por el permanganato, y en cuanto á la época de invierno, tampoco es de temer este peligro, por cuanto cada treinta días habíase hecho una esterilización, cuando menos, por el ácido clorhídrico empleado en la regeneración.

Respecto de la eficacia y poder esterilizador de los permangatos, como agentes esterilizadores de los filtros, nada podemos ni debemos decir de propia cuenta y como resultado de personales experiencias, que ni siquiera hemos intentado por varias incontestables razones. Tales experiencias, por su misma naturaleza, índole y objeto, como por los conocimientos y medios especiales que requieren, entendemos que no incumben al ingeniero, sino que son del dominio y exclusiva competencia del bacteriólogo; pero aunque así no fuera y prescindiendo de esto, que pudiéramos llamar propiamente competencia profesional, sin inconveniente alguno declaramos que la nuestra es nula, en cuanto atañe á hacer las preparaciones convenientes y necesarias para estos análisis microbiológicos, los que aparte esta razón convincentísima, no hubiéramos podido hacer, aun dado caso que osáramos intentarlos, por faltarnos en absoluto los aparatos propios para los ensayos.

Lo único, pues, que podemos y nos es lícito hacer, es explanar las ideas y convicciones adquiridas respecto del interesante particular que nos ocupa, mediante el atento y detenido estudio que hemos hecho de la

acción que los permanganatos y otros poderosos agentes de desinfección ejercen sobre los microbios que el agua contiene.

La limpieza del agua y su purificación bacteriológica por el empleo de substancias que precipiten las que hacen aquélla perjudicial ó poco propia, no es realmente una novedad, sino que se remonta á muy lejanos tiempos. Quizás entonces, por deficiencia ó ignorancia en los conocimientos bacteriológicos, la purificación se hacía inconscientemente, pero se hacía al fin; hoy, al contrario, merced al extraordinario progreso que los conocimientos bacteriológicos han alcanzado, principalmente debido á los preciosos medios de experimentación de que se dispone, como también á los procedimientos y medios de investigación que la moderna química, en su estado actual de adelanto, ofrece para el acabado estudio y exacta apreciación de los efectos y acción ejercida por estos agentes sobre las substancias que el agua contiene, la purificación, lejos de ser inconsciente como entonces, se ajusta, en la aplicación de los medios y lo mismo en los resultados, á leyes, reglas y principios deducidos por especulación y experimentalmente.

Muchos son los agentes químicos empleados para la desinfección de objetos y de los líquidos impuros que se hallen cargados, ya de materias orgánicas solamente, ya de ellas y de gérmenes patógenos; pero ni su aplicación es indiferente para depurar las aguas de bebida, porque algunos como el bicloruro de mercurio, por ejemplo, no es ni en pequeñas dosis inofensivo, ni tampoco tienen todos ellos la misma eficacia ni igual poder esterilizador, puesto que la del bisulfito-sódico no está todavía demostrada.

Natural es, pues, acudir preferentemente á substancias de indudable y reconocida inocuidad, dadas las dosis que su empleo requiere, á la vez también que de probada eficacia esterilizadora, y sólo en defecto de éstas, á aquellas otras que, aun no siendo totalmente inofensivas, se eliminan por completo con la limpieza y durante el período de filtración á agua perdida.

Entre las que reunen una ú otra de estas condiciones, tenemos: el ácido clorhídrico y los permanganatos de sosa y de potasa, recomendados por Richard para la esterilización, y el último de los cuales forma con el sulfato de alumina y la cal, la base del procedimiento Defossé para la depu-

ración de las aguas de las alcantarillas; el alcohol á 95° mezclado en partes iguales con agua, que fué aplicado en el laboratorio militar de Val-de-Grace para esterilizar un filtro Chamberland con limpiador O. André; las disoluciones de alumbre igualmente empleadas en el mismo laboratorio; el ácido sulfúrico y la creta, ó ésta y el sulfato de hierro; el permanganato de cal compuesto que Mr. Dupont preconiza, inclinándose á lo propuesto por Girard y Bordas para la purificación de las aguas; y últimamente, para no alargar demasiado esta enumeración, citaremos, aunque su inocuidad no está plenamente justificada, el polvo anti-calcáreo de Burlureaux, compuesto de polvo de cal viva, carbonato de sosa y alumbre, en proporciones que varían, según existe en las aguas mayor cantidad de bicarbonato que de sulfato de cal ó al contrario.

Aunque no son fáciles de precisar todas las reacciones químicas á que da lugar la adición del anti-calcáreo, se presume sin dificultad. Compréndese, en efecto, dice Arnould, que un agua que es calcárea porque contiene bicarbonato de cal; lo sea menos por la adición de cal que satura el ácido carbónico y convierte el bicarbonato en carbonato casi insoluble. Se sabe además que la cal y el carbonato de sosa son excelentes antisépticos, y por todo ello se explica que esta mezcla anti-calcárea opere la esterilización.

Ahora ocurre preguntar: ¿Será completa la esterilización, ó es posible, al contrario, que respondiendo bien esta mezcla de proporciones invariables á determinado número de substancias, no prevea todos los casos, ni destruya todas las que pueden existir en el agua? Experiencias hechas con aguas de diversa composición responden afirmativamente, y sin embargo, el mismo inventor recomienda «no contaminar las aguas con caldos de cultivo,» porque la adición de caldos de cultivo, añade, exige una mayor proporción de anti-calcáreo, lo que, según Arnould, equivale á decir que la depuración química por este medio, tal vez perjudica la esterilización, y como las substancias que ensucian é impurifican las aguas de bebida se asemejan muchísimo á los caldos de cultivo, es justa, fundada y legítima la duda respecto de la completa eficacia esterilizadora del polvo Burlureaux. Estas famosas acciones químicas, prosigue Arnould en su notable artículo, ¿no pueden ser algo así como un envenenamiento de los microbios? y si este envenamiento existe, ¿no

será nocivo para el que haga uso del agua purificada de este modo? Posible es que al terminar la depuración, concluyan tambien las acciones químicas; pero siempre quedarán compuestos de sosa, de hierro y de potasa, que el agua en su normal composición no contiene».

Lógico es, pues, aceptar con reserva estos procedimientos de esterilización del agua, en los que se emplean algunas substancias venenosas, nocivas ó cuya inocuidad, como antes decimos, no se halla evidentemente comprobada.

Descartando, pues, de una parte las substancias ó agentes cuya acción y resultados no sean total y exactamente conocidos, así como las que por la cantidad necesaria del agente y su precio resultan demasiado caras, y en fin, las que sin esta circunstancia ofrecen, como el alumbre, otros inconvenientes, venimos á parar al uso casi exclusivo del ácido clorhídrico y de los permanganatos de potasa, de sosa y de cal.

No es dudosa ni discutible la acción esterilizadora del ácido clorhídrico, desde que el eminente bacteriólogo Koch demostró que en diluciones muy dilatadas destruye el bacillo del cólera, siendo además sabido que adicionándolo en pequeña dosis al sublimado, aumenta considerablemente el poder desinfectante de éste; pero como la aplicación y más conveniente empleo de aquel ácido es á la regeneración de los filtros, restituyendo las bujías á su normal rendimiento, nos ocuparemos de él cuando lo hagamos de dicha operación y de los agentes químicos empleados en ella.

En cuanto á la del permanganato de potasa, forzoso sería creer en ella, siquiera no hubiera más razón que el afirmarlo Guinochet, en su libro *Les eaux d'alimentation, epuration, filtration, sterilisation*, y Mr. Vallin, en un notable artículo sobre la regeneración de los filtros Chamberland, publicado en el número del 20 de Noviembre de 1894 de la *Revue d'Hygiene et Police Sanitaire*, y en fin, las experiencias realizadas en el laboratorio bacteriológico de Val-de-Grace por Mrs. Laveran y Vaillard, en las que con disoluciones más ó menos concentradas de permanganato de potasa esterilizaron en absoluto las bujías de los filtros. Pero aparte aquellas afirmaciones y los resultados de las experiencias citadas, hay fundamentos y razones teóricas que permiten asegurar la eficacia de aquella acción.

Se sabe, en efecto, que las materias orgánicas descomponen rápidamente los permanganatos, arrebatando al ácido una porción de su oxígeno, el cual obra como elemento de combustión, oxidando y quemando tanto la materia orgánica como los microbios que el agua contiene.

No parece, en vista de esto, aventurado atribuir al oxígeno papel análogo al que desempeña en la acción y efectos de los gérmenes oxidantes ó nitrificadores del suelo, para convertir en inofensivas las materias que ensucian el agua sometida á la depuración. La actividad de los gérmenes nitrificadores, dice á este propósito Richard, está en relación muy íntima y estrecha con la presencia de oxígeno: si éste falta, el trabajo de nitrificación cesa; mientras que, por el contrario, este trabajo se desarrolla, activa y se acelera á medida que el gas penetra en mayor cantidad en el suelo. Ahora bien: es indudable que estos gérmenes nitrificadores, de especies muy diversas, existen también en el agua, aunque dicho se está, en número infinitamente menor que en las capas bacteríferas de la tierra, y estos gérmenes, que en tanto no haya oxígeno libre, pueden estimarse como inertes en su acción sobre los patógenos, adquieren, con la presencia de este gas, algo que pudiera calificarse de incompatibilidad de coexistencia con aquéllos en el mismo medio, de cuya incompatibilidad y verdadero antagonismo nace, sin duda, su poder nitrificador, que los destruye y quema la materia orgánica; lo que lógicamente induce á creer, que toda substancia cuya descomposición en presencia de la materia orgánica produzca, como con el permanganato acontece, oxígeno libre y en estado que pudiéramos llamar naciente, posée por este sólo hecho determinada eficacia y poder esterilizador.

Sin embargo, posible es, y más que esto todavía, probable, que tal manera de explicar la acción depuradora del permanganato, haciendo intervenir elementos nitrificadores, como mera presunción nuestra que es, falte de exactitud y se aleje bastante de la verdad: sin dificultad prescindimos, pues, de ella, ateniéndonos para explicar aquella acción, demostrar su existencia y probar la eficacia de sus efectos, á lo que sobre este particular expone Mr. Guinochet en su tratado de las aguas, pág. 164: «El permanganato, dice, obra sobre las aguas oxidando la materia orgánica que contienen,—la cual descompone en agua y ácido carbónico—y destruyendo por consecuencia de esto los microbios; mientras que la parte

correspondiente de permanganato se descompone á su vez en bióxido ú óxido salino de manganeso insoluble, que se precipita. Mas para depurar seguramente un agua, es preciso añadir un exceso de permanganato y eliminar enseguida este exceso por medio de una materia orgánica inerte é inofensiva. Esto es quizás el único reactivo químico propuesto para la purificación de las aguas, cuyo exceso es posible eliminar en total, segura y sencillamente.»

«Puede decirse que no hay procedimiento químico más eficaz que el permanganato, puesto que no solamente destruye los microbios, sino que quema las materias orgánicas.»

Al ocuparse Guinochet en las páginas 64 y 65 del mismo libro, de la naturaleza y calidad de las materias que para su nutrición hallan en el agua los microbios, dice: «Estos encontrarán, por consiguiente, un peso de materia orgánica alimenticia ampliamente suficiente para su nutrición. ¿Pero cuál es la naturaleza de esta materia orgánica? ¿Es perjudicial ó es útil para la vida de los microbios? Esto es lo que interesa saber, porque se comprende que la calidad importa en este caso mucho más que la cantidad de ella.»

«Se sabe que, por punto general, los vegetales y los animales hacen insolubles en el agua las materias de que se nutren: todo lo que arrojan soluble en el agua está formado, ó bien de productos no utilizables ó de los consumidos y gastados por la vida celular. Los microbios utilizan los materiales de los seres vivos y los solubilizan, ya sea por su acción vital, ya por su diastasis, obrando, aun después de su muerte, sobre sus propios cuerpos: apenas disueltos éstos, otros microbios se apoderan de ellos, lo que en suma indica que las materias orgánicas disueltas en el agua deben estar formadas, sino en su totalidad, en gran proporción, de substancias que han experimentado más ó menos enérgica la acción de la vida celular ó de la vida microbiana, á consecuencia de lo cual son menos propias para sostenerla.»

«Si hemos de creer, añade, á Tiermann y Preusse, las materias orgánicas más fácilmente quemadas por el permanganato en disolución ácida, son las más complejas, las más nutritivas para los microbios y las más distantes, en fin, del estado á que la vida microbiana las reduce.»

«La existencia en el agua de una gran proporción de estas materias,

será seguro indicio de que aquélla es favorable á la multiplicación de los microbios, y por el contrario, si sólo en pequeña cantidad existen, puede asegurarse que el agua ofrecerá muy escasas y poco apropiadas condiciones para la pululación de los microbios.»

La teoría indica, según acabamos de ver, que la disolución del permangato de potasa al 1 por 100, tal como Guinochet la prescribe y recomienda en su citada obra, debe dar excelentes resultados, á pesar de que en las experiencias de Val-de-Grace, publicadas en la mencionada *Revista de Higiene*, se obtuvieron contradictorios, hasta el punto de no lograr en dieciseis horas, y con las disoluciones más concentradas, esterilizar un filtro Chamberland, con limpiador O. André, en tanto que una bujía aislada se esterilizó por completo en menos de un cuarto de hora.

Mr. Vallin halla para este fenómeno muy sencilla, y á nuestro entender muy racional, explicación en la facilidad con que es descompuesto el permanganato por el caucho de las escobillas ó frotadores del limpiador André, porque pudiera suceder muy bien que la acción destructora del oxígeno tomado al permanganato se ejerciera sobre el caucho, y de tal manera, que no quedase disponible para quemar la materia orgánica y los microbios del agua. De todas maneras, lo que parece deducirse claro de tales resultados, es que la causa de haberse paralizado, ó anulado más bien, el poder esterilizador del permanganato de potasa, no reside esencialmente en la composición del agua ni en la naturaleza y condición de los gérmenes y materias que contiene ni en la especial de que están hechas las bujías, puesto que una de ellas aislada se esterilizó con aquellas disoluciones; y si ninguna de éstas es la causa de la nulidad de efectos observada, hay que buscarla en elementos extraños, que racionalmente no pueden ser más que aquellos de que se compone el limpiador, con el cual la esterilización del filtro por el permanganato es deficiente, y expresándonos con más propiedad, diremos que es incierta.

Empleados los permanganatos en la dosis de 1 por 1.000, son absolutamente inofensivos; se eliminan en totalidad durante el período de filtración á agua perdida, que inmediatamente sigue á la esterilización y su coste es reducidísimo. Siendo efectivamente de 6 pesetas el de 1 kilógramo de permanganato de potasa, el de la cantidad necesaria para esterilizar un filtro con la disolución valorada en la forma dicha, sería de 0,12

pesetas, de manera que, aun cuando se creyera conveniente ó necesario emplear disoluciones más concentradas, el gasto que la esterilización originaría habría de ser siempre insignificante.

La eficacia esterilizadora del bisulfito-sódico no está todavía demostrada; se sabe, sí, teóricamente, que este cuerpo es muy ávido de oxígeno y que destruye los fermentos y las materias pútridas quitándoles este elemento; y las repetidas experiencias de Mr. Miquel han probado, que las soluciones de ácido sulfuroso al 2 por 1.000 destruyen la casi totalidad de los gérmenes contenidos en el agua cuando ésta no se halla notablemente cargada y sucia por materias orgánicas; pero como en materia de desinfectantes, más que la teoría enseñan las experiencias, y éstas no se han hecho concluyentes con el bisulfito, no puede afirmarse que sea, en efecto, agente esterilizador en esencia.

Fundándonos en las razones y estudio que precede, prescribimos el empleo y uso de los permanganatos de potasa y de sosa para la esterilización de los filtros establecidos en los cuarteles, no obstante que su aplicación ofrece un ligero inconveniente, ya apuntado, cual es el de disminuir algo el rendimiento de los filtros á causa de que el bióxido de manganeso que la descomposición de los permanganatos produce, forma un depósito muy ténue, que penetra y obstruye los conductos capilares de las bujías, dificultando el paso del agua; pero este inconveniente, si no se evita, se salva y desaparece fácilmente regenerando el filtro inmediatamente después de la esterilización por uno cualquiera de los dos agentes: ácido clorhídrico ó bisulfito-sódico, conocidos en sus resultados prácticos y de cuyo estudio nos ocuparemos, por lo tanto, muy ligeramente.

Por propias y prácticas experiencias hemos podido apreciar cuanto tiene de eficacísima y completa la acción regeneradora de estos dos agentes, y muy en particular del segundo, respecto del cual la comprobó Guinochet en los repetidos ensayos á este propósito realizados con filtros Chamberland-Pasteur de 6 bujías, provistos de limpiador mecánico O. André; ensayos que, tomándolos de la *Revue d'Hygiene*, transcribimos en extracto.

«Un filtro préviamente sucio y engrasado por la adición de 250 gramos de leche y algo de tierra, en el que casi por completo habíase anulado el rendimiento, dió en las experiencias:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Después de la limpieza con los frotadores. . . | 1,440 | litros por | hora. |
| Después del empleo del permanganato al 5 por 1.000.. . . . . | 5,00 | íd. | íd. |
| Después del bisulfito al 1 por 20. . . . . | 100,00 | íd. | íd. |

Operando con dos filtros acoplados, los resultados en uno de ellos fueron:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Antes de la limpieza... . . . . | 12,00 | litros por | hora. |
| Después de la limpieza ordinaria. . . . . | 15,00 | íd. | íd. |
| Con el permanganato al 5 por 1.000. . . . . | 60,00 | íd. | íd. |
| Con el ácido clorhídrico al 5 por 1.000.. . . . . | 90,00 | íd. | íd. |
| Con el bisulfito al 1 por 20.. . . . . | 120,00 | íd. | íd. |

Resultados que, en cuanto á los de la regeneración por el bisulfito, concuerdan de todo en todo con los obtenidos en nuestros experimentos, y se consignan en el cuadro núm. 3, correspondiente á las instalaciones de la Aljafería; mas no así en lo que se refiere al aumento de rendimiento mediante la esterilización por el permanganato.

Hecha, en efecto, la esterilización de uno de los filtros de Sangenís por el permanganato de potasa al 1,50 por 1.000, y la regeneración inmediata por el bisulfito en proporción igual á la usada en la Aljafería, se obtuvieron los resultados siguientes:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Rendimiento durante diez minutos después de la limpieza ordinaria, corresponden á.. . . . . | 150 | litros por | hora. |
| Idem después de la esterilización por el permanganato. . . . . | 150 | íd. | íd. |
| Idem después de la regeneración por el bisulfito. . | 216 | íd. | íd. |

Se ve por estos resultados, que la esterilización por el permanganato no aumenta el rendimiento; que la regeneración por el bisulfito es eficacísima, puesto que lo eleva considerablemente; y por último, que á la esterilización debe seguir una regeneración por el bisulfito; pero conviene hacer observar, que antes de verter la disolución de bisulfito en el filtro, es preciso limpiarlo perfectamente hasta que el agua no tenga color rojo, pues de otro modo las reacciones que determina el bisulfito en presencia de las materias que por la acción del permanganato se han precipitado,

dan lugar á que se cubran de un depósito negro y adherente las bujías, cuya limpieza es larga, penosa y no fácil.

Se explica teóricamente la eficacia de la acción regenadora del ácido clorhídrico, teniendo en cuenta que los carbonatos alcalinos, lo mismo que la alumina, se disuelven en los ácidos, de modo que si por hallarse aquéllos en exceso y suspendida la alumina en el agua á causa de no ser soluble en ella, quedan retenidos por las paredes de las bujías, la disolución del ácido clorhídrico, supuesta convenientemente valorada, arrastrará disueltas todas estas materias y dejará libres y expeditos los canalillos de la porcelana.

### Consideraciones sobre algunos inconvenientes atribuidos á los filtros. — Utilidad incontestable de éstos.

En lo anteriormente expuesto van tratados con la conveniente extensión los diversos puntos de que debíamos ocuparnos al redactar esta Memoria, la que en tal concepto podía darse aquí por terminada; sin embargo de ello, creemos que no huelgan á su propósito, ni serán inoportunas ó extrañas las siguientes ideas, que responden á dos objeciones muy generalmente presentadas contra los filtros.

Es la primera de ellas, que los productos de naturaleza, ya orgánica, ya inorgánica, que el agua lleva disueltos, no son separables en manera alguna por la filtración, cualquiera que sea la materia filtrante que se emplée.

Esto, presentado así en términos tan absolutos, no es rigurosamente exacto, y no lo decimos nosotros, lo dicen Hassal, Wit, Hugounenq Arloing, Frankland, y lo prueban las investigaciones de éstos y de otros experimentadores, de las cuales investigaciones resulta, que varias materias filtrantes tienen la propiedad de retener por atracción, en su superficie, las substancias disueltas en el agua; resulta también que esta acción depende esencialmente del volumen del líquido disolvente y de la extensión de las superficies activas, siendo en igualdad de circunstancias más enérgica en los cuerpos porosos y divididos que en los compactos y densos, débil, en fin, en las disoluciones dilatadas y más fuerte en las concentradas.

Ejemplos de esto ofrecen el negro animal, los carbones orgánicos que

provienen de materias animales, el de madera, la arcilla grasa, la porcelana, el hierro esponjoso, el cok, etc., etc. Por otra parte, es indudable la acción que determinadas materias ejercen sobre los gases disueltos en el agua, y á confirmarla vienen los resultados de las experiencias de Mr. Lacour, con un filtro Chamberland, en el que al filtrarse el agua perdió parte del ácido carbónico, del ázoe y del oxígeno.

El que esta acción no sea, por el conjunto de circunstancias que en la filtración concurren, muy enérgica y completamente eficaz, no quiere decir ciertamente que no exista, ni que deje de ser beneficiosa en sus resultados, ni menos hay en ello razón y fundamento para negarla.

No fiar por completo en su eficacia, es cuerdo y prudente; pero negar que contribuye á la depuración obrando algo sobre las materias disueltas, es puramente gratuíto.

Se funda la segunda objeción en que aun cuando los filtros, según sea la materia de que se fabrican, retienen, en mayor ó menor número, los micro-organismos que en el agua existen, no los eliminan en totalidad, y que no hay un solo filtro que, á la larga, no los deje pasar á través de los conductos de la materia filtrante.

No hay duda que es fundada la objeción, como es cierto también, é inevitable en nuestro concepto, este paso, ya sea de bacterias, ya de gérmenes, esporos, etc., etc.; porque habiendo de emplearse para hacer el filtro una materia porosa, se concibe la posibilidad de que por los conductos de ella se fragüen paso fácil ó difícil, y quizás debido más que á otra cosa, á un fenómeno de vegetación, corpúsculos infinitamente pequeños, cuya presencia en el agua basta para que no pueda calificarse como bacteriológicamente pura. Mas para juzgar de la importancia real é intrínseca de este hecho, que no discutimos, y también de los grandes é incalculables beneficios qne, á pesar de él, reporta el uso inteligente de los filtros, nada mejor podemos hacer que trasladar íntegros algunos párrafos del notable artículo publicado por Mr. Arnauld, con el título: *La sterilisation de l'eau*, en la tantas veces citada *Revue d'Hygiene.*

«¿Es indispensable para calificar de buena un agua que sea absolutamente estéril? Se ha visto prácticamente que ningún filtro da, constante é indefinidamente, esterilizada el agua; por su medio se trata únicamente de una reducción mayor ó menor en el número de gérmenes, y sin em-

bargo de esto, Londres, Berlín y otras poblaciones que usan filtros de arena, han conseguido disminuir considerablemente su mortalidad y su letalidad tifoidea. Altona logró, merced á ellos, relativa inmunidad en el cólera, que diezmó, en cambio, á Hamburgo: en Lyon ha decrecido su mortalidad tífica, y conocida es la notable disminución de esta epidemia y la escasa acción de la colérica en 1892 en el ejército francés, gracias al empleo de los filtros Chamberland.»

Los higienistas preocúpanse, sin embargo, de que los filtros no retienen todos los microbios patógenos; pero conviene tener muy presente que los bacillos, lejos de multiplicarse en el agua, sucumben en ella rápidamente, sin que el descubrimiento y la presencia, muy frecuente, es verdad, del bacillo tífico pruebe nada en contrario. En muy raros casos, y por excepción, digámoslo así, tendrán que luchar los filtros con microbios infecciosos recientemente caidos en el agua y que por tal circunstancia no hayan muerto; pero aunque así no fuera, todavía prestarían los filtros una muy eficaz protección. Supongamos que, en efecto, el hecho se realiza; que hay en el agua gérmenes patógenos, pero que de ellos atraviesan solamente el filtro 1 por cada 100 ó por cada 1.000; es claro que, ni el daño, ni el peligro son los mismos que si hubieran pasado en su totalidad, porque hoy ya se sabe que el vírus no es puro dinamismo; que no produce igual efecto en dosis infinitesimales que en masas, y que, en fin, la infección es mayor por 1.000 bacillos que por uno sólo, y esto explica que Mr. Vaillard aceptase, á pesar de todo, los filtros de arena para depurar las aguas del Sena. Estos filtros no son, ni mucho menos, filtros perfectos que den el agua bacteriológicamente pura; pero reducen el número de microbios transportados por ella en proporción considerable y suficiente para disminuir y hasta para hacer desaparecer algunas veces los peligros que, sin ellos, tendría siempre el consumo de las aguas del Sena.»

«En cuanto se refiere á los bacillos no patógenos, ó como tal considerados hasta hoy, á las impurezas de todo género y aun á las materias orgánicas disueltas, nuestra opinión sobre el papel etiológico del agua sucia nos induce á creer que los filtros prestan servicios grandísimos no dejándolos pasar sino en pequeña proporción.»

«La mayor parte de los filtros bien construídos y cuidados retienen

gran cantidad de los indicados elementos, oxidan buena parte de la materia orgánica y proporcionan agua limpia, condición que es indispensable para reputarla saludable y buena.»

«Esta cualidad incuestionable de los filtros adquiriría excepcional importancia el día, tal vez no lejano, en que llegase á descubrirse que las bacterias más comunes y familiares, por decirlo así, del agua, hasta ahora tenidas como indiferentes é inofensivas, podían llegar á adquirir propiedades infecciosas ó solamente á colaborar con otras para determinar trastornos fisiológicos y análogas alteraciones á las que se observan en enfermedades infecciosas de orígen conocido y comprobado. La eliminación de las bacterias, cualquiera que fuera su índole y especie, por el filtro, revestiría el mismo carácter que la exclusión de los gérmenes patogénos, confundiéndose con ella y quizás fuera más interesante todavía, por cuanto las bacterias patógenas mueren en el agua, mientras que las otras duran y permanecen en ella.»

«Somos, pues, concluye, partidarios de los filtros y de la purificación por precipitación, que probablemente no esteriliza más que aquéllos; bien entendido, por lo que á ésta se refiere, á condición de que en ella se empleen substancias de seguros y útiles efectos; y como resumen de este estudio, diremos que el agua puede ser buena y saludable, aun cuando no esté absolutamente esterilizada.»

Zaragoza, 16 de Enero de 1896. = *El coronel de Ingenieros,* Eusebio Lizaso.

(Véase el diagrama núm. 1.)

**Núm. 1.**

# CUARTEL DE SANGENÍS

ESTADO *que expresa los resultados obtenidos en las experiencias realizadas con los filtros instalados en el citado cuartel.*

| Número de orden de las experiencias. | Día | Mes. | Año. | Número de filtros que funcionaron. | Número de horas de filtración. | Presión: Máxima | Presión: Mínima | Presión: Media | Rendimiento total. | Rendimiento total por hora. | Rendimiento por hora y filtro. | Rendimiento medio por: Hora | Rendimiento medio por: Filtro | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 19 | Jul. | 1895 | 1 | 3 | 13,20 | 11,20 | 12,20 | 600 | 200,00 | 200,00 | 137,50 | 137,50 | |
| 2 | | | | 1 | 3 | » | » | » | 475 | 158,00 | 158,00 | | | |
| 3 | 20 | id. | id. | 1 | 3 | » | » | » | 350 | 116,60 | 116,00 | | | |
| 4 | | | | 1 | 3 | » | » | » | 225 | 75,00 | 75,00 | | | |
| 5 | 21 | id. | id. | 1 | 3 | » | » | » | 600 | 200,00 | 200,00 | 108,60 | 108,60 | Se limpió el filtro. |
| 6 | | | | 1 | 3 | » | » | » | 450 | 150,00 | 150,00 | | | |
| 7 | 22 | id. | id. | 1 | 3 | » | » | » | 325 | 108,00 | 108,00 | | | |
| 8 | | | | 1 | 3 | » | » | » | 225 | 75,00 | 75,00 | | | |
| 9 | 23 | id. | id. | 1 | 3 | » | » | » | 185 | 62,00 | 62,00 | | | |
| 10 | | | | 1 | 3 | » | » | » | 170 | 56,00 | 56,00 | | | |
| 11 | 24 | id. | id. | 2 | 3 | » | » | » | 1200 | 400,00 | 200,00 | 198,95 | 99,48 | Limpios los filtros. |
| 12 | | | | 2 | 3 | » | » | » | 975 | 325,00 | 162,50 | | | |
| 13 | 25 | id. | id. | 2 | 3 | » | » | » | 700 | 233,00 | 116,50 | | | |
| 14 | 26 | id. | id. | 2 | 3 | » | » | » | 450 | 150,00 | 75,00 | | | |
| 15 | 27 | id. | id. | 2 | 3 | » | » | » | 400 | 133,00 | 66,50 | | | |
| 16 | | | | 2 | 3 | » | » | » | 350 | 116,60 | 58,30 | | | |
| 17 | 28 | id. | id. | 2 | 6 | » | » | » | 700 | 116,60 | 58,30 | | | |
| 18 | 29 | id. | id. | 2 | 3 | » | » | » | 1200 | 400,00 | 200,00 | 218,00 | 109,00 | Limpios los filtros. |
| 19 | 30 | id. | id. | 2 | 3 | » | » | » | 850 | 283,33 | 141,60 | | | |
| 20 | 31 | id. | id. | 2 | 3 | » | » | » | 700 | 233,33 | 116,60 | | | |
| 21 | 1 | ag. | id. | 2 | 3 | » | » | » | 425 | 141,66 | 70,83 | | | |
| 22 | 2 | id. | id. | 2 | 6 | » | » | » | 750 | 125,00 | 62,50 | | | |
| 23 | 3 | id. | id. | 2 | 3 1/4 | » | » | » | 1200 | 369,23 | 184,60 | 222,95 | 111,47 | Limpios los filtros. |
| 24 | 4 | id. | id. | 2 | 3 | » | » | » | 800 | 266,66 | 133,33 | | | |
| 25 | 5 | id. | id. | 2 | 3 | » | » | » | 675 | 225,00 | 112,50 | | | |
| 26 | 6 | id. | id. | 2 | 3 | » | » | » | 400 | 133,33 | 66,66 | | | |
| 27 | 7 | id. | id. | 2 | 3 | » | » | » | 325 | 108,33 | 54,16 | | | |
| 28 | 8 | id. | id. | 2 | 3 1/2 | » | » | » | 1200 | 342,86 | 171,43 | 159,00 | 79,50 | Limpios los filtros. |
| 29 | | | | 2 | 5 | » | » | » | 1150 | 230,00 | 115,00 | | | |
| 30 | 9 | id. | id. | 2 | 5 | » | » | » | 700 | 140,00 | 70,00 | | | |
| 31 | 10 | id. | id. | 2 | 5 | » | » | » | 600 | 120,00 | 60,00 | | | |
| 32 | 11 | id. | id. | 2 | 12 | » | » | » | 1200 | 100,00 | 50,00 | | | |
| | | | | | 117 3/4 | | | | | | | | | |

| Número de orden de las experiencias... | Día | Mes. | Año. | Número de filtros que funcionaron... | Número de horas de filtración... | Presión: Máxima | Presión: Mínima | Presión: Media | Rendimiento total... | Rendimiento total por hora... | Rendimiento por hora y filtro... | Rendimiento medio por: Hora | Rendimiento medio por: Filtro | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 117 3/4 | | | | | | | | | |
| 33 | 12 | Ag. | 1895 | 2 | 3 1/4 | 13,20 | 11,20 | 12,20 | 950 | 292,30 | 146,15 | | | Limpios los filtros. |
| 34 | 13 | id. | id. | 2 | 3 | » | » | » | 750 | 250,00 | 125,00 | | | |
| 35 | 14 | id. | id. | 2 | 3 | » | » | » | 650 | 216,66 | 108,33 | 183,55 | 91,77 | |
| 36 | 15 | id. | id. | 2 | 6 | » | » | » | 700 | 116,66 | 58,33 | | | |
| 37 | 16 | id. | id. | 2 | 3 | » | » | » | 300 | 100,00 | 50,00 | | | |
| 38 | 17 | id. | id. | 2 | 9 | » | » | » | 1600 | 177,77 | 88,88 | | | |
| 39 | 20 | id. | id. | 2 | 3 3/4 | » | » | » | 1200 | 320,00 | 160,00 | | | Limpios los filtros. |
| 40 | 21 | id. | id. | 2 | 3 1/2 | » | » | » | 700 | 200,00 | 100,00 | | | |
| 41 | 22 | id. | id. | 2 | 6 | » | » | » | 1000 | 166,66 | 83,33 | 162,37 | 81,18 | |
| 42 | 23 | id. | id. | 2 | 12 | » | » | » | 1200 | 100,00 | 50,00 | | | |
| 43 | 24 | id. | id. | 2 | 3 | » | » | » | 700 | 233,33 | 116,66 | | | Limpios los filtros. |
| 44 | 25 | id. | id. | 2 | 10 | » | » | » | 1200 | 120,00 | 60,60 | 146,15 | 73,08 | |
| 45 | 26 | id. | id. | 2 | 2 1/2 | » | » | » | 600 | 240,00 | 120,00 | | | Limpios los filtros. |
| 46 | 27 | id. | id. | 2 | 3 1/2 | » | » | » | 450 | 128,57 | 64,28 | 160,97 | 80,49 | |
| 47 | | | | 2 | 4 1/4 | » | » | » | 600 | 141,17 | 70,53 | | | |
| | | | | | 193 1/2 | | | | | | | | | |
| **Después de la primera regeneración.** | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | 4 | Sep. | id. | 2 | 4 | » | » | » | 1200 | 300,00 | 150,00 | | | |
| 49 | 5 | id. | id. | 2 | 5 | » | » | » | 875 | 175,00 | 87,50 | 182,89 | 91,49 | |
| 50 | 6 | id. | id. | 2 | 5 | » | » | » | 750 | 150,00 | 75,00 | | | |
| 51 | 7 | id. | id. | 2 | 5 | » | » | » | 650 | 130,00 | 65,00 | | | |
| 52 | 8 | id. | id. | 2 | 4 | » | » | » | 1200 | 300,00 | 150,00 | | | Limpios los filtros. |
| 53 | 9 | id. | id. | 2 | 6 | » | » | » | 1050 | 175,00 | 87,50 | 183,75 | 91,87 | |
| 54 | 10 | id. | id. | 2 | 4 | » | » | » | 650 | 162,50 | 81,25 | | | |
| 55 | 11 | id. | id. | 2 | 6 | » | » | » | 775 | 129,16 | 64,58 | | | |
| 56 | 12 | id. | id. | 2 | 3 3/4 | » | » | » | 1200 | 320,00 | 160,00 | | | Limpios los filtros. |
| 57 | 13 | id. | id. | 2 | 6 | » | » | » | 1000 | 166,66 | 83,33 | 200,00 | 100,00 | |
| 58 | 14 | id. | id. | 2 | 6 | » | » | » | 950 | 158,33 | 79,16 | | | |
| 59 | 15 | id. | id. | 2 | 2 1/4 | » | » | » | 525 | 233,00 | 116,50 | 181,81 | 90,90 | Limpios los filtros. |
| 60 | 16 | id. | id. | 2 | 6 | » | » | » | 975 | 162,50 | 81,25 | | | |
| | | | | | 63 hs. | | | | | | | | | |
| 61 | | Oct. | id. | 1 | 3 1/2 | » | » | » | 600 | 171,43 | 171,43 | | | Regenerado. |
| 62 | | id. | id. | 1 | 6 | » | » | » | 600 | 100,00 | 100,00 | 103,20 | 103,20 | |
| 63 | | id. | id. | 1 | 6 | » | » | » | 400 | 66,66 | 66,66 | | | |
| 34 | | id. | id. | 1 | 3 1/2 | » | » | » | 600 | 171,43 | 171,43 | | | Limpio. |
| 35 | | id. | id. | 1 | 6 | » | » | » | 600 | 100,00 | 100,00 | 103,20 | 103,20 | |
| 36 | | id. | id. | 1 | 6 | » | » | » | 400 | 66,66 | 66,66 | | | |

(Véase el diagrama núm. 2.)

**Núm. 2.**

# CUARTEL DEL CID.

ESTADO *que expresa los resultados obtenidos en las experiencias realizadas con los filtros instalados en el citado cuartel.*

| Número de órden de las experiencias. | Día | Mes | Año | Número de filtros que funcionaron. | Número de acumuladores. | Presión — Atmósferas: Inicial | Mínima | Media | Duración, horas. | Rendimiento total. | Rendimiento total por hora. | Rendimiento por hora y filtro. | Rendimiento medio por: Hora | Filtro | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 22 | Jul. | 1895 | 1 | 1 | 1,50 | » | 0,75 | 2,00 | 250 | 125,00 | 125,00 | 102,22 | 122,22 | |
| 2 | | | | » | » | » | » | » | 2,25 | 240 | 106,60 | 106,60 | | | |
| 3 | | | | » | » | » | » | » | 2,50 | 200 | 80,00 | 80,00 | | | |
| 4 | 23 | id. | id. | 1 | 1 | 1,50 | » | 0,75 | 2,50 | 270 | 108,00 | 108,00 | 77,83 | 77,83 | |
| 5 | | | | » | » | » | » | » | 3,25 | 250 | 76,92 | 76,92 | | | |
| 6 | | | | » | » | » | » | » | 3,50 | 200 | 57,14 | 57,14 | | | |
| 7 | 24 | id. | id. | 1 | 1 | 2,00 | » | 1 | 2,50 | 350 | 140,00 | 140,00 | 109,72 | 109,72 | Limpios los filtros. |
| 8 | | | | » | » | » | » | » | 3,25 | 340 | 104,61 | 104,61 | | | |
| 9 | | | | » | » | » | » | » | 3,50 | 325 | 92,85 | 92,85 | | | |
| 10 | 26 | id. | id. | 1 | 1 | 2,00 | » | 1 | 3,00 | 340 | 113,33 | 113,33 | 93,26 | 93,26 | |
| 11 | | | | » | » | » | » | » | 3,50 | 320 | 91,41 | 91,41 | | | |
| 12 | | | | » | » | » | » | » | 3,75 | 296 | 78,93 | 78,93 | | | |
| 12 | 27 | id. | id. | 1 | 1 | 2,50 | » | 1,25 | 2,50 | 330 | 132,00 | 132,00 | 110,85 | 110,85 | |
| 13 | | | | » | » | » | » | » | 3,00 | 340 | 113,33 | 113,33 | | | |
| 14 | | | | » | » | » | » | » | 3,25 | 300 | 92,33 | 92,33 | | | |
| 15 | 28 | id. | id. | 2 | 1 | 2,50 | » | 1,25 | 2,75 | 370 | 134,54 | 67,27 | 128,57 | 64,28 | Limpios los filtros. |
| 16 | | | | » | » | » | » | » | 3,00 | 390 | 130,00 | 65,00 | | | |
| 17 | | | | » | » | » | » | » | 3,00 | 365 | 121,66 | 60,83 | | | |
| 18 | 30 | id. | id. | 2 | 1 | 2,50 | » | 1,25 | 3,00 | 360 | 120,00 | 60,00 | 113,33 | 56,66 | |
| 19 | | | | » | » | » | » | » | 3,00 | 340 | 113,33 | 56,66 | | | |
| 20 | | | | » | » | » | » | » | 3,00 | 320 | 106,66 | 53,33 | | | |
| 21 | 31 | id. | id. | 1 | 1 | 3,00 | » | 1,50 | 2,50 | 370 | 148,00 | 148,00 | 122,16 | 122,16 | |
| 22 | | | | » | » | » | » | » | 3,25 | 400 | 123,00 | 123,00 | | | |
| 23 | | | | » | » | » | » | » | 3,50 | 360 | 102,85 | 102,85 | | | |
| 24 | 1.º | Ag. | id. | 2 | 1 | 3,00 | » | 1,50 | 3,00 | 400 | 133,33 | 66,66 | 130,00 | 65,00 | Limpios los filtros. |
| 25 | | | | » | » | » | » | » | 3,00 | 380 | 126,66 | 63,33 | | | |
| 26 | 2 | id. | id. | 2 | 1 | 3,00 | » | 1,50 | 3,00 | 410 | 136,66 | 68,33 | 122,00 | 61,00 | |
| 27 | | | | » | » | » | » | » | 3,25 | 380 | 116,92 | 58,46 | | | |
| 28 | | | | » | » | » | » | » | 3,50 | 400 | 114,28 | 57,14 | | | |
| 29 | 3 | id. | id. | 2 | 1 | 3,00 | » | 1,50 | 3,00 | 370 | 123,33 | 61,66 | 116,80 | 58,40 | |
| 30 | | | | » | » | » | » | » | 3,25 | 360 | 110,77 | 55,38 | | | |
| 31 | 5 | id. | id. | 3 | 1 | 3,00 | » | 1,50 | 2,75 | 420 | 152,72 | 50,90 | 134,11 | 44,70 | Limpios los filtros. |
| 32 | | | | » | » | » | » | » | 2,75 | 320 | 116,40 | 38,80 | | | |
| 33 | | | | » | » | » | » | » | 3,00 | 400 | 133,33 | 44,44 | | | |

| Número de orden de las experiencias. | Día | Mes | Año | Número de filtros que funcionaron. | Número de acumuladores. | Presión — Atmósferas: Inicial | Mínima | Media | Duración, horas. | Rendimiento total. | Rendimiento total por hora. | Rendimiento por hora y filtro. | Rendimiento medio por: Hora | Filtro | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 34 | 6 | Ag. | 1895 | 3 | 1 | 3,00 | » | 1,50 | 3,00 | 400 | 133,33 | 44,44 | 120,00 | 40,00 | |
| 35 | | | | » | » | » | » | » | 3,00 | 400 | 133,33 | 44,44 | | | |
| 36 | | | | » | » | » | » | » | 3,25 | 320 | 98,46 | 32,82 | | | |
| 37 | 7 | id. | id. | 3 | 1 | 3,00 | » | 1,50 | 3,25 | 410 | 123,00 | 41,00 | 117,56 | 39,18 | |
| 38 | | | | » | » | » | » | » | 3,75 | 420 | 112,00 | 37,33 | | | |
| 39 | | | | » | » | » | » | » | 3,25 | 375 | 115,38 | 38,46 | | | |
| 40 | 8 | id. | id. | 1 | 2 | 3,00 | » | 1,50 | 4,00 | 645 | 161,25 | 161,25 | 163,00 | 163,00 | Limpios los filtros. |
| 41 | | | | » | » | » | » | » | 4,25 | 700 | 164,70 | 164,70 | | | |
| 42 | 9 | id. | id. | 1 | 2 | 3,00 | » | 1,50 | 4,50 | 600 | 133,33 | 133,33 | 126,31 | 126,31 | |
| 43 | | | | » | » | » | » | » | 5,00 | 600 | 120,00 | 120,00 | | | |
| 44 | 12 | id. | id. | 2 | 2 | 3,00 | » | 1,50 | 5,00 | 710 | 142,00 | 71,00 | 134,28 | 67,14 | Limpios los filtros. |
| 45 | | | | » | » | » | » | » | 5,50 | 700 | 127,27 | 63,63 | | | |
| 46 | 13 | id. | id. | 2 | 2 | 3,00 | » | 1,50 | 5,50 | 670 | 121,80 | 60,90 | 113,91 | 56,95 | |
| 47 | | | | » | » | » | » | » | 6,00 | 640 | 106,66 | 53,33 | | | |
| 48 | 14 | id. | id. | 2 | 2 | 3,00 | » | 1,50 | 7,00 | 580 | 82,85 | 41,42 | 80,70 | 40,35 | |
| 49 | | | | » | » | » | » | » | 7,00 | 550 | 78,57 | 39,29 | | | |
| 50 | 17 | id. | id. | 3 | 2 | 3,00 | » | 1,50 | 5,50 | 780 | 141,81 | 47,27 | 142,85 | 47,60 | Limpios los filtros. |
| 51 | | | | » | » | » | » | » | 5,00 | 720 | 144,00 | 48,00 | | | |
| 52 | 18 | id. | id. | 3 | 2 | 3,00 | » | 1,50 | 5,75 | 740 | 128,69 | 42,89 | 126,56 | 42,18 | |
| 53 | | | | » | » | » | » | » | 5,75 | 715 | 124,35 | 41,48 | | | |
| 54 | 30 | Oct. | id. | 1 | 1 | 3,00 | » | 1,50 | 3,25 | 455 | 140,00 | 140,00 | 125,36 | 125,36 | Regenerado el filtro. |
| 55 | | | | » | » | » | » | » | 3,50 | 450 | 128,57 | 128,57 | | | |
| 56 | | | | » | » | » | » | » | 3,50 | 380 | 108,57 | 108,57 | | | |
| 57 | 6 | Nov. | id. | 2 | 1 | 3,00 | » | 1,50 | 2,00 | 400 | 200,00 | 100,00 | 173,00 | 86,50 | Regenerados. |
| 58 | | | | » | » | » | » | » | 2,00 | 355 | 177,50 | 88,75 | | | |
| 59 | | | | » | » | » | » | » | 2,50 | 370 | 148,00 | 74,00 | | | |
| 60 | 7 | id. | id. | 3 | 1 | 3,00 | » | 1,50 | 2,28 | 365 | 160,00 | 53,33 | 154,00 | 51,33 | Limpios los filtros. |
| 61 | | | | » | » | » | » | » | 2,33 | 360 | 154,50 | 51,50 | | | |
| 62 | | | | » | » | » | » | » | 2,50 | 370 | 148,00 | 49,33 | | | |
| 63 | 8 | id. | id. | 1 | 2 | 3,00 | » | 1,50 | 3,50 | 500 | 142,85 | 142,85 | 122,52 | 122,52 | Limpios los filtros. |
| 64 | | | | » | » | » | » | » | 3,75 | 460 | 122,66 | 122,66 | | | |
| 65 | | | | » | » | » | » | » | 3,85 | 400 | 103,89 | 103,89 | | | |
| 66 | 9 | id. | id. | 2 | 2 | 3,00 | » | 1,50 | 4,00 | 680 | 170,00 | 85,00 | 157,30 | 78,65 | Limpios los filtros. |
| 67 | | | | » | » | » | » | » | 4,50 | 715 | 158,88 | 79,44 | | | |
| 68 | | | | » | » | » | » | » | 4,50 | 650 | 144,44 | 72,22 | | | |
| 69 | 10 | id. | id. | 3 | 2 | 3,00 | » | 1,50 | 4,40 | 690 | 156,81 | 52,27 | 152,45 | 50,89 | Limpios los filtros. |
| 70 | | | | » | » | » | » | » | 4,45 | 680 | 152,80 | 50,90 | | | |
| 71 | | | | » | » | » | » | » | 4,40 | 650 | 147,72 | 49,24 | | | |

(Véase el diagrama núm. 3.)

**Núm. 3.**

# CUARTELES DE LA ALJAFERÍA.

ESTADO *que expresa los resultados obtenidos en las experiencias realizadas con los filtros instalados en los citados cuarteles.*

| Número de orden de las experiencias | Día | Mes | Año | Número de filtros que funcionaron | Número de horas de filtración | Presión: Máxima | Presión: Mínima | Presión: Media | Rendimiento total | Rendimiento total por hora | Rendimiento por hora y filtro | Rendimiento medio por: Hora | Rendimiento medio por: Filtro | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7 | Oct. | 1895 | 1 | 5,00 | 19,70 | 17,70 | 18,70 | 1200 | 240,00 | 240,00 | | | |
| 2 | 8 | » | » | 1 | 12,00 | » | » | » | 1800 | 150,00 | 150,00 | 140,32 | 140,32 | |
| 3 | 9 | » | » | 1 | 14,00 | » | » | » | 1350 | 96,42 | 96,42 | | | |
| 4 | 10 | » | » | 1 | 5,50 | » | » | » | 1200 | 218,00 | 218,00 | 174,00 | 174,00 | Limpio el filtro. |
| 5 | 11 | » | » | 1 | 8,00 | » | » | » | 1150 | 143,75 | 143,75 | | | |
| 6 | 15 | » | » | 2 | 2,60 | » | » | » | 1200 | 461,53 | 230,76 | | | Limpios los filtros. |
| 7 | 16 | » | » | 2 | 4,25 | » | » | » | 1200 | 282,35 | 141,17 | 247,00 | 123,50 | |
| 8 | 17 | » | » | 2 | 3,00 | » | » | » | 600 | 200,00 | 100,00 | | | |
| 9 | 18 | » | » | 2 | 7,00 | » | » | » | 1200 | 171,42 | 85,71 | | | |
| 10 | 19 | » | » | 2 | 2,50 | » | » | » | 1200 | 480,00 | 240,00 | | | Limpios los filtros. |
| 11 | 21 | » | » | 2 | 4,00 | » | » | » | 1125 | 281,25 | 140,62 | | | |
| 12 | 22 | » | » | 2 | 3,00 | » | » | » | 825 | 275,00 | 137,50 | 253,84 | 126,92 | |
| 13 | 23 | » | » | 2 | 6,50 | » | » | » | 1200 | 184,61 | 92,30 | | | |
| 14 | 24 | » | » | 2 | 3,50 | » | » | » | 600 | 171,40 | 85,70 | | | |
| 15 | 25 | » | » | 2 | 2,50 | » | » | » | 1200 | 480,00 | 240,00 | | | Limpios los filtros. |
| 16 | 26 | » | » | 2 | 1,50 | » | » | » | 550 | 366,66 | 183,33 | 310,52 | 155,26 | |
| 17 | 28 | » | » | 2 | 5,50 | » | » | » | 1200 | 218,00 | 109,00 | | | |
| 18 | 29 | » | » | 3 | 2,50 | » | » | » | 1700 | 680,00 | 226,66 | | | Limpios los filtros. |
| 19 | 31 | » | » | 3 | 2,75 | » | » | » | 1700 | 618,18 | 206,06 | | | |
| 20 | 2 | Nov | » | 3 | 3,16 | » | » | » | 1700 | 538,00 | 179,33 | | | |
| 21 | 4 | » | » | 3 | 3,75 | » | » | » | 1700 | 453,33 | 151,11 | 428,67 | 142,89 | |
| 22 | 6 | » | » | 3 | 4,50 | » | » | » | 1700 | 377,76 | 125,92 | | | |
| 23 | 8 | » | » | 3 | 4,75 | » | » | » | 1650 | 347,37 | 115,79 | | | |
| 24 | 11 | » | » | 3 | 5,00 | » | » | » | 1600 | 320,00 | 106,66 | | | |
| 25 | 13 | » | » | 3 | 2,66 | » | » | » | 1700 | 639,00 | 213,00 | | | Limpios los filtros. |
| 26 | 16 | » | » | 3 | 2,00 | » | » | » | 1400 | 700,00 | 233,33 | | | |
| 27 | 18 | » | » | 3 | 2,00 | » | » | » | 1275 | 637,50 | 212,50 | 622,12 | 207,37 | |
| 28 | 20 | » | » | 3 | 2,50 | » | » | » | 1500 | 600,00 | 200,00 | | | |
| 29 | 22 | » | » | 3 | 3,00 | » | » | » | 1700 | 566,66 | 188,88 | | | |

| Número de órden de las experiencias. . . | Día | Mes | Año | Número de filtros que funcionaron. . . | Número de horas de filtración. . . . . | Presión: Máxima | Presión: Mínima | Presión: Media | Rendimiento total. . . . . | Rendimiento total por hora. . . . . | Rendimiento por hora y filtro. . . . . | Rendimiento medio por: Hora | Rendimiento medio por: Filtro | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 19,70 | 17,70 | 18,70 | | | | | | |
| **Después de la regeneración por el bisulfito sódico.** | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 26 | Nov | 1895 | 1 | 2,00 | » | » | » | 500 | 250,00 | 250,00 | 217,10 | 217,10 | |
| 2 | 27 | » | » | 1 | 2,20 | » | » | » | 525 | 225,32 | 225,32 | | | |
| 3 | 28 | » | » | 1 | 3,00 | » | » | » | 675 | 225,00 | 225,00 | | | |
| 4 | 29 | » | » | 1 | 4,30 | » | » | » | 975 | 216,66 | 216,66 | | | |
| 5 | 30 | » | » | 1 | 2,50 | » | » | » | 550 | 194,38 | 194,38 | | | |
| 6 | 1 | Dic. | » | 1 | 5,00 | » | » | » | 900 | 180,00 | 180,00 | | | |
| | | | | | 19 hs. | | | | 4125 | | | | | |
| **Después de la regeneración por el ácido clorhídrico.** | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 28 | Nov | 1895 | 1 | 4,25 | » | » | » | 1000 | 235,29 | 235,29 | 200,91 | 200,91 | |
| 8 | 30 | » | » | 1 | 5,00 | » | » | » | 1100 | 220,00 | 220,00 | | | |
| 9 | 3 | Dic. | » | 1 | 5,41 | » | » | » | 1000 | 184,85 | 184,85 | | | |
| 10 | 4 | » | » | 1 | 5,00 | » | » | » | 850 | 170,00 | 170,00 | | | |
| | | | | | 19,66 | | | | 3950 | | | | | |

(Véase el diagrama núm. 4.)

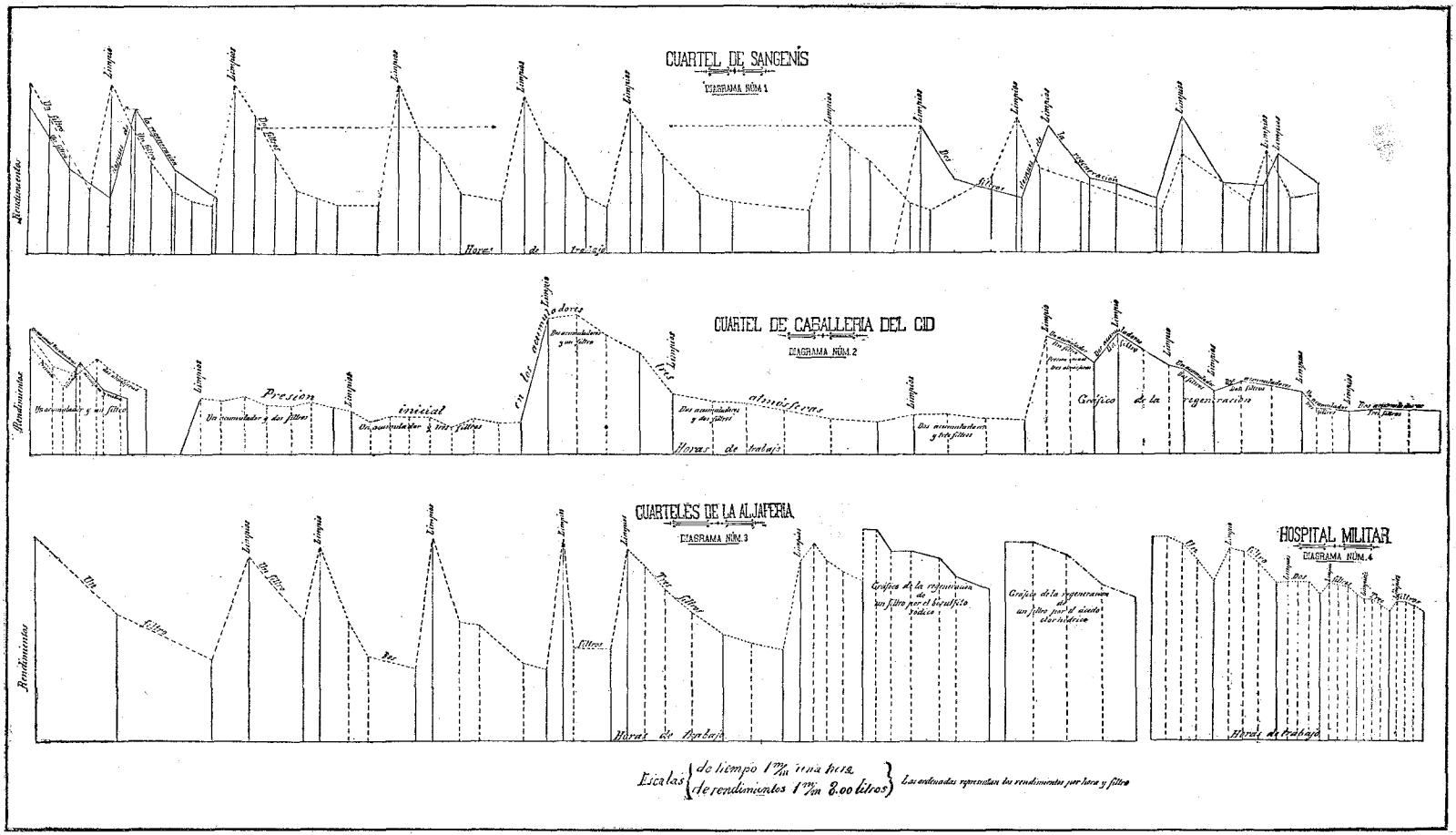
**Núm. 4.**

# HOSPITAL MILITAR.

ESTADO *que expresa los resultados obtenidos en las experiencias realizadas con los filtros instalados en el Establecimiento.*

| Número de órden de las experiencias... | Día | Mes | Año | Número de filtros que funcionaron... | Número de horas de filtración..... | Presión | | | Rendimiento total..... | Rendimiento total por hora..... | Rendimiento por hora y filtro..... | Rendimiento medio por | | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Máxima | Mínima | Media | | | | Hora | Filtro | |
| 1 | 13 | Nov. | 1895 | 1 | 2,30 | 15,60 | 14,60 | 15,10 | 550 | 239,13 | 239,13 | 217,20 | 217,20 | |
| 2 | 14 | » | » | » | 2,25 | » | » | » | 520 | 231,11 | 231,11 | | | |
| 3 | 15 | » | » | » | 2,20 | » | » | » | 470 | 213,63 | 213,63 | | | |
| 4 | 16 | » | » | » | 2,55 | » | » | » | 480 | 188,23 | 188,23 | | | |
| 5 | 18 | » | » | 2 | 1,60 | » | » | » | 600 | 375,00 | 187,50 | 360,52 | 180,26 | Limpios los filtros. |
| 6 | 19 | » | » | » | 1,60 | » | » | » | 600 | 375,00 | 187,50 | | | |
| 7 | 20 | » | » | » | 1,60 | » | » | » | 600 | 375,00 | 187,50 | | | |
| 8 | 21 | » | » | » | 1,70 | » | » | » | 550 | 345,55 | 172,77 | | | |
| 9 | 22 | » | » | 3 | 1,20 | » | » | » | 600 | 500,00 | 166,66 | 484,83 | 161,61 | Limpios los filtros. |
| 10 | 23 | » | » | » | 1,20 | » | » | » | 600 | 500,00 | 166,66 | | | |
| 11 | 25 | » | » | » | 1,25 | » | » | » | 600 | 480,00 | 160,00 | | | |
| 12 | 26 | » | » | » | 1,30 | » | » | » | 600 | 461,13 | 153,71 | | | |
| 13 | 28 | » | » | 1 | 2,20 | » | » | » | 500 | 227,27 | 227,27 | 210,00 | 210,00 | Limpios los filtros. |
| 14 | 29 | » | » | » | 2,16 | » | » | » | 480 | 222,22 | 222,22 | | | |
| 15 | 30 | » | » | » | 2,30 | » | » | » | 480 | 208,69 | 208,69 | | | |
| 16 | 1 | Dic. | » | » | 2,60 | » | » | » | 485 | 186,53 | 186,53 | | | |
| 17 | 2 | » | » | 2 | 1,35 | » | » | » | 500 | 370,37 | 185,18 | 361,10 | 180,55 | Limpios los filtros. |
| 18 | 3 | » | » | » | 1,35 | » | » | » | 495 | 367,03 | 183,52 | | | |
| 19 | 4 | » | » | » | 1,35 | » | » | » | 490 | 362,93 | 181,46 | | | |
| 20 | 5 | » | » | » | 1,35 | » | » | » | 465 | 344,41 | 172,22 | | | |
| 21 | 7 | » | » | 3 | 1,21 | » | » | » | 600 | 495,86 | 165,28 | 480,96 | 160,32 | Limpios los filtros. |
| 22 | 9 | » | » | » | 1,21 | » | » | » | 600 | 495,86 | 165,28 | | | |
| 23 | 10 | » | » | » | 1,25 | » | » | » | 600 | 480,00 | 160,00 | | | |
| 24 | 11 | » | » | » | 1,32 | » | » | » | 600 | 454,54 | 151,51 | | | |

# Instalación de filtros de porcelana de amianto en algunos edificios de Zaragoza.




GRÁFICOS DE LOS RENDIMIENTOS.

# APÉNDICE.

# INSTRUCCIONES

PARA

# EL USO Y MANEJO DE LOS FILTROS DE PORCELANA DE AMIANTO

ESTABLECIDOS

# EN LOS EDIFICIOS MILITARES DE ZARAGOZA.

## Descripción del filtro.

El filtro representado en las figuras de la página 24 consiste, esencialmente, en quince bujías de porcelana de amianto dispuestas en dos círculos concéntricos (fig. 2.ª), dentro de un recipiente de fundición (figura 1.ª), capaz de recibir el agua con presión de varias atmósferas.

En el fondo de este recipiente hay establecidos varios tubos metálicos: uno de ellos doblado en círculo, y radiales entre éste los demás, á los que se atornillan las bujías por uno de sus extremos, que al efecto van provistos de pequeños apéndices roscados y de arandelas de caucho para hacer hermética la junta y cierre.

Al exterior presenta el mismo recipiente las llaves de paso y presión *1*, *2* y *3* y el tapón de cierre *5*. Por la primera de ellas penetra el agua de la conducción general ó de los acumuladores en el interior del filtro, y llenándolo por completo expulsa el aire que contiene por la pequeña llave *2;* filtra del exterior al interior de las bujías y sale filtrada por la llave *3*.

El tapón *5* obtura herméticamente el orificio respectivo y su objeto es dar salida al agua y demás productos de la limpieza del filtro. La tapa ó cubierta de éste se une y enlaza fuertemente al cuerpo cilíndrico del mismo, por medio de las tuercas *6*, *6*, que al apretarse comprimen y ajustan contra el borde superior del cuerpo cilíndrico; una arandela de caucho encajada en el rebajo ó ranura que al efecto tiene la tapa, coincide exactamente con el indicado borde, por cuyo medio se consigue que el cierre sea perfectamente hermético.

## Funcionamiento del filtro y manera de ponerlo en marcha.

Fuertemente atornillado el tapón *5*, se abrirán por completo las llaves *2* y *3*, y poco al principio la de admisión *1*, para moderar la velocidad de entrada del agua y evitar que, chocando violentamente con las bujías, disloque ó rompa las uniones de éstas con los tubos establecidos en el fondo del recipiente.

En el momento que éste se halle lleno y comience á salir el agua por la llave *2*, se cerrará ésta y se abrirá del todo la de admisión *1*, dando entrada libre al agua, que, merced á la presión ejercida sobre las paredes externas de las bujías, filtrará á través de ellas; saldrá esterilizada por la llave *3*, y por la tubería colectora á que esta llave y sus homólogas se enlazan, será conducida á los depósitos establecidos para recibirla.

## Limpieza del filtro.

Los períodos ó intervalos entre dos limpiezas consecutivas dependen, siempre, de la calidad del agua y de la cantidad y naturaleza de las materias que lleva en suspensión, por lo que deberán fijarse en cada caso particular aquellos períodos, como consecuencia del resultado que arroje el análisis prévio del agua ó por experimentación y ensayo práctico de los filtros.

La operación de la limpieza se llevará á cabo, en todos los casos, del modo siguiente:

Cerrada la llave *1* de admisión del agua y sin levantar la tapa del recipiente, se destornillará el tapón *5*, adaptando al orificio de vaciado, un tubo de caucho, suficientemente largo para alejar de los filtros y de las mesetas en que se hallan instalados, las aguas procedentes de la limpieza, llevándolas á verter á la atarjea de desagüe.

Abierta la llave *2* se levantará la tapa del filtro y se abrirá del todo la llave *1* de admisión de agua, á la vez que ésta penetra en el filtro y choca contra las bujías; se limpiarán éstas frotándolas repetidas veces y en toda su superficie con el cepillo, que al efecto va anejo al aparato, y

cuando por este procedimiento se haya conseguido eliminar las materias adheridas á las paredes y expulsar del recipiente hasta los menores vestigios de tales materias, se cerrará la llave de admisión, se quitará el tubo de caucho adaptado al orificio de vaciado y colocando la tapa del filtro, podrá ponerse éste en marcha, conforme se ha indicado al tratar del particular.

## Regeneración de los filtros.—Esterilización.

A pesar de las limpiezas periódicas del filtro y cualquiera que sea la frecuencia con que se ejecuten, disminuye gradualmente el rendimiento, de una á otra, á consecuencia del inevitable entrapamiento que, con el trabajo contínuo, se produce en los diafragmas porosos de la porcelana y hace necesaria la regeneración del filtro, entendiendo por esto el restituirlo al estado de su normal rendimiento.

La regeneración en frío de los filtros se logra de una de las dos maneras siguientes:

1.ª Por el empleo del *bisulfito-sódico,* en disolución acuosa al 5 por 100, y

2.ª Por la del *ácido clorhídrico* del comercio, diluído en dos y aun tres veces su volumen de agua.

Para regenerar el filtro mediante el empleo del bisulfito-sódico, se empezará por limpiarlo en la forma ya indicada, llenándolo después de agua hasta dos tercios de su altura; hecho lo cual, se verterá la disolución acuosa de bisulfito en la proporción conveniente. Pasada media hora se dejará correr el filtro á agua perdida, evacuándola por la llave *4* durante quince ó veinte minutos, transcurridos los cuales puede considerarse completa la regeneración del filtro y á éste en disposición de funcionar de nuevo.

La regeneración por medio del ácido clorhídrico exige que se introduzcan y mantengan en la disolución las bujías, con las boquillas metálicas hacia arriba y evitando cuidadosamente que el líquido las toque, durante diez minutos, y lavarlas después por espacio de tres horas con agua clara, frecuentemente renovada.

Este procedimiento, que esteriliza las bujías á la vez que las regenera,

puede emplearse por consiguiente para la esterilización; pero cuando ha de hacerse la de todo el filtro y al propio tiempo la de las tuberías colectoras, cosa en muchos casos conveniente, é indispensable si hay que substituir una bujía rota, el uso del ácido clorhídrico es imposible y precisa recurrir á las disoluciones de permanganato potásico ó sódico al 1 por 1.000; operando según se ha indicado para la regeneración por el bisulfito, con la diferencia de que habrá de dejarse correr el filtro á agua perdida por la llave *4* hasta que el líquido salga incoloro por ella.

La regeneración de las bujías y su esterilización por el ácido clorhídrico, exige, como se ha visto, que se separen aquéllas del filtro para sumergirlas en la disolución del ácido, inconveniente gravísimo que puede ser causa de prematura inutilidad de las bujías, cuyas boquillas metálicas, hechas de una aleación blanda de estaño, quedarían pronto inservibles, por gastos de sus roscas, si la operación de atornillar y destornillar se repitiera con la frecuencia que reclaman las de regeneración, por lo que sólo se hará en una de cada tres.

## Acumuladores.

### Descripción, carga y funcionamiento.

Cuando no alcanza á 10 metros la presión con que el agua puede llegar á los filtros, se hace preciso, para obtener la que á la filtración convenga, recurrir al empleo de *acumuladores de presión*, que consisten (figura 1), en unos recipientes cilíndricos de $2^m,40$ de altura y $0^m,60$ de diámetro, construídos con planchas de palastro, generalmente galvanizado, bastante gruesa para soportar una presión permanente de tres atmósferas.

Estos recipientes llevan: un manómetro *3, 3,* indicador de la presión; una válvula exterior de seguridad *6, 6,* dispuesta de manera que la presión en el interior no exceda en ningún caso de tres atmósferas y media; una llave *2, 2,* situada á los dos tercios de la altura del acumulador, que fija el nivel del agua en el interior del mismo; dos *1, 1,* y *4, 4,* de paso y presión para la entrada del agua en el recipiente y salida á los filtros; un tapón inmediato á la base inferior del cilindro para

vaciado y limpieza, y otra llave *5*, *5*, para la entrada del aire que se inyecta en el aparato por medio de la bomba ó compresor *B*.

Para cargar cada acumulador y levantar en él la presión, se empezará por abrir la llave *1* de admisión y dar entrada libre al agua hasta que alcance la altura de la llave *2*, que deberá cerrarse, así como la *1*, cuando el líquido empiece á salir por la primera. Abriendo entonces la llave *5* de entrada de aire se inyectará, maniobrando el compresor, hasta que el manómetro marque la presión de tres atmósferas, en cuyo momento se halla el aparato en disposición de funcionar, bastando para ello cerrar la llave *5* y abrir la *4* de salida de agua, con lo que pasará ésta á los filtros bajo la indicada presión.

Como la capacidad útil de un acumulador, ó lo que es lo mismo, el volumen de agua que para la filtración proporciona cada vez es de unos 400 litros próximamente, precisa repetir la maniobra descripta, tantas veces cuantas sean necesarias para alcanzar el rendimiento previsto: bien entendido además que todas las operaciones indicadas para cargar y poner en presión los acumuladores, deberán hacerse independientemente en cada uno de ellos, descargándolos después sucesiva ó simultáneamente.

Pudiera, en muchos casos, convenir y hasta simplificar considerablemente el problema, obtener la conveniente presión en los acumuladores por inyección de agua, sirviéndose al efecto de una bomba aspirante ímpelente, en vez de hacerlo, como es costumbre, por la inyección del aire y el uso del compresor. En este caso es innecesario y puede suprimirse el orificio de entrada de aguas correspondiente á la llave *1*, *1*, y el de introducción del aire, relacionado con la llave *5*, *5*, servirá para la introducción del agua que la bomba, en sus movimientos de aspiración y de impulsión, eleva é inyecta en el acumulador, produciendo dentro de éste, por la compresión del aire que contiene, una presión que depende de la potencia del aparato empleado.

La experiencia confirma que, con una bomba aletoria del número 6, se obtiene sin grande esfuerzo y en poco tiempo la presión de tres y media atmósferas, superior á la que para la filtración se necesita.

La maniobra no ofrece por otra parte dificultad, ni tampoco diferencia esencial con la explicada, bastando, en efecto, abrir la llave *5*, *5*,

cerrar la *2*, *2*, y poner en movimiento la bomba hasta que el manómetro marque tres atmósferas de presión en el interior del acumulador, el cual podrá funcionar inmediatamente con sólo abrir la llave *4*, *4*, de salida á los filtros.

## Reglas prácticas para el manejo y funcionamiento de los filtros.

### Ponerlos en marcha.

1.ª Abrir completamente las llaves *2* y *3*, y poco la de admisión *1*, hasta que el agua salga por la *2*.

2.ª Cerrar ésta y abrir del todo la de admisión *1*.

### Interrumpir la filtración.

Cerrar totalmente las llaves *1* y *3*.

### Limpieza de los filtros.

Se hará cada dieciocho horas de trabajo efectivo y con sujeción á las siguientes reglas:

1.ª Cerrar las llaves *1* y *3* de admisión y de salida; quitar el tapón *5* y adaptar al orificio de vaciado el tubo de caucho para evacuación de aguas sucias.

2.ª Aflojar las tuercas de la tapa y levantarla después de abrir la llave *2*.

3.ª Abrir del todo la llave *1* y frotar con el cepillo las bujías hasta desprender las materias adheridas á sus paredes.

4.ª Dejar correr el agua hasta que el recipiente quede enteramente limpio.

### Regeneración de los filtros.

Es necesaria cada diez días de trabajo efectivo, y su práctica comprende las cuatro siguientes operaciones:

1.ª Quitar la tapa del filtro teniendo cerradas las llaves *1* y *3*.

2.ª Limpiar el filtro y llenarlo después de agua hasta los dos tercios de su altura.

3.ª Verter la disolución de bisulfito-sódico.

4.ª Pasada media hora restablecer la filtración durante veinte minutos á agua perdida, que se evacuará por la llave *4*.

### Esterilización.

Comprende la de los filtros solamente ó la de éstos y la de las tuberías, etc. Se hará cada cuarenta y cinco dias en verano, á los noventa en invierno y siempre que lo juzgue oportuno el médico de cada regimiento. En su práctica se procederá como sigue:

1.ª y 2.ª Operaciones idénticas á las descriptas para la regeneración.

3.ª Verter la disolución de permanganato-potásico ó sódico.

4.ª Restablecer la filtración y continuarla hasta que el agua salga clara por la llave *4*.

*a*. Cuando al propio tiempo que los filtros se quieran esterilizar las tuberías colectoras, se hará circular por ellas el agua, evacuándola por las llaves contiguas á los depósitos que reciben la esterilizada.

## Disposiciones relativas á la conservación y entretenimiento de los aparatos.

---

### Régimen y servicio del agua filtrada.

1.ª Los diversos aparatos cuyo conjunto constituye la instalación de cada cuartel, se entregarán por inventario al Cuerpo que lo ocupe.

2.ª Desde el momento de la entrega serán los Cuerpos directamente responsables de los desperfectos, roturas ó inutilidad que en los expresados aparatos ó en alguno de sus elementos se produzcan y reconozcan por causa, á juicio de la Comandancia de Ingenieros, el mal uso de ellos

y la consiguiente infracción de las instrucciones dictadas para su funcionamiento y manejo.

3.ª Los jefes de los Cuerpos nombrarán un oficial, bajo cuya dirección é inmediata vigilancia se ejecutarán, por el personal afecto permanentemente á este servicio y en la forma y períodos prescriptos en las citadas reglas, las operaciones de filtración, limpieza de las bujías que forman el filtro y carga de los acumuladores.

4.ª Por cada cuartel ó instalación será este personal: un sargento ó cabo de reconocida inteligencia y de alguna instrucción que se encargará especialmente de la maniobra de los filtros, acumuladores, etc., y un soldado que á las órdenes de dicha clase cuide de la limpieza exterior de los aparatos y accesorios, como también de la policía del local en que se hallen establecidos.

5.ª Se designarán además diariamente ó en la forma en que mejor estimen los jefes de los Cuerpos: un cabo y el número de soldados necesarios para el manejo y maniobra de las bombas de elevación de agua é inyección de aire en los acumuladores, teniendo presente, al fijar aquel número, la conveniencia de que los soldados se releven frecuentemente en este trabajo.

6.ª Antes de entregar á cada regimiento la instalación de su respectivo cuartel, la Comandancia de Ingenieros instruirá en el manejo y práctica de las operaciones que la filtración requiere, al oficial y sargento ó cabo á cuyo cargo haya de correr después este servicio.

7.ª Con este objeto deberán hallarse diariamente en el local de los filtros á las horas que señale la Comandancia de Ingenieros ó el jefe de la misma encargado de aquella instrucción, el oficial y clase designados, los cuales habrán de atenerse y seguir puntualmente las indicaciones del expresado jefe, en cuanto se refiera á la marcha y detalles de todas las operaciones.

8.ª Las concernientes á la regeneración de los filtros, su esterilización y la de las tuberías, recipientes y accesorios serán personalmente dirigidas y vigiladas por los respectivos profesores médicos á quienes corresponde y compete además:

*a.* Prescribir las dosis en que, según se trate de la regeneración de los filtros ó de su esterilización, han de entrar los agentes químicos in-

dicados para ellas en las respectivas disoluciones, para que la Farmacia militar pueda prepararlas y expenderlas convenientemente concentradas y valoradas.

*b.* Fijar, en todos los casos y separadamente para cada una de las dos mencionadas operaciones, la cantidad ó volumen de la disolución correspondiente que por filtro haya de emplearse.

*c.* Autorizar el que se restablezcan las operaciones de filtración con los aparatos en que se hubieran suspendido, cuando juzguen terminadas las de regeneración ó esterilización y completa la de los filtros y accesorios.

9.ª Los pequeños gastos que la regeneración de los filtros y su esterilización origine, serán sufragados por los Cuerpos, á los que se admitirá la data de su importe en las cuentas del material.

10. Los que exija la conservación en buen estado de servicio de los aparatos y accesorios, incluso la reposición y recambio de las bujías, que por su uso natural se inutilicen, serán cargo al material de Ingenieros y asignación de entretenimiento de la Comandancia de Zaragoza.

11. No podrán los Cuerpos hacer por sí ni disponer que de su cuenta se haga reparación alguna en los aparatos, ni aun en los casos de inutilidad ó defectuoso funcionamiento de ellos.

12. A la Comandancia de Ingenieros compete únicamente el hacer cuantas requiera la buena marcha de los expresados aparatos, aun cuando las motive el abuso y no el uso natural y legítimo de ellos y deban, en tal concepto, ser costeadas por los Cuerpos á tenor de lo preceptuado en la disposición 2.ª

13. De cuanto ocurra que á juicio de los jefes de Cuerpo exija reparación ó remedio, darán cuenta al Excmo. Sr. General Gobernador militar de la plaza para que dicha autoridad ordene á la Comandancia de Ingenieros lo que en cada caso proceda.

14. Del importe á que asciendan los cargos que por faltas, reparaciones ó reposición de efectos, pase á los Cuerpos la Comandancia de Ingenieros, no podrán datarse aquéllos en las cuentas del material. El mencionado importe se abonará en la forma que determina el Reglamento de obras para las que ejecuta el Cuerpo de Ingenieros, y será cargo al individuo ó individuos directamente responsables de las reparaciones y faltas que las motiven.

15. Con el fin de evitarlas en lo posible, no se permitirá la entrada en los departamentos de los filtros, depósitos y bombas más que al personal encargado de los diversos servicios.

16. Para el de distribución de agua, que se hará siempre á presencia de un sargento expresamente designado con tal objeto, se fijarán por el jefe del Cuerpo las horas de la mañana y de la tarde en que, precisamente, habrán de acudir á tomarla para los escuadrones ó compañías, los soldados á quienes en cada una corresponda este servicio.

17. La llave del departamento de los filtros estará en poder del oficial encargado de ellos, y las correspondientes á la cámara de distribución del agua y local de las bombas, se hallarán en el cuarto de banderas ó estandartes, al cuidado del oficial de la guardia de prevención.

## Adicionales.

*a.* Deberán proscribirse en absoluto las cubas de madera, hoy generalmente empleadas para recibir y transportar el agua á los dormitorios, substituyéndolas por otras de loza ó barro, vidriadas interiormente, ó de hierro galvanizado y provistas de tapas que ajusten á su boca.

*b.* De igual manera deberían substituirse los recipientes ó depósitos de agua que para sus necesidades tienen actualmente establecidos en sus dormitorios las compañías y escuadrones, por otros hechos de los materiales indicados.

*c.* Estos recipientes, para cuya construcción y data de su coste en las cuentas del material convendría autorizar á los Cuerpos, deberán hacerse: 1.°, suficientemente capaces para contener el agua que á la compañía ó escuadrón respectivo corresponda en el intervalo de dos distribuciones consecutivas; 2.°, con un grifo cerca de su fondo por el que en cada momento pueda extraerse el agua, sin necesidad de levantar la tapa; 3.°, cerrados superiormente por medio de la indicada tapa, que aunque desmontable, se hará que ajuste con exactitud al aro de hierro en que aquéllos terminan y casi hermético el cierre por la interposición entre ambos de un tubo de caucho, que se comprime con tornillos de tuerca. La tapa llevará además cerca de su borde un orificio, cerrado habitualmente por un tapón de rosca, que se descubrirá solamente cuando

haya de introducirse el agua; y en la cúspide, un filtro de aire, que deteniendo los corpúsculos y el polvo que éste arrastra é impidiéndoles penetrar en el recipiente, evite que se ensucie y contamine el agua que contiene.=Zaragoza, 20 de agosto de 1895. = El teniente coronel de Ingenieros, *Eusebio Lizaso.* = Examinado. = El coronel, ingeniero comandante, *Honorato de Saleta.* =Examinado.=El general, comandante general, *Aldáz.*=Zaragoza, 29 de Agosto de 1895.=Aprobadas.=*Ahumada.*= Hay un sello que dice: «5.° Cuerpo de Ejército.—Estado Mayor.»

# INFORME

*del Coronel Ingeniero Comandante de la plaza de Zaragoza acerca de la Memoria redactada por el Coronel del Cuerpo D. Eusebio Lizaso y Azcárate, sobre la obra de instalación de filtros de porcelana de amianto en algunos edificios militares de la referida plaza.*

En cumplimiento de lo ordenado por el Excmo. Sr. General Comandante general de Ingenieros de este 5.° Cuerpo de Ejército, con fecha 25 de Octubre del próximo pasado año, el Coronel del Cuerpo, Jefe del Detall que ha sido de esta Comandancia, D. Eusebio Lizaso, ha redactado una extensa, razonada é interesantísima Memoria que comprende todo cuanto se refiere á la obra de instalación de filtros de porcelana de amianto, por él mismo proyectada y ejecutada en varios edificios militares de esta plaza, dando á conocer detalles importantísimos, logrados por asíduos estudios y minuciosas experiencias, en la forma que dispone la expresada comunicación, y con sujeción á los cinco puntos que abraza el programa que en ella se expresa.

1.° En la teoría general de la filtración deduce la superioridad de la forma empleada y del uso de los filtros de porcelana de amianto, consignando los informes científicos oficiales que le sirven de base; cuyo primer punto está perfectamente desarrollado, después de esbozar la historia del proyecto formulado para establecer filtros en algunos cuarteles, causas que lo motivaron y las variaciones que ha sufrido hasta llegar al definitivo y ya realizado en todas sus partes.

2.° En la descripción de los filtros é instalaciones hechas, distingue los dos casos de filtración con depósitos altos establecidos en los desvanes de los cuarteles de Sangenís, Hernán-Cortés y Hospital Militar, y el de acumuladores de presión empleados en el cuartel del Cid, obteniéndose la presión en éste por medio de una bomba de aire ó compresor, de cuyo cálculo detallado se ocupa debidamente la Memoria digna de estudio que estamos informando.

3.° De los datos prácticos, deducidos de experiencias directas, rela-

tivos á rendimiento de los filtros y su relación con la carga de agua ó con la presión producida por los acumuladores, resulta que los filtros rinden tanto menos, cuanto funcionan más largo espacio y con menor frecuencia se limpian: hecho natural y presumible de antemano.

4.° Son sumamente interesantes é instructivas las experiencias, realizadas directamente y con minucioso esmero, referentes á limpieza, regeneración y esterilización de los filtros, dentro de los medios de que la Comandancia ha dispuesto para esta parte del estudio; consignándose también los datos que han podido adquirirse de estudios químicos y microbiológicos por corporaciones oficiales y personas de reconocida competencia.

5.° Los medios prácticos de organizar el servicio de los filtros en un cuartel, están perfectamente expuestos en las *Instrucciones* que acompañan á la Memoria, y que han merecido ser impresas, con las correspondientes láminas, para el uso y manejo de los filtros de porcelana de amianto establecidos en los edificios militares de esta Plaza, después de aprobadas por el Excmo. Sr. Comandante en Jefe de este 5.° Cuerpo de Ejército en 29 de Agosto del año próximo pasado. También se halla expuesto con toda claridad en la Memoria el cálculo del agua necesaria en cada cuartel y del número de filtros que corresponden con arreglo á las fuerzas respectivas que están alojadas, ó pudieran alojarse, según su capacidad.

El Jefe encargado de tan interesante estudio ha añadido gran número de datos, apreciaciones y observaciones que prueban sus nobilísimos sentimientos en favor de la salud é higiene del soldado y lo mucho que tiene atesorado, ya de revistas, folletos é informes emitidos por corporaciones científicas, ya de observación y propia experiencia.

El reconocido celo del Coronel D. Eusebio Lizaso y su acabado conocimiento del asunto tratado en la Memoria, quedan demostrados de manera evidente en todas y cada una de las partes que se han indicado, creyéndome en el deber de hacer constar el mérito indudable, y digno de recompensa, que el mencionado Jefe contrajo al economizar en favor del Estado, por efecto de sus activas, inteligentes y expontáneas gestiones, una cantidad de importancia en el primer presupuesto aprobado por Real orden de 27 de Septiembre de 1894, al substituir el sistema de filtros

Chamberland-Pasteur por el de porcelana de amianto; con cuya cantidad se ha logrado ampliar tan utilísima y humanitaria mejora al cuartel de Hernán-Cortés, Hospitar Militar y pabellones de la Capitanía General, llenándose con holgura en todos estos edificios y en los del primitivo proyecto, ó sean los cuarteles del Cid, de la Aljafería y Sangenís y los pabellones del edficio Gobierno militar y Parque de Ingenieros, todas las necesidades préviamente calculadas. Este hecho vale más que cuantas frases pudieran escribirse para encomiar la inteligencia, laboriosidad y extraordinario celo, ya reconocidos en repetidas ocasiones, del autor de la Memoria que tengo el honor y la satisfacción de elevar á la superioridad.

Zaragoza 23 de Enero de 1896.=*El Coronel Ingeniero Comandante.* =Honorato de Saleta.

FIN.

# ÍNDICE.

Págs.

Órdenes recibidas para la redacción de esta Memoria. . . . . 5
Historia del primitivo proyecto. . . . . 7
Ligeras ideas sobre la teoría de la filtración.—Estudio comparativo de los filtros de arena y de los Chamberland-Pasteur.. . . . . 9
Filtros de porcelana de amianto: su estudio y modificación del primer proyecto . . . . . 21
Causas que motivaron el orden seguido para la ejecución de las instalaciones. 32
Ligera descripción de las instalaciones. . . . . 37
Dotación de agua necesaria para cada edificio, gasto inicial por aparato establecido y por metro cúbico de agua. . . . . 48
Estudio de los resultados de experiencias. . . . . 52
Regeneración por el ácido clorhídrico . . . . . 54
Relación del rendimiento con la presión. . . . . 56
Instalación con acumuladores. . . . . 60
Regeneración por el bisulfito-sódico . . . . . 61
Esterilización de los filtros.—Estudio de los agentes empleados en ella y sus efectos. . . . . 64
Consideraciones sobre algunos inconvenientes atribuídos á los filtros.—Utilidad incontestable de éstos. . . . . 75
ESTADO NÚM. 1, que expresa los resultados obtenidos en las experiencias realizadas con los filtros instalados en el cuartel de Sangenís. . . . . 79
ESTADO NÚM. 2, que expresa los resultados obtenidos en las experiencias realizadas con los filtros instalados en el cuartel del Cid. . . . . 81
ESTADO NÚM. 3, que expresa los resultados obtenidos en las experiencias realizadas con los filtros instalados en los cuarteles de la Aljafería. . . . . 83
ESTADO NÚM. 4, que expresa los resultados obtenidos en las experiencias realizadas con los filtros instalados en el Hospitar Militar. . . . . 85
LÁMINA que representa los diagramas de los cuatro números citados. . . . . 86
APÉNDICE.—Instrucciones para el uso y manejo de los filtros de porcelana de amianto establecidos en los edificios militares de Zaragoza. . . . . 89
INFORME del Coronel Ingeniero Comandante de la plaza de Zaragoza acerca de la Memoria redactada por el Coronel del Cuerpo D. Eusebio Lizaso y Azcárate, sobre la obra de instalación de filtros de porcelana de amianto en algunos edificios militares de la referida plaza. . . . . 101

INGENIEROS DEL EJÉRCITO

# PARQUES DE CAMPAÑA

DE

# LAS TROPAS DE ZAPADORES-MINADORES

## SECCIONES Á LOMO

MADRID
IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS

1904

# PARQUES DE CAMPAÑA

DE

# LAS TROPAS DE ZAPADORES-MINADORES.

## SECCIONES Á LOMO.

### DESCRIPCIÓN de las fundas de cuero y cajas para conducir las herramientas y efectos que constituyen las sobrecargas.

**Cajas de cuero para marrazos.**—(Fig. 1.)—Sus dimensiones son $0^m,40 \times 0^m,35 \times 0^m,115$. El fondo de la caja lleva tacos dentados de madera, con objeto de recibir los filos y mangos de los marrazos, que se colocan alternados.

Dentro de la caja pueden colocarse las sierras articuladas y la tijera para alambradas.

Uno de los costados de la caja tiene tres pequeñas asas de cuero para el paso de los francaletes que la sujetan al baste.

**Caja de cuero para alambres.**—El alambre de 2 milímetros y 4 milímetros de diámetro, que conduce el Parque, va colocado en rollos dentro de una caja de cuero (fig. 2) para evitar la oxidación. Las dimensiones de la caja son: $0^m,36 \times 0^m,36 \times 0^m,115$. Para la sujeción de la caja al baste tiene tres pequeñas asas de cuero para el paso de los francaletes correspondientes.

**Caja para dos tronzaderas.**—Es de madera (figuras 3, 4 y 5), hecha con tabla delgada *a*, y está dividida en dos compartimentos por un pequeño tabique transversal *c*. En cada uno de estos compartimentos se coloca una hoja de tronzadera *T*, con los dientes hacia abajo, y se sujeta con pequeñas cuñas de madera *m*. Los mangos *M* de las tronzaderas se colocan acostados al lado de las hojas.

La caja va cubierta con una funda de cuero que se cierra con francaletes *b* provistos de hebillas. Para establecer unión íntima entre la funda

exterior de cuero y la caja de madera, los francaletes *b* atraviesan el fondo de ésta.

Las dimensiones exteriores de la funda son: $1^m,25$ de longitud, $0^m,125$ de ancho y $0^m,131$ de altura.

**Caja para cucharillas de mina.**—(Figuras 6, 7 y 8.)—Es de tabla y tiene funda de cuero, con tapa del mismo material, que se cierra con francaletes.

El interior de la caja es suficientemente grande para que las cucharillas entren con holgura; hay que contar con que las varillas de las cucharas se doblen con el uso.

Dimensiones exteriores de la caja con su funda de cuero: $1^m,08$ de longitud, $0^m,08$ de ancho y $0^m,062$ de alto.

**Funda de cuero para la piedra de afilar.**—Las figuras 9 y 10 la describen suficientemente y detallan sus formas y dimensiones. Su mayor anchura es de $0^m,35$, y la menor de $0^m,29$; tiene $0^m,31$ de alto y $0^m,165$ de grueso.

En el fondo y en la tapa tiene dos pequeñas asas *a* para el paso de los francaletes del baste que han de unirlo á éste.

En la parte superior de la tapa lleva un asa grande *A* para el transporte á mano.

**Funda de cuero para el explosor.**—Se trata de un aparato delicado, que debe preservarse con tanta más razón, cuanto que por sus dimensiones no debe ir en el interior de las cajas de palastro, sino sobre el baste.

Véanse las figuras 11 y 12.

Dentro de la caja de cuero se acomoda el muelle de recambio. El galvanómetro de reconocimiento va colocado en funda separada.

Las dimensiones de la caja de cuero del explosor, son: $0^m,29 \times 0^m,26 \times 0^m,17$. Lleva dos asas pequeñas *a* para el paso de los francaletes de sujeción al baste, y otra grande *A* para el transporte á mano.

**Funda para hachas de viento.**—(Figuras 15 y 16.)—Es parecida á la funda para las sierras, y tiene una longitud de $0^m,98$. Se cierra con tres correas.

**Bolsa de herrador.**—(Figuras 13 y 14.)—Es del mismo tipo y dimensiones que la reglamentaria en las tropas de Telégrafos.

La bolsa es de dos partes *A* y *B*, unidas por anchas correas *C*, á guisa de alforjas. Cada una de las partes tiene dos bolsas separadas, una grande y otra pequeña. En una de las bolsas grandes *A*, se coloca la herramienta de herrador, y en la *B*, del otro lado, las herraduras y clavos. Las pequeñas *a* y *b*, cosidas á las grandes, se destinan á pequeño botiquín de ganado.

Las dimensiones de las bolsas *A* y *B*, son: $0^m,36 \times 0^m,22 \times 0^m,115$.

**Fundas para sierras de mano.**—Las sierras de mano no pueden conducirse á lomo estando armadas; es preciso desarmarlas; y como hay que llevarlas fuera de las cajas de palastro, porque las hojas son más largas que éstas, y no es prudente que estén al descubierto, porque se deteriorarían fácilmente, se agrupan formando un haz y se guardan en una funda flexible de cuero, cuya forma y dimensiones están dadas por las figuras 17 y 18.

La misma funda contiene el serrucho de faginas.

Las dimensiones de la funda, envolviendo á las sierras, son: $1^m,02 \times 0^m,24 \times 0^m,154$.

**Bolsa de artificiero.**—(Figuras 19 y 20.)—Las figuras 19 representan la bolsa cerrada, vista de frente y de costado; y la figura 20 pone á la vista la bolsa abierta.

La parte *A*, provista de solapas *a* que la cubren, es un estuche que contiene: tijeras, tenacillas Vian, cortaplumas, barrena de mano, triángulo, alicates redondos y de corte. Los pequeños tubos de cuero *B* y *C*, que se sujetan con las correas *b*, *c*, están destinados: el *B* á cebos eléctricos, y el *C* á cápsulas de fulminato.

El departamento *D* lleva un destornillador *d* y cuatro pequeñas bolsas que contienen escarpias, clavos y tornillos de latón, caucho en hoja, cintas, etc., para empalmes, pequeños trozos de alambre desnudo y recubierto, etc.

El asa *H* sirve para colocar la bolsa en el cinturón del machete.

**Cartera de telegrafía.**—(Fig. 21.)—Sus dimensiones son: $0^m,30 \times 0^m,26 \times 0^m,11$. Lleva en su interior, en anillos de cuero cosidos á las paredes y en el centro de la caja, los objetos siguientes: llave inglesa, 1; barrenas de mano, 2; perrillos, 2; triángulos, 1; trócolas (juego), 1; aisladores, 2; hilera, 1; cinturones de seguridad, 2.

# PARQUES DE CAMPAÑA

DE

# LAS TROPAS DE ZAPADORES-MINADORES.

## SECCIONES Á LOMO.

### DESCRIPCIÓN de las cajas que conducen la herramienta de oficios y efectos varios.

#### Organización de las cajas del tren á lomo antiguo.

El antiguo tren á lomo, para una compañía de Zapadores-Minadores, tenía la organización siguiente:

**1.°** Veinticuatro cargas de escuadra, correspondiendo seis de ellas á cada una de las cuatro escuadras en que se dividía la compañía.

A su vez, las seis cargas correspondientes á cada escuadra estaban así constituídas:

Cuatro cargas, con portaútiles, que conducían herramientas de explanación y de destrucción.

Dos cargas, cada una compuesta de dos grandes cajas de palastro, conteniendo herramienta de oficios.

**2.°** Cuatro cargas de Plana Mayor. Cada carga, formada por dos cajas de palastro, semejantes á las de escuadra, en que se colocaban herramientas de herrero, de herrador, útiles de topografía y dibujo, botiquines y explosivos.

El interior de las cajas de palastro estaba dividido en compartimentos distintos en número, forma y dimensiones; las paredes laterales de otras, tenían guías de palastro sujetas con roblones, en donde entraban á corredera las tablas que servían de soporte y estuche á las herramientas, y aún en éstas había completa falta de uniformidad en las cajas, pues el número de tablas y la disposición en ellas de la herramienta y objetos variaba de una á otra caja.

En resumen, las diversas cargas presentaban variaciones considera-

bles en su organización, por la diferente constitución de los elementos siguientes:

| | | | |
|---|---|---|---|
| CARGA. . . | *1.ª Caja.* . . . | Compartimentos. . . | Herramientas y objetos. |
| | | Tablas. . . . . | Herramientas y objetos. |
| | *2.ª Caja.* . . . | Compartimentos. . . | Herramientas y objetos. |
| | | Tablas. . . . . | Herramientas y objetos. |
| | *Sobrecarga.* | | |

Tanto en las tablas como en los compartimentos, la herramienta se alojaba en pequeños rebajos que, á guisa de estuche, estaban practicados en las tablas, y se sujetaban con francaletes de cuero, que pasaban por anillas de hierro.

**Defectos del antiguo tren á lomo de los regimientos de Zapadores-Minadores.**

Basta una ligera idea de la constitución de las cargas del tren á lomo para deducir sus inconvenientes. Siendo el interior de las cajas completamente distinto en todas ellas, cada una no servía más que para una carga determinada; no eran, pues, intercambiables, y constituían un gran número de tipos diferentes, con notable perjuicio del empleo de la herramienta y de la instrucción del soldado. Lo mismo ocurría con las tablas, todas ellas muy diferentes, aumentándose así las dificultades antes enunciadas. Además, las tablas se hendían y alabeaban, accidente frecuente por su poco espesor; y las hendiduras y alabeos llegaban á producir una verdadera acuñación en las guías de palastro, entorpeciendo la entrada y la salida.

Un mismo francalete de cuero, pasando por puentecillos de alambre clavados en las tablas, sujetaba á varias herramientas, algunas de mucho peso; sucedía con ésto, que al sacar una herramienta se aflojaban todas las demás y á veces salían de su sitio con tanta más facilidad cuanto mayor era su número. Este defecto se agravaba porque las tablas llevaban herramienta no solamente en su parte superior, sino también en la inferior, de modo que los francaletes de esta parte inferior, no sólo trabajaban para sujetar la herramienta, impidiendo todo movimiento, sino que soportaban todo su peso. Añádase que los francaletes de uno y otro lado padecían mucho por el roce con los puentecillos y con las aristas vivas de las herramientas y estando expuestos á mojarse en un tiempo

relativamente corto, quedaban en un estado tal, que con poco esfuerzo se rompían, y como su reposición no es nada fácil, por la unión de sus extremos á las tablas y por no llevar de repuesto, resulta que la herramienta correspondiente al francalete roto queda sin sujeción alguna, con todas las consecuencias que esto lleva consigo.

La colocación de herramientas en ambas caras de las tablas tiene además los inconvenientes de dificultar su manejo y contribuir á la hienda y alabeo de aquéllas.

Colocando el material en tablas y cajas de madera con huellas como en un estuche de matemáticas, resulta que en estas tablas y cajas no puede colocarse más que la herramienta para la cual han sido hechas; y como en campaña se destruirá alguna y será necesario reponerla á veces con la primera que se encuentre, sin atender á forma y dimensiones, tomándola donde se halle, este nuevo material no podrá colocarse en el sitio del inútil, y será muy difícil é incómodo su transporte.

Esta organización exige una instrucción contínua y nunca suficiente para que la tropa tenga una idea de la colocación de todo el material, pues para cada herramienta es preciso saber la carga, en la carga la caja, en la caja la tabla y en la tabla su colocación; y dada la multiplicidad y diversidad de herramientas, se necesita mucho tiempo de instrucción y una memoria regular para aprender la carga y descarga.

Otro inconveniente resulta de la disposición en que van colocadas las herramientas, teniendo cada una un lugar señalado, preciso, no susceptible de cambiar; y es que se hace imposible toda modificación en la distribución y alteraciones en el número, clase y forma de dicha herramienta, en las diversas cajas y cargas.

### Descripción de las cajas que se proponen.

Sin entrar, por ahora, en la composición del nuevo Parque á lomo, describiremos las modificaciones que se introducen en los medios antiguos de conducir la herramienta. Se conservan, por razon de economía, las cajas de palastro del tren antiguo, pero suprimiendo en absoluto las tablas, compartimentos, pequeños cajones de madera y todas las divisiones y subdivisiones que tanto complicaban la colocación y uso de la herramienta en el sistema antiguo.

La caja exterior de chapa de palastro, se limpia interiormente de todo resalto, guías para las tablas, tabiques, etc.; y la herramienta se habrá de conducir en cajas de cuero que vienen á hacer el papel de la espuerta de herramienta del albañil y del carpintero ó de la arquilla del cantero y de otros oficios, pero sujeta, sin movimiento, de donde puede sacarse una cualquiera sin tocar á las demás; en las que la extracción y colocación de todas es cuestión de segundos y en donde en momento de apuro, de apremio de tiempo, se puede meter todo á granel y emprender inmediatamente la marcha.

Unicamente se hace excepción para las herramientas cuyo filo ó puntas son delicados y es indispensable conservar á toda costa.

Se han tapado con roblones los orificios que quedaban al quitar las divisiones y guías de las tablas interiores; también se ha suprimido el enganche del candado, que por tener que atravesar dos piezas distintas colocadas una en la cara superior de la caja y otra en la tapa, la menor desviación producida por un golpe, cosa muy frecuente en estas cajas, dificultaba grandemente el abrirlas y cerrarlas.

En el interior de la mayor parte de las cajas de hierro van dos cajas de cuero negro, *A* y *B*, que son las que conducen la herramienta (fig. 1), dejando la caja *A* un espacio libre en la parte superior para cualquier objeto imprevisto que sea necesario llevar. En algunas no va más que una caja; en otras ninguna, y tres en las de explosivos, según se detalla en el Estado núm. 3.

Estos dos tipos de cajas de cuero son los únicos para todas las cargas, es decir, no hay más que dos clases de cajas distintas. La caja *A* (figuras 2, 3 y 4) lleva el fondo reforzado con una plancha de palastro *a* (fig. 4) entre las dos pieles que lo forman. En la parte inferior y en sentido longitudinal, hay una solapa *b b* en ambos lados con dos francaletes *c c* independientes, y otras *d, f,* iguales en la parte superior, con lo cual se consigue sujetar la herramienta que se coloque é impedir todo movimiento y ruido en el transporte. Lleva la caja en su tapa una bolsa de cuero flexible *g,* que se cierra con dos hebillas, y por el exterior en la cara vertical anterior un asa *h* (fig. 2) de doble cuero, con corredera en uno de sus extremos para poder plegarla y que no estorbe al cerrar la caja exterior, y dos hebillas con sus francaletes correspondientes en

la tapa para cerrarla. En el interior de muy contado número de estas cajas van unas bandejas de cuero con solapas y francaletes, para poner la herramienta que es indispensable resguardar del más pequeño choque.

Una de estas bandejas lleva dos cepillos de carpintero, con cuatro hierros, y una falsaescuadra de madera (figuras 5, 6 y 7), donde van perfectamente resguardadas de todo choque y deterioro, como se vé en la perspectiva (fig. 7).

Otra (figuras 8, 9 y 10) conduce ocho barrenas de mano, un cartabón y un metro; además, en una de las solapas lleva una bolsa *A*, donde pueden ir otras herramientas menudas y las que haya que reponer y tengan dimensiones distintas de las reglamentarias.

Otra (figuras 11, 12 y 13) lleva formones, escoplos y destornillador, sujetos con una solapa, con un francalete; y como la anterior, en una de las solapas que la cubren, tiene una bolsa para el mismo objeto.

Y otra (figuras 14, 15 y 16) está dedicada á objetos de dibujo, estuche de matemáticas, tacillas, lapiceros, doble decímetro, goma y tinta de China.

Otras herramientas tienen fundas que las resguardan; el serrucho ordinario, una de cuero, abierta por detrás y provista de francalete, para poderla aprovechar en serruchos de dimensiones variables (fig. 17); la barrena universal, con su doble juego de cuchillas (fig. 18); las barrenas de dos manos (fig. 19); el nivel de aire (fig. 20); las brocas del berbiquí (fig. 21); el eclímetro (fig. 22); la brújula inglesa (fig. 23), y el barómetro (fig. 24) tienen también sus fundas.

La caja *B* (figuras 25, 26 y 27), lleva en cada una de sus caras interiores unas bolsas de cuero rígido (fig. 27 *(a)*), con fondo de madera, disposición apropiada para la colocación de las herramientas de corte de algún peso, ya azuelas, como indica la figura 27 *(b)*, ya hachas de carpintero (fig. 27 *(c)*).

Una de las cargas, la 9.ª, está destinada á llevar explosivos únicamente, para lo cual en el interior de cada caja de hierro van tres cajas *B* y en cada una 8 kilógramos de dinamita, entre serrín.

En la misma caja de cuero *B* en que van las mechas (carga 8.ª), va otra caja de cuero (fig. 28), también con cuatro divisiones, destinada á los cebos y cápsulas de fulminato de mercurio.

**Ventajas que ofrece la nueva disposición.**

Con esta disposición se consigue que todas las cajas de hierro sirvan para cualquier carga, pues todas son exactamente iguales.

La herramienta va sujeta sin movimiento y sin ruido alguno; no hay más que dos tipos de cajas de cuero y la colocación de la herramienta en ellas es sencillísima.

El empleo del material no puede ser más rápido, pues en muy pocos momentos puede sacarse toda la herramienta, y también recogerla, y dada la distribución que de ella se ha hecho en las cajas, estas mismas sirven de esportilla, en que se pueden transportar á pequeñas distancias.

Además, la instrucción de la tropa se facilita extraordinariamente con este nuevo material, pues se reduce al conocimiento de la herramienta, ya que su colocación no necesita más que el examen por una sola vez de las cajas.

# PARQUES DE CAMPAÑA

DE

## LAS TROPAS DE ZAPADORES-MINADORES.

## SECCIONES Á LOMO.

Herramientas y efectos que componen una Sección á lomo.
Su distribución y colocación en los portaútiles, cajas, cargas y sobrecargas.
Pesos unitarios y totales.

# PARQUES DE CAMPAÑA

DE

# LAS TROPAS DE ZAPADORES-MINADORES.

## SECCIONES Á LOMO.

### HERRAMIENTA y efectos que las constituyen y su colocación en las cajas y cargas.

## ESTADO NÚM. 1.

### CLASIFICACIÓN de las cargas.

| CARGAS. | MATERIAL QUE CONDUCEN. |
|---|---|
| 1.ª, 2.ª, 3.ª y 4.ª | Herramienta de zapador para los trabajos de explanación y de destrucción. |
| | Jarcia de cáñamo y alambres. |
| 5.ª y 6.ª | Herramienta de carpintero. |
| 7.ª | Herramienta de albañil y cantero. |
| 8.ª | Material de telegrafista y artificiero. |
| 9.ª | Minador. |
| 10.ª | Dibujo.—Topografía. |
| | Guarnicionero.—Herrador.—Veterinario.—Biblioteca y documentación. |
| | Objetos varios. |
| | Jarcia de cáñamo y clavazón. |

# ESTADO NÚM. 2.

## HERRAMIENTA y efectos que conduce una Sección á lomo del Parque de Compañía de Zapadores-Minadores.

| Herramienta | |
|---|---|
| DE EXPLANACIÓN Y DE DESTRUCCIÓN | |
| Azadas | 4 |
| Barras de pié de cabra | 1 |
| Hachas de leñador | 10 |
| Mangos de repuesto para zapapicos, hachas y picos de roca | 10 |
| Mangos de repuesto para palas | 8 |
| Marrazos | 12 |
| Palas redondas | 20 |
| Idem cuadradas | 6 |
| Palanquetas | 4 |
| Picos de roca | 2 |
| Serruchos de faginas | 1 |
| Sierras tronzaderas | 2 |
| Idem articuladas | 4 |
| Tijeras para alambradas | 2 |
| Zapapicos | 34 |
| **Carpintero** | |
| Alicates planos | 2 |
| Idem de cortar | 4 |
| Afiladores de sierra | 4 |
| Azuelas de una mano | 6 |
| Barrenas de mano | 16 |
| Idem de dos manos | 12 |
| Idem universal con doble juego de cuchillas | 2 |
| Berbiquí con juego de 20 brocas | 2 |
| Cartabón | 2 |
| Cepillos con dos hierros | 4 |

| | |
|---|---|
| Compases | 2 |
| Cortafríos | 2 |
| Destornilladores | 4 |
| Desclavadores | 2 |
| Dogos | 2 |
| Escoplos | 4 |
| Falsaescuadra | 2 |
| Formones | 12 |
| Guillámen | 2 |
| Hachas de carpintero | 4 |
| Lápices | 48 |
| Limas | 8 |
| Limatones | 2 |
| Llave inglesa | 2 |
| Martillos | 6 |
| Mazos | 2 |
| Metros | 2 |
| Nivel de aire | 2 |
| Plomadas | 2 |
| Piedras de afilar | 1 |
| Piedras de sentar filos | 2 |
| Serruchos ordinarios | 2 |
| Idem de punta | 2 |
| Sierras de mano | 6 |
| Tenazas | 2 |
| Triángulos | 2 |
| Triscadores | 2 |

## Albañil

| | |
|---|---|
| Alcotanas de una mano | 4 |
| Bramante | |
| Falsaregla | 1 |
| Martillo de albañil | 1 |
| Nivel de albañil | 1 |
| Paletas | 5 |
| Plomada | 1 |
| Tenazas | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| **Cantero** | | |
| Cuñas de acero | 2 | |
| Escuadra de hierro | 1 | |
| Maceta de corte | 1 | |
| Macetas de mano | 2 | |
| Martillos de cantero | 1 | |
| Punteros de boca de escoplo | 8 | |
| Idem de pico de gorrión | 12 | |
| **Herramienta y efectos de Minador** | | |
| Barras de mina de $1^m,35$ | 2 | |
| Bolsa de artificiero | 1 | |
| Cable eléctrico | 500 | mts. |
| Cápsulas de fulminato de mercurio, de 2 gramos | 150 | » |
| Cebos eléctricos, con cápsulas de dos gramos | 100 | » |
| Cucharas de mina | 3 | |
| Explosivo | 36 | kg. |
| Explosor Siemens-Halske, de caja de madera | 1 | |
| Muelle de recambio para idem | 1 | |
| Galvanómetro de reconocimiento | 1 | |
| Mecha rápida | 100 | mts. |
| Idem ordinaria | 160 | » |
| Idem impermeable | 50 | » |
| Pistoletes de $0^m,90$ | 2 | |
| **Clavazón y Herrajes** | | |
| Clavos bellotillos | 4,00 | kg. |
| Idem bellotes | 5,50 | » |
| Pernos, surtidos, y grapas | 17,50 | » |
| Puntas de París de $0^m,06$ y $0^m,08$ | 13,00 | » |
| *Suma* | 40,00 | kg. |
| **Jarcia de cáñamo y alambres** | | |
| Alambre de 4 milímetros | 100 | mts. |
| Alambre de 2 milímetros | 150 | » |
| Beta de 10 milímetros | 400 | » |
| Beta de 6 milímetros | 408 | » |
| 3 amarras de 16 milímetros y 27 metros | 81 | » |
| 1 cabo de ancla de 30 milímetros | 16 | » |
| Cuerda de trazar | 200 | » |

| | |
|---|---|
| **Telegrafía.—Topografía y Dibujo.—Biblioteca** | |
| Bolsa de telegrafía con herramienta para destrucciones y reparaciones y 2 pares de trepadores | 1 |
| Agujas de trazar | 10 |
| Barómetro Goldschmidt | 1 |
| Brújula inglesa | 1 |
| Cinta de medir | 1 |
| Eclímetro Abney | 1 |
| Gemelos Goertz | 1 |
| Barras de tinta china | 1 |
| Cajas de plumas | 1 |
| Cortaplumas | 1 |
| Doble decímetro | 1 |
| Escuadras | 2 |
| Estuche de matemáticas | 1 |
| Goma | 1 |
| Lapiceros | 6 |
| Plantillas de curvas | 3 |
| Papel tela | 1 rollo. |
| Idem cuadriculado | 1 rollo. |
| Reglas de caucho | 2 |
| Tacillas | 2 |
| Transportador | 1 |
| Biblioteca | |
| Documentación de la compañía | |
| **Guarnicionero, Veterinario y Herrador** | |
| Botiquín para el ganado | 1 |
| Bolsa de veterinario | 1 |
| Bolsa de herrador, con cuchilla, escofina, pujabante, tenazas, porrilla, 16 herraduras y 126 clavos | 1 |
| Estuche de guarnicionero | 1 |
| **Objetos varios** | |
| Bujías | 6 |
| Cubos de zinc | 2 |
| Hachas de viento | 10 |
| Sacos terreros | |
| Sacos morrales | |

# ESTADO NÚM. 3.

**DISTRIBUCIÓN de la herramienta y efectos del Parque á lomo de una Sección de Zapadores-Minadores, en las 10 cargas que la constituyen.**

| PESOS UNITARIOS Y PESOS TOTALES | | | |
|---|---|---|---|
| | | Peso en kilógramos | |
| **1.ª Carga.** | | UNITARIO | TOTAL |
| 1.er Tercio. | 1 portaútil. . . . . | 6,10 | 6,10 |
| | 5 palas redondas. . . . . | 2,67 | 13,35 |
| | 6 zapapicos. . . . . | 3,20 | 19,20 |
| | *Suma*. . . . . | . . . | 38,65 |
| 2.º Tercio. | 1 portaútil. . . . . | 6,10 | 6,10 |
| | 5 palas redondas. . . . . | 2,67 | 13,35 |
| | 6 zapapicos. . . . . | 3,20 | 19,20 |
| | *Suma*. . . . . | . . . | 38,65 |
| **Colocación de las herramientas en los portaútiles** | | | |
| Las palas, alternando á uno y otro lado los hierros, se colocarán en el piso superior del portaútil; y los zapapicos, también con los hierros alternados, en el otro piso. | | | |
| Sobrecarga. | 8 mangos de repuesto para palas. . . . | 0,76 | 6,08 |
| | 1 caja de cuero para marrazos. . . . . | 2,00 | 2,00 |
| | Que contiene: | | |
| | 2 sierras articuladas con sus mangos. | 0,32 | 0,64 |
| | 6 marrazos de mano. . . . . | 0,89 | 5,34 |
| | 1 tijera para cortar alambradas. . . | 1,30 | 1,30 |
| | 2 betas de 10 mm. (sondaleza de 100 m.). | 3,11 | 6,22 |
| | *Suma*. . . . . | . . . | 21,58 |

| | Peso en kilógramos | |
|---|---|---|
| | UNITARIO | TOTAL |
| **Colocación de la sobrecarga.** | | |
| La caja de marrazos, sobre el baste, entre los camones. | | |
| A uno y otro lado, la jarcia de cáñamo. | | |
| Encima de los camones, los mangos de repuesto. | | |
| Todo, sujeto con los francaletes del baste. | | |
| RESUMEN | | |
| 1.er tercio | . . . | 38,65 |
| 2.º tercio | . . . | 38,65 |
| Sobrecarga | . . . | 21,58 |
| Baste y equipo del mulo | . . . | 33,00 |
| Manta de cuadra | . . . | 2,00 |
| Lona cubrecargas | . . . | 3,45 |
| *Carga total* | . . . | 137,33 |
| **2.ª Carga.** | | |
| 1.er Tercio. 1 portaútil | 6,10 | 6,10 |
| 5 palas redondas | 2,67 | 13,35 |
| 5 zapapicos | 3,20 | 16,00 |
| *Suma* | . . . | 35,45 |
| 2.º Tercio. 1 portaútil | 6,10 | 6,10 |
| 5 palas redondas | 2,67 | 13,35 |
| 5 zapapicos | 3,20 | 16,00 |
| *Suma* | . . . | 35,45 |
| **Colocación de las herramientas en los portaútiles.** | | |
| Las palas, alternando á uno y otro lado los hierros, se colocarán en el piso superior del portaútil; y los zapapicos, también con los hierros alternados, en el otro piso. | | |
| Sobrecarga. 1 caja de cuero para marrazos | 2,00 | 2,00 |
| Que contiene: | | |
| 6 marrazos de mano | 0,89 | 5,34 |
| 2 sierras articuladas con sus mangos | 0,32 | 0,64 |
| 1 tijera para alambradas | 1,30 | 1,30 |
| 10 mangos de repuesto para zapapicos, hachas y pico de roca | 1,55 | 5,50 |
| 2 betas de 16 mm. (amarra de 27 m.) | 6,44 | 12,88 |
| *Suma* | . . . | 27,66 |

| | Peso en kilógramos | |
|---|---|---|
| | UNITARIO | TOTAL |
| **Colocación de la sobrecarga.** | | |
| La caja de marrazos, sobre el baste, entre los camones. | | |
| A uno y otro lado, la jarcia de cáñamo. | | |
| Encima de los camones, los mangos de repuesto. | | |
| Todo, sujeto con los francaletes del baste. | | |
| RESUMEN | | |
| 1.er tercio | . . . | 35,45 |
| 2.º tercio | . . . | 35,45 |
| Sobrecarga | . . . | 27,66 |
| Baste y equipo del mulo | . . . | 33,00 |
| Manta de cuadra | . . . | 2,00 |
| Lona cubrecargas | . . . | 3,45 |
| *Carga total* | . . . | 137,01 |
| **3.ª Carga.** | | |
| 1.er Tercio. 1 portaútil | 6,10 | 6,10 |
| 6 zapapicos | 3,20 | 19,20 |
| 3 palas rectas | 2,53 | 7,59 |
| 2 azadas | 2,10 | 4,20 |
| *Suma* | . . . | 37,09 |
| 2.º Tercio. 1 portaútil | 6,10 | 6,10 |
| 6 zapapicos | 3,20 | 19,20 |
| 3 palas rectas | 2,53 | 7,59 |
| 2 azadas | 2,10 | 4,20 |
| *Suma* | . . . | 37,09 |
| **Colocación de la herramienta.** | | |
| En uno de los pisos del portaútil se colocarán los seis zapapicos, y en el otro las palas rectas y las azadas. | | |
| Unos y otros, con los hierros alternados y los mangos sujetos con los francaletes. | | |
| Sobrecarga. Alambre de 4 mm.; un rollo de 100 ms. | 9,80 | 9,80 |
| Alambre de 2 mm.; 150 ms. | . . . | 3,68 |
| Caja de cuero para el alambre | 1,50 | 1,50 |
| 1 beta de 30 mm. (cabo de ancla de 16 ms.) | . . . | 9,73 |
| *Suma* | . . . | 24,71 |
| **Colocación de la sobrecarga.** | | |
| El alambre y la jarcia encima del baste, entre los camones. | | |

| | | Peso en kilógramos | |
|---|---|---|---|
| | | UNITARIO | TOTAL |
| | RESUMEN | | |
| | 1.er tercio | . . . | 37,09 |
| | 2.º tercio | . . . | 37,09 |
| | Sobrecarga | . . . | 24,71 |
| | Baste y equipo del mulo | . . . | 33,00 |
| | Lona cubrecargas | . . . | 3,45 |
| | Manta de cuadra | . . . | 2,00 |
| | *Carga total* | . . . | 137,34 |
| | **4.ª Carga.** | | |
| 1.er Tercio | Portaútil | 6,10 | 6,10 |
| | 6 hachas de leñador | 2,53 | 15,18 |
| | 2 palanquetas | 3,59 | 7,18 |
| | 1 barra de mina de 1m,35 | 6,53 | 6,53 |
| | 1 barra pie de cabra (tamaño pequeño) | 10,00 | 10,00 |
| | *Suma* | . . . | 44,99 |
| 2.º Tercio | Portaútil | 6,10 | 6,10 |
| | 4 hachas de leñador | 2,53 | 10,12 |
| | 2 palanquetas | 3,59 | 7,18 |
| | 1 barra de mina de 1m,35 | 6,53 | 6,53 |
| | 2 pistoletes | 4,78 | 9,56 |
| | 2 picos de roca | 3,02 | 6,04 |
| | *Suma* | . . . | 45,53 |

**Colocación de la herramienta en cada tercio.**

*1.er tercio.* Las hachas de leñador, en el piso superior del portaútil; y en el inferior, las dos palanquetas, barra de mina y la barra pie de cabra.

*2.º tercio.* Las hachas de leñador y picos de roca, en el piso superior; y el resto, en el inferior.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sobrecarga | 2 sierras tronzaderas en su caja de cuero | 7,00 | 7,00 |
| | 2 cuerdas de trazar (de 100 m.) | 0,80 | 1,60 |
| | *Suma* | . . . | 8,60 |

**Colocación de la sobrecarga.**

Sobre los camones del baste irá la caja de tronzaderas, y debajo las cuerdas.

| | | Peso en kilógramos | |
|---|---|---|---|
| | | UNITARIO | TOTAL |
| | RESUMEN | | |
| | 1.er tercio | . . . | 44,99 |
| | 2.º tercio | . . . | 45,53 |
| | Sobrecarga | . . . | 8,60 |
| | Baste y equipo del mulo | . . . | 33,00 |
| | Cubrecarga | . . . | 3,45 |
| | Manta de cuadra | . . . | 2,00 |
| | *Carga total* | . . . | 137,57 |
| | **5.ª Carga.** | | |
| Caja núm. 1. | Caja de palastro | 17,50 | 17,50 |
| | *(A)* Caja grande de cuero | 4,60 | 4,60 |
| | Que contiene: | | |
| | 2 cepillos | 0,61 | 1,22 |
| | 4 hierros de cepillos | 0,25 | 1,00 |
| | 1 falsaescuadra | 0,16 | 0,16 |
| | 1 guillamen con su hierro | 0,80 | 0,80 |
| | Cartera de cuero para llevar los cepillos y falsaescuadra | 0,90 | 0,90 |
| | 8 barrenas de mano (surtidas) | . . . | 1,60 |
| | 1 cartabón | . . . | 0,17 |
| | 1 metro | . . . | 0,03 |
| | Cartera de cuero para llevar las barrenas de mano, cartabón y metro | 1,05 | 1,05 |
| | 3 martillos | 0,75 | 2,25 |
| | 2 mangos de repuestos para martillos | 0,20 | 0,40 |
| | 1 tenazas | 0,48 | 0,48 |
| | 1 dogo pequeño | 0,96 | 0,96 |
| | 6 barrenas de dos manos (surtidas.) | . . . | 2,70 |
| | Funda de cuero para las barrenas de dos manos | 0,25 | 0,25 |
| | 2 afiladores de sierra | 0,09 | 0,18 |
| | 1 barrena universal, con doble juego de cuchillas, y su funda de cuero | 0,60 | 0,60 |
| | 1 piedra de sentar filos, con su caja | 0,80 | 0,80 |
| | 1 llave inglesa y 1 compás | 1,76 | 1,76 |
| | 1 nivel de aire con su funda | 0,71 | 0,71 |
| | Puntas de $0^m,08$ | . . . | 2,25 |
| | *Suma y sigue* | . . . | 42,37 |

| | | Peso en kilógramos | |
|---|---|---|---|
| | | UNITARIO | TOTAL |
| CAJA NÚM. 1. | *Suma anterior.* . . . . . | . . . | 42,37 |
| | *(B)* Caja pequeña de cuero. . . . . | 1,75 | 1,75 |
| | Que contiene: | | |
| | 3 azuelas de una mano. . . . . | 0,80 | 2,40 |
| | 1 docena de lápices de carpintero. . | 0,14 | 0,14 |
| | *Suma.* . . . . . | . . . | 46,66 |

**Colocación de la herramienta en la caja núm. 1.**

*(A).—Caja grande de cuero.* 1.° En el fondo, en montón, sin más precaución que la de que formen en lo posible una capa de igual altura:

Martillos con sus mangos de repuesto, tenazas, dogo, afiladores de sierra, piedras de sentar filos, en su caja; llave inglesa, clavazón, nivel de aire, en su estuche; tubo de cuero, con las barrenas de dos manos; cajita de cuero con la barrena universal y el compás.

Se abrazará el todo con las solapas primeras y se sujetará con los dos francaletes correspondientes.

2.° Encima se colocarán superpuestas la cartera de cuero, que contiene los cepillos, guillamen y falsa-escuadra y la cartera de las barrenas de mano.

Se cubrirán y sujetarán con las solapas de cuero superiores y los dos francaletes.

NOTA.—En caso de apremio de tiempo, puede ir todo en montón, sin perjuicio de ordenarlo después cuando se disponga de tiempo y lugar. Esta observación es general para todas las cajas.

*(B).—Caja pequeña de cuero.* Las hojas de las azuelas de mano se colocan en los compartimentos de cuero cosidos á las paredes interiores de la caja, de modo que la parte cóncava de la hoja mire al exterior y el filo esté hacia la parte inferior. En el espacio central de la caja se colocan los mangos y cabestrillos.

| | | | |
|---|---|---|---|
| CAJA NÚM. 2. | Caja de palastro. . . . . | 17,50 | 17,50 |
| | *(A).* Caja grande de cuero. . . . . | 4,60 | 4,60 |
| | Que contiene: | | |
| | 6 formones de tamaño vario. . . . . | . . . | 2,65 |
| | 2 escoplos. . . . . | . . . | 0,86 |
| | 2 destornilladores. . . . . | 0,13 | 0,26 |
| | 4 limas (de varios tamaños). . . . . | . . . | 2,00 |
| | *Suma y sigue.* . . . . . | . . . | 27,87 |

| | | Peso en kilógramos | |
|---|---|---|---|
| | | UNITARIO | TOTAL |
| | *Suma anterior* | . . . | 27,87 |
| Caja núm. 2. | 1 limatón de escofina | . . . | 0,45 |
| | 1 triángulo | . . . | 0,09 |
| | Cartera de cuero para la herramienta anterior | 1,25 | 1,25 |
| | 1 alicate plano | 0,12 | 0,12 |
| | 2 alicates de cortar | 0,16 | 0,32 |
| | 1 serrucho de punta | 0,32 | 0,32 |
| | 1 triscador | 0,09 | 0,09 |
| | 1 berbiquí | 0,92 | 0,92 |
| | 1 funda de cuero con veinte brocas de berbiquí | . . . | 1,43 |
| | 1 plomada | 0,18 | 0,18 |
| | 1 desclavador | 0,42 | 0,42 |
| | 1 cortafríos | 0,24 | 0,24 |
| | Paquete de puntas, de $0^m,06$ | 2,25 | 2,25 |
| | Clavos bellotillos | 2,00 | 2,00 |
| | 1 mazo | 0,64 | 0,64 |
| | *(B)* Caja pequeña de cuero | 1,75 | 1,75 |
| | Que contiene: | | |
| | 2 hachas de carpintero | 2,31 | 4,62 |
| | 1 docena de lápices de carpintero | 0,14 | 0,14 |
| | 1 bolsa de lona con diez mangos de limas y limatón | . . . | 0,63 |
| | *(C)* Encima de las dos cajas de cuero: | | |
| | 1 serrucho ordinario, con su funda | 1,17 | 1,17 |
| | *Suma* | . . . | 46,90 |

**Colocación de la herramienta en la caja núm. 2.**

*(A).—Caja grande de cuero.* 1.° En el fondo, los alicates, serrucho de punta, triscador, berbiquí con la bolsa de brocas, plomada, desclavador, cortafríos, clavazón y mazo de madera.

Se sujetará toda esta herramienta con las solapas del fondo y sus francaletes.

2.° Encima se pone la cartera que contiene los formones, escoplos, limas, limatón, triángulo y destornilladores, sujetándose con las solapas superiores de la caja y los dos francaletes que les corresponden.

*(B).—Caja pequeña de cuero.* Cada una de las hojas de hacha se introduce, con el filo hacia abajo, en el compartimento de cuero cosido á las paredes interiores de la caja.

| | Peso en kilógramos | |
|---|---|---|
| | UNITARIO | TOTAL |
| En el hueco que queda en medio, se ponen los mangos de lima y limatón. | | |
| *(C)* Encima de las dos cajas de cuero, el serrucho ordinario. | | |
| SOBRECARGA. 6 sierras de mano y 1 serrucho de faginas. Todo con su funda de cuero. . | . . . | 10,26 |
| **Colocación de la sobrecarga.** | | |
| Apoyada en la parte superior de los camones y sujeta con los francaletes del baste. | | |
| RESUMEN DE LA 5.ª CARGA. | | |
| Caja núm. 1. . . . . | . . . | 46,66 |
| Caja núm. 2. . . . . | . . . | 46,90 |
| Sobrecarga. . . . . | . . . | 10,26 |
| Baste y equipo del mulo. . . . . | . . . | 33,00 |
| Lona cubrecargas.. . . . . | . . . | 3,45 |
| Manta de cuadra. . . . . | . . . | 2,00 |
| *Carga total*.. . . . . | . . . | 142,27 |
| **6.ª Carga.** | | |
| Caja núm. 1 (como la de la 5.ª carga). . . . . | . . . | 46,66 |
| Caja núm. 2 (como la de la 5.ª carga). . . . . | . . . | 46,90 |
| Sobrecarga. Piedra de afilar, con su funda. . . . . | . . . | 11,78 |
| Baste y equipo del mulo. . . . . | . . . | 33,00 |
| Lona cubrecargas. . . . . | . . . | 3,45 |
| Manta de cuadra. . . . . | . . . | 2,00 |
| *Carga total*.. . . . . | . . . | 143,79 |
| **Colocación de la herramienta en las cajas.** | | |
| Como en la carga 5.ª | | |
| **Colocación de la sobrecarga.** | | |
| La piedra de afilar, con su funda, se colocará sobre el baste, entre los camones, y se sujetará con los francaletes correspondientes. Los mangos de hacha, sobre los camones. | | |

| | | Peso en kilógramos | |
|---|---|---|---|
| | | UNITARIO | TOTAL |
| | **7.ª Carga.** | | |
| CAJA NÚM. 1. | Caja de palastro | 17,50 | 17,50 |
| | *(A)* Caja grande de cuero | 4,60 | 4,60 |
| | Que contiene: | | |
| | 1 escuadra de hierro | 1,00 | 1,00 |
| | 1 maceta de corte | 2,26 | 2,26 |
| | 1 martillo de cantero | 3,27 | 3,27 |
| | Clavos bellotes | . . . | 5,50 |
| | *(B)* Caja pequeña de cuero | 1,75 | 1,75 |
| | Que contiene: | | |
| | 2 macetas de mano | 1,88 | 3,76 |
| | 12 punteros de pico de gorrión | 0,29 | 3,48 |
| | 8 punteros de boca de escoplo | 0,32 | 2,56 |
| | *Suma* | . . . | 45,68 |

**Colocación de la herramienta en la caja de palastro núm. 1.**

*(A).—Caja grande de cuero.* Las herramientas, desenmangadas, y la clavazón, se colocarán en el fondo de la caja, sujetas con las solapas y francaletes inferiores.

*(B).—Caja pequeña de cuero.* Las macetas de mano, enmangadas, se pondrán con el hierro hacia arriba, introduciendo los mangos en los compartimentos de cuero cosidos á las paredes interiores de la caja. En medio de ella, irán los punteros en montón.

| | | | |
|---|---|---|---|
| CAJA NÚM. 2. | Caja de palastro | 17,50 | 17,50 |
| | *(A)* Caja grande de cuero | 4,60 | 4,60 |
| | Que contiene: | | |
| | 4 alcotanas de mano | 1,23 | 4,92 |
| | 2 cuñas de acero | 1,60 | 3,20 |
| | 1 martillo de albañil | 1,00 | 1,00 |
| | 1 nivel de albañil | 0,24 | 0,24 |
| | 1 falsaregla | 0,30 | 0,30 |
| | 1 plomada | 0,49 | 0,49 |
| | 1 tenazas | 0,40 | 0,40 |
| | Bramante | 0,80 | 0,80 |
| | Pernos | . . . | 8,50 |
| | *(B)* Caja pequeña de cuero | 1,75 | 1,75 |
| | Que contiene: | | |
| | 5 paletas de albañil | 0,40 | 2,00 |
| | *Suma* | . . . | 45,70 |

| | Peso en kilógramos | |
|---|---|---|
| | UNITARIO | TOTAL |
| **Colocación de la herramienta en la caja de palastro núm. 2.** | | |
| *(A).—Caja grande de cuero.* El martillo de albañil, enmangado; las alcotanas de mano, desenmangadas; el nivel, falsaregla, plomada, tenazas, bramante y pernos, se colocarán en montón en el fondo de la caja, sujetándolos con las solapas de cuero y francaletes. | | |
| *(B) Caja pequeña de cuero.* Se colocarán las paletas de albañil con las puntas hacia abajo. | | |
| SOBRECARGA. 10 hachas de viento con su funda de cuero. . . . . | . . . | 5,00 |
| 2 cubos de cinc. . . . . | . . . | 2,50 |
| Mangos de la herramienta de cantero y albañil. . . . . | . . . | 2,50 |
| *Suma*. . . . . | . . . | 10,00 |
| **Colocación de la sobrecarga.** | | |
| Los dos cubos de cinc, enchufados, se situarán sobre el baste, entre los camones. Encima, á uno y otro lado, se colocarán los mangos de las herramientas y las hachas de viento con su funda. El todo sujeto con los francaletes correspondientes. | | |
| RESUMEN. | | |
| Caja núm. 1. . . . . | . . . | 45,68 |
| Caja núm. 2. . . . . | . . . | 45,70 |
| Sobrecarga. . . . . | . . . | 10,00 |
| Baste y equipo del mulo. . . . . | . . . | 33,00 |
| Lona cubrecargas. . . . . | . . . | 3,45 |
| Manta de cuadra. . . . . | . . . | 2,00 |
| *Carga total*. . . . . | . . . | 139,83 |
| **8.ª Carga.** | | |
| CAJA NÚM. 1. Caja de palastro. . . . . | 17,50 | 17,50 |
| 1 bolsa de artificiero. . . . . | 1,58 | 1,58 |
| 1 bolsa de telegrafía, con dos pares de trepadores. . . . . | 16,00 | 16,00 |
| Puntas de 0m,08. . . . . | . . . | 4,00 |
| *Suma*. . . . . | . . . | 39,08 |

| | Peso en kilógramos | |
|---|---|---|
| | UNITARIO | TOTAL |
| **Colocación del material en la caja de palastro núm. 1.** | | |
| A la derecha, de pie, apoyada en el fondo, la bolsa de telegrafía; encima, la bolsa de artificiero. | | |
| A la izquierda, los trepadores y puntas. | | |
| CAJA NÚM. 2. Caja de palastro. . . . . | 17,50 | 17,50 |
| Caja pequeña de cuero. . . . . | 1,75 | 1,75 |
| Que contiene: | | |
| Cajita de cuero con 100 cebos y 150 cápsulas. . . . . | 2,00 | 2,00 |
| 10 rollos de 10 m. de mecha rápida. | 0,15 | 1,50 |
| 16 rollos de 10 m. de mecha ordinaria. . . . . | 0,15 | 2,40 |
| 5 rollos de 10 m. de mecha impermeable. . . . . | 0,16 | 0,80 |
| 24 betas de 6 mm., de 17 m. de largo. . . . . | 0,41 | 9,87 |
| Sacos terreros. . . . . | . . . | 3,00 |
| *Suma*. . . . . | . . . | 38,82 |
| **Colocación del material en la caja de palastro núm. 2.** | | |
| A la derecha, se colocará la caja pequeña de cuero, que llevará en el fondo los rollos de mecha y encima de ellos la cajita de cuero que contiene las cápsulas y cebos. | | |
| A la izquierda, los rollos de mecha sobrantes, las betas y los sacos terreros. | | |
| SOBRECARGA.=Rollo de cable eléctrico. . . . . | . . . | 22,70 |
| **Colocación de la sobrecarga.** | | |
| Sobre el baste, entre los camones. | | |
| RESUMEN. | | |
| Caja núm. 1. . . . . | . . . | 39,08 |
| Caja núm. 2. . . . . | . . . | 38,82 |
| Sobrecarga. . . . . | . . . | 22,70 |
| Baste y equipo del mulo. . . . . | . . . | 33,00 |
| Lona cubrecargas. . . . . | . . . | 3,45 |
| Manta de cuadra. . . . . | . . . | 2,00 |
| *Carga total*. . . . . | . . . | 139,05 |

| | | Peso en kilógramos | |
|---|---|---|---|
| | | UNITARIO | TOTAL |
| **9.ª Carga.** | | | |
| CAJA NÚM. 1. | Caja de palastro | 17,50 | 17,50 |
| | 3 cajas pequeñas de cuero | 1,75 | 5,25 |
| | Explosivos | 18,00 | 18,00 |
| | *Suma* | . . . | 40,75 |
| CAJA NÚM. 2. | Caja de palastro | 17,50 | 17,50 |
| | 3 cajas pequeñas de cuero | 1,75 | 5,25 |
| | Explosivos | 18,00 | 18,00 |
| | *Suma* | . . . | 40,75 |
| Los cartuchos de explosivo se colocarán dentro de cada caja por tongadas ó lechos, envueltos en serrín de madera. | | | |
| SOBRECARGA. | Explosor Siemens-Halske, de caja de madera | 10,30 | 10,30 |
| | Muelle de recambio | 1,00 | 1,00 |
| | Caja de cuero para el explosor y el muelle | 1,75 | 1,75 |
| | Galvanómetro de reconocimiento, en su funda | 0,53 | 0,53 |
| | 3 cucharas de mina | 0,67 | 2,03 |
| | Caja de madera y cuero para las cucharas | 2,56 | 2,56 |
| | *Suma* | . . . | 18,17 |
| **Colocación de la sobrecarga.** | | | |
| La caja del explosor, sobre el baste, entre los camones. La caja de las cucharillas, encima de los camones. Todo, sujeto con los francaletes del baste. | | | |
| RESUMEN | | | |
| | Caja núm. 1 | . . . | 40,75 |
| | Caja núm. 2 | . . . | 40,75 |
| | Sobrecarga | . . . | 18,17 |
| | Baste y equipo del mulo | . . . | 33,00 |
| | Lona cubrecargas | . . . | 3,45 |
| | Manta de cuadra | . . . | 2,00 |
| | *Carga total* | . . . | 138,12 |

| | Peso en kilógramos | |
|---|---|---|
| | UNITARIO | TOTAL |
| **10.ª Carga.** | | |
| Caja de palastro. . . . . | 17,50 | 17,50 |
| *(A)* Caja grande de cuero. . . . . | 4,60 | 4,60 |
| Que contiene: | | |
| 1 cartera de cuero con: | 0,98 | 0,98 |
| 1 estuche de matemáticas. . . | 0,84 | 0,84 |
| 1 escala de boj.. . . . . | 0,02 | 0,02 |
| 1 goma.. . . . . | 0,02 | 0,02 |
| 6 lapiceros. . . . . | . . . | 0,03 |
| 2 tacillas y tinta china. . . . . | . . . | 0,36 |
| 1 cortaplumas. . . . . | 0,04 | 0,04 |
| 2 escuadras.. . . . . | 0,03 | 0,06 |
| 3 plantillas curvas.. . . . . | . . . | 0,04 |
| 1 caja de plumas.. . . . . | 0,06 | 0,06 |
| 1 transportador de talco. . . . . | 0,02 | 0,02 |
| 1 cinta de medir. . . . . | 0,45 | 0,45 |
| 10 agujas de trazar. . . . . | 0,06 | 0,60 |
| 1 barómetro Goldschmidt con su funda de cuero.. . . . . | 0,43 | 0,43 |
| 1 brújula inglesa, con su funda.. . . | 0,45 | 0,45 |
| 1 eclímetro Abney, con su funda. . | 0,23 | 0,23 |
| 1 gemelos de campaña, Goertz, con su funda. . . . . | 0,90 | 0,90 |
| 1 estuche de guarnicionero. . . . . | 0,64 | 0,64 |
| 1 bolsa de veterinario. . . . . | 0,22 | 0,22 |
| 1 funda de lona para reglas y papel. | 0,18 | 0,18 |
| 1 rollo papel tela. . . . . | 0,75 | 0,75 |
| 1 rollo papel cuadriculado. . . . . | 0,45 | 0,45 |
| 2 reglas de caucho.. . . . . | 0,04 | 0,08 |
| Bujías. . . . . | . . . | 0,50 |
| Biblioteca. . . . . | . . . | 3,00 |
| *Suma*. . . . . | . . . | 33,41 |

**Colocación del material en la caja de palastro núm. 1.**

A la derecha se colocará la caja grande de cuero *(A)*; encima de esta caja de cuero, se situará la funda de lona que contiene las reglas y rollos de papel. A la izquierda de la caja de cuero *(A)* se pondrán los libros que constituyen la pequeña biblioteca de campaña y las bujías.

En la caja grande de cuero *(A)* se colocarán los objetos del modo siguiente:

| | Peso en kilógramos | |
|---|---|---|
| | UNITARIO | TOTAL |
| En el fondo: la cinta de medir, agujas de trazar, barómetro, eclímetro, brújula y gemelos Goertz, en sus fundas de cuero; estuche de guarnicionero y bolsa de veterinario. Todo, sujeto con las solapas y francaletes inferiores. | | |
| Encima, la cartera de cuero, que contiene el estuche de matemáticas, escala, goma, tinta china, tacillas, etc., y se sujetará con las solapas y francaletes superiores. | | |
| En la bolsa interior de la tapadera de la caja, escuadras y plantillas de curvas. | | |
| CAJA NÚM. 2. Caja de palasto. . . . . | 17,50 | 17,50 |
| Botiquín. . . . . | 7,32 | 7,32 |
| Documentación de la compañía. . . . . | . . . | 8,50 |
| *Suma*. . . . . | . . . | 33,32 |
| **Colocación del material en la caja de palastro núm. 2.** | | |
| Debajo se colocará la caja grande de madera, que contiene en sus diversos compartimentos los efectos del botiquín y la linterna. | | |
| En el hueco que resulta encima de la caja del botiquín, se pondrán los sacos morrales y la documentación. | | |
| SOBRECARGA. 1 bolsa de herrador. . . . . | 3,28 | 3,28 |
| Que contiene: | | |
| 1 cuchilla y 1 escofina, en bolsa de cuero. . . . . | 1,07 | 1,07 |
| 1 pujabante. . . . . | 0,55 | 0,55 |
| 1 tenazas. . . . . | 1,38 | 1,38 |
| 1 porrilla. . . . . | 0,29 | 0,29 |
| 16 herraduras y 126 clavos. . . . . | . . . | 5,21 |
| 200 metros de beta de 10 milímetros. . . . . | . . . | 6,22 |
| 1 beta de 16 milímetros (amarra de 27 metros). . . . . | . . . | 6,44 |
| Pernos y grapas. . . . . | . . . | 9,00 |
| *Suma*. . . . . | . . . | 33,44 |
| **Colocación de la sobrecarga.** | | |
| Las bolsas de herrador, por encima del baste, á uno y otro lado, y en medio los herrajes y la jarcia. | | |

| RESUMEN | Peso en kilógramos | |
|---|---|---|
| | UNITARIO | TOTAL |
| Caja núm. 1. . . . . | . . . | 33,41 |
| Caja núm. 2. . . . . | . . . | 33,32 |
| Sobrecarga. . . . . | . . . | 33,44 |
| Baste y equipo del mulo. . . . . | . . . | 33,00 |
| Lona cubrecargas. . . . . | . . . | 3,45 |
| Manta de cuadra.. . . . . | . . . | 2,00 |
| *Carga total*. . . . . | . . . | 138,62 |

# ESTADO NÚM. 4.

**PESOS** de las cajas, sobrecargas, bastes y pesos totales de las cargas.

| CARGAS. | PESOS, EN KILÓGRAMOS, DE | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1.ª CAJA Ó TERCIO. | 2.ª CAJA Ó TERCIO. | SOBRE-CARGA. | BASTE Y EQUIPO DEL MULO. | LONA CUBRECARGAS | MANTA DE CUADRA | TOTAL. |
| **1.ª** | 38,65 | 38,65 | 21,58 | 33 | 3,45 | 2 | 137,33 |
| **2.ª** | 35,45 | 35,45 | 27,66 | 33 | 3,45 | 2 | 137,01 |
| **3.ª** | 37,09 | 37,09 | 24,71 | 33 | 3,45 | 2 | 137,34 |
| **4.ª** | 44,99 | 45,53 | 8,60 | 33 | 3,45 | 2 | 137,57 |
| **5.ª** | 46,66 | 46,90 | 10,26 | 33 | 3,45 | 2 | 142,27 |
| **6.ª** | 46,66 | 46,90 | 11,78 | 33 | 3,45 | 2 | 143,79 |
| **7.ª** | 45,68 | 45,70 | 10,00 | 33 | 3,45 | 2 | 139,83 |
| **8.ª** | 39,08 | 38,82 | 22,70 | 33 | 3,45 | 2 | 139,05 |
| **9.ª** | 40,75 | 40,75 | 18,17 | 33 | 3,45 | 2 | 138,12 |
| **10.ª** | 33,41 | 33,32 | 33,44 | 33 | 3,45 | 2 | 138,62 |

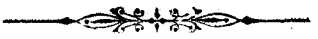
# ESTADO NÚM. 5.

**PESO** de las diversas cajas de cuero provistas de su herramienta correspondiente.

| | | | KILÓGS. |
|---|---|---|---|
| CARGAS 1.ª Y 2.ª | Sobrecargas. . . | Caja de 6 marrazos, 2 sierras articuladas y 1 tijera de alambradas. . . . . | 9,28 |
| CARGA 3.ª. . . . | Sobrecarga. . . | Caja con 100 metros de alambre de 4 milímetros y 150 metros de alambre de 2 milímetros. . . . . | 14,98 |
| CARGA 4.ª. . . . | Sobrecarga. . . | Caja con 2 sierras tronzaderas y sus mangos. . . . . | 7,00 |
| CARGA 5.ª. . . . | Sobrecarga. . . | Funda de cuero con 12 sierras de mano y 1 serrucho de faginas. . . . . | 10,26 |
| CARGA 6.ª. . . . | Sobrecarga. . . | Piedra de afilar, con su funda. . | 11,78 |
| CARGA 7.ª. . . . | Sobrecarga. . . | 10 hachas de viento con su funda. . . . . | 5,00 |
| CARGA 9.ª. . . . | Sobrecarga. . . | Explosor Siemens, con muelle de recambio en su caja. . . . | 13,05 |
| | | Galvanómetro de reconocimiento. . . . . | 0,53 |
| | | Caja con 3 cucharas de mina. . | 4,59 |
| CARGA 10.ª. . . | Sobrecarga. . . | Bolsa de herrador con 16 herraduras, 126 clavos y herramienta. . . . . | 11,78 |

| | | | KILÓGS. |
|---|---|---|---|
| CARGAS 5.ª Y 6.ª | Caja n.º 1. . . . | Caja grande con herramienta de carpintero.. . . . . | 24,87 |
| | | Caja pequeña con herramienta de carpintero. . . . . | 4,29 |
| | Caja n.º 2. . . . | Caja grande con herramienta de carpintero.. . . . . | 21,13 |
| | | Caja pequeña con herramienta de carpintero. . . . . | 7,14 |
| CARGA 7.ª. . . . | Caja n.º 1. . . . | Caja grande con herramienta de cantero y clavazón. . . . . | 18,63 |
| | | Caja pequeña con herramienta de cantero.. . . . . | 11,55 |
| | Caja n.º 2. . . . | Caja grande con herramienta de albañil y pernos. . . . . | 24,45 |
| | | Caja pequeña con herramienta de albañil. . . . . | 3,75 |
| CARGA 8.ª. . . . | Caja n.º 1. . . . | Bolsa de artificiero. . . . . | 1,58 |
| | | Bolsa de telegrafista. . . . . | 16,00 |
| | Caja n.º 2. . . . | Caja pequeña de cuero con cebos, cápsulas y mechas. . . . | 8,45 |
| CARGA 9.ª. . . . | Cajas n.os 1 y 2. . | Cada una de las 6 cajas pequeñas con explosivo. . . . . | 7,75 |
| CARGA 10.ª.. . . | Caja n.º 1. . . . | Caja grande con objetos de dibujo, topografía, guarnicionero y veterinario. . . . . | 12,39 |
| | | Funda con papel tela, cuadriculado y reglas.. . . . . | 1,18 |

Aprobado por Real orden circular de 17 de Marzo de 1904.



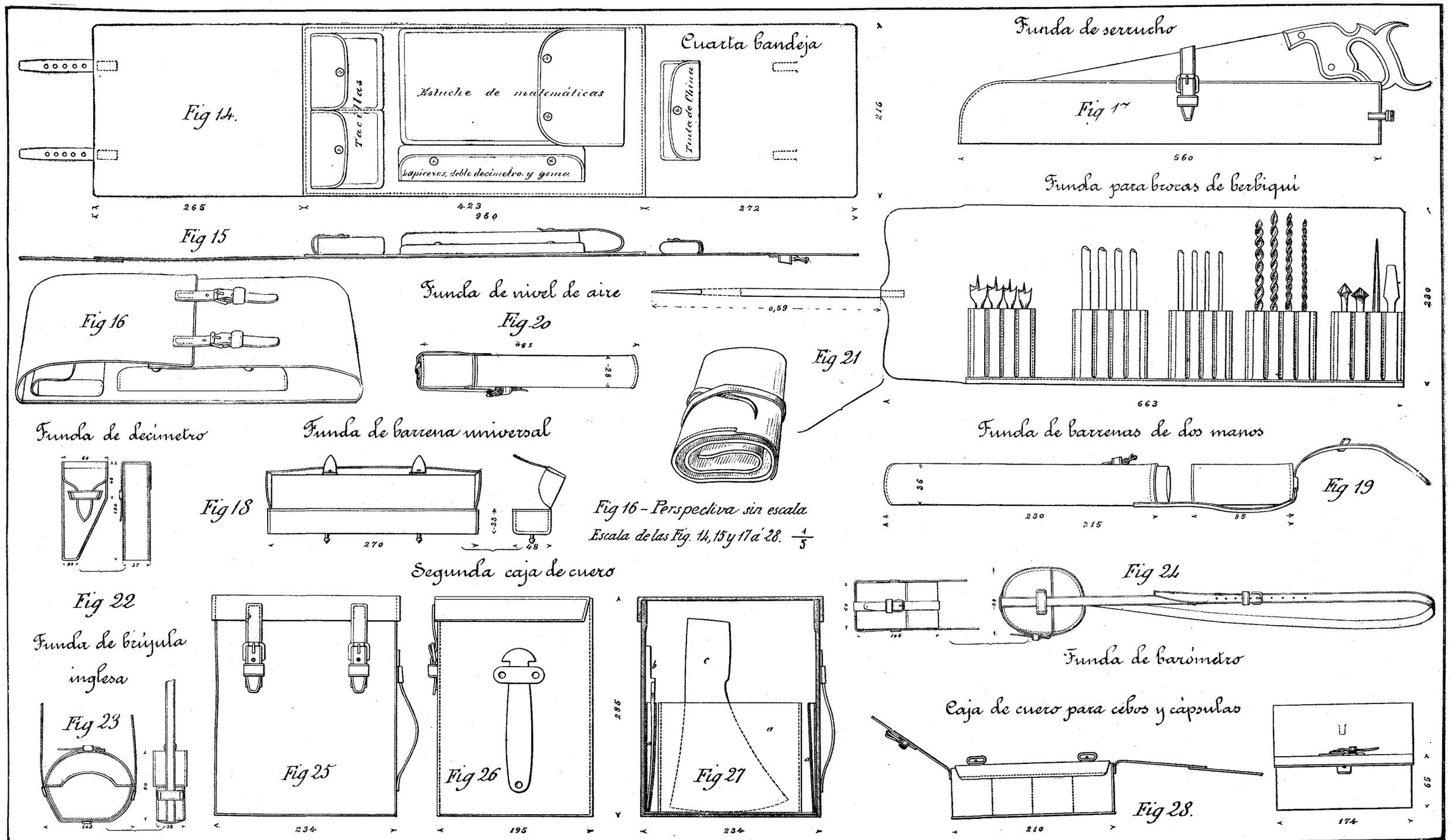
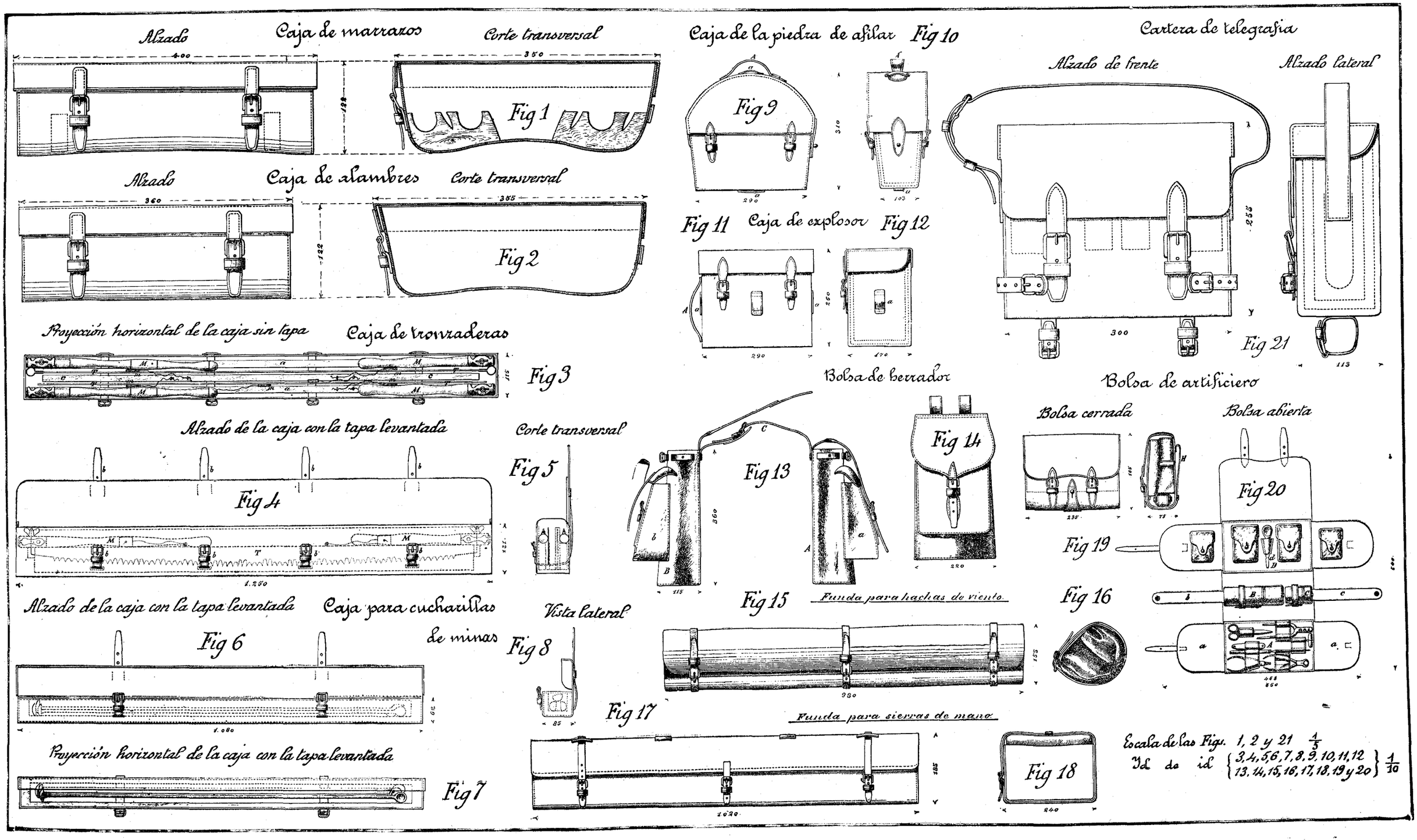


Fig 14.
Tacillas
Estuche de matemáticas
Lapiceros, doble decímetro y goma
Cuarta bandeja
Tinta de China
265
423
272
960
216
Fig 15
Funda de serrucho
Fig 17
560
Funda para brocas de berbiquí
663
230
Fig 16
Funda de nivel de aire
Fig 20
0,59
Fig 21
Funda de decímetro
Funda de barrena universal
Fig 18
270
48
33
Fig 16 - Perspectiva sin escala
Escala de las Fig. 14, 15 y 17 á 28. 1/5
Funda de barrenas de dos manos
Fig 19
36
230
215
85
Segunda caja de cuero
Fig 22
Funda de brújula inglesa
Fig 23
Fig 24
Funda de barómetro
Fig 25
Fig 26
Fig 27
234
195
295
Caja de cuero para cebos y cápsulas
Fig 28.
210
174
65


Alzado
Caja de marrazos
Corte transversal
Fig 1
Alzado
Caja de alambres
Corte transversal
Fig 2
Proyección horizontal de la caja sin tapa
Caja de trowzaderas
Fig 3
Alzado de la caja con la tapa levantada
Corte transversal
Fig 4
Fig 5
Alzado de la caja con la tapa levantada
Caja para cucharillas de minas
Vista lateral
Fig 6
Fig 8
Proyección horizontal de la caja con la tapa levantada
Fig 7
Caja de la piedra de afilar
Fig 10
Fig 9
Fig 11
Caja de explosor
Fig 12
Bolsa de herrador
Fig 13
Fig 14
Fig 15
Funda para hachas de viento
Fig 17
Funda para sierras de mano
Cartera de telegrafia
Alzado de frente
Alzado lateral
Fig 21
Bolsa de artificiero
Bolsa cerrada
Bolsa abierta
Fig 20
Fig 19
Fig 16
Fig 18
Escala de las Figs. 1, 2 y 21 1/5
Id de id 3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 / 13,14,15,16,17,18,19 y 20 1/10

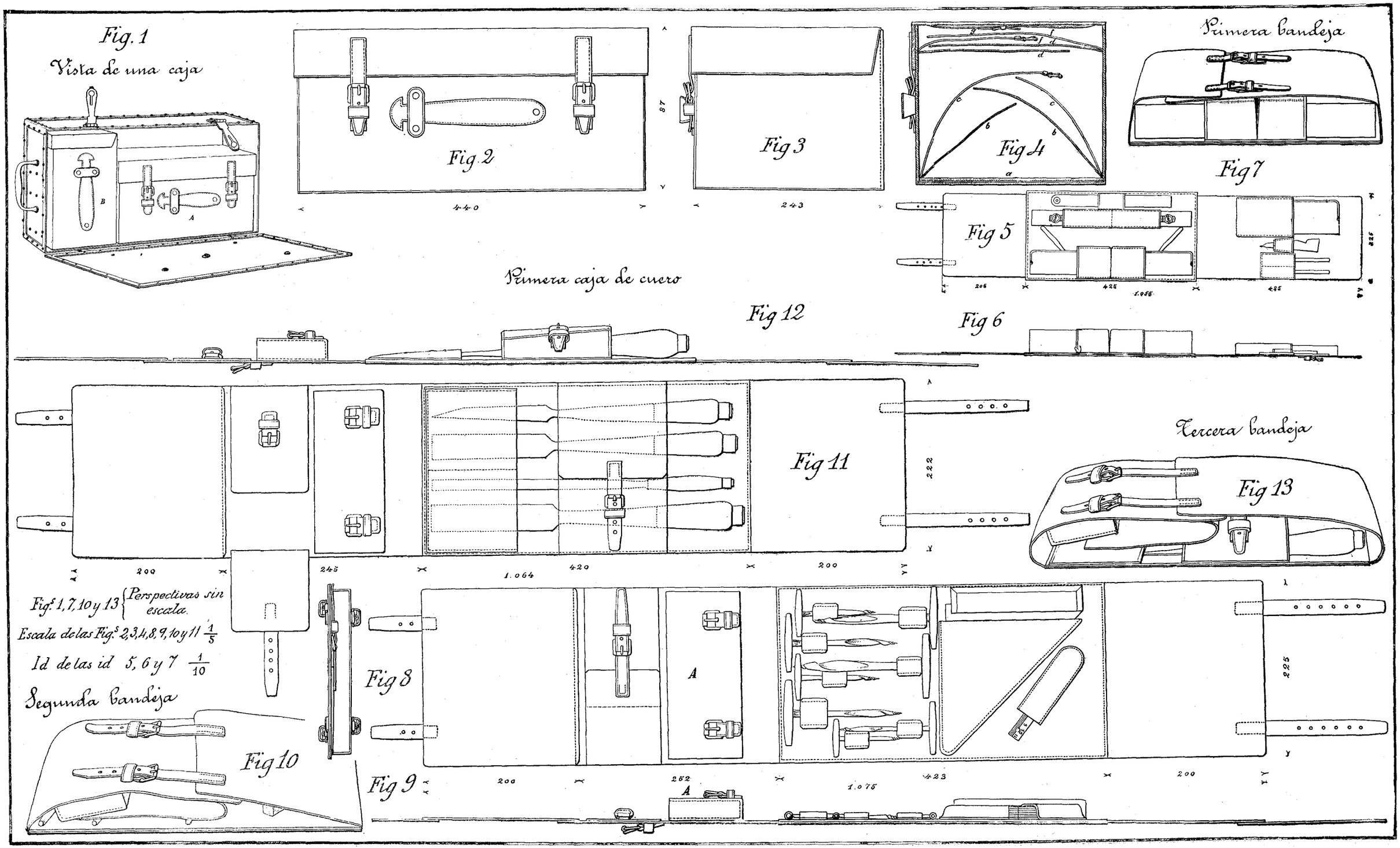


Fig. 1
Vista de una caja
Fig 2
440
87
Fig 3
243
Fig 4
Primera bandeja
Fig 7
Fig 5
206
425
1.056
495
Primera caja de cuero
Fig 12
Fig 6
Fig 11
222
200
245
1.064
420
200
Tercera bandeja
Fig 13
Fig.s 1, 7, 10 y 13 { Perspectivas sin escala.
Escala de las Fig.s 2, 3, 4, 8, 9, 10 y 11 1/5
Id de las id 5, 6 y 7 1/10
Segunda bandeja
Fig 10
Fig 8
A
225
Fig 9
200
252
1.076
423
200

# DISCURSO

DEL

# ILUSTRISIMO SEÑOR DON JOSÉ MARVÁ Y MAYER

# DISCURSO

LEÍDO ANTE

# S. M. EL REY DON ALFONSO XIII

PRESIDIENDO LA

## REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

### EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCIÓN PÚBLICA

DEL

ILMO. SR. D. JOSÉ MARVÁ Y MAYER

el 5 de Junio de 1904

MADRID
IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS

1904

SEÑOR:

SEÑORES ACADÉMICOS:

ENTRE los grandes estímulos que alimentan en el alma el amor al estudio, ninguno tan poderoso como el deseo vehemente de ingresar en las Corporaciones científicas. Ellas constituyen la más elevada representación del saber, ellas conceden al hombre la más alta jerarquía de la milicia intelectual, y nada puede hacerle más estimable á los ojos de sus semejantes que los triunfos alcanzados en el difícil conocimiento de la verdad; y así como no hay goces más verdaderos ni más puros que los hallados en el cultivo de las ideas, ni ambición más honrada y generosa que la de distinguirse en los torneos de la inteligencia, tampoco existe satisfacción que iguale á la de verse armado caballero en el noble ejercicio de la meditación, en la Orden augusta de la luz intelectual.

Huelga, pues, manifestar cuán intenso fuera mi goce si al recibir el galardón de vuestros sufragios viera en ellos el fruto legítimo y condigno de mis merecimientos. Falto de aquellas virtudes que abonaran mi derecho, apenas me atrevo á extender la mano para recibir la ofrenda, porque los trofeos habidos sin el esfuerzo del propio brazo podrán tal vez alentar á mayores empresas, mas no infundir aquella plena satisfacción nacida en el convencimiento de haberla merecido.

Sin embargo, debe existir, y de cierto existe, una razón plausible de vuestro acuerdo, pues no es dado sospechar siquiera que hayáis podido equivocaros; tal vez habéis reconocido que la eminente personalidad á quien vengo á suceder no tiene substitución posible; y naciendo en vosotros la idea de honrar su ínclita memoria conservando vacío, y como de respeto, el sitial que honrara en vida, os fijásteis en mi pequeñez, seguros de que, ocupándolo yo, ha de seguir vaco y desierto hasta que de las sombras del futuro surja la figura digna de llenarlo. Ya que no esto,

me llamaréis, por mi cualidad de soldado, para que, puesto de facción junto á esa silla, la custodie y cele como guardia de honor. Quizá sea que por haber precedido al Sr. Sagasta en la misma silla dos ilustres ingenieros militares, el coronel Sierra y Orantes y el general Zarzo del Valle, ambos prez del Cuerpo á que pertenecieron, y el segundo vuestro primer Presidente durante largos años, acaso, repito, llegásteis á entender oportuno el proseguir aquella tradición. Tal vez, en fin, quisistéis señalar en mi persona las consideraciones que os inspira el Cuerpo de Ingenieros militares.

Sea como quiera, exaltado yo á la cumbre del saber, no por la bondad de mis méritos, sino por los méritos de vuestra bondad, séame permitido expresar mi gratitud con la única elocuencia que poseo, la elocuencia del silencio, ya que de otra no ha menester quien me escucha para evaluar la índole y extensión de mis sentimientos.

Dá el caso presente singular carácter de superfluidad al precepto que debe cumplir el neo-académico rindiendo piadoso tributo á la memoria de su predecesor; porque sin ese precepto, y aun cuando él no estuviera escrito en vuestros Estatutos, viérase hoy grabado en la mente y cumplido por todos, á la hora de este acto solemne, al que parece asistir el espíritu del gran patriota, cuyas virtudes y talentos sintetizaron una época.

No temáis que abuse de vuestra paciente atención con el relato circunstanciado de las relevantes prendas que abrillantaron la existencia de D. Práxedes Mateo Sagasta; y digo abusar de vuestra atención, no porque la fatigara el recuerdo siempre grato de aquel hombre extraordinario, sino porque, al hacerlo yo, faltaríase á las leyes armónicas que requieren cierta indispensable relación de analogía entre la inspiración y la ejecución, entre la grandeza de las acciones realizadas por el hombre y la grandeza de la palabra que ha de transmitirlas á la posteridad.

Por otra parte, ¿á qué prolongar el discurso con la prolija enumeración de servicios eminentes, si ellos pertenecen al dominio público, y por sufragio unánime los está escribiendo ya el cincel de la Estatuaria? ¿Para qué, si los ha divulgado la Fama y por propia virtud han ascendido á los umbrales de la Historia, donde aguardan, con la corona de los siglos, los laureles de la inmortalidad?

El valor netamente científico del Sr. Sagasta no puede aquilatarse por escritos técnicos, de los cuales ninguno nos ha legado aquel peregrino entendimiento; espíritu apasionado y vehemente, alma templada para las empresas activas, más inclinado al choque de las ideas por la palabra que á la transmisión del pensamiento por la pluma, si supo manejarla diestramente, no halló punto de reposo para correrla en el libro.

Pero aunque mi eximio antecesor no hubiera oficiado en el ara de las ciencias positivas, ya como sacerdote de la enseñanza, ya como proyectista y obrero de la construcción, bastaríanle sus trabajos en el difícil problema de la gobernación de los Estados para conciliarle póstumas gratitudes y el homenaje que hoy le consagra la Real Academia de Ciencias, porque así desde la cima de los poderes públicos, como desde el fondo de los laboratorios, puede servirse, como él lo hizo, á la causa del progreso y al desenvolvimiento de la ciencia patria.

Bien quisiera, señores, á la hora presente dedicar á su veneranda memoria una hermosa corona entretejida con las flores de la erudición y de la elocuencia; mas, no hallándolas en el yermo campo del intelecto mío, dejadme que las corte del cercado ajeno, arrancándolas al discurso leído en la recepción académica del Sr. Sagasta por otro claro varón, ausente ya también del mundo de los vivos.

«Llega hoy el Sr. Sagasta—decía D. Cipriano Segundo Montesino—con títulos más que suficientes para ello, de carácter puramente científico unos, y de orden distinto en la apariencia, si cabe, más elevado y más fecundo en la vida de la nación otros muchos.

»Conquistados en apacible lid los primeros en la Escuela de Ingenieros de Caminos, de la cual salió honrado con el número uno de su brillante promoción en 1850; en el ejercicio asíduo y fructuoso de su profesión durante algunos años en la provincia de Zamora, donde, como en las inmediatas de Orense, Salamanca, Valladolid y Bnrgos, dejó envidiable recuerdo de sus aptitudes como Ingeniero, proyectando y dirigiendo trabajos importantes y de verdadero compromiso, y en el desempeño posterior, en clase de Profesor, de las cátedras de Topografía y Construcción en la Escuela de Ayudantes de Obras públicas.

»Y ganados los segundos en ruda y prolongada batalla, librada en el terreno escabroso, y de muy difícil é inseguro dominio, de la Prensa pe-

riódica, del Parlamento y de la gobernación del país, al cual su carácter fogoso, la viveza de su imaginación, la conciencia de su valer y el deseo irresistible de contribuir con alma y vida al florecimiento y grandeza de nuestra amada España, tan decaída y desconcertada muchas veces en este revuelto y agitadísimo siglo XIX, arrastráronle, por ventura sin él advertirlo y sin consultar sus verdaderos intereses personales, desde edad temprana y cuando las ilusiones de la juventud hacíanle ver como llano y sembrado de flores lo que es en realidad laberinto enmarañado, impenetrable casi, de malezas espinosas y lacerantes.

»Como el coronel Sierra, Sagasta es, ante todo, hombre de estudio y de profundos conocimientos técnicos profesionales; y, como Zarco del Valle, reune á sus títulos científicos el prestigio de su vasto talento y de un nombre glorioso, que amigos y adversarios en amplia medida le conceden. La Academia, pues, procedió con loable prudencia y exquisito acierto al elegirle miembro suyo numerario por libérrimo impulso de su voluntad, y yo por ello la felicito.»

¡Qué pudiera yo decir ni más compendiado ni más elocuente! Sea esta página traducción de mi pensamiento y expresión de la honda pesadumbre que inflige la pérdida del docto ingeniero, del estadista, del tribuno, del varón esclarecido á quien vengo inmerecidamente á suceder.

---

Llego al momento de entrar en materia, en un estado de perplejidad poco á propósito para la emisión concertada de las ideas, porque jamás parece tan crasa la ignorancia como, cual ahora sucede, se coloca enfrente de la sabiduría.

Perdonad que balbucie algunas excusas, aunque no las necesite para recabar vuestra tolerancia, por ser esta virtud la cortesía del saber. Temores y desconfianzas de competencia técnica; achaques inherentes á mi doble cualidad de ingeniero y de soldado, que fuerzan á dividir las energías entre las armas y las letras; apremios del momento para componer este trabajo, realizado entre múltiples é indeclinables labores de mi profesión activa, cada una de estas cosas y todas juntas me substraen al reposado y concienzudo ejercicio de la meditación.

Los temores que me arredran al informar y desenvolver mi escrito son parejos de las vacilaciones que me asaltaron al hacer la elección del tema; pues, en efecto, ¿qué podría yo encontrar en el vasto repertorio de la ciencia que ofreciere novedad á los maestros de ella? Mas ya que vuestros votos laudatorios recayeron en un adepto de Marte, y dando por seguro que aquéllos se han dirigido á galardonar los castillos de plata más que á reconocer las personales dotes del que tiene la honra de ostentarlos en el cuello, inferencia lógica parece buscar el asunto de mi disertación en el simbolismo de esos mismos castillos, en algo que á un tiempo mire á la profesión de las ciencias y al ejercicio de las armas. Os hablaré, pues, de la *función de la Ciencia y de la Industria en la guerra moderna, concepto y finalidad de aquellos factores, desde el punto de vista de las instituciones armadas.*

Advertiréis, Sres. Académicos, que el tema es harto vasto para ser desarrollado en sus múltiples aspectos, razón por la cual sólo en líneas generales he de glosarlo aquí.

Si la importancia capitalísima y el carácter permanente del fenómeno *guerra* dan á nuestro tema un interés de primer orden, no es menor el que le conceden las circunstancias de actualidad que hoy reviste, nuevo y doloroso *mentís* con que la brutal realidad flagela el rostro de los cándidos utopistas, impenitentes soñadores de la paz perpétua.

Fuera la guerra un hecho aislado, una enfermedad social esporádica y entonces holgara mi tésis, ó su interés redujérase á secundario término; pero la experiencia y la razón han demostrado el carácter de inmutabilidad, de permanencia, que afecta esa suprema *ratio* de los litigios humanos. La guerra, ya ostensible, ya latente, coexiste con la materia y vive con la humanidad como la calentura en el hombre, como la tempestad en la atmósfera, como los espasmos plutonianos en las entrañas del planeta.

El espectáculo que ofrecen al presente las naciones civilizadas confirma una vez más la ineficacia de la vía *amicábilis*, no obstante los amplios horizontes que de día en día se dilatan al impulso universal de la actividad pacífica. Es evidente que en todas las palpitaciones de la vida de relación es cada vez mayor el influjo del respeto, de la tolerancia, de la civilidad, y que hay comunión jurídica con el extranjero, como hay entre los Estados mutualidad de cordiales relaciones. No cabe negar que

los avances hacia una codificación del Derecho internacional, el acatamiento á la soberanía de las naciones, el sistema de arbitraje, la unión monetaria, métrica y postal, los principios de extradición y libre navegación, los convenios de propiedad literaria, industrial, artística, etc., y demás conquistas realizadas por el espíritu de compenetración, han hecho solidarios los intereses humanos, y producido invencible aversión al fenómeno *guerra* que los compromete.

Todo esto es positivo; pero los verdaderos estadistas ya saben á qué atenerse respecto á esas rosadas perspectivas. Ellos advierten que la lucha por la existencia reviste hoy formas templadas, pero tan agresivas en el fondo, que regresamos en cierto modo á las brutalidades de la barbarie. El nuevo régimen de vida por el trabajo multiplica la producción en tales términos, que los pueblos más laboriosos se ven amenazados por derrame sanguíneo, como los más indolentes mueren por derrame seroso. Mientras el propio consumo mantiene el equilibrio económico, se cumplen normalmente las funciones del cuerpo social; pero cuando, ahíto el país, suspende la demanda, es preciso dar salida á la producción como á una plétora humoral que ahoga. Entonces se vislumbra el espectro de la miseria y aparece la bestia humana, el hombre salvaje arrojándose á la presa, la nación atisbando un pedazo de geografía; el Estado, famélico, disputándose el mercado á punta de bayoneta, como el hambriento disputa el mendrugo á punta de navaja. Así se explican los crímenes políticos en plena civilización, los desbordamientos piráticos de Pekin, la sangrienta mutilación de nuestras Indias, los ignominiosos desafueros del Transvaal. Así se comprende que un pueblo tan poco belicoso como Norte-América sienta arder en sus entrañas el fuego del imperialismo, y que á los proyectos de desarme pregonados por los filántropos contesten: Bülow, proclamando el «saludable egoísmo nacional»; Chamberlain, invocando el «supremo interés de Inglaterra»; Roosewelt, invadiendo el territorio de América Central; Francia, penetrando en el Moghreb; los Balkanes agitándose, y la Rusia y el Japón viniendo á las manos. Así, en fin, se ve por qué á los suaves acordes del Congreso de La Haya replican clamores de guerra en ambos continentes, y responden aprestos estruendosos de armamentos formidables que amenazan convertir el mundo en un inmenso campamento.

Tales son, en la alborada del siglo XX, las causas que dan *actualidad* al tema de la guerra. El aspecto altamente científico que ésta ofrece corresponde al espíritu de técnica y vitalismo industrial que invade las arterias de la sociedad y se comunica á los ejércitos.

Mas no es ya tan sólo que la guerra viva de la ciencia como de una merced implorada; vive de ella como de un bien conquistado; porque el espíritu polémico ha espoleado todas las energías exigiendo al sabio invenciones que á la postre han redundado en beneficio de la humanidad.

Pero antes de señalar el papel que la ciencia y la industria desempeñan en las luchas armadas, y el influjo estimulante que éstas ejercen en el proceso evolutivo de aquellos dos factores, he de hacer algunas consideraciones acerca del carácter humano y civilizador que imprimen á la guerra.

Las lamentaciones de una filantropía generosa, pero incapaz de adivinar cómo se armonizan en la evolución humana las encontradas ideas de progreso y de exterminio, lanzan continuadas diatribas contra la guerra que tantas víctimas produce. Pero ¿no las causa también la lucha por la civilización? ¿No las produce á millares todo trabajo útil? ¿No están diezmadas las poblaciones obreras por los peligros profesionales? Regístrese la necrología de todas las industrias, de todas las ocupaciones pacíficas que se titulan funciones de la civilización. Los gases, vapores y polvos nocivos, producto de cien fabricaciones; el trabajo en los hornos del forjador, del pudelador y del vidriero; la manipulación de las materias que originan el saturnismo, el mercurismo, el arsenicismo y las afecciones que provocan el ácido carbónico y el óxido de carbono; las enfermedades infecciosas de origen industrial, como el carbunclo, la septicemia, la tuberculosis, la sífilis de los vidrieros; la fabricación y el uso cotidiano de las materias explosivas é inflamables; el empleo de las máquinas-herramientas de todas clases; el temible *grisú* y los peligrosos trabajos en minas, canteras, edificaciones, transportes, etc.; todo esto ¿no arroja sobre las estadísticas fúnebres un contingente de vidas inmensamente superior al que devora la guerra?

Si fuera dable sumar las bajas causadas por las industrias insalubres desde que en el siglo XVIII se operó en Inglaterra la revolución indus-

trial con el telar, hallaríanse cifras junto á las cuales parecería despreciable la mortalidad causada en igual período por las luchas armadas.

Y ¿se ha ocurrido por esto abominar de la locomotora, de la electricidad, de la fabricación de los productos químicos, de las industrias del plomo, del arsénico, de la minería, de la metalurgía, del esmaltado, de la vulcanización del caucho y de tantas otras que avecinan la enfermedad y la muerte y amenazan al adulto, á la mujer y al niño, aun á riesgo de empobrecer la raza?

Y así como en esas profesiones peligrosas tiene la Ciencia la redentora misión de mejorar los procedimientos para disminuir en lo posible las causas de daño, así también desempeña en la guerra el alto cometido de humanizarla, pues, en efecto, la guerra es tanto más humana cuanto más técnica. Los gigantescos medios de daño puestos por ella en manos del hombre, al aumentar su radio de acción, separan á los combatientes por distancias que hacen imposibles los choques hierro á hierro; los campeones luchan sin divisarse, sin conocerse, sin ira en los ojos, sin odio en el alma, sin ver la sangre por ellos vertida, sin llegar jamás al cuerpo á cuerpo que en otras edades convertía el campo de batalla en un inmenso *spoliarium.* A favor de esos mismos medios que la Ciencia procura disminuye la intervención de la fuerza muscular, es menor la fatiga, crecen las comodidades, se higieniza la vida de campaña y disminuye el tanto por ciento de las víctimas á pesar de la mayor potencia de las armas.

Por último, la ciencia no sólo humaniza la guerra, sino también la retarda, ya que no pueda evitarla; porque, merced á los bienes que aquélla procura en la paz, acrecen los atractivos de la sociedad, se crean cuantiosos intereses y se desarrolla en los hombres el apego á los goces tranquilos de la civilización, goces que la guerra puede ahogar en un momento.

Tal es la elevada finalidad de la Ciencia en el drama de la guerra.

---

En una época eminentemente científica como la moderna, no es de extrañar que la ciencia militar se nutra de las ciencias positivas, se asimile sus conquistas y sea, á veces, acicate para sus progresos. Fácil es

penetrarse de esta verdad examinando con el pensamiento esos complicados organismos bélicos que se llaman *Ejército y Armada.*

Veamos lo que es un *ejército en campaña.* Los progresos de la metalurgía y de la siderurgía le suministran excelentes *aceros* al carbono y al níquel para cañones; aceros al tungsteno, para fusiles; al cromo y níquel, para corazas y blindajes; el *aluminio* y el *partinio* para carruajes y material de campamento. Químicos tan eminentes como Abel, Noble, Berthelot, Sarrau y Vieille le proporcionan demoledores *explosivos* de enorme energía potencial y pólvoras de proyección que lanzan proyectiles cuya trayectoría, obedeciendo con admirable precisión á la voluntad del hombre, ha sido calculada por inteligencias superiores como Newton, Bernouilli, Euler, Legendre y Bezout, y, en fecha más cercana por Didion, St. Robert, Helie, Vallier y Siacci.

El vértigo de grandes velocidades que padecemos, impulsándonos á viajar por tierra á razón de 80 y 100 kilómetros por hora, y á atravesar el Atlántico en cinco días, llévase á las operaciones de la guerra, principalmente en los preliminares de movilización y concentración, utilizando al efecto todos los *medios de transporte,* la vía férrea, el barco de vapor, el automóvil; toda clase de fuerzas motrices, el vapor, la electricidad, las mezclas detonantes; en suma, cuanto ha creado la inventiva humana para satisfacer las insaciables necesidades del movimiento.

Rómpense las hostilidades y dan comienzo con ellas las dificultades sin cuento que ha de vencer un General. Antes de llegar al campo de batalla, donde el drama de la guerra tiene su desenlace, es forzoso atender á la subsistencia de las tropas y al aprovisionamiento de cuanto necesitan para marchar y combatir, problema de ardua resolución si se tiene en cuenta el inmenso material que arrastran consigo los ejércitos: largas columnas de *municiones,* que las modernas armas de tiro rápido consumen en cantidades fabulosas; *parques de víveres* y *de sanidad,* ya que se impone la cuidadosa asistencia del soldado, no solamente por humanidad, sino también en beneficio del éxito al que tanto contribuyen las energías físicas, auxiliar poderoso de las morales; parques de *puentes,* de *aerostación,* de *material de artillería,* de *vestuario* y *equipo.*

Para la satisfacción de todas estas necesidades, el arte militar subs-

tituye, cada vez en mayor escala, la tracción animal con la tracción mecánica, más ventajosa. No basta ya el concurso poderoso de la locomotora, ese admirable instrumento de transporte, que Blenkinsop puso en actividad por primera vez é hizo práctico Stephenson, adquiriendo hoy la importancia de una verdadera máquina de guerra, porque es imposible subordinar servilmente los movimientos de las tropas á las redes ferroviarias, y es forzoso apelar á ferrocarriles improvisados de campaña, y á todos los medios mecánicos de locomoción.

La *locomotora caminera,* que, después de las primeras tentativas de Dietz, Seguier y Pecqueur, adquiere forma práctica con Boydel y Bray, y se perfecciona con Clayton, Aveling Porter y Fowler, se emplea en la guerra desde los primeros tiempos de su aparición.

El *automóvil,* derrotado por la locomotora á principios del siglo XIX, al resurgir en los postreros años, es inmediatamente aplicado á los transportes militares; el de petróleo, á que dieron vida Daimler y Benz y vulgarizaron Levassor y Panhard; el de vapor, representado por Serpollet; el eléctrico, puesto en práctica por Jeantaud, han tomado carta de naturaleza en el material de los ejércitos, en forma de carruajes velocísimos, dedicados á los reconocimientos y transmisión de órdenes, ó bien como remolcadores ó porteadores de vituallas y material de ambulancias y parques.

Para conservar la rauda movilidad de estos instrumentos de transporte, ingeniosos trenes de *puentes desmontables* de acero reemplazan, en breve lapso, á las sabias y atrevidas obras de arte de la moderna Ingeniería.

Apodérase el arte de la guerra de la invención de Montgolfier; y ya que no pueda utilizar el *globo* como arma de combate ni como medio de destrucción, porque no lo permiten ni la instabilidad de su equilibrio, que altera la más pequeña variación de lastre, ni la imposibilidad de sustentar grandes pesos, lo emplea como interesante instrumento de información y de exploración.

Los reconocimientos tácticos del campo de batalla, cada vez más difíciles por los grandes alcances de las armas de fuego y por la invisibilidad de la pólvora sin humo, se facilitan extraordinariamente con el *globo cautivo,* magnífico *porta-anteojo,* según la expresión feliz de Guyton de

Morveau. Como observatorio insustituible se emplea en la guerra de sitios para tener noticias de las obras de defensa y de ataque, efectos del tiro y situación de las tropas. En ambas aplicaciones, la *fotografía aerostática* contribuye al éxito, fijando, con mayor precisión y escrupulosidad que el mejor croquis, cuanto se desea observar, y aun aquello que no se previó, porque la placa sensible conserva imborrable traza de interesantes detalles inapercibidos por la inspección visual.

La exploración del territorio enemigo, practicada por el *globo dirigible*, proporciona informaciones interesantes en el concepto estratégico, que rasgan el velo que oculta los preparativos de guerra, descubren los puntos de concentración, el movimiento de las grandes masas y las regiones fortificadas. Para esto no necesita el aerostato seguir los caminos sinuosos, las trayectorias curvas que los valles, los ríos, canales, islas y continentes imponen á las comunicaciones terrestres, fluviales y marinas; camina directamente, elevándose ó descendiendo para utilizar corrientes aéreas ó evitar vientos contrarios. Y esta interesante aplicación militar no es ilusoria; porque si bien la aerostación dirigible dista mucho de estar resuelta (entendiendo por tal la facultad de navegar en todos sentidos luchando con vientos de fuerza y dirección cualesquiera), los progresos hasta hoy alcanzados permiten á la máquina aerostática duradera sustentación en el aire y recorrido de trayectarias cerradas á pesar de vientos fuertes de proa. Las experiencias de Renard y Krebs con el globo *La France*, y las más recientes de Santos Dumont y de Lebaudy, así lo comprueban.

Los telégrafos *eléctrico* y *óptico*, así como el *teléfono*, envían con la rapidez del rayo las órdenes que del General en jefe, el cerebro del ejército, parten á las distintan unidades, á los miembros que han de ejecutar el trabajo.

Los admirables descubrimientos de Hertz, Branly, Marconi, contribuyen á la defensa de los Estados eliminando la contingencia de que poderosos enemigos, dueños del mar, tomen posesión de los cables submarinos, aislen la metrópoli de las colonias, las islas de los continentes; porque la telegrafía sin hilos ocurre á tal eventualidad manteniendo las comunicaciones. En la guerra naval, esas mismas ondas hertzianas ponen en relación los barcos entre sí y con las costas; y en la terrestre estable-

cen inteligencias entre los ejércitos y las plazas sitiadas, á través de todos los obstáculos interpuestos por el terreno, el espacio y los hombres.

Dinamos movidas por motores de vapor ó de bencina suministran la *luz eléctrica*, que descubre á distancia de muchos kilómetros los movimientos del enemigo, alumbra el terreno del combate para recoger los heridos, y permite á los hospitales y ambulancias practicar, durante la noche, operaciones quirúrgicas.

Los *rayos Roentgen* se llevan allí donde cae el combatiente, para las investigaciones fluoroscópico-radiográficas de las heridas y fracturas, y utilízanse también para obtener el secreto de las comunicaciones transportadas en pliegos, desafiando la fidelidad de los portadores.

Esas muchedumbres que constituyen los ejércitos, ese infinito número de brazos, tienen corazón, pero también estómago, al cual es forzoso atender mediante copiosos aprovisionamientos de víveres, que las tropas devoran en guarnición, en campaña, en los sitios de plaza y en las guerras marítimas. Y he aquí de cómo los sabios trabajos de Faraday, Regnault, Zeuner, Cailletet y Amagat sobre el cambio de estado de los cuerpos, temperaturas, tensiones y calores de vaporización de que depende su potencia frigorífica; he aquí, repito, de cómo las ingeniosas máquinas para la producción del frío artificial que, fundamentadas en aquellos estudios, inventaran Perkins, Windhausen, Carré, Linde, el licuador del aire atmosférico, Pictet y Vincent, son admirablemente aplicadas á la congelación de las provisiones de boca, facilitando sobremanera su almacenamiento, conservación y distribución.

Penetremos en una *plaza de guerra*; los más árduos problemas de construcción general se han presentado en su creación. La piedra, los metales, el hormigón, el cemento armado, empléanse en grandes masas que han de resistir, no solamente á las cargas estáticas, sino también á la acción demoledora del choque y de la explosión de enormes proyectiles-torpedos lanzados por el sitiador. La hidráulica ha presidido al alumbramiento, conducción y distribución de aguas potables y al establecimiento de las obras que producen inundaciones voluntarias como recurso defensivo eficaz.

Empléase la tracción mecánica, ya con locomotora ó locomotora ca-

minera, ya con automóvil, no sólo para el arrastre de los grandes pesos del material de artillería, y aun para el servicio de las piezas, sino también para el municionamiento de baterías y fuertes destacados.

Recibe la *electricidad* numerosas aplicaciones: produce potente haz luminoso que, mediante *proyectores* apropiados, alumbra el campo enemigo; favorece el tiro nocturno de la artillería, asegurando su regularidad y revelando sus efectos; descubre las posiciones, trabajos y movimientos del sitiador, al que deslumbra con rápidos y continuados destellos y eclipses. Aplícase al alumbrado de los locales, á las comunicaciones telegráficas y telefónicas entre los diversos puntos defensivos, á la telemetría, á la producción electrolítica del hidrógeno, á los aparatos de proyección que sirven para descifrar la correspondencia microfotográfica recibida por las palomas mensajeras, y á la voladura de hornillos de mina. Sirve como fuerza motriz para dar movimiento á las cúpulas metálicas y á los ascensores de municiones, para la puntería de las piezas en dirección y en elevación, y para cumplir, en fin, multitud de pequeños servicios cuya enumeración sería fatigosa.

Contemplemos un *acorazado* moderno, ese milagro de Ingeniería á cuya creación han contribuído tantas ramas de las ciencias modernas. Entramados metálicos más complejos en su organización y en el enlace de sus elementos que cuantos el ingeniero proyecta para otros fines, constituyen la osatura del casco, la carena y el fuerte espolón destinado á dar mortal golpe de ariete al adversario; masas metálicas de peso considerable protegen sus partes vulnerables y forman la gruesa coraza que ha de resistir el choque de los más poderosos proyectiles perforantes; numerosos cañones, desde los enormes calibres de 30 y 40 centímetros hasta las más pequeñas piezas de tiro rápido, lanzan en pocos minutos toneladas de acero con increíble furia; torpedos cargados con los más violentos explosivos esperan el instante de hundir al enemigo en el fondo del mar; generadores de vapor y máquinas térmicas llevadas al límite de la perfección, mueven esas colosales naves con velocidades sorprendentes; numerosos aparatos eléctricos alumbran los pañoles, exploran la superficie del mar, transmiten la voluntad del comandante á todos los ámbitos del barco y ponen en movimiento sus órganos mecáni-

cos; globos cautivos, lanzados desde la cubierta, sirven de observatorio aéreo para descubrir los movimientos de las escuadras enemigas y para vigilar los ataques de los torpederos submarinos. Pues bien; esta formidable acumulación de fuerzas es obra de las ciencias positivas.

---

Basta el bosquejo precedente para dar idea de cómo la ciencia militar se ha asimilado cuanto de las ciencias positivas le era necesario, con objeto de conseguir la finalidad en la guerra, que es la victoria.

Pero aún hay más: la satisfacción científica de las necesidades de la guerra es causa eficiente del progreso de las ciencias é industrias y motivo de inventos útiles á la humanidad.

Para probar esta afirmación me ocuparé, en primer término, de la metalurgía militar, la cual, como dice acertadamente Baclé, constituye un capítulo interesante y de actualidad en la historia de la metalurgía moderna.

En el obstinado pugilato entre el cañón y la coraza, la metalurgía y la siderurgía extreman sus recursos y sus inventos.

Necesitaba la artillería cañones poderosos y ligeros; las antiguas aleaciones de cobre y estaño eran incapaces de resistir las presiones y rozamientos que la proyección de la bala cilindro-ogival origina en el ánima de la pieza; inventa Uchatius el bronce estirado utilizando la reelevación de tenacidad que adquieren los metales cuando se rebasa prudentemente su límite elástico, y en fin resuelve Krupp el problema con el acero al crisol, dando á este producto una perfección y un desarrollo no alcanzados hasta entonces, porque esta clase de material se producía tan sólo en pequeñas masas, destinadas principalmente á la cuchillería y herramientas, y el gran industrial de Essen halló el modo de obtener excelentes aceros en pesados lingotes que recibían el contenido de millares de crisoles.

Fórmase la coraza, en sus albores, con la superposición de palastros y hierros laminados de pequeño perfil, únicos elementos que producía la industria hace cincuenta años, porque ninguna otra aplicación metalúr-

gica había exigido mayores dimensiones; pero, ante el creciente poder destructor de la artillería, fué preciso disponer de planchas cada vez más gruesas, en un sólo espesor.

Acúdese entonces al hierro pudelado, en paquetes de barras soldadas mediante la poderosa acción de grandes martillos y laminadores, y progresa la fabricación de corazas hasta el punto de conseguir espesores de 50 centímetros.

Busca Gruson la solución del problema por medio de un metal fácilmente fusible, apto para moldearse en grandes masas, y da con este motivo poderoso impulso á la fundición endurecida, mejorando notablemente sus cualidades con adiciones de *spiegeleisen*, consiguiendo extraordinaria dureza en la costra de gruesas piezas de metro y medio de espesor, mediante el empleo de moldes metálicos hábilmente dispuestos, y dotando, en fin, á este producto de cualidades que habían de encontrar feliz aplicación en la industria.

Mas como quiera que la fragilidad del metal y las estupendas dimensiones en que era forzoso colocarlo para satisfacer las necesidades de la guerra le hacían inaplicable á la arquitectura naval, en cuanto aparecen en el mundo de la industria los procedimientos Bessemer y Martín Siemens para obtener el acero por fusión, apodérase de ellos la técnica militar, los perfecciona, aumenta las dimensiones de hornos y convertidores, hace coladas de enormes lingotes de aceros extradulces primero, luego de aceros más carbonados en busca de mayor resistencia á la perforación; en fin, para remediar un tanto su fragilidad, inventa Evrard el temple al plomo fundido, y en las acererías del Creusot y de Essen estudian distinguidos ingenieros los efectos del recocido y del doble temple.

Crece la energía destructora de los proyectiles con el aumento de velocidades iniciales (superiores á 700 metros por segundo), y la mayor dureza y tenacidad del metal empleado en su fabricación; á la fundición ordinaria sigue la endurecida, á ésta el acero ordinario forjado, y más tarde el acero al cromo forjado y templado. Estos progresos reclamaban de la coraza cualidades en cierto modo antagónicas; dureza grande en la costra, para que la enorme fuerza viva de choque se consuma en el trabajo de deformación y fragmentación del proyectil y no en el de perfo-

ración de la plancha; tenacidad suficiente en el metal, para que no se produzcan hiendas que comprometan su integridad; maleabilidad, para que las planchas puedan recibir las formas, á veces complicadas, de las superficies que han de proteger.

Ante este complicado problema metalúrgico, inventan Wilson y Ellis las planchas mixtas de acero y de hierro, de cuya fabricación hicieron una especialidad los talleres ingleses de Cammell y Brown; los ingenieros del Creusot, en busca de aceros resistentes y nada frágiles, idean la aleación acero-níquel; la acerería de Saint Chamond asocia al níquel el cromo, venciendo no pocas dificultades de colada y forjado; Harvey inventa su procedimiento de cementación parcial, seguido de temple, y Krupp lo modifica y mejora.

En la colada de los gigantes lingotes de acero, de más de 150 toneladas, se agravan por modo considerable los defectos originados en el desigual enfriamiento de las diversas partes de la masa y el incompleto desprendimiento de los gases disueltos, dando lugar á esas temibles tensiones interiores y á la formación de grietas y oquedades que han tratado de corregir Whitworth, Krupp y Harmet, por medios mecánicos, y otros ingenieros, valiéndose de procedimientos físicos y químicos.

Bajo la presión de las exigencias militares que reclamaban la posible homogeneidad del metal se ha enriquecido el catálogo de los estudios y descubrimientos acerca de su constitución íntima, de los fenómenos que tienen lugar en el seno de las grandes masas de acero líquido desde que se echa en la lingotera hasta su solidificación y enfriamiento, de los espontáneos aumentos de temperatura conocidos con el nombre de puntos críticos, de las causas influyentes en el temple y en el recocido. Sobre la base de los trabajos de Sorby y de Martens, relativos á la microestructura de la fundición y del acero, se ha creado la metalografía microscópica, que, aún en su infancia, es poderoso auxiliar del análisis químico, incapaz de revelarnos la estructura interna de los aceros, bronces y latones. La aplicación del microscopio al examen de los productos obtenidos en las acererías, determinó en la del Creusot las investigaciones de Osmond y Werth sobre la teoría celular del hierro y del acero.

Los nombres de Howe, Stead, Jutner, Hadfield, Le-Chatelier, Charpy

y Guillemin, Harvey y Krupp, están unidos á los progresos de las ramas metalúrgicas realizados para satisfacer las necesidades militares.

La fusión y labra de tan enormes masas hizo necesarios hornos grandes, capaces de suministrar metal para lingotes de acero de 150 y más toneladas; herramientas colosales para forjar y curvar, como el martillo de 125 toneladas y la prensa hidráulica de 14.000 toneladas de la acería de Bethlehem, y los laminadores reversibles de Krupp con cilindros de $1^{m},74$ de diámetro y 4 metros de longitud; grúas de 200 toneladas; tornos provistos de cuchillas especiales, que, como los inventados por los ingenieros White y Taylor, permiten tornear los aceros más duros con velocidades tangenciales verdaderamente inusitadas: fresadoras, acepilladoras, punzonadoras, tijeras y otras muchas máquinas cuyo funcionamiento exige motores de millares de caballos.

Y todos estos progresos y elementos de producción, aportados por la industria militar, no han sido infecundos; de sus beneficios han participado las industrias tributarias de la metalurgía, el material de ferrocarriles, el material naval civil y la maquinaria en general. Atestíguanlo colosales árboles y piezas enormes empleadas en Arquitectura naval y en las máquinas industriales.

De otro modo han contribuído también estos progresos á la prosperidad de los pueblos; la fabricación de armas y de material de guerra háles abierto veneros de riqueza, y por eso los gobiernos cuidaron de alentar y favorecer los estudios de laboratorio y de fomentar con importantes pedidos y subvenciones el desarrollo de la fabricación nacional. Así se han formado centros civiles de producción tan importantes como los de Krupp-Gruson, en Alemania; Armstrong, Vickers, Brown y Cammell, en Inglaterra; Carnegie y Bethlehem, en los Estados Unidos de América; Skoda, en Austria; Terni, en Italia, etc.

De todas las aplicaciones de la aerostación, la militar es, sin duda, la que ha obtenido más positivos resultados y coadyuvado en proporción mayor á los progresos de la técnica de este género de locomoción.

El anhelo de surcar la atmósfera á despecho de la pesantez, mejor dicho, aprovechando sabiamente esa ley, es remotísimo y responde hoy al deseo de satisfacer una de las necesidades más esenciales de la vida

de los pueblos, la de multiplicar sus medios de comunicación, realizando la conquista del aire que á todos envuelve como lazo de unión, no como barrera separadora.

En el estado actual del problema, á pesar de haberse planteado científicamente sobre sólidos fundamentos físicos, químicos y mecánicos, y de emplear para la propulsión de la aeronave los ligeros y potentes motores creados por el automovilismo, la dificultad de sustentar grandes pesos es el escollo en que naufragan las aplicaciones comerciales de la navegación aérea; y mientras no figure en la terminología de la náutica aérea la *tonelada kilómetro*, únicamente los transportes terrestres, fluviales y marinos podrán satisfacer las necesidades del comercio y de la industria.

Algunos servicios ha reportado el aerostato á la ciencia como instrumento de investigación; las exploraciones de la atmósfera realizadas por físicos eminentes, desde Robertson, Gay-Lussac y Biot hasta Berson, el moderno campeón de las ascensiones en altura, y continuadas hoy por flotillas de globos-sondas, que, sin otra tripulación que la de aparatos registradores, parten á un tiempo, en concierto internacional, de las principales ciudades de Europa y de América, han permitido estudiar la influencia de la altura en el estado higrométrico, potencial eléctrico, temperatura, composición química y bacteriológica del aire é intensidad del magnetismo terrestre.

Pero, antes y ahora, el globo ha sido y es principalmente una máquina militar. Desde las primeras tentativas de navegación aérea, Guzmán, Lana, Galien, destinan sus inventos á fines bélicos, ya para el transporte de despachos y material de guerra, ya como artificios de destrucción.

Determinan Cavendish y Priestley los pesos específicos de los gases; idean Black y Tiberio Cavallo el empleo del hidrógeno para elevar envolventes ligeras; lanza Montgolfier el primer globo lleno de aire caliente en Annonay; síguenle Charles y Robert con el globo henchido de hidrógeno, y al poco tiempo se utiliza el globo libre en el sitio de Condé, y el cautivo en los de Maubeuge, Charleroy y Amberes, en la batalla de Fleurus y en las campañas del Rhin.

Desde entonces interviene en todas las guerras: en la de Secesión, hábilmente combinado con los servicios telegráfico y fotográfico; en la franco-germana, en el Tonkin y en todas las coloniales que los ingleses

han sostenido recientemente. Puede también afirmarse que las principales etapas de los progresos aerostáticos se deben á hombres de armas, ó han sido motivados por las aplicaciones militares.

A Coutelle y Conté, renombrados físicos organizadores y jefes de las primeras tropas de aerostación creadas por la República francesa en las postrimerías del siglo XVIII, se deben la producción en gran escala del gas hidrógeno por el procedimiento de laboratorio que ideó Lavoisier, y la invención de excelentes barnices para impermeabilizar las envolventes de los globos.

El ilustre general de Ingenieros francés Meusnier, «la inteligencia más vigorosa de su tiempo», según el célebre Monge, fué el verdadero precursor de la navegación aérea, sometiéndola á la razón y al cálculo y estableciendo principios que hoy se aceptan como progresivos. En 1784, pocos meses después de las primeras ascensiones de Montgolfier y de Charles, propone á la Academia de Ciencias de París en notables Memorias: la forma elipsoidal, alargada, del globo, como más favorable á la disminución de las resistencias que el aire opone á su movimiento; el globo compensador, lleno de aire comprimido, destinado á mantener constantes la forma y volumen de la envolvente y á prestar al aeronauta inagotable provisión de lastre; un propulsor de paletas, verdadero embrión de la hélice de Sauvage; el empleo del ancla y, finalmente, el uso del lastre variable de aire para alcanzar las capas atmosféricas donde el viento sople en sentido de la marcha, esto es, la navegación por corrientes aéreas.

Dupuy de Lôme, á fuer de inteligente ingeniero naval, es el primero en estudiar cuidadosamente el difícil problema de la estabilidad del globo alargado, é inventa su enlace rígido con la barquilla para que, haciendo las veces de péndulo estabilizador, sirva de correctivo á los movimientos anormales transversos y de cabeceo. Renace en su proyecto el globo compensador ideado por Meusnier, pero ventajosamente modificado, y sustituye con funda ó camisa de tela la clásica red sustentadora de la barquilla, á la que da forma alargada con objeto de disminuir la resistencia del aire.

Renard y Krebs, oficiales franceses, obtienen uno de los pocos éxitos que registra la historia de la navegación aérea. La forma atrevidamente

alargada y disimétrica que dieron á su aerostato en beneficio de la estabilidad y de la más enérgica acción del timón; el globo compensador, las ingeniosas disposiciones para evitar los movimientos tumultuosos de la ola gaseosa en el interior de la envolvente, y sobre todo la notable pila cloro-crómica de Renard, el más ligero generador de electricidad que hasta entonces y algunos años después se inventara, dieron como resultado que el globo *La France* fuese el primero en describir trayectorias de curva cerrada luchando con vientos de proa de 6,5 metros por segundo.

El monstruoso aerostato de 128 metros de longitud y 11.000 metros cúbicos de volumen, ensayado por el general Zeppelin en el lago de Constanza, presenta, junto á grandes defectos, interesantes innovaciones de detalle en el armazón de aluminio destinado á conseguir la indeformabilidad del sistema, en la disposición interior de globos independientes para evitar los reflujos gaseosos, y en el ingenioso estabilizador formado por contrapeso móvil.

Los oficiales alemanes Parseval y Siegsfeld inventan el globo cometa; el capitán Blanc, de la misma nacionalidad, idea el funcionamiento automático de la banda de desgarre, que tanto facilita la más difícil de las operaciones aeronáuticas en globo esférico libre, la de tomar tierra mediante una oportuna y rápida desinflación.

Al coronel de Ingenieros francés Renard se deben: la válvula de doble acción para el escape de gases; un aparato de suspensión de la barquilla en globo esférico cautivo; un ancla perfeccionada y el aparato para la producción química de hidrógeno por el método de circulación contínua de agua acidulada.

El estatóscopo del capitán de Ingenieros español Rojas; los carrostorno; los generadores móviles de hidrógeno; las máquinas compresoras que encierran este gas en cilindros de acero; la fabricación de estas envolventes con metal que reuna las antagónicas cualidades de tenacidad y ductilidad grandes, y otros muchos aparatos ideados por hombres de guerra y por especialidades en la aeronáutica civil como Yon, Godard, Hervé, Surcouf y Lachambre, deben su existencia á las aplicaciones militares de la aerostación.

La navegación submarina es también esencialmente militar; nació y

se ha desarrollado por necesidades de la guerra naval. Desde la *Tortuga* del americano Busnell, primer submarino práctico aparecido en la guerra de la Independencia de los Estados Unidos, y el *Nautilo*, imaginado por Fulton en 1800 para librar á los mares de la tiranía británica, hasta el *Morse*, el *Narval* y el *Holland* modernos, los submarinos proyectados y construídos tuvieron, casi siempre, un objeto militar.

Hoy renace vigorosamente la necesidad del submarino como torpedero. Los tipos ordinarios, á pesar de su gran velocidad de marcha, en la cual estriba su cualidad ofensiva, están incapacitados para el ataque diurno, y aun para el nocturno, cuando el haz luminoso de los proyectores alumbra la superficie del mar, porque los pequeños cañones de tiro rápido, que llenan los puentes y cofas, bien pronto los destruirían con espesa lluvia de proyectiles lanzados en brevísimo tiempo. De aquí la necesidad del barco ofensivo invisible, del submarino, que ocultándose en las aguas puede á la luz del día, si es preciso, acometer á su enemigo.

Graves problemas entraña la navegación submarina: de sumersión y emersión á voluntad, de flotabilidad, de estabilidad á distintas profundidades, de generación de fuerza motríz y de propulsión, orientación y dirección. Pero ¿qué importa se haya creado el submarino para un fin destructor, si á la postre sus progresos redundarán en beneficio de la humanidad? Con su auxilio habrá cartas marinas tan completas como las terrestres; se estudiarán la fauna, la flora y la geología submarinas, y entrarán en explotación riquezas inabordables al presente.

Si después de recorrer el vasto campo de la tracción mecánica, no tan sólo en sus aplicaciones militares, sino también en las industriales y comerciales, remontamos á su origen, encontraremos como germen, como semilla que había de dar, entre otros frutos, la locomoción por el vapor de agua, una de las más grandes conquistas de la ciencia en el siglo XIX, al primer carruaje de vapor, al humilde *porteador* del oficial de Ingenieros francés Cugnot, ideado con un fin exclusivamente bélico, el de transportar municiones y material de guerra.

Poco antes de que el insigne Watt, padre de la máquina de vapor fija, diera sobre la base de los descubrimientos de Clark acerca del calor

latente y del calor específico de los cuerpos, la explicación de los fenómenos relativos á la vaporización del agua y á la condensación del vapor; cuando los conocimientos de la época estaban compendiados en la embrionaria máquina de Nevcomen, aparece Cugnot con su locomotora caminera tratando de resolver un problema mucho más difícil que el de hacer trabajar una máquina fija; porque si en ésta no hay que preocuparse del volumen de los generadores, de los depósitos de agua y demás medios de alimentación de la caldera, en la locomotora, que se mueve al par que ejecuta su trabajo, es forzoso disponer gran reserva de potencia en volumen y peso pequeño.

Estas condiciones pueden alcanzarse tan sólo mediante calderas de gran potencia vaporizadora y altas presiones, merced á la economía en el consumo de vapor que resulta del trabajo de expansión; no es, pues, de extrañar la dificultad de conseguirlas empleando máquinas de simple efecto, baja presión y plena admisión. De todos modos, el invento de Cugnot, poco apreciado y pronto olvidado en Francia, se desarrolla en Inglaterra, dando vida al automóvil de vapor, que en el orden del tiempo precede á la locomotora.

Los puentes metálicos desmontables de Eiffel, Marcille, Cottrau, Kohn, Brochowski, destinados á sustituir los puentes fijos destruídos en campaña ó á establecer nuevas comunicaciones en brevísimo tiempo, tienen aplicación provechosa en la paz, gracias á sus recomendables condiciones de cómodo transporte, sencillo montaje y fácil corrimiento. Con ellos se habilitan rápidamente pasos en vías ordinarias ó férreas, sustituyendo á obras de arte destruídas por inundaciones ú otras causas fortuítas, evitando interrupciones de tráfico desastrosas para el comercio, y son también un arma de colonización en países vírgenes, puesto que contribuyen al pronto establecimiento de comunicaciones.

La fortificación de plazas y costas ha impreso considerable desarrollo á las aplicaciones del hormigón y á la industria de los cementos, por la inmensa cantidad de este material que consumen la cimentación y superestructura de las obras de defensa.

Los perfeccionamientos realizados en las máquinas de vapor marinas para que los cazatorpederos, los cruceros estratégicos y los acorazados

de combate naveguen á velocidades de 20 á 35 millas por hora, han sido ávidamente utilizadas por la marina mercante.

El sistema telúrico de telegrafía sin conductores, del coronel ruso Pilsoudski, que suprime las antenas denunciadoras de la situación de las estaciones; las curiosas propiedades de los rayos ultravioletas y su combinación con la onda hertziana, para garantir el secreto de la correspondencia en las comunicaciones obtenidas por telégrafo óptico; el teléfono impresor y otras mil invenciones que omito por no hacer interminable mi trabajo, obra son de las ciencias aplicadas al arte militar.

Si he reservado el último término á los explosivos, es para que sirvan de remate al cuadro que acabo de bosquejar; porque, de todas las invenciones aplicadas á la guerra, es, sin duda, la que ha ejercido mayor influencia en la civilización.

El agente motor de las armas en la antigüedad fué la fuerza muscular; con ella se blandieron la espada, la lanza, la maza, y se lanzaban las piedras y las flechas; la fuerza muscular acumulada con el auxilio de tornos ó de cabrestantes, y puesta en libertad repentinamente utilizando la inercia y las reacciones elásticas de flexión y de torsión, dió ser á la balista, la catapulta, la ballesta de torno y las máquinas pedreras empleadas en los sitios de las plazas fuertes.

Ni la fuerza muscular ni estos primitivos mecanismos bastaron á establecer la superioridad de los pueblos civilizados sobre los salvajes, cuyo número y masa inclinaban los éxitos hacia el lado de las bárbaras muchedumbres.

Véase por qué registra la historia esos retrocesos en la peregrinación evolutiva humana, esas civilizaciones que se derrumban ante las hordas de alanos, de mongoles, de árabes; de aquí las regresiones á la barbarie, los eclipses del progreso.

Pero se descubre la pólvora; la energía muscular es sustituída por una energía química que duerme en un puñado de ingredientes, dispuesta para desarrollar de súbito enorme fuerza viva; se opera entonces un cambio completo en el modo de ser de los pueblos. La civilización impone su absoluto y definitivo predominio, y ha bastado para ello una sencilla reacción química: ya no es de temer que la barbarie triunfe del

progreso; muchedumbres animadas del más feroz fanatismo y de un valor á toda prueba son barridas por las armas de fuego; el feudalismo se desploma, y las nacionalidades se yerguen, se afirman y vigorizan.

El empirismo que había presidido á la invención de la pólvora y á su fabricación durante cinco siglos, da fin en el décimonoveno. El estudio racional de los fenómenos químicos de la combustión y su correspondencia con los efectos mecánicos se plantea sobre las bases científicas por Bunsen y Schichkoff, midiendo el volumen de los gases y el calor desarrollado, y progresa con los inestimables trabajos de Troost, de Hautefeuille, de Berthelot, relativos á las relaciones recíprocas entre las acciones químicas y los fenómenos térmicos. A las antiguas pólvoras, formadas por mezclas de cuerpos, suceden los explosivos constituídos por un cuerpo único, compuesto químico que encierra elementos combustibles y comburentes, en el que la explosión no es otra cosa que la transformación química de ese cuerpo, la rápida combustión interna operada en el seno de cada molécula; la fabricación de explosivos pasó de arte á ciencia; merced á las fecundas teorías de termoquímica, fué posible determinar *a priori* la fuerza, temperatura y gases producidos en la detonación de un explosivo cuando en él entra la cantidad de oxígeno que es necesaria para la combustión completa de los elementos oxidables. Surgen de los laboratorios numerosos explosivos de grande energía potencial; pero no se crea que todas estas invenciones tienen por único objeto la destrucción, por finalidad única la guerra; son también armas de progreso.

Desde fines del siglo XVII, la industria minera utiliza la pólvora en sustitución de la fuerza muscular, del fuego y del agua, y emplea hoy los más violentos explosivos para arrancar del seno de la tierra las riquezas que atesora.

La pólvora y los explosivos han abierto trincheras, túneles y puertos, destruído escollos submarinos, bancos de hielo, y cuanto puede constituir peligro para la navegación; en una palabra, con su poderoso auxilio han tomado las vías de comunicación el enorme desarrollo presenciado por el siglo XIX, desarrollo imposible de realizar por la simple ejecución de las obras á fuerza de brazo.

La Industria emplea los explosivos en la fragmentación de masas metálicas; la Arquitectura en la apertura de pozos y trincheras para ci-

mientos; la Agricultura en la destrucción de las rocas que son obstáculo al trabajo de las máquinas en las explotaciones agrícolas. Por cada kilógramo de explosivo que detona en la guerra, consumen una tonelada las industrias de la paz.

Y si de los beneficios recabados por la Industria pasamos á los obtenidos por la Ciencia pura, encontramos los nombres de Berthelot, Abel, Noble, Traulz, Sarrau, Vieille y otros muchos que, al resolver problemas relacionados con los explosivos, llevaron á feliz término interesantes investigaciones sobre los calores de formación de los cuerpos, leyes que rigen á las tensiones en vasos cerrados, onda explosiva y otros estudios no menos importantes para los adelantos de la termoquímica y de la química mecánica.

---

Es de toda evidencia que los adelantos científico-industriales han determinado el predominio de las naciones activas sobre aquellas otras rezagadas en el camino del progreso, y que este predominio tiene su vigorosa encarnación en el poder militar, puesto que las ciencias positivas aumentan por modo considerable la eficiencia orgánica de los ejércitos.

No pretendo negar con esto la importancia de los elementos morales, valor, disciplina, instrucción, elementos que deben robustecerse á toda costa; pero sí deseo notar cuán lejos estamos de los tiempos en que la piedra del hondero se cogía del arroyo, y la rama desgajada del árbol ó la hoz al extremo de una pértiga podían suplir á las armas de guerra. La lucha es hoy imposible sin los perfectos mecanismos que la Ciencia y la Industria ponen en manos del soldado, é ¡infeliz la nación cuya integridad estribe tan sólo en la eficacia del patriotismo, en el tesón de la raza ó en el nervio de las virtudes militares históricas!

Es de absoluta necesidad proclamar y repetir que la Ciencia recaba hoy para sí los honores de *Arma principal*, y que la locomotora, el telégrafo, el aerostato, el explosivo.... son ahora tan armas de combate como lo eran ayer los gruesos batallones de Condé; urge llevar á todas las esferas la sana persuasión de que las energías individuales y el valor hectóreo son impotentes para aumentar en un centímetro el grosor de los

blindajes, ni en un metro el alcance de las armas de fuego, ni en un kilográmetro la energía balística de los proyectiles, ni en una milla el andar de los acorazados, ni en una tonelada el combustible de sus carboneras, ni en un ápice, en fin, el potente material de los ejércitos modernos.

Una reciente y dolorosa mutilación ha debido labrar en el alma nacional el amargo convencimiento de tan ruda verdad.

A los pueblos débiles interesa principalmente el progreso de las ciencias, porque en ellas han de encontrar los medios de suplir con la inteligencia su inferioridad numérica.

En los combates terrestres, á medida que prepondere el mecanismo, á medida que aumente la potencia específica de la máquina de guerra y exija menor número de individuos para hacerla funcionar y menor intervención del combatiente, la superioridad del número y de la masa desaparecen.

Supongamos práctica y eficaz la máquina de guerra ideada por Tesla, pequeño torpedero dirigible desde la orilla, sin necesidad de emplear, como en el torpedo proyectado por Sims-Edisson, el cable eléctrico que, á guisa de cordón umbilical, le une al aparato fijo establecido en la costa para nutrirle de fuerza é imprimirle dirección. Se trata de un pequeño autómata marino, dotado de potencia motriz que le suministra una batería de acumuladores, de órganos de locomoción representados por una hélice propulsora, de órganos directivos por el timón, y aun de órganos sensorios por vibradores que, excitados con agentes externos—las ondas hertzianas,—ponen en acción á los órganos propulsores y directores.

Desde la orilla, un solo hombre podrá hacer marchar, cambiar de rumbo al autómata, dirigirlo contra la nave enemiga y hacer que estalle en su costado la carga de explosivo que ha de destruirla. ¿Habrá modo más sencillo y económico de defender las costas contra el bloqueo y los desembarcos operados por enemigos poderosos?

Demos por resuelto el problema de la navegación submarina; el torpedero submarino, dotado de un gran radio de acción, podrá alejarse de las costas, navegar en alta mar, sumergirse para hacer uso impunemente de su terrible arma (ante la cual es liviana la más gruesa coraza é ineficaz las más potente artillería), abriendo ancha brecha en las carenas de

los monstruosos acorazados. ¿A qué habrá quedado reducida la guerra de escuadra y la guerra industrial?

Anheloso de poner término á vuesta fatiga, resumo cuanto llevo expuesto en las siguientes palabras:

Los pueblos que aspiran á conservar su potencia material están obligados á mantener el nivel de los conocimientos científicos á la mayor altura posible.

Las ciencias y la industria constituyen los primeros elementos de prosperidad, ya se apliquen á las tareas de la paz, ya se lleven á los preparativos y mejoramiento de los medios de guerra para defender la integridad del territorio.

¡Plegue al Cielo que en el patrio solar se fomenten y estimulen todas las fuentes del saber, para que la España de los héroes legendarios brille con los esplendores de la Ciencia y alcance con su poderoso auxilio la cima del poderío y de la felicidad!

FIN.

# GLOBOS EXPLORADORES Ó SONDAS AÉREAS

# GLOBOS EXPLORADORES

ó

# SONDAS AÉREAS

POR

D. FRANCISCO DE PAULA ROJAS,

CAPITÁN DE INGENIEROS.

MADRID
IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

1904

# GLOBOS EXPLORADORES
# Ó SONDAS AÉREAS.

## Objeto de los globos sondas.

Los valiosos servicios que la Meteorología presta á la Aerostación, le son cumplidamente devueltos por ésta, proporcionándole los medios de explorar las altas regiones de la atmósfera, bien elevando al observador provisto de todos los elementos necesarios para realizar sus interesantes investigaciones, ya elevando únicamente ingeniosisímos aparatos que, de un modo automático, anoten y registren en las correspondientes hojas gráficas, las horas, las temperaturas, presiones, estado higrométrico del aire y cuantos datos se desee conocer en los distintos puntos de la trayectoria recorrida, proporcionando al meteorólogo las observaciones registradas en lugares del espacio que no pueden hoy, y quizás no puedan jamás, ser alcanzados por el hombre.

Desde que la aerostación existe, comprendieron los hombres de ciencia el inmenso partido que del nuevo invento podrían obtener utilizando los globos libres para practicar estudios y mediciones meteorológicas á grandes alturas, con objeto de resolver problemas tan importantes como los siguientes: conocer la composición de la atmósfera que nos rodea en las altas regiones y comprobar si el aire consta en ellas de los mismos elementos que el existente junto á la tierra; estudiar la ley del decrecimiento de la temperatura del aire con la altura, ley de aplicación á la refracción astronómica; medir la energía calorífica absoluta que del sol recibe nuestro planeta, energía que sólo muy imperfectamente puede ser medida en la superficie de la tierra, por la influencia del aire y de la gran cantidad de vapor de agua que éste contiene en las bajas regiones, etc.

La importancia de éstos problemas y de otros muchos cuyo enunciado resultaría enojoso, justifican la que hoy conceden todas las naciones á las observaciones practicadas en las altas regiones de nuestra atmósfera y el inmenso desarrollo que en la actualidad tienen estas interesantes aplicaciones científicas de la aerostación.

Sin embargo, el primero de los procedimientos indicados, ó sea el de elevarse el observador en un globo libre con todos los aparatos convenientes para los estudios que trate de practicar, no basta para realizar los objetivos que hoy se persiguen, y resulta, además, enormemente caro, si las observaciones, como se pretende, han de ser muy numerosas y repetidas.

Las alturas de observación que por éste camino pueden alcanzarse, corriendo graves y positivos peligros (puestos, desgraciadamente, de relieve en Francia el año 1875 con la terrible catástrofe del globo *Zenith*, en la que encontraron gloriosa muerte los ilustres sabios y mártires de la Ciencia, Crocé Spinelli y Sivel), no se consideran suficientes, y la de más de 10.000 metros (1), ya alcanzada, disponiendo de aparatos mucho

(1) En la ascensión practicada el 5 de septiembre de 1862 por Mr. James Glaisher, acompañado de Mr. Coxwell, en un globo de 2.500 metros cúbicos de volumen, la altura máxima alcanzada fué, según se dice, superior á 10.000 metros. Ambos aeronautas perdieron el sentido poco después de alcanzar la altura de 8.838 metros; Mr. Coxwell cuenta que logró maniobrar la cuerda de la válvula cogiéndola con los dientes, por sentir las manos paralizadas. Afortunadamente la ascensión terminó sin accidente grave que lamentar.

El 31 de julio de 1901 los Sres. Berson y Suring, del Observatorio Central de Berlín, ejecutaron una ascensión libre de altura, digna de ser conocida, en el aerostato *Prusia*, de 8.400 metros cúbicos de volumen, cargado con 6.000 metros cúbicos de hidrógeno electrolítico, preparado en el Parque de Aerostación militar de Tempelhof. A pesar de los aparatos perfeccionados de que disponían los aeronautas para respirar oxígeno y entretener la respiración en las altas regiones de la atmósfera, comenzaron á sentir molestias y malestar al alcanzar 10.250 metros de altura, y perdieron ambos, casi simultáneamente, el conocimiento al remontar los 10.300 metros: poco antes Mr. Berson maniobró la válvula superior para contener la subida del aerostato é iniciar su descenso. La altura máxima alcanzada, acusada por los aparatos registradores, fué de 10.800 metros, y la temperatura mínima de — 40° C, muy distante de — 60° C, que se esperaba existiera á dicha altura, dado el decrecimiento observado en las capas inferiores.

El desvanecimiento de los aeronautas duró unos cuarenta minutos, tomando tierra sin novedad y aportando interesantes datos adquiridos durante su arriesgado viaje; la última lectura que tomaron fué: altura, 10.225 metros; temperatura, — 39°,7.

más perfeccionados que los utilizados por Sivel y Crocé Spinelli para poder entretener la respiración, en regiones donde la presión atmosférica está medida por unos 216 milímetros de mercurio, se juzga escasa para los propósitos actuales.

Hay que subir más, mucho más. Esa zona situada á 11.000 metros sobre el nivel de los mares, deja todavía por encima de élla un peso de aire casi $^1/_3$ del peso total. ¿Que para poder elevar más la sonda aérea hay que prescindir del observador, para el cual resulta imposible la vida á esas alturas?, pues que se prescinda de él; elévense únicamente los aparatos necesarios, y que éstos sean los que registren los datos deseados. Tal es el estado actual del problema, y los llamados globos sondas son los encargados de elevar los aparatos de observación por encima de esa zona de 11.000 metros, que ha sido hasta hoy valla infranqueable para el hombre.

Dar una idea de la teoría y práctica de este ingenioso y moderno sistema de exploración, constituye el objeto del presente trabajo.

Las sondas aéreas presentan, sobre los globos montados, las ventajas de aumentar sin peligro la altura de las exploraciones, de ser mucho más económicos y permitir, por consiguiente, ascensiones más numerosas, y por último, la de eliminar por completo el coeficiente personal del observador, coeficiente que, en las difíciles condiciones de órden físico y moral en que aquél se encuentra á tan grandes alturas, puede falsear muchísimo, de un modo inconsciente, los resultados de sus observaciones, mientras que, empleando aparatos registradores perfectamente construídos y comprobados, elevados por los globos sondas, los datos que se obtengan serán comparables y harmónicos. Tienen, en cambio, las sondas aéreas el inconveniente de poder resultar inútil y perdida una ascensión y el material elevado, ya porque se inutilicen los aparatos en la caída, caso poco probable si van bien acondicionados, bien porque el globo caiga en el mar ó en punto en que no pueda recuperarse.

Entre los diversos acuerdos tomados en las «Conferencias internacionales de Aerostación científica», celebradas en Paris el año 1900, figura el de ejecutar ascensiones simultáneas á grandes alturas, en la mayoría de la naciones, utilizando globos montados, sondas aéreas ó cometas, el primer jueves de cada mes.

Todos los datos que recogen en los mencionados días los numerosos observatorios meteorológicos, las sociedades civiles de aerostación y aun los aerosteros militares de diversos países, que gustosos se prestan á facilitar los valiosos elementos de que disponen en obsequio de la obra científica que se persigue, son remitidos al presidente de la Comisión de Aerostación científica, la cual está encargada de reunirlos y harmonizarlos, dando la pauta que debe seguirse en las investigaciones sucesivas.

Representó á España en las Conferencias de Berlín antes citadas, el distinguido jefe de nuestro servicio aerostático, teniente coronel de Ingenieros D. Pedro Vives y Vich, el cual, en el informe que formuló dando cuenta de su comisión, demostró la conveniencia de que España secundara los trabajos de las demás naciones, contribuyendo, dentro de los recursos disponibles, y sin perjuicio del servicio aerostático militar, á la obra por todas perseguida. Aprobada esta proposición por la superioridad, se han efectuado en los dos últimos años varias ascensiones libres internacionales, y cuando ésto no ha sido posible, se han hecho observaciones por medio de cometas y de globos de señales, remitiendo al Dr. Hergesell, presidente de la Comisión, los datos adquiridos.

Parece probable que en lo sucesivo se utilicen (1) al objeto mencionado algunos globos sondas, transigiendo con el inconveniete de perder algunos de ellos, inconveniente mayor en nuestro país que en muchos otros por lo despoblado y abrupto de varias y extensas regiones y por la mayor facilidad de que se pierdan en el mar, dado lo extenso de nuestras costas. Sentados éstos preliminares, que he considerado oportunos para dar una ligera idea de la misión de los globos sondas y del estado actual del problema, relativo á la exploración de las altas regiones de la atmósfera, así como de la gran importancia que todas las naciones conceden á éste asunto, paso á exponer las condiciones teóricas de los nuevos aerostatos, comenzando por hacer resaltar las dificultades prácticas que, aún con estos globos, existen para elevar la exploración ó sondeo aéreo á alturas superiores á 25 ó 30 kilómetros. Como vamos á ver, la atmós-

(1) Al terminar este trabajo se han empleado ya los globos sondas en el Parque Aerostático.

fera, *tan fácil de explorar* en los 12 ó 15 kilómetros próximos á nuestro planeta, acumula dificultades prácticas inmensas, y hoy insuperables, para dejarse arrancar los secretos que pueda quizás encerrar á mayores alturas.

## Dificultades prácticas que existen para alcanzar grandes alturas.

Vamos á determinar las condiciones generales que debe reunir un globo sonda y á poner de relieve las limitaciones prácticas que impiden, en la actualidad, alcanzar con estos globos alturas superiores á 25.000 metros sobre el nivel del mar.

Supongo conocidas las nociones de Aerostación expuestas en mi memoria *Apuntes de Aeronáutica* (MEMORIAL DE INGENIEROS de 1902), y antes de entrar en materia, conviene recordar dos fórmulas en élla deducidas y que vamos á tener que utilizar: la ley de Halley y la ecuación general de equilibrio de un globo en el aire; la primera, que es

$$[1] \qquad h = 18400 \log \frac{x}{x'} \qquad ó \qquad h = 18400 \log \frac{760}{x'}$$

si $x = 760$, nos proporciona la altura $h$, expresada en metros, de un punto en el que la presión atmosférica está medida por $x'$ milímetros de mercurio, sobre otro de presión $x$ ó sobre el nivel del mar (si $x = 760$) suponiendo que la temperatura media del aire entre ambos puntos sea de 0° centígrados.

La fórmula general de equilibrio de un globo libre es:

*Fuerza ascensional total del gas en la zona de equilibrio = peso total que soporta el globo.*

En obsequio á la sencillez, y por no conocerse las variaciones que experimentan las temperaturas del gas y del aire con la altura (las cuales, como se sabe, influyen en la fuerza ascensional del gas), admitiremos que dichas temperaturas se conservan constantemente iguales á las existentes en el momento de llenar el globo, con lo cual, sobre la fuerza ascensional del gas, sólo influirá la presión, y las variaciones de dicha fuerza, solamente dependerán de las variaciones de la presión atmosférica,

Supondremos también, que el globo parta de un punto de presión $x = 760$ milímetros, y representando por $V$ metros cúbicos su volumen, por $a$ kilógramos la fuerza ascensional del metro cúbico de gas que se emplee para llenarlo, por $x'$ milímetros la presión desconocida de la zona de equilibrio, y por $P$ kilógramos el peso total (envoltura, red y aparatos) que en dicha zona soporta, la ecuación de equilibrio buscada será:

$$\frac{V \,.\, a \,.\, x'}{760} = P \qquad [2]$$

de la que deducimos

$$\frac{760}{x'} = \frac{V \,.\, a}{P}$$

valor de

$$\frac{760}{x'}$$

que, puesto en la fórmula de Halley [1], nos dá:

$$h = 18400 \,.\, \log \frac{V \,.\, a}{P} \qquad [3]$$

y nos demuestra que crecerá la altura $h$ de la zona de equilibrio, al aumentar $V$, al aumentar $a$ y al disminuir $P$, es decir, que para obtener grandes alturas hay que emplear globos de gran volumen llenos del gas que posea mayor fuerza ascensional (hidrógeno electrolítrico á ser posible) y cuyo peso de envoltura, red y aparatos, sea un mínimo.

Para colocarnos en el caso más favorable á nuestro propósito de alcanzar grandes alturas, vamos á admitir, por un momento, que el peso de los aparatos es nulo, ó lo que es igual, que el peso total del globo queda reducido al de su envoltura y red y que se utiliza un buen gas hidrógeno industrial de fuerza ascensional por metro cúbico $a = 1{,}1$ kilógramo.

Si dentro de esta hipótesis se representa por $K$ el peso en kilógramos del metro cuadrado de envoltura, incluyendo la parte correspondiente á la red, y por $r$ el radio del globo, resultará:

$$V = \frac{4}{3}\pi \,.\, r^3 \qquad » \qquad P = 4 \,.\, \pi\, r^2 \,.\, K$$

y por consiguiente

$$\frac{V}{P} = \frac{\frac{4}{3} \cdot \pi r^3}{4 \cdot \pi r^2 K} = \frac{r}{3 K}$$

valor que substituído en la [3] en unión del $a = 1{,}1$ la convierten en:

$$h = 18400 \log \frac{r \times 1{,}1}{3 \cdot K} \qquad [4]$$

relación que nos liga la altura $h$ de la zona de equilibrio del globo con el radio $r$ de éste y con el peso $K$ de envoltura y red por metro cuadrado, peso que podemos llamar densidad de envoltura por metro cuadrado.

Las envolturas más ligeras que hoy se pueden emplear son el baudruche ó película de tripa de buey, muy ligera é impermeable al gas, pero que presenta los graves inconvenientes de ser cara, de difícil reparación y de muy mala conservación en nuestros climas, por cuyas razones son hoy muy poco empleadas; los globos de goma, que desde época muy reciente (año 1902) utilizan los alemanes para sus globos sondas, según dicen con muy buen resultado, y un papel japonés muy resistente y ligero impermeabilizado al gas por medio de un barniz especial, papel cuyo peso por metro cuadrado es tal, que la envoltura, con red, no excede de 0,05 kilógramos por metro cuadrado.

Admitiendo ésta clase de envoltura, que como se vé es bien ligera, el valor de $K$ será 0,05 kilógramos, el cual, puesto en la fórmula [4], que después de hacer las operaciones indicadas se transforma en la

$$[5] \qquad h = 18400 (\log r + \log 1{,}1 - \log 3 - \log K)$$

la convierte en

$$h = 18400 (\log r + \log 1{,}1 - \log 3 - \log 0{,}05)$$

y como

$$\log 1{,}1 = 0{,}0414 \qquad \log. 3 = 0{,}4771 \qquad \log. 0{,}05 = -1{,}3010$$

se tendrá, substituyendo valores y haciendo los cálculos necesarios,

$$h = 18400 \log r + 15900$$

deduciendo de ésta

$$\log r = \frac{h - 15900}{18400} \qquad [6].$$

Dando en la fórmula anterior diversos valores á $h$ y deduciendo los de $r$ correspondientes, he formado el siguiente cuadro, en el que figuran las alturas de las zonas teóricas de equilibrio alcanzadas por globos *sin*

*sobrecarga,* de diversos volúmenes, construídos con el ligero papel japonés mencionado:

| Alturas — *Metros* | Radios — *Metros* | Volúmen — *Metros cúbicos* | Alturas — *Metros* | Radios — *Metros* | Volúmen — *Metros cúbicos* |
|---|---|---|---|---|---|
| 10000 | 0,47 | 0,46 | 30000 | 5,84 | 834 |
| 15000 | 0,90 | 3,00 | 35000 | 10,90 | 5426 |
| 15900 | 1,00 | 4,19 | 36800 | 13,70 | 10782 |
| 18400 | 1,37 | 10,08 | 40000 | 20,40 | 35570 |
| 20000 | 1,67 | 19,00 | 45000 | 38 | 331730 |
| 25000 | 3,12 | 127,00 | 50000 | 71 | 1518736 |

Observando el cuadro anterior, salta á la vista la primera dificultad que existe para alcanzar, aún en la hipótesis más favorable posible de globos sin sobrecarga ninguna y de envoltura muy ligera, las grandes alturas que se desean, dificultad que proviene de la enorme rapidez con que aumentan los volúmenes de los globos, al aumentar la altura que con éllos se pretende alcanzar. Para llegar á una zona teórica de equilibrio situada á 18.400 metros de altura sobre el nivel del mar, basta un globo de unos 10 metros cúbicos, de las condiciones que quedan mencionadas; para doblar esta altura, precisa recurrir á una esfera de más de 10.000 metros cúbicos, y si se desea triplicarla, el volumen del globo necesario se contaría por millones de metros cúbicos ¡para qué mayor dificultad!; y no se olvide que pretendemos únicamente que el globo eleve la envoltura más ligera posible, sin habernos preocupado todavía, poco ni mucho, de las condiciones de resistencia de aquélla, condiciones que, como enseguida veremos, vienen á restringir las alturas que se pueden alcanzar, puesto que nos limitarán el radio, y por tanto, el volumen del globo.

Queda, pues, probado, que no es fácil rebasar ni aún alcanzar por medio de globos sondas, alturas de equilibrio superiores á 30 kilómetros sobre el nivel del mar, por *imposibilidad práctica de construir y manejar aerostatos* de las grandes dimensiones que serían precisas.

Estudiemos ahora la segunda causa, también de carácter práctico,

que limita todavía más las alturas máximas que con éstos globos se pueden obtener, siquiera hagamos éste estudio de un modo muy elemental.

En la hipótesis que hemos admitido, no se ha tenido en cuenta la resistencia de la envoltura, las tensiones que ésta soporta (crecientes, como veremos con el cuadrado del radio del globo) ni el coeficiente de seguridad que la más elemental prudencia aconseja admitir, para que el globo no se desgarre al llenarlo de gas. Tengamos en cuenta dichas condiciones, comenzando por determinar cuál es el valor de la presión máxima interior que desarrolla el gas sobre la envoltura de un globo, puesto que del conocimiento de dicho valor, deduciremos el de la tensión máxima que aquélla sufre.

### Cálculo de la presión máxima interior.

Representaremos por $r$ el radio de un globo esférico lleno de gas de fuerza ascensional $a = \varphi - \varphi'$, siendo $\varphi$ y $\varphi'$ los pesos del metro cúbico de aire y de gas, en las condiciones de temperatura y de presión correspondientes al momento de llenar el globo.

Supongamos que la envoltura comunica libremente con la atmósfera por el orificio inferior $n\,n$ de sección circular $\omega$ (figura 1). Admitimos

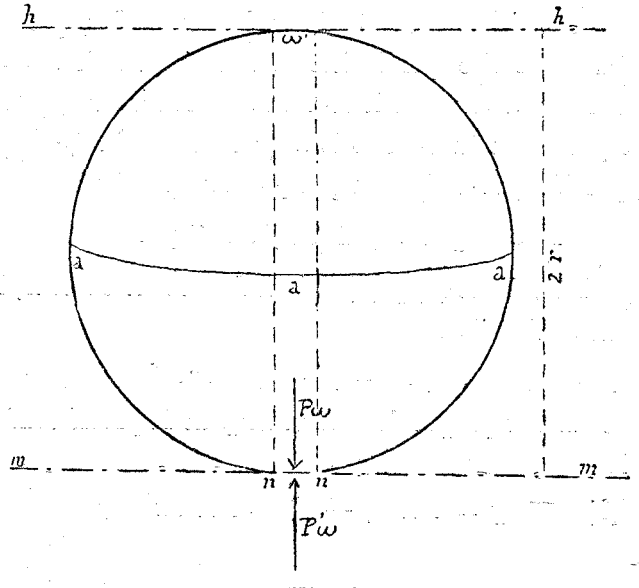



*Fig. 1.*

que el globo no lleve apéndice, para colocarnos en el caso más favorable; pero en la práctica el apéndice existe, y origina un aumento en la presión máxima interior, aumento que depende de la longitud que tenga el apéndice mencionado.

La práctica demuestra, que en el plano $n\ n$ del orificio de comunicación, se establece equilibrio de presiones, ni entra aire en el globo, ni de él sale gas (prescindimos desde luego del fenómeno de la difusión), es decir, que la presión atmosférica $P\ \omega$ que obra de abajo arriba, está contrarrestada por su igual y contraria $P'\ \omega$. Disignemos por $p_0$ la presión atmosférica en el plano $h\ h$ tangente superior al globo, y consideremos como constantes los pesos $\varphi$ y $\varphi'$ del metro cúbico de aire y de gas entre los planos $h\ h$ y $m\ m$ (hipótesis muy aproximada á la realidad, porque siendo pequeña la distancia entre ambos planos, ó sea el diámetro del globo, las variaciones de los pesos $\varphi$ y $\varphi'$ son pequeñísimas.

La presión atmosférica que se ejerce sobre la cara inferior de la abertura $\omega$, ó sea $P\ \omega$, es evidentemente igual al peso del cilindro de aire de sección $\omega$ y altura igual á $2\ r$, más la que media entre el plano $h\ h$ y el límite superior de la afmósfera; de modo que se tendrá:

$$P\ \omega = p_0\ \omega + 2\,.\,r\,.\,\varphi\,.\,\omega \qquad [7]$$

El valor de la presión $P'\ \omega$ consta de varios sumandos, que son: el peso $p_0\,.\,\omega$ del cilindro de aire que insiste sobre la superficie $\omega' = \omega$; el peso $2\,.\,r\,.\,\varphi'\,.\,\omega$ del cilindro de gas, de sección $\omega$ y altura $2\ r$, y por último, la presión del gas sobre la superficie $\omega'$ y su reacción igual y contraria sobre la $\omega$, presión que designada por $p\ \omega$ nos permite escribir

$$P'\ \omega = p_0\,.\,\omega + 2\,.\,r\,.\,\varphi'\,.\,\omega + p\ \omega \qquad [8]$$

Igualando los valores [7] y [8] que acabamos de obtener, llegamos á la ecuación de equilibrio

$$p_0\,.\,\omega + 2\,.\,r\,.\,\varphi\,.\,\omega = p_0\,\omega + 2\,.\,r\,.\,\varphi'\,.\,\omega + p\,\omega$$

que simplificada nos proporciona el valor $p$ de la presión máxima anterior buscada

$$[9] \qquad p = 2\,.\,r\,(\varphi - \varphi') = 2\,.\,r\,.\,a$$

puesto que

$$\varphi - \varphi' = a.$$

La fórmula [9] nos demuestra que el valor de la presión máxima interior que el gas ejerce sobre la envoltura, es igual al diámetro del globo, multiplicado por la fuerza ascensional del metro cúbico del gas que se emplée, creciendo, por consiguiente, con ambas cantidades. Como para un gas determinado, y á igualdad de condiciones térmicas, la fuerza ascensional $a$ disminuye con la presión (es decir, al elevarse el globo) dicha fuerza, y por consiguiente la presión máxima interior $p$, que de élla depende, tiene su valor máximo cuando el globo está en tierra, ó sea al llenarlo de gas, disminuyendo durante la ascensión conforme el globo alcanza mayores alturas y decrece su fuerza ascensional.

El momento de mayor peligro, bajo éste punto de vista, existe, al llenar el globo, y mientras permanece cautivo, sin contar con las presiones originadas por las rachas de viento sobre la envoltura, que pueden ser muy considerables.

**Cálculo de la tensión máxima que sufre la envoltura.**

Si suponemos constante en todos los puntos de la envoltura la presión máxima $p$ que acabamos de determinar, fácil es calcular la tensión que dicha presión desarrolla sobre aquélla, ó sea la extensión que sufre por metro de anchura.

En efecto, considerando un círculo máximo de la esfera, por ejemplo el $a\,a$ de la figura 1, y representando por $T$ la tensión buscada ó coeficiente de trabajo por metro lineal de la envoltura, basta aplicar la fórmula general

$$p \,.\, \pi \,.\, r^2 = 2 \,.\, T \,.\, \pi \,.\, r$$

(*Mecánica aplicada á las construcciones*, del coronel Marvá, página 163), de la que deducimos el valor buscado

$$T = \frac{p \,.\, r}{2}$$

y poniendo por $p$ su valor [9]

$$T = r^2 \,.\, a \qquad [10]$$

con lo cual queda demostrado que, la tensión máxima que sufre la envoltura, crece con la fuerza ascensional del gas que se emplée para llenarlo y con el cuadrado del radio del globo, por cuya razón no es posible au-

mentar aquél de un modo indefinido, puesto que la tensión máxima correspondiente rebasaría el valor de la carga de fractura del papel ó tela empleado para construirle y se desgarraría la envoltura al tratar de llenarla de gas.

Es, pues, indispensable, mantener el valor del radio dentro de ciertos límites, no sólo para evitar el accidente señalado, sino para contar con un coeficiente de seguridad (siquiera sea pequeño por tratarse de globos no montados) que neutralice los defectos de las envolturas, que, como es natural, nunca son perfectamente homogéneas.

Se obtiene el resultado indicado, admitiendo como radio máximo en los globos sondas, el que produce una tensión máxima en la envoltura igual á la mitad de su carga de fractura, es decir, que se acepta un coeficiente de trabajo de $\frac{1}{2}$, coeficiente que para globos montados acostumbra á ser superior á $\frac{1}{20}$.

Teniendo en cuenta que la carga de fractura por metro de ancho de la banda sometida á prueba es para el papel japonés barnizado, de unos 50 kilógramos, estableceremos, de acuerdo con lo expuesto, la relación

$$T = \frac{50}{2}$$

y substituyendo por $T$ su valor [10]

(que haciendo $a = 1{,}1$ es: $T = r^2 \times 1{,}1$) hallaremos, despejando $r$,

$$[11] \qquad r = \sqrt{\frac{25}{1{,}1}} = 4^{m}{,}77$$

aproximadamente.

Tal es el valor máximo que podemos admitir para el radio de una sonda aérea construída con papel japonés, radio que corresponde á un volumen de unos 442 metros cúbicos, con el cual se puede rebasar la altura de 25 kilómetros, como indica el cuadro correspondiente.

Si se quiere determinar con más precisión la altura teórica de equilibrio de este aerostato, bastará despejar $h$ de la ecuación [6], después de substituir en ella el valor $\log r = \log 4{,}77 = 0{,}6785$, con lo que se obtendrá:

$$0{,}6785 = \frac{h - 15900}{18400}$$

deduciendo

$$h = 28380 \text{ metros,}$$

como altura aproximada.

**Influencia en la altura de equilibrio de una sobrecarga de 5 kilógramos.**

Pasemos ahora al caso real y práctico de que el globo que acabamos de estudiar en las condiciones teóricas más favorables para alcanzar grandes alturas, deba elevar los aparatos de observación cuyo peso, incluyendo el de la ligera jaula envase para protegerlos del choque en la caída, sea de unos 5 kilógramos, y veamos cuál será en este caso la altura teórica de la zona de equilibrio alcanzada por nuestra sonda aérea, altura evidentemente menor que la que habíamos deducido, puesto que ha aumentado el peso total que pretendemos eleve el aerostato.

Siendo de unos 280 metros cuadrados la superficie del globo, de 442 metros cúbicos y de 50 gramos la densidad de la envoltura con red y por metro cuadrado, el peso de ésta llega á unos 15 kilógramos por exceso, que sumados á los 5 kilógramos que admitimos para la sobrecarga, nos dan un peso total $P = 20$ kilógramos.

Para el valor de la fuerza ascensional del metro cúbico de hidrógeno aceptamos 1,1 kilógramos.

Formando el cociente

$$\frac{V \,.\, a}{P} = \frac{442 \times 1{,}1}{20} = 24{,}3$$

y substituyendo su valor en la fórmula [3] obtendremos:

$$h = 18400 \,.\, \log 24{,}3 = 18400 \times 1{,}3856 = 25500 \text{ metros,}$$

redondeando la cifra, como altura teórica aproximada de la zona de equilibrio, altura menor en unos 2900 metros que la alcanzada por el mismo globo *sin sobrecarga.*

Para evitar cálculos (en cualquier caso práctico que se pueda ofrecer) y saber con rapidez la altura teórica aproximada en menos de 1 kilómetro de la zona de equilibrio de cualquier globo, con sólo determinar

el valor del cociente $\frac{V \cdot a}{P}$ correspondiente, he calculado la tabla **I**, en la que figuran los valores de las alturas comprendidas entre 10 y 40 kilómetros, creciendo de kilómetro en kilómetro, los de los cocientes $\frac{760}{x'} = \frac{V \cdot a}{P}$ y los de las presiones correspondientes á dichas alturas. El empleo de esta tabla es sencillísimo, pues determinado para un globo dado el valor de dicho cociente, si éste figura en la tabla, se tendrá en élla la altura buscada, y si no figura en la misma, que será lo que en general ocurra, estará comprendido su valor entre dos consecutivos de la tabla, y por lo tanto, la altura buscada estará también comprendida entre las que á dichos cocientes corresponden, obteniéndose, por defecto ó por exceso, en menos de un kilómetro.

Si conviniera precisar más, una vez formado el cociente consabido, se hallará su logaritmo, que, substituído en la fórmula [3], permitirá deducir el valor de *h;* pero en la práctica, y para formar una idea aproximada, que es lo que en general se necesita, de la altura que podrá alcanzar un globo sonda conocido, basta con la tabla **I**, pues para determinar la que en realidad haya alcanzado, hay que seguir complicados métodos, que se detallan al final de este trabajo, en los cuales intervienen, como elementos de corrección, los datos aportados por los aparatos registradores elevados por el globo.

Con lo expuesto se resuelve fácilmente *a priori*, y sólo de un modo aproximado, cualquier problema relativo á las alturas que las sondas aéreas pueden alcanzar, y hé puesto de relieve, como me proponía, las dificultades prácticas que, hoy por lo menos, existen para salvar con ellas alturas superiores á 25 kilómetros (altura que no tenemos noticia haya sido alcanzada todavía), quedando aun por encima de esta zona un peso de aire $\frac{1}{22{,}84}$ del peso total.

El siguiente interesante cuadro, tomado de un trabajo del coronel Renard, dá las alturas teóricas de las zonas de equilibrio alcanzadas por globos llenos de hidrógeno (sin sobrecarga) de diversos volúmenes y densidades de envolturas. Admitiendo el coronel Renard para sus cálculos una fuerza ascensional del metro cúbico de hidrógeno de 1,122 kilógra-

mos, superior á 1,1 kilógramos que yo he utilizado, deduce, para iguales alturas y globo de 50 gramos de peso de envoltura por metro cuadrado, volúmenes algo menores que los que á mí me resultan.

| Alturas en metros. | Volúmenes de los globos. | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $K = 0{,}05$ kg. *Metros cúbicos.* | $K = 0{,}100$ kg. *Metros cúbicos.* | $K = 0{,}300$ kg. *Metros cúbicos.* | $K = 1{,}000$ kg. *Metros cúbicos.* |
| 10000 | 0,4 | 3,5 | 95 | 3400 |
| 15000 | 2,8 | 22 | 600 | 22500 |
| 20000 | 18 | 150 | 4000 | 150000 |
| 25000 | 120 | 1000 | 26000 | 1000000 |
| 30000 | 800 | 6500 | 170000 | |
| 35000 | 5200 | 40000 | 1150000 | |
| 40000 | 34000 | 260000 | | |
| 45000 | 225000 | 1800000 | | |
| 50000 | 1500000 | | | |

## Causas de error de la teoría expuesta.

La principal causa de error que influye en los resultados que la teoría que acabamos de exponer proporciona, estriba en las hipótesis que hemos admitido al establecerla, suponiendo constantemente iguales á las del pie de ascensión ó punto de suelta del globo, las temperaturas del gas y del aire, cualquiera que fuera la altura alcanzada por la sonda aérea, y admitiendo una temperatura media del aire de 0° centígrados.

Ambas hipótesis, que tratándose de globos montados y de ascensiones á poca altura (2000 ó 3000 metros sobre el mar) dan lugar á errores de poca importancia, falsean muchísimo los resultados cuando se trata de investigar las grandes alturas alcanzadas por los globos exploradores, y de aquí se deriva la necesidad, ya indicada en otro lugar, de recurrir á procedimientos más exactos, pero también mucho más complicados, para determinarlas.

Desde las primeras ascensiones practicadas en París en 1892, por los Sres. Hermite y Besançon con globos de éste género, se puso de manifiesto el desacuerdo que existe entre los resultados teóricos y los acusados por los aparatos registradores, siendo sumamente notables los obtenidos en la ascensión practicada el 21 de marzo de 1893 por el globo *Aerophile I*, en París.

La envoltura de éste globo, construído con baudruche ó película de tripa de buey y de 113 metros cúbicos, pesaba 11 kilógramos, que unidos á 1 kilógramo de la red y 6 kilógramos de los aparatos registradores, arrojan un peso total de 18 kilógramos.

El globo se llenó con gas del alumbrado (por el mal estado de los generadores de hidrógeno disponibles), cuya fuerza ascensional normal por metro cúbico es de 0,700 kilógramos.

Formando con los datos $V = 113$ $P = 18$ y $a = 0{,}700$ el cociente $\frac{V \cdot a}{P}$, se obtiene

$$\frac{113 \times 0{,}7}{18} = 4{,}39 \qquad \log 4{,}39 = 0{,}6425,$$

cuyo logaritmo, susbstituído en la fórmula [3], nos dá una altura teórica de la zona de equilibrio de este aerostato,

$$h = 18400 \times 0{,}6425 = 11822 \text{ metros},$$

mientras que de los datos proporcionados por los aparatos registradores elevados por éste globo, se deducía una altura máxima de 15000 metros para dicha zona.

Es natural que esto ocurra, puesto que en realidad al elevarse el globo, aumenta muchísimo la diferencia entre la temperatura del gas y la del aire, habiéndose comprobado, por primera vez, en una ascensión de globo sonda, practicada en París el 5 de agosto de 1896, por medio de un termómetro registrador, colocado en el interior de aquél, que dicha diferencia llegó á ser superior á 60° centígrados, aumentando, por consiguiente, de un modo muy notable la fuerza ascensional del gas contenido en el aerostato, y ésto á pesar del gran enfriamiento que experimenta la masa gaseosa al dilatarse durante la ascensión.

El considerable aumento que la temperatura del gas sufre con la as-

censión, es debido, por una parte, á la inmensa energía de la radiación solar, en cuanto el globo remonta la región de las nubes, y deja por debajo de sí la mayor parte del vapor de agua que el aire contiene, y por otra, á la falta de convección.

Estas circunstancias, que no se han tenido en cuenta al establecer la teoría elemental que queda expuesta, explican el desacuerdo entre sus resultados y los que la práctica proporciona, de modo que aquélla, solamente podrá servirnos para dar anticipadamente una idea aproximada de lo que en realidad se puede esperar de cada globo, conocidas sus condiciones.

Por las razones que se acaban de detallar, se pueden emplear sondas aéreas de volumen mucho menor que el que teóricamente se obtendría para elevar los aparatos á determinadas alturas. Los generalmente usados en Francia por Mr. Teisserenne de Bort, director del servicio meteorológico, son de volúmenes variables entre 48 y 113 metros cúbicos y están construídos con un papel análogo al de envolver, hecho impermeable al gas por medio de un barniz que más adelante se detallará. Los Sres. Hermite y Besançon emplean en general globos de 113 metros cúbicos, fabricados con una seda especial extraligera, de unos 40 gramos de peso por metro cuadrado, que una vez barnizada llega á 80 ó 100 gramos. Desde hace poco tiempo (desde el año 1902) acostumbran á usar en Alemania envolturas de goma, que llenan de gas hidrógeno hasta que la esfera resultante tenga un diámetro de $1^m,5$ á $1^m,8$ y la necesaria fuerza ascensional para elevarse con la red y aparatos correspondientes. Antes de lanzar uno de estos globos, ligan su pequeño apéndice de inflación, y por consiguiente, cuando al irse elevando disminuye la presión exterior, se dilata el gas contenido en la envoltura elástica, hasta que llega un momento en el que se produce la rotura de aquélla y la caída del aerostato. Para que los aparatos que constituyen el equipo de este género de globos desciendan con lentitud y sea suave su choque con tierra, emplean una red, cuya parte superior, de tela, constituye un paracaídas, que satisface el objeto deseado. La figura 2 representa uno de estos globos, preparado para una ascensión. Sin datos precisos sobre esta clase de envolturas y juzgan-

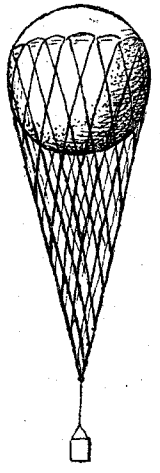


*Fig. 2.*

do únicamente por los resultados de algunas ascensiones practicadas con éllos en Alemania, Austria y Rusia, parece que las envolturas llegan á alcanzar volúmenes de 60 á 80 metros cúbicos antes de estallar, cuyos volúmenes varían, como es natural, con el tamaño inicial y con la resistencia y homogeneidad de las envolturas. Este género de sondas aéreas, es debido al Dr. Assmann, del Instituto Meteorológico de Berlín, y aunque al principio se temía que el caucho no pudiera soportar las bajas temperaturas de las altas regiones de la atmósfera, deben carecer de fundamento dichos temores, puesto que el empleo de éstos globos se va generalizando mucho, siendo de esperar que la industria, preparada ya para construirlos, los perfeccione y mejore cada día, y los expenda á precios económicos y ventajosos.

## Sistemas de practicar las ascensiones.

Los globos sondas pueden verificar su partida de dos modos distintos: flácidos ó llenos por completo de gas.

Veamos qué ventajas é inconvenientes presenta cada uno de éstos sistemas, prescindiendo, desde luego, de la economía de gas inherente al primero, economía que, si es muy digna de tenerse en cuenta cuando se trata de globos montados y por consiguiente de gran volumen, tiene escaso valor para los globos exploradores, puesto que en general son de dimensiones reducidas.

Como el objeto de las sondas aéreas no es solamente el de elevar á las altas regiones de la atmósfera que se desea explorar los aparatos registradores, sino pasearlos, por decirlo así, por el espacio, en las mejores condiciones, para que los datos registrados en los diversos puntos de la trayectoria recorrida sean suficientemente exactos y útiles, es preciso tener en cuenta varias complejas y contradictorias circunstancias, que vamos á exponer, para poder estudiar después los medios más convenientes de satisfacerlas.

Si las indicaciones de los aparatos deben ser exactas, es evidente que la velocidad de su desplazamiento vertical debe estar de acuerdo con la sensibilidad é inercia de los mismos, á fin de darles el tiempo preciso para que se acomoden á las diversas circunstancias de

presión, temperatura y humedad del medio ambiente que deben registrar.

Si sólo se hubiera de atender á esta consideración convendría, indudablemente, aceptar una velocidad vertical pequeña para poder contar con un buen coeficiente de seguridad en las indicaciones registradas; pero hay que tener también en cuenta, aún dentro del punto de vista teórico, que si los aparatos se desplazan lentamente, tanto la radiación solar, como la debida al mismo globo que constituye en el espacio un foco de calor, ejercen su acción sobre ellos y falsean mucho (en las ascensiones diurnas) las indicaciones térmicas registradas. Dos medios pueden emplearse para evitar el inconveniente señalado: elevar un pequeño ventilador con su correspondiente aparato de relojería, capaz de proporcionar á los aparatos la ventilación necesaria para contrarrestar la radiación (procedimiento costoso, delicado y que aumenta bastante el peso de la sobrecarga del globo reduciendo la altura de su zona de equilibrio) ó dotar al aerostato de la velocidad vertical conveniente para obtener análogo resultado por la ventilación que establece dicha velocidad, que es el procedimiento que en general se usa.

Para harmonizar en lo posible las condiciones indicadas, se acostumbra á emplear, con los aparatos actuales, una velocidad de partida de 3 á 4 metros por segundo, y la sensibilidad de aquéllos debe ser tal que sus indicacions resulten aceptables para valores de la velocidad doble de los señalados.

Las sondas aéreas deben elevarse, pues, con una velocidad á la partida de 3 á 4 metros por segundo, velocidad que, como pronto se verá, irá creciendo durante la mayor parte de la ascensión para asegurar una ventilación conveniente á los aparatos conforme se enrarece el aire y disminuye su densidad. Dicha densidad para un punto de presión $x$ milímetros y temperatura $\pm t^0$ viene dada por la fórmula

$$D^x_t = 0{,}359 \frac{x}{273 \pm t^0} \quad (1)$$

(1) Se obtiene esta fórmula dividiendo el peso del metro cúbico de aire á presión $x$ milímetros y temperatura $\pm t^o$, que es:

$$P^x_t = 1{,}3 \cdot \frac{x}{760} \cdot \frac{273}{273 \pm t^o}$$

por el peso del metro cúbico de aire á presión 760 milímetros y temperatura 0°, que es $P^{760}_0 = 1{,}3$ aproximadamente.

y para obtener indicaciones térmicas aceptables con el meteorógrafo de Mr. Teisserenne de Bort, es preciso que el producto de la densidad del aire (obtenida por la fórmula anterior en función de los datos registrados), por la velocidad vertical que en cada uno de dichos puntos lleve el aerostato, no sea inferior á 0,9.

Considerada la cuestión que nos ocupa desde un punto de vista práctico, existe otra razón importante para emplear una velocidad de ascensión lo mayor posible, dentro de lo que permita la sensibilidad de los aparatos y la resistencia de la envoltura, que es la siguiente: Como se pretende alcanzar grandes alturas con los globos sondas, si su velocidad vertical es pequeña, tardarán mucho tiempo en recorrer la rama ascendente de su trayectória, é iniciado el descenso en el vértice, por cualquiera de los medios que más adelante se detallan, invertirá también un tiempo no escaso en llegar á tierra, puesto que se ha comprobado repetidas veces que la velocidad media de descenso no excede de 2 á 3 metros por segundo. Si en éstas condiciones el viento es fuerte, el globo tomará tierra muy lejos del punto de suelta, aumentándose las probabilidades de perderlo, ó cuando menos, las dificultades de recobrarlo, mientras que si la velocidad de ascensión es grande, la duración del viaje aéreo y la distancia del punto de caída al de suelta serán menores, atenuándose mucho el inconveniente señalado. Veamos ahora cómo se obtiene una velocidad de ascensión determinada con un globo flácido y con un globo lleno, y en qué casos conviene emplear cada uno de éstos procedimientos de partida ó lanzamiento.

### Partida del globo flácido.

Conviene recordar que un globo flácido que posea una fuerza ascensional remanente de $F$ kilógramos, subirá con una velocidad vertical $v$ dada por la fórmula [40] de los *Apuntes de Aeronáutica*, que es

$$[40] \qquad v = \sqrt{\frac{F}{K}} = \sqrt{\frac{F}{0{,}0255 \times D^2 . \lambda}}$$

en cuya fórmula $D$ es el diámetro del globo flácido expresado en metros, y $\lambda$ la densidad del aire (suponiéndole á $0^0$ de temperatura) que en un punto de presión $x$ está medida por la relación $\frac{x}{760}$

Podemos poner la fórmula [40] bajo la siguiente forma: multiplicando los dos términos del quebrado subradical por $D$ y poniendo por $\lambda$ su valor $\frac{x}{760}$:

$$v = \sqrt{\frac{F \,.\, D}{0{,}0255 \times D^3 \,.\, \frac{x}{760}}} \qquad [40'],$$

la fuerza ascensional remanente $F$ es constante en un globo mientras permanezca flácido (es decir, hasta que se llene por completo y pase al caso de globo lleno), si se prescinde de la lluvia, nieve, humedad, etcétera, que, modificando el peso total que soporta el globo, modifican también su fuerza ascensional remanente. El denominador de la cantidad subradical es constante á cualquier altura mientras el aerostato no se llene por completo, puesto que el volumen del globo, función de $D^3$, es inversamente proporcional en cada instante á la presión $x$; por consiguiente el valor de la velocidad $v$ será constante, ó podrá considerarse como tal para trayectos verticales relativamente cortos, en los cuales la variación que experimente el diámetro del globo sea pequeña, como en general sucede en los desplazamientos verticales de los globos montados en ascensiones de escasa altura; pero dicha velocidad será variable y creciente con la altura al tratar de los grandes desplazamientos verticales de los globos exploradores.

Como el grado de flacidez de estos globos es muy grande á la partida, por convenir que permanezcan flácidos durante casi toda la ascensión, resulta sumamente difícil medir su diámetro en el momento de soltarlos para aplicar la fórmula [40']; además, aunque se conociera con exactitud dicho dato, la fórmula citada daría valores muy poco exactos en la práctica para $v$ ó $F$ por las concavidades que se forman en la parte superior de la envoltura y consiguientes variaciones en la resistencia que opone el aire al movimiento ascensional del globo, variaciones que modifican de modo muy notable la velocidad teórica de partida, proporcionando mejores resultados la fórmula [40].

De dicha fórmula deducimos:

$$F = 0{,}0255 \times D^2 \,.\, \frac{x}{760} \,.\, v^2 \qquad [12]$$

valor de la fuerza ascensional remanente necesaria para obtener una velocidad de ascención á la partida de $v$ metros por segundo, con un globo flácido, de diámetro $D$, lanzado desde un punto de presión $x$ milímetros.

Cierto que en un globo muy flácido al partir, el verdadero diámetro de la sección opuesta al viento es muy inferior al diámetro total $D$, pero en cambio aquél opone á la marcha una resistencia mucho mayor que cuando el globo está casi lleno.

### Carga de gas de un globo flácido para obtener una velocidad de salida dada.

Para que la velocidad de salida sea de $v$ metros por segundo, por ejemplo, es preciso que el globo posea al partir una fuerza ascensional remanente $F$, deducida de la fórmula [12], y la cantidad de gas que habrá que introducir en la envoltura para crear dicha fuerza ascensional remanente, la obtendremos representando por $V'$ el volumen de gas, por $a$ la fuerza ascensional del metro cúbico del mismo y por $P$ el peso total del globo (envoltura, red y aparatos) del modo siguiente:

$$V' \cdot a = F + P \qquad \text{ó} \qquad V' = \frac{F + P}{a} \qquad [13]$$

y poniendo por $F$ su valor [12]

$$V' = \frac{0{,}0255 \times D^2 \cdot \frac{x}{760} \cdot v^2}{a} \qquad [14]$$

que nos resuelve el problema. Con la carga de gas $V'$ así determinada, el globo partirá animado de la velocidad aproximada

$$v = \sqrt{\frac{F'}{0{,}0255 \times D^2 \cdot \frac{x}{760}}} \qquad [14']$$

que irá creciendo conforme aquél se eleve (por ir disminuyendo la presión $x$) hasta adquirir el valor máximo

$$v = \sqrt{\frac{F}{0{,}0255 \times D^2 \cdot \frac{x'}{760}}} \qquad [15]$$

en la zona de presión $x'$, en la cual queda el globo lleno por completo de

gas, desde cuyo instante comenzará á perder gas por el apéndice y á disminuir la velocidad de ascensión, hasta anularse al alcanzar la zona de equilibrio, iniciándose en ella el descenso por cualquiera de los procedimientos que más adelante se indican, descenso que, frenado por la resistencia que el aire presenta al movimiento de la envoltura (la cual, por su gran grado de flacidez, funciona como un paracaídas), dá, como consecuencia, que los aparatos lleguen á tierra con una velocidad en general inferior á 3 metros por segundo, sin experimentar averías, si van bien protegidos y acondicionados como en su lugar se detalla, quedando terminada la ascensión.

Como ejemplo de lo expuesto haremos aplicación á un globo sonda de 113 metros cúbicos de volumen, construído con papel japonés y lleno de hidrógeno. Admitiremos para ésta aplicación, un peso total (envoltura, red y aparatos) de 11 kilógramos y una fuerza ascensional para el metro cúbico de gas hidrógeno de 1,1 kilógramos. Suponemos también que la partida del globo se verifica en un punto de presión $x = 760$ milímetros y que la velocidad de ascensión á la salida debe ser de 3 metros por segundo, que acostumbra á ser la que en general se admite en la práctica.

Los datos para nuestro ejemplo serán:

$V = 113$ metros cúbicos, $v = 3$ metros, $D = 6$ metros,
$a = 1{,}1$ kilógramos, $P = 11$ kilógramos, $x = 760$ milímetros.

Por medio de la fórmula [12] determinaremos la fuerza ascensional remanente que debe poseer el aerostato para obtener la velocidad fijada de 3 metros y obtendremos:

$$F = 0{,}0255 \times 36 \times 9 = 8{,}27 \text{ kilógramos}$$

por exceso, valor que puesto en la fórmula [13] en unión de $P = 11$ y $a = 1{,}1$, nos dan:

$$V' = \frac{11 + 8{,}27}{1{,}1} = 17{,}51 \text{ metros cúbicos}$$

para el volumen de gas que hay que introducir en la envoltura.

Si las condiciones térmicas no variasen con la altura, tanto para el gas como para el aire, el globo se elevaría con la velocidad aproximada de 3 metros por segundo á la salida, velocidad que irá aumentando hasta

que el globo alcance la zona en que queda lleno por completo. La altura de esta zona la calcularemos por la ley de Mariotte, estableciendo la relación

$$[16] \qquad x' \times 113 = 760 \times 17{,}51$$

en la que $x'$ es la presión correspondiente á la zona que buscamos, de cuya relación deducimos:

$$\frac{760}{x'} = \frac{113}{17{,}51} = 6{,}45$$

y tomando logaritmos

$$\log \frac{760}{x'} = \log 6{,}45 = 0{,}8096,$$

valor que substituído en la fórmula de Halley nos dá para el de la altura aproximada de la zona que buscamos, suponiendo de $0^0$ la temperatura media del aire:

$$h = 18400 \times 0{,}8096 = 14896 \text{ metros.}$$

De la relación [16] deducimos también

$$\frac{x'}{760} = \frac{17{,}51}{113} = 0{,}154$$

que substituído en la fórmula [15] relativa á la velocidad máxima, nos da para nuestra sonda, reemplazando también $F = 8{,}27$ y $D = 6$,

$$\text{velocidad máxima} = \sqrt{\frac{8{,}27}{0{,}0255 \times 36 \times 0{,}154}} = \sqrt{58{,}65} = 7^{m},65,$$

que, como se ve, es casi doble de la de partida.

La altura máxima teórica que en las hipótesis que hemos admitido alcanzará el globo cuya trayectoria estudiamos, la determinaremos formando el valor del cociente $\frac{V \cdot a}{P}$, que para nuestro ejemplo es:

$$\frac{V \cdot a}{P} = \frac{113 \times 1{,}1}{11} = 7{,}09$$

cuyo logaritmo 0,8506 substituído en la fórmula [3] nos proporciona

$$\text{altura máxima alcanzada} = h = 18400 \cdot \log \frac{V \cdot a}{P} = 18400 \times 0{,}8506 =$$
$$= 15650 \text{ metros.}$$

En resumen: el globo partirá con la velocidad aproximada de 3 me-

tros, que irá aumentando progresivamente (prescindiendo de las componentes verticales ascendentes ó descendentes del viento y de los precipitados acuosos) hasta que el globo quede lleno por completo al alcanzar la altura de 14896 metros sobre el nivel del mar, yendo en este momento animado de la velocidad vertical máxima de $7^m,65$, la cual comenzará á decrecer hasta anularse cuando el aerostato alcance su altura teórica de equilibrio situada á 15650 metros sobre el mar y á 754 metros sobre la zona en que quedó lleno por completo.

Para tener *a priori* una idea, siquiera sea poco aproximada, del tiempo total que invertirá el globo en recorrer su trayectoria, se procederá del modo siguiente: Representemos por $T$ el tiempo total transcurrido desde que el globo parte hasta que toma tierra; por $t$, el que tarda en alcanzar la zona en que queda lleno por completo; por $t'$, el que invierte en pasar de dicha zona á la de equilibrio ó altura máxima, y por $t''$ el que emplea en el descenso, de modo que tendremos:

$$T = t + t' + t''.$$

En general se admite para este cálculo aproximado, que la velocidad de partida se conserva constante hasta que el globo queda lleno por completo y que la de descenso es también igual á la anterior, ó sea, para nuestro ejemplo, de 3 metros por segundo, con lo cual se compensan en parte los dos errores cometidos; por consiguiente se tendrá:

$$t = \frac{14896}{3} = 4965'' \qquad t' = \frac{15650}{3} = 5183'' \qquad \textbf{[a]}$$

Para salvar el globo lleno los 754 metros que separan su zona de equilibrio de aquélla en que quedó lleno por completo, recuérdese que aquél tarda en recorrer un espacio vertical dado, doble tiempo del que invertiría en salvarlo flácido y animado de la misma velocidad inicial; y como en este caso invertiría un tiempo igual á $\frac{754}{7,5} = 100''$ próximamente, el buscado $t'$ será:

$$t' = 200'' \qquad \textbf{[b]}.$$

Substituyendo los valores [a] y [b] en el del tiempo total $T$ hallaremos:

$$T = 10348'' = 2^h\, 52'\, 28''$$

Procediendo del modo dicho se obtendrá, en general, con gran exceso, el tiempo buscado.

### Inconvenientes del globo flácido.

En caso de lluvia, niebla ó nieve, el peso del globo puede sufrir aumentos considerables superiores al valor de la fuerza ascensional remanente de que vaya animado, y si ésto llega á ocurrir, el globo descenderá rápidamente á tierra, resultando inútil la ascensión y peligrando los aparatos en la caída. Basta observar la figura 3, fotografía tomada á la partida de un globo sonda flácido, el *Aerophile I*, para comprender que en caso de lluvia ó nieve el peso de la que se depositaría en la gran concavidad formada en la parte superior del aerostato, le precipitaría á tierra.

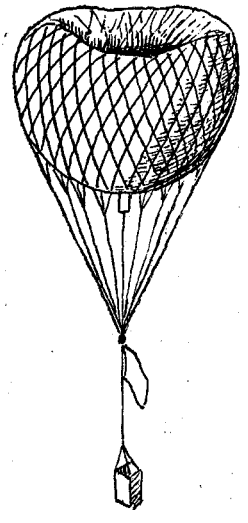


*Fig. 3.*

Además del grave inconveniente que acabamos de indicar, presenta el globo flácido otro de mucha importancia, que es el siguiente: en días de viento fuerte y arrachado, la envoltura de un globo en estas condiciones, aun después de estar libre, ofrece, á causa de su extremado grado de flacidez, grandes concavidades, en las que hacen presa las rachas de viento, originando presiones interiores y las consiguientes tensiones en la envoltura, muy superiores á las que, en iguales circunstancias, soportaría aquélla si el globo estuviera lleno por completo de gas, y como éstos globos se construyen con materiales muy ligeros, y por consiguiente de escasa resistencia, corren grave peligro de ser desgarrados, peligro mucho mayor todavía durante los momentos que el globo permanece cautivo mientras se le equipa y preparan los aparatos registradores.

Los dos inconvenientes señalados, reducen los casos en que debe emplearse el globo flácido, limitándolos á los días de poco viento y despejados, en los cuales no sea de temer sobrevenga niebla, lluvia ó viento. En cuanto al primer inconveniente, puede desaparecer, en parte, estableciendo una pequeña fuga sistemática de gas que haga perder al globo 1

ó 2 kilógramos de su fuerza ascensional remanente durante el tiempo que se calcule tardará en alcanzar su zona de equilibrio.

Claro que éste procedimiento hará que disminuya algo la altura de dicha zona, así como la correspondiente al punto en que queda lleno por completo de gas; pero, en cambio, se aprovecha la fuga mencionada para iniciar el descenso á tierra del globo.

Es, desde luego, evidente, que para regular teóricamente la velocidad vertical del globo, la fuga sistemática de gas de que hemos hablado, no debería ser constante, sino variable y dependiente de la presión atmosférica, y por consiguiente, de la altura que en cada momento ocupe el globo, puesto que la variación de presión es la que origina la variación de velocidad; es decir, que la fuga debiera ser tal, que disminuyera $F$ lo mismo que disminuye $x$ para que la cantidad subradical del valor $v$ permaneciera constante á cualquier altura; pero no tenemos noticia de que, hasta la fecha, exista ni se emplee ningún procedimiento que tenga en cuenta la circunstancia que acabamos de señalar, ni sería conveniente el emplearlo, pues cuanto más enrarecido está el aire mayor debe ser la velocidad de ascensión para conservar la ventilación conveniente.

### Partida del globo lleno por completo.

Al estudiar en la tantas veces citada memoria *Apuntes de Aeronáutica* los desplazamientos verticales de un globo lleno, se demostró que la velocidad ascensional es variable y decreciente desde el instante en que queda libre hasta el momento en que se anula al alcanzar aquél su zona de equilibrio.

Conviene recordar también que, la velocidad inicial ó *máxima*, es igual á la que llevaría el mismo globo partiendo flácido animado de una fuerza ascensional remanente igual á la del globo lleno por completo, y, por lo tanto, representándola por $v$ vendrá dada por la misma fórmula:

$$v = \sqrt{\frac{F}{0{,}0255 \,.\, D^2 \,.\, \frac{x}{760}}} \qquad [14'].$$

Si el globo del ejemplo desarrollado al tratar de la partida del globo flácido hubiera partido lleno por completo de gas, alcanzaría igual zona de equilibrio que la allí deducida, puesto que al llegar á la altura de

14896 metros, en la que el globo flácido quedó lleno por completo, ambos están exactamente en las mismas condiciones.

La única diferencia estriba en que si sale lleno por completo (sin llevar el saco deslastrador, del que hablaremos enseguida), la velocidad de partida ó máxima puede resultar muy exagerada. En efecto, la fuerza ascensional remanente á la salida $F = V \cdot a - P$, sería para dicho globo:

$$F = 113 \text{ kilógramos} \times 1{,}1 \text{ kilógramos} - 11 \text{ kilógramos} = 124{,}3 \text{ kilógramos} - 11 \text{ kilógramos} = 113{,}3 \text{ kilógramos},$$

valor que, puesto en la fórmula [14'], dá, para el de la velocidad de salida,

$$v = \sqrt{\frac{113{,}3}{0{,}0255 \times 36}} = 11 \text{ metros por defecto},$$

valor exagerado para el buen funcionamiento de los aparatos y que origina un trabajo enorme á la envoltura del aerostato, la cual sería destrozada por crecer con el cuadrado de la velocidad la resistencia que el aire opone al movimiento, siendo muy numerosos los accidentes debidos á esta causa, ocurridos en el lanzamiento de los globos sondas.

Aun descartando ese peligro, la exagerada velocidad de partida disminuye con la ascensión, y puede resultar deficiente para la buena ventilación de los aparatos en una gran parte de la rama ascendente de la trayectoria, con la circunstancia agravante de que disminuye la ventilación y la exactitud de las indicaciones registradas, precisamente en las grandes alturas que se desean explorar con éste género de globos.

Esto nos demuestra claramente, que desde el punto de vista de la velocidad ascensional, el globo lleno por completo resulta muy inferior al globo flácido; pero como, en cambio, no presenta los inconvenientes de que aquél adolece, y el relativo á la velocidad puede remediarse en gran parte, como vamos á ver, es el procedimiento que generalmente se emplea.

Para regular la velocidad de salida de un globo lleno por completo de gas, se han utilizado varios procedimientos, que reseñaremos sólo á título de curiosidad, pues además de desconocer los resultados obtenidos, no parece que hoy día se empleen en el lanzamiento de las sondas aéreas. Los Sres. Hermite y Besançon, que fueron los primeros en ensayar

prácticamente los globos sondas en París el año 1892, han utilizado algunas veces (según dicen, con buen éxito) en la inflación de alguno de sus aerostatos, un procedimiento mixto, que consiste en inyectar en la envoltura la cantidad de hidrógeno puro indispensable para que el globo quede lleno por completo á gran altura, y completar la carga con gas del alumbrado.

Los dos gases se mezclan muy poco, quedando en la parte inferior del aerostato, el más denso, el gas del alumbrado, que es expulsado por el apéndice conforme se dilata la masa gaseosa al subir el globo. Claro está que disminuyendo mucho la fuerza ascensional total del gas, disminuye la ascensional remanente, y por lo tanto la velocidad de partida; pero con ésto no se evita el que aquélla sea muy pequeña para obtener una buena ventilación de los aparatos en la parte más interesante de la trayectória. Inspirado en análoga idea, propuso Mr. Ricardo Assmann en el Congreso de Aerostación celebrado en París el año 1900, el empleo de un globo especial de unos 65 metros cúbicos: dicho globo tenía un doble forro en su hemisferio superior; entre ambas envolturas, y por un apéndice conveniente, introducía la cantidad de gas necesaria para obtener una fuerza ascensional determinada y el globo interior lo llenaba por completo de aire; una y otra cámara llevaban las válvulas automáticas convenientes para poder dar salida al aire y al gas durante la ascensión, abriéndose á menor presión la destinada á dar salida al aire, que era el primeramente expulsado, y abriéndose la correspondiente á la cámara de gas, cuando aquél ocupaba el volumen total y llenaba el globo por completo. Practicada una ascensión con dicho aerostato, no funcionaron los aparatos registradores, y no pudo, por consiguiente, conocerse la altura de equilibrio del mismo.

Desde luego, se comprende que subsiste el inconveniente relativo á las pequeñas velocidades en las altas regiones, aumentado ó agravado con el mayor peso propio de la envoltura, tanto por la cantidad de tela necesaria para obtener el doble forro del hemisferio superior, como por el correspondiente á las válvulas para dar salida al gas y al aire, elementos además muy delicados y difíciles de graduar para que funcionen en la forma conveniente.

El procedimiento más usado en la actualidad para regular la veloci-

dad de partida de un globo lleno, consiste en graduar la fuerza ascensional remanente, y así como en el globo flácido obtuvimos el resultado propuesto, calculando la cantidad de gas que debía introducirse en la envoltura, para modificar la fuerza ascensional remanente del globo lleno, calcularemos la cantidad con que se debe *lastrar*, para que la velocidad de partida sea la que se determine.

Refiriéndonos al globo de nuestro ejemplo (ahora supuesto lleno por completo de gas), si queremos obtener una velocidad de partida de 4 metros por segundo, substituiremos dicho valor de $v$ unido á los de $D = 6$ metros y $x = 760$ milímetros en la fórmula [12], obteniendo:

$$F = 0{,}0255 \times 36 \times 16 = 14{,}70 \text{ kilógramos por exceso,}$$

que, en unión de

$$V = 113 \text{ metros cúbicos,} \quad a = 1{,}1 \text{ kilógramo,} \quad P = 11,$$

nos transforman la fórmula

$$V \,.\, a = P + F + p',$$

en la cual $p'$ es el peso del lastre necesario para que la fuerza ascensional remanente sea $F$, en

$$123{,}3 = 11 + 14{,}7 + p',$$

deduciendo de ella

$$p' = 97{,}60 \text{ kilógramos,}$$

que es el lastre que debe elevar á la partida. Para que la velocidad se mantenga dentro de los límites convenientes para asegurar una buena ventilación, es preciso que el globo se vaya deslastrando automáticamente, conforme al elevarse disminuye su fuerza ascensional total, y por lo tanto la remanente, resultado que se obtiene de un modo aproximado en la práctica, dotando al recipiente ó al saco que para contener el lastre se utilice, de una pequeña abertura por la que escape el lastre de un modo contínuo, graduando su gasto de tal manera, que al alcanzar el globo la zona de equilibrio no soporte más peso que el de la envoltura y aparatos.

Provisto el globo lleno de un deslastrador automático, se evitan todos los inconvenientes señalados para el globo flácido y es el sistema generalmente seguido. En las conferencias celebradas en 1898 en Stras-

burgo por la Comisión internacional aeronáutica, se acordó que era necesario el empleo de un deslastrador automático para el lanzamiento de los globos sondas. En ellas se presentaron y describieron varios sistemas de éstos aparatos, siendo dignos de mención, el debido á Mr. Cailletet, en el cual el lastre está constituído por agua alcoholizada; otro, presentado por Mr. Berson (también de agua), empleado en Berlín, y el inventado por Mr. Hergesell, que emplea como lastre limaduras finas de hierro para reducir el volumen del recipiente ó saco deslastrador. Los señores Hermite y Besançon oponen reparos al empleo de éste procedimiento, pues á su juicio, todos los aparatos deslastradores embarazan y dificultan la maniobra de la partida del globo, y caso de admitirlos, proponen que estén construídos de tal modo, que no comiencen á funcionar hasta que el globo adquiera cierta altura y esté ya libre.

Realmente parece que la idea de dichos señores es práctica y conveniente, puesto que tiende á facilitar la maniobra de la partida, que es siempre delicada; pero no tenemos noticia de que se empleen aparatos deslastradores que satisfagan á la condición expuesta. Al tratar de los aparatos que se usan en la actualidad, describiremos con detalle el saco deslastrador empleado por Mr. Teisserenne de Bort, director, como ya se ha dicho, del Observatorio Meteorológico de Trappes (Francia) y autor de los aparatos registradores declarados reglamentarios para las ascensiones internacionales en el Congreso celebrado en París el año 1900, decisión tomada con objeto de que los resultados en éllas obtenidos, fueran comparables.

### Partida de los globos de goma.

Antes de terminar la partida de un globo sonda, conviene examinar las ventajas que, indudablemente, presentan los nuevos globos de goma debidos á Mr. Ricardo Assmann, director del Observatorio Meteorológico de Tegel (Berlín), cuyo empleo va generalizándose mucho en otras naciones, y muy particularmente en Rusia. Al exponer su nuevo aerostato ante el Congreso Internacional celebrado en Berlín el año 1902, hizo notar, Mr. Assmann, el inconveniente (que ya hemos indicado, así como el modo de remediarlo con el saco deslastrador), de los globos sondas de papel ó seda comunicando con la atmósfera por el apéndice. En

cambio los globos cerrados, de envoltura elástica, gozan de todas las propiedades del globo flácido sin adolecer de los inconvenientes que para éstos señalamos y sin necesitar el deslastrador automático, que exigen los globos llenos por completo y abiertos libremente á la atmósfera.

La elasticidad de la envoltura, permite que la masa gaseosa pueda dilatarse al disminuir la presión conforme aumenta la altura, como si el globo estuviera flácido, y al mismo tiempo dicha envoltura presenta una superficie exterior uniforme y convexa, sin que se produzcan en ella las peligrosas concavidades inherentes al globo flácido. Inyectando en éstos globos la cantidad de gas precisa para crear la fuerza ascensional remanente necesaria para obtener la velocidad de partida que se desee (fuerza que se calculará, como se indicó para el globo flácido), irá creciendo aquélla hasta el momento en que estalle la envoltura. Si en un globo de éste género se practica una pequeña picadura, se obtendrá, como en el globo flácido, un medio de regular la velocidad ascensional, con la circunstancia favorable de que, creciendo el volumen del aerostato, al disminuir la presión, y dilatándose la envoltura al aumentar aquél, aumentará también la sección de la picadura, y la fuga de gas, que en lugar de ser constante estará en cierto modo ligada con la presión atmosférica, obteniéndose una velocidad ascensional más constante. La cantidad de gas que se acostumbra á inyectar en estos aerostatos varía entre 1 y 5 metros cúbicos: su red es sumamente ligera y los aparatos registradores que elevan, de un peso exageradamente reducido. El peso de la envoltura oscila entre 380 y 800 gramos. El pequeño volumen de los globos sondas de goma y la escasa cantidad de gas que exigen, constituyen ventajas no despreciables, tanto desde el punto de vista económico, como para la facilidad de su manejo y lanzamiento. Cuando el peso de los aparatos que hay que elevar es excesivo para un sólo globo, acostumbran á emplear los alemanes, dos de éstos aerostatos enlazados en *tandem*, obteniendo con éste sistema muy buenos resultados.

Uno de éstos globos, obtenido por la inmersión de un molde en una disolución de caucho, se llenó de aire hasta adquirir un volumen igual á 68 veces el volumen primitivo.

Los precios de dichos globos no son exagerados, y si los extra-ligeros aparatos registradores que constituyen su equipo, proporcionan indica-

ciones aceptables, parece indudable que están destinados á prestar muy buenos resultados prácticos.

## Medios de producir el descenso del globo.

Tanto para evitar las ascensiones de larga duración, en las cuales, como ya se ha dicho, se corre mayor peligro de perder el globo ó por lo menos el de dificultar su hallazgo, como para que los aparatos registradores tengan la ventilación necesaria en todos los puntos de la trayectoria recorrida y resulte aceptable la curva termométrica registrada, conviene que apenas alcance el globo su zona de equilibrio, se inicie el descenso á tierra.

El procedimiento (ya indicado en otro lugar) que para obtener el resultado anterior propone el coronel Renard, consiste en practicar un pequeño agujero en la envoltura del aerostato, mediante el cual se establece una fuga de gas, fuga que se traduce en una disminución progresiva en la fuerza ascensional remanente de la sonda aérea, disminuyendo también la altura de su zona de equilibrio.

Al alcanzar el globo dicha zona, la fuerza ascensional del gas contenido es igual al peso total que el globo soporta; pero como la fuga de gas subsiste, disminuye el valor de la mencionada fuerza, y dominando el peso, el aerostato comenzará su descenso.

El sistema no puede ser más sencillo y parece que en la práctica ha dado los buenos resultados que se pretendían.

En los casos en que se pueda emplear el globo flácido, se ha seguido algunas veces, para obtener su descenso, el procedimiento de ligar su apéndice de inflación antes de soltarlos, con lo cual, al quedar llenos por completo de gas, se originarán presiones interiores cada vez mayores, que darán lugar á tensiones crecientes en la envoltura hasta que ésta se desgarre y descienda el aerostato; pero como dicha envoltura puede quedar tan destrozada que resulte inútil para desempeñar su papel de paracaídas en el descenso, consideramos algo arriesgado el medio indicado, á no ser que se disponga de un paracaídas auxiliar que forme parte de la red, como acontece con los globos de goma alemanes, si bien ésto supone un aumento en el peso propio del globo, dando, además, lugar á compli-

caciones, por cuya razón consideramos el sistema poco práctico y conveniente.

Con objeto de abreviar la duración del viaje aéreo de los globos sondas, y teniendo en cuenta que las indicaciones útiles registradas, son las correspondientes á las ramas ascendente y descente de la trayectoria, propuso el Dr. Hergesell, en el Congreso de Aerostación científica reunido en París en 1900, el empleo de una pequeña banda de desgarre, pegada con caucho líquido por la parte interior del globo sobre los bordes de una abertura practicada en el hemisferio superior de la envoltura. Del extremo superior de la banda parte una cuerdecita, que, á través del apéndice, sale al exterior del globo y termina en un peso unido á un gancho automático, el cual, por el intermedio de un aparato de relojería, se abre y zafa el peso, al transcurrir un tiempo de antemano calculado; al actuar el peso mencionado sobre la cuerda, despega la pequeña banda de desgarre y descubre la abertura, por la que escapa el gas, originándose el descenso del aerostato sin que la envoltura quede destrozada y sin exigir el empleo de paracaídas auxiliar.

Considero poco práctico el sistema que propuso el Dr. Hergesell por varias razones: 1.ª, porque en muchas ascensiones se han visto los inconvenientes de los aparatos de relojería, no sólo por lo delicados que en general resultan, sino porque sometidos á las bajas temperaturas que deben soportar en las altas regiones, han dejado de funcionar, sea por haberse helado el lubrificante empleado, sea porque dichas temperaturas dan lugar á grandes contracciones en los diversos órganos metálicos que forman el aparato, contracciones que originan compresiones y rozamientos que dificultan unas veces, ó imposibilitan otras, el movimiento; 2.ª, aun suponiendo que se disponga de un aparato perfeccionado que no adolezca de los inconvenientes señalados, juzgo muy difícil (dado lo variable de la velocidad ascensional de estos aerostatos y las numerosas causas accidentales que sobre ella pueden influir, así como los grandes errores conque *a priori* se obtiene la altura máxima teórica de ascensión), el calcular con la aproximación necesaria el tiempo que invertirá en recorrer la rama ascendente de la trayectoria para graduar, de acuerdo con éste dato, el aparato de relojería, y que desembrague el contrapeso motor de la banda de desgarre en el momento preciso de alcanzar

la sonda aérea su zona de equilibrio. Los errores que en la apreciación del tiempo y en la graduación del aparato se cometan, producirán, ó un desgarre y un descenso prematuro que impedirá sacar de la ascensión todo el fruto debido, ó un descenso tardío, y el sistema perderá gran parte de su eficacia. Creo que únicamente un estudio detenido de los resultados obtenidos en muchas ascensiones, puede suministrar las indicaciones necesarias para utilizar, con un globo dado, el procedimiento que el Dr. Hergesell recomendó, antes de emplear los globos de caucho.

El aparato de relojería que en el instante calculado desembraga el contrapeso motor, pudiera quizás suplirse con ventaja, y no dificilmente, por un aparato en el cual el motor que produce el desembrague fuera la presión atmosférica.

Cierto que aún así, subsistirá la dificultad de no saber con precisión *a priori* la altura de la zona de equilibrio y la presión correspondiente á dicha zona para regular el aparato; pero á mi juicio, el error que en la apreciación de la presión se cometa, será menor que empleando el procedimiento Hergesell, puesto que en el dato *tiempo* que aquél exige, influyen no solamente las deficiencias de la teoría, sino las grandes variaciones que puede sufrir la velocidad ascensional del globo, tanto por las corrientes aéreas ascendentes ó descendentes que pueden modificar su valor teórico, como por el efecto que sobre élla tienen las sobrecargas accidentales que el globo puede experimentar durante la ascensión, causas que no tienen influencia en el sistema que acabo de mencionar, puesto que en nada influye el tiempo y las variaciones de la velocidad. Sin haber hecho un estudio detenido del procedimiento que indico, y sólo para dar una idea del mismo, creo que pudiera consistir en una disposición semejante á la representada esquemáticamente en la figura 4.

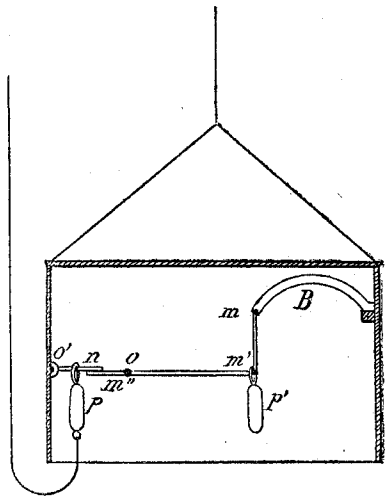


*Fig. 4.*

En el interior de una ligera caja, y fija á la cara superior, va la cá-

mara barométrica *B*, cuya varilla *m m'* se articula al extremo derecho de la palanca *m' o m''*, cuyo eje de giro es el *o*. Sobre el extremo izquierdo *m''* de esta palanca apoya la pieza *o' n*, que gira alrededor del eje *o'*, unido á la caja, en cuya pieza se engancha una anilla del contrapeso *p*. Para que éste no ejerza acción ninguna sobre la cámara barométrica por el intermedio de la palanca *m'' m'* y varilla *m m'*, esta última lleva el peso *p'* que equilibra el efecto de aquél (*). Al disminuir la presión atmosférica cuando el globo sube, el extremo *m* de la cámara barométrica se eleva, y por el intermedio de la varilla *m m'* actúa sobre la palanca *m' m''*, elevándose el punto *m'*, y descendiendo el *m''* hasta que llegue un momento en el que la pieza *o' n* resbale y caiga falta de apoyo, dejando caer el peso *p* y despegándose la banda de desgarre. La pieza *o' n* debe estar compuesta de otras dos á corredera para graduar su longitud total, y por consiguiente su solape sobre el brazo *o m''* de la palanca, á fin de que se zafe cuando la presión atmosférica alcance el valor deseado.

Para graduar dicho solape hay que proceder por tanteos, utilizando una máquina pneumática bajo cuya campana se colocará el aparato, haciendo el grado de vacío necesario para obtener la presión deseada, y variando el solape y repitiendo la experiencia, hasta conseguir el resultado que se pretende. Es evidente que á cada valor del solape corresponderá un valor para la presión que origina el desembrague de la pieza *o' n*. La máquina pneumática es elemento indispensable en todo observatorio meteorológico que se ocupe en el lanzamiento de globos sondas, para comprobar el estado de los barómetros registradores después de cada viaje, y es, por consiguiente, fácil el emplearla para la aplicación que propongo.

Mr. Teisserenc de Bort indica, para producir el descenso de los globos sondas de papel que en general emplea, el siguiente medio, muy semejante al propuesto por el Dr. Hergesell.

Al apéndice del globo (fig. 5) se unen dos cuerdas, la *A a* y la *B b*, y á un gancho *g* de alambre clavado en la envoltura la cuerda de desgarre *d*.

El peso destinado á producir tracción sobre esta última en el momento deseado (para que el gancho *g* descienda una cierta cantidad y rasgue en parte la envoltura), consiste en un pequeño relój despertador

(*) El volúmen del peso *p'* ha de ser igual al del peso *p*, para que el equilibrio de la palanca *m'' o m'* subsista á cualquier altura.

*D* al que se unen los extremos *a* y *d* de las cuerdas que la figura indica, mientras que la gaza en que termina la *B b* se engancha á una pequeña aguja-fiador, de que va provisto el despertador citado y movida por él.

La longitud de las cuerdas está calculada de modo que el peso del despertador actúe únicamente sobre la *B b* y que al zafarse de la aguja-fiador la gaza terminal de ésta entre en tensión la cuerda de desgarre, soportando por fin dicho peso la cuerda de seguridad *A a*, cuando el gancho *g* ha descendido la cantidad que se desee.

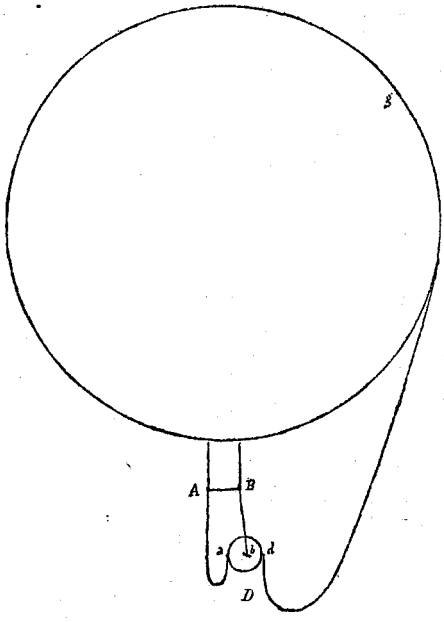


*Fig. 5.*

Este sistema exige, como el del Dr. Hergesell, el conocimiento del tiempo que tardará el aerostato en alcanzar su zona de equilibrio, para que, conocido dicho dato, se coloque la aguja-fiador en la posición conveniente y se obtenga el desembrague en el instante calculado. Adolece, pues, de los inconvenientes que ya mencionamos, por cuya razón le considero de muy poca utilidad práctica. Por último, en los globos de goma, el descenso se obtiene al desgarrarse la envoltura, como ya se dijo en otro lugar, funcionando la red como paracaídas para que no se destrocen los aparatos registradores al chocar en tierra.

## Ligera reseña histórica de los globos sondas.

En Francia.—Parece ser que la idea de emplear globos no montados para practicar investigaciones científicas en las altas regiones es tan antigua como la aerostación, y que fué expuesta por vez primera, poco después del descubrimiento de los hermanos Montgolfier, por un miembro de la Academia de Ciencias de Copenhague.

Muchos de los autores que se han ocupado en diversas épocas de las

aplicaciones aerostáticas, mencionan dicha idea en sus trabajos; pero es lo cierto, que á pesar de ser tan antigua y de la importancia que su aplicación podría reportar á los estudios y experiencias científicas que utilizando globos montados venían haciéndose, no llegó á emplearse prácticamente hasta el año 1892, siendo los primeros en ensayarla, prévios dos años de estudios y experiencias, los Sres. Hermite y Besançon, de París.

Después de realizar dichos señores varios ensayos con resultado negativo, unas veces por haberse desgarrado las ligeras envolturas de papel ordinario de periódicos impermeabilizado con petróleo que para construir sus primeros aerostatos emplearon, otras por haberse perdido éstos y algunas porque la lluvia los precipitó á tierra en el momento de la partida, practicaron el lanzamiento de un pequeño globo de baudruche, de 90 centímetros de diámetro, el 11 de octubre de 1902.

Este globo elevó un pequeño aparato registrador muy ligero, de 150 gramos de peso, y fué encontrado y recogido á unos 75 kilómetros de París. El aparato registrador acusó una altura máxima alcanzada de 1.200 metros, y ésta fué la primera ascensión de globo registrador, hecha con resultado satisfactorio, éxito que animó en sus trabajos á los citados señores, los cuales los prosiguieron con verdadero entusiasmo realizando repetidos lanzamientos de globos sondas y gran número de útiles y curiosos ensayos relativos á las envoltuaas más convenientes, á los aparatos registradores y á los diversos sistemas de lanzamiento.

El 21 de marzo de 1903 soltaron el globo de baudruche *Aerosphile I*, de 113 metros cúbicos de volumen. El peso de la envoltura con su red, era de 12 kilógramos y de 6 kilógramos el de los aparatos con cestilla protectora, y 600 tarjetas destinadas á conocer, por los puntos en que fueran recogidas, la proyección horizontal de la trayectoria seguida por el globo. Estas tarjetas, que iban cayendo de la cestilla del globo en períodos de tiempo dados, contenían un pequeño cuestionario que debían contestar las personas que las recogieran, remitiendo dichas contestaciones á los Sres. Hermite y Besançon; pero en vista de que el resultado no correspondió al objeto que se proponían, por lo mucho que se diseminaron al caer desde alturas considerables, se suprimieron en las ascensiones sucesivas. El globo iba provisto de un tarjetón en el que se detallaban las instrucciones necesarias para las personas que lo recogie-

ran, la promesa de una buena recompensa y la súplica de telegrafiar á París el hallazgo del globo, todo éllo escrito en varios idiomas para facilitar el objeto que se proponían.

Con objeto de disminuir el peso muerto de los aparatos registradores, utilizaron, por primera vez, un sólo cilindro registrador para todos éllos, movido por un solo aparato de relojería, procedimiento que han seguido desde entonces todos los constructores y que no sólo satisface al fin propuesto, sino que ofrece la gran ventaja de que, siendo uno sólo el aparato de relojería, se evitan los errores debidos á falta de sincronismo.

El *Aerophile I* partió lleno de gas del alumbrado (por estar en mal estado los generadores de hidrógeno de que se disponía) y al día siguiente se recibió en París el esperado aviso telegráfico anunciando que había descendido en Chanvores.

Recogidos los aparatos registradores y estudiados los diagramas obtenidos, se comprobó que la altura máxima alcanzada por el globo había sido de 15.000 metros y de — 51° centígrados la temperatura mínima en élla registrada.

Dicha altura máxima resultó (como en otro lugar queda dicho) muy superior á la que, teóricamente, habían calculado, efecto debido á la gran energía de la radiación solar en las altas regiones de la atmósfera y á la falta de convección.

Poco después de obtener tan satisfactorio resultado, construyeron los mismos señores otro globo, también de baudruche, pero de 182 metros cúbicos, con el que consiguieron alcanzar una altura máxima de 15.500 metros, registrando — 70° centígrados de temperatura mínima.

En los aparatos registradores, introdujeron varias útiles modificaciones, consistentes en reemplazar las plumas, cuya tinta especial se había congelado en algunas ascensiones, por estiletes, y las hojas de papel destinadas á recibir la impresión de las plumas, por otras ennegrecidas con humo, sobre el que dichos estiletes dibujan las correspondientes curvas, y la de disponer un cilindro metálico muy ligero, envolviendo el cilindro móvil (sobre el cual se coloca la hoja ennegrecida), cubierta protectora provista de las ranuras, en arco de círculo, convenientes, para dar paso á los estiletes, con cuya precaución queda la hoja gráfica perfecta-

mente protegida y no se deteriora (como se ha comprobado repetidas veces) aunque exista arrastre en los descensos.

Conviene también citar, por el importante resultado obtenido que vino á corrobar las ideas que ya se han expuesto en otro lugar, la ascensión hecha el 5 de agosto de 1896, en la que, por vez primera, se dispuso un termógrafo en el interior del globo sonda para medir la temperatura del gas, comprobándose por éste medio una diferencia máxima entre las temperaturas del gas y del aire de más de 60° centígrados.

También creemos oportuno llamar la atención sobre el viaje del globo sonda *Aerophile núm. 3*, de los Sres. Hermite y Besançón, ascensión practicada en París el 24 de marzo de 1899 y de la que se esperaban grandes resultados por emplearse un aerostato de 450 metros cúbicos, volumen mucho mayor que el de los hasta entonces usados. La envoltura del globo era de seda barnizada, y por acuerdo de la Comisión de Aerostación científica, el aerostato debía llenarse al $\frac{1}{3}$ (150 metros cúbicos) con gas hidrógeno; es, pues, un ejemplo de globo flácido á la partida. El resultado de esta ascensión fué deplorable, pues al llegar la sonda aérea á una altura de 4.000 metros cayó desgarrada en innumerables fragmentos en Begneux (Sena).

Tratando de explicar el accidente se emitieron varias hipótesis, que á continuación reseñamos:

1.ª Trataron de explicar la explosión de la envoltura por la gran velocidad de salida del aerostato y por la enorme resistencia que el aire opone al movimiento, inconveniente gravísimo que ya señalamos al estudiar la partida del globo flácido.

2.ª El efecto de las bajas temperaturas sobre el barniz de la envoltura, efecto que dá como resultado que éste se congele y haga sumamente quebradizo, circunstancia que impide se extiendan los pliegues de la envoltura y puede originar la explosión de ésta antes de que el globo adquiera la forma esférica.

3.ª Una mala colocación de la red, que no permita las dilataciones de la envoltura.

El gran número de fragmentos en que quedó rota la tela y lo irregular de sus formas, hicieron creer en la intervención de la hipótesis se-

gunda para explicar el accidente; pero si así fuera, el hecho constituiría una prueba palmaria de las malas condiciones de las telas barnizadas para ser empleadas, no solamente en la construcción de globos sondas, sino en la de los globos montados destinados á practicar ascensiones de altura. No es fácil decidir cuál fué la causa originaria del accidente, y quizás todas ellas contribuyeron más ó menos directamente para producirlo, pues ni la velocidad de salida, de unos 8 metros por segundo, basta para explicarla, ni la temperatura mínima registrada, de — 33° centígrados, es inferior á otras soportadas por globos barnizados sin experimentar avería ninguna.

Los aparatos registradores quedaron destrozados en la caída, pero los diagramas, que resultaron aprovechables, acusaron la altura y temperatura que se han indicado. La ascensión duró diecisiete minutos, invirtiendo trece minutos en la subida y cuatro minutos en el descenso, que fué rapidísimo.

Antes de terminar con los valiosísimos trabajos realizados por los Sres. Hermite y Besançon, debemos mencionar un hecho notable por éllos indicado como consecuencia de las muchas ascensiones que llevan realizadas, hecho sancionado por la práctica de un modo casi constante y que tiene verdadera importancia; el hecho es el siguiente: el punto de caída ó descenso de un globo sonda (sobre todo si ha alcanzado una altura de equilibrio superior á 10.000 metros) está situado al Oriente del punto de suelta, es decir, en el 1.° ó en el 2.° cuadrante correspondiente á éste último punto, pero jamás al O.

El notable hecho citado, demuestra que la alta atmósfera que nos rodea obedece invariablemente á una corriente aérea derivada de la rotación de la tierra y permite establecer, como regla, que no se hagan sueltas de globos sondas en puntos próximos á las costas si éstas quedan al E., por la casi seguridad de perder los globos en el mar, pero sí pueden hacerse en puntos próximos á las costas occidentales de una nación. Los Sres. Besançon y Hermite prosiguen en la actualidad sus trabajos y estudios sobre sondas aéreas y aparatos registradores, perseverando en su fecunda labor.

Además de los señores citados y del coronel Renard, autor de un precioso trabajo relativo á globos sondas, se dedica de lleno al empleo y

perfeccionamiento de dichos aerostatos y de cuantos elementos son necesarios para su aplicación científica, el distinguido físico francés Mr. Teisserenc de Bort, director del Observatorio de Meteorología dinámica de Trappes (París), del de Itteville (París), y, según tenemos entendido, de otro Observatorio meteorológico instalado recientemente en Dinamarca. Dicho señor ha inventado varios aparatos registradores declarados reglamentarios para las ascensiones internacionales con globos sondas por el Congreso de Aerostación celebrado en París el año 1900. Discutidos ámpliamente en dicho Congreso los defectos de los aparatos registradores hasta entonces empleados, debidos á la inercia que ofrece su masa para inscribir todas las variaciones de los elementos meteorológicos que deben registrar, dando lugar á retrasos y falta de detalles en las curvas trazadas, se vió que, de todos los aparatos, el menos exacto, y por consiguiente, el que más perfeccionamientos necesitaba, era el termómetro, y entre los varios instrumentos de éste género ensayados y presentados, adoptó el Congreso el de Mr. Teisserenc de Bort, formado de laminillas metálicas muy delgadas, de muy poca masa con relación á su superficie, y, por consiguiente, muy sensible y rápido, indicando la conveniencia de adoptarlo en todos los globos sondas que tomasen parte en las ascensiones internacionales, con objeto de que los resultados obtenidos fuesen comparables. Los aerosteros militares franceses, toman parte también en las ascensiones internacionales, utilizando globos montados y globos sondas y contribuyendo, con los valiosos elementos de que disponen, á la obra científica común.

En Alemania.—Conocidos los resultados obtenidos en Francia por los Sres. Hermite y Besançon con sus sondas aéreas, no tardaron mucho tiempo los alemanes en tratar de utilizar tan interesante medio de ejecutar investigaciones científicas en la alta atmósfera, teniendo lugar la primera ascensión de un globo de éste género, el *Cirrus I*, el 11 de marzo de 1904, á presencia del Emperador, en el Parque Aerostático Militar de Tempelhof, partiendo al mismo tiempo de dicho punto dos globos libres montados, dirigidos por los Sres. Berson y Suring (ambos del Observatorio Meteorológico de Berlín), para comprobar, por observaciones directas, la exactitud de las indicaciones de los aparatos registradores

elevados por el globo sonda. El volumen del *Cirrus I* era de 250 metros cúbicos, estaba construído con tela cauchotada muy ligera, y partió lleno de gas hidrógeno. El aerostato reventó en el aire á poca altura, repitiéndose la prueba el día 7 de julio del mismo año, con excelente resultado. El *Cirrus I* fué encontrado en Tavna, entre los límites de Bosnia y Servia, punto situado á más de 1.000 kilómetros de distancia de Berlín. Lo enorme del trayecto recorrido por el globo, hace suponer que no iba provisto de disposición para iniciar el descenso al alcanzar su zona de equilibrio, y que debió permanecer muchas horas en el aire.

Los aparatos registradores indicaron una altura máxima de 16.375 metros y una temperatura mínima de — 53° centígrados.

En la tercera ascensión de este aerostato, hecha el 6 de septiembre de 1904, alcanzó el globo una altura máxima de 18.450 metros, registrando una temperatnra mínima de — 68° centígrados, altura que, según tenemos entendido, es la mayor de las alcanzadas hasta la fecha por los globos sondas, si bien los franceses se manifiestan recelosos del resultado de ésta ascensión.

En la actualidad ocupan en Alemania la primera línea entre los que se dedican al empleo de los globos exploradores, el Dr. Hergesell, director del Observatorio Meteorológico de Strasburgo y presidente de la Comisión Internacional de Aerostación Científica; Mr. Ricardo Assmann, director del Observatorio Meteorológico de Berlín é inventor de varios aparatos y de los globos sondas de caucho; el sub-director del mismo centro, Mr. Berson, y los Dres. Erke, Lyde, Suring y muchos otros que se ocupan con gran entusiasmo de tan interesantes aplicaciones.

En Rusia y en Austria emplean también los globos sondas y muchos son los hombres de ciencia que en dichas naciones se dedican á la exploración de las altas regiones de la atmósfera (pues en todos los países se concede gran importancia á este servicio), debiendo hacer especial mención del sabio general ruso Rykatchew, director del Observatorio Meteorológico de Pawlowsk (San Petersburgo).

## Algunos datos de las ascensiones internacionales de 9 de enero de 1903.

A continuación damos varios datos de las alturas alcanzadas por algunos de los globos sondas que tomaron parte en dicha ascensión y temperaturas mínimas registradas.

Parque de Aerostación científica de Itteville (París).—A las siete horas y cincuenta minutos de la mañana se elevó un globo sonda de papel de 178 metros cúbicos, lleno de gas hidrógeno. Su dotación de aparatos consistía en el registrador higro-baro-termógrafo número 130, pequeño modelo, termómetro bimetálico aislado y el registrador número 124, gran modelo, todos ellos de Teisserenc de Bort.

Descendió este globo á las ocho horas cuarenta y seis minutos de la mañana, recorriendo una distancia horizontal de 90 kilómetros.

La altura máxima alcanzada fué de 16.440 metros, y la temperatura mínima registrada de — 65°,2 centígrados; á los 10.630 metros de altura la velocidad de partida fué de 1,5 metros por segundo, y de 3,80 metros la velocidad vertical máxima.

Instituto Meteorológico de Strasburgo.—A las siete horas cincuenta minutos de la mañana se lanzó un globo de papel de 45 metros cúbicos de volumen. Descendió el globo á las once horas veinticinco minutos de la mañana, á una distancia de 132 kilómetros del punto de partida.

La altura máxima alcanzada fué de 10.840 metros, y —63°,1 centígrado la temperatura mínima. Velocidad de partida 2,6 metros por segundo, y la velocidad máxima vertical 6,40 metros.

Observatorio de Tegel (Berlín).—A las siete horas diecinueve minutos de la mañana partió un globo de goma lleno á 2.000 milímetros de diámetro, elevando un barotermógrafo Assmann.

Descendió á las diez de la mañana á 178 kilómetros de distancia del punto de partida.

La altura máxima alcanzada fué de 11.395 metros, y la temperatura mínima registrada de — 50° centígrados.

Parque Aerostático militar de Viena.—Globo esférico de 70 metros

cúbicos (no indican el género de la envoltura) lleno de gas hidrógeno y equipado con aparatos registradores de Teisserenc de Bort. Partió el aerostato á las siete horas diez minutos de la mañana. A las siete horas treinta y tres minutos alcanzó la altura máxima de 10.230 metros, registrando una temperatura mínima de — 60° centígrados y descendió á 300 kilómetros de distancia del lugar de partida.

Observatorio de Pawlowsk (San Petersburgo).—Datos de la ascensión del 2 de abril de 1903. A las diez horas veinticuatro minutos de la mañana de dicho día, lanzaron dos globos sondas de caucho, unidos en *tandem*, llenos de hidrógeno ambos hasta obtener un diámetro de 1.200 milímetros y elevando un aparato registrador.

Los globos descendieron en Prokschino á las doce horas cincuenta y dos minutos de la mañana del mismo día, habiendo recorrido en línea recta 155 kilómetros.

La altura máxima alcanzada fué de 17.460 metros, y la temperatura mínima registrada — 50°,6, correspondiendo á una altura de 8.250 metros.

## Aparatos registradores.

Desde que comenzó el empleo de los globos sondas, los aparatos registradores que debían elevar á las altas regiones, han sufrido, como era natural, una serie grandísima de modificaciones y perfeccionamientos que el estudio y la práctica han ido indicando é imponiendo. No es nuestro propósito seguir con detalle dichos perfeccionamientos, pero sí conviene indicar sus principales fases. En el equipo de sus primeros globos sondas, emplearon los Sres. Hermite y Besançon termómetros de máxima y mínima y un barómetro muy ligero, que se componía, en esencia, de una cámara barométrica metálica, á cuya pared móvil iba unido un estilete que rozaba sobre una planchita de cristal ahumado. Al disminuir la presión atmosférica durante la ascensión, el estilete dicho descendía y marcaba una línea brillante sobre la capa ahumada. Este barómetro, sumamente ligero y sencillo, sólo podía proporcionar la presión mínima á que había estado sometido correspondiente á la altura máxima alcanzada por el aerostato, y para conocer el valor de dicha presión, había que colocar el

aparato bajo la campana de una máquina pneumática y hacer en ella el vacío hasta conseguir que el estilete volviese á situarse en el punto inferior de la línea brillante trazada sobre la capa de humo, leyendo en éste instante la presión de un barómetro, tipo en comunicación con dicha campana, se obtenía el dato deseado.

Posteriormente recurrieron dichos señores á los registradores ordinarios sistemas Richard, modificándolos y aligerándolos todo lo posible, gracias al empleo del aluminio, á la supresión de todos los elementos que no fueran absolutamente indispensables y á la adopción de las escuadrías y espesores mínimos compatibles con la indispensable solidez.

Introdujeron en éllos modificaciones sumamente útiles é importantes, como son la de agrupar en un solo cilindro las indicaciones del barómetro, termómetro é higrómetro, la substitución de las plumas, tinta y hoja de papel impresa por estiletes y hoja de papel ahumada y el sistema para proteger los diagramas obtenidos (en los casos en que el descenso fuese seguido de arrastre) ya indicado en otro lugar de éste trabajo.

Mr. Assmann (inventor de varios aparatos meteorológicos y de los globos sondas de goma), en vista de los inconvenientes que presentan los aparatos de relojería sometidos á las bajas temperaturas existentes en las zonas objeto de exploración, y tratando quizá también, de sacudir el *yugo aerostático francés*, modificó los aparatos registradores que debían elevar sus pequeños aerostatos, aligerándolos todo lo posible y suprimiendo el aparato de relojería que proporciona el movimiento de rotación al cilindro, sobre cuya superficie se arrolla la hoja destinada á recibir los diagramas, obteniendo el movimiento de ésta, por medio de la cámara barométrica enlazada al cilindro, con lo cual, en la hoja gráfica obtiene temperaturas y presiones correspondientes, pero con independencia del tiempo.

Si bien ésta modificación esencial corresponde al objeto propuesto, tiene, á mi juicio, el inconveniente de que no conociéndose la hora que corresponde á cada presión y temperatura, nada puede saberse de la velocidad que en cada instante llevó el aerostato, dato de sumo interés para averiguar si la ventilación de los aparatos fué ó no la necesaria en cada punto de la trayectoria, y si las indicaciones registradas ofrecen, por lo tanto, garantías de exactitud ó están influídas por la insolación,

en lo que se refiere á las temperaturas. Mr. Teisserenc de Bort se ha ocupado y ocupa, con gran inteligencia y entusiasmo, en el perfeccionamiento y construcción de los aparatos registradores, habiendo sido declarados reglamentarios (para obtener resultados comparables en las ascensiones internacionales hechas con globos sondas) los ideados y presentados por dicho señor al Congreso de Aerostación reunido en París el año 1900.

Por esta razón, y por ser los que posee el Parque Aerostático, los describiré con el detalle necesario, indicando el modo de emplearlos.

### Meteorógrafo de Mr. Teisserenc de Bort.

Consta este aparato, representado en la figura 6, de barómetro, higró-

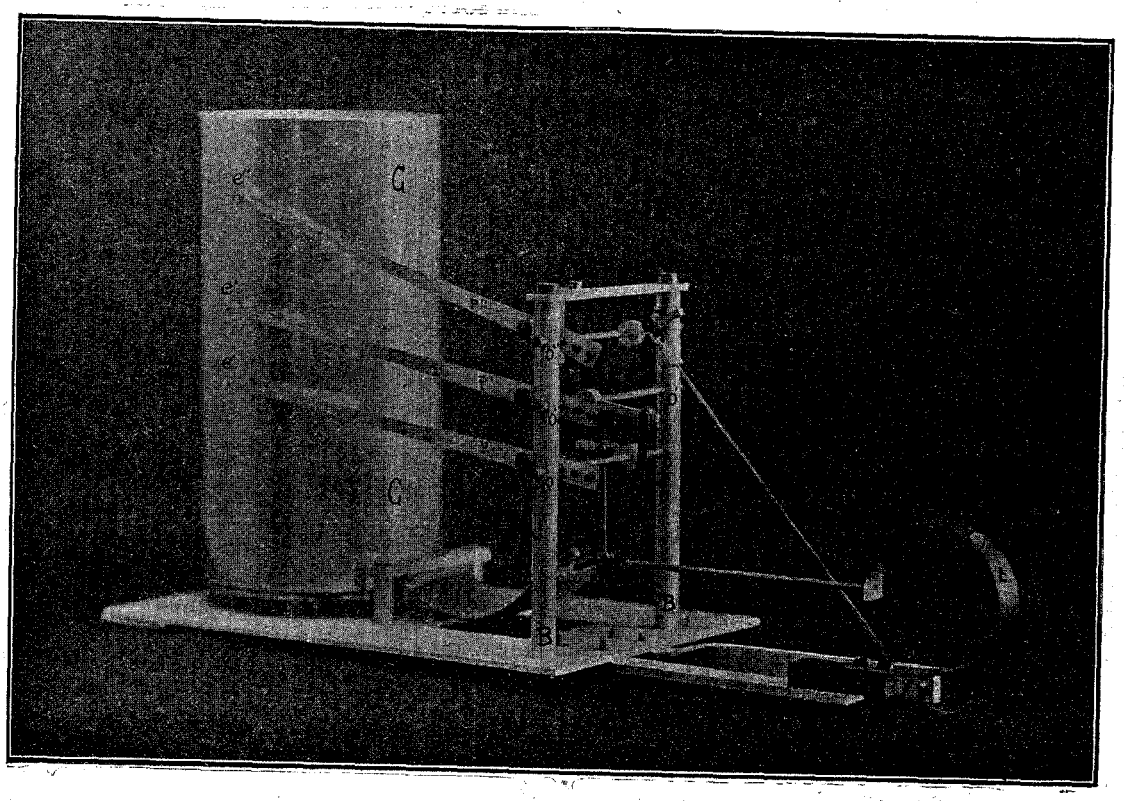



*Fig. 6.*

metro y termómetro registradores. A la planchita rectangular de aluminio, que constituye la base ó soporte del aparato, va unido el aparato de

relojería que pone en movimiento al cilindro, también de aluminio *C*, en cuyo interior va colocado; cilindro que, para que resulte lo más ligero posible, va perforado en su superficie. Separando un tornillo que queda en el interior del cilindro *C*, puede sacarse éste y dejar al descubierto el aparato de relojería, el cual tiene cuerda para varias horas, y comunica al cilindro (sobre cuya superficie exterior debe colocarse la hoja destinada á recibir los diagramas) una revolución por hora.

A la base rectangular dicha, se une el bastidor ó marco vertical *B*, que lleva los cojinetes correspondientes á los tres ejes horizontales *o o' o''*, enlazados respectivamente en la forma que la figura muestra, á la cámara barométrica *b* (sujeta por su otro extremo á un puente unido al soporte), al termómetro bimetálico *t* (aislado del soporte por un taquito de ebonita para evitar la influencia sobre él de la temperatura de la masa total del aparato) y al higrómetro de cabello *h*, en el cual se ha reemplazado el contrapeso que de ordinario tienen éstos aparatos, por un muelle que actúa sobre el eje *o''* y que mantiene en tensión el haz de cabellos.

A dichos ejes se unen de un modo invariable los porta-estiletes *p p' p''*, terminados en los estiletes *e e' e''*.

La rotación de los ejes y porta-estiletes á ellos unidos es tal, que las tres curvas que éstos deben trazar sobre la hoja gráfica resulten lo más claras posible. Los porta-estiletes llevan, próximos á los ejes, unos pequeños muelles, que por medio de los correspondientes tornillos permiten regular la presión que dichos estiletes deben ejercer sobre la hoja gráfica. En lugar de una hoja de papel ahumado, emplea Mr. Teisserenc de Bort en su aparato, una finísima hoja de aluminio de las dimensiones convenientes para poder formar con ella una superficie cilíndrica de revolución que pueda entrar á rozamiento sobre el cilindro *C* y que lo recubra perfectamente, siendo arrastrada con él en su movimiento. Para colocar la hoja de aluminio sobre el cilindro *C*, se quita éste de su sitio separando el tornillo interior que mencionamos y se arrolla sobre él la hoja dicha, pegando sus bordes con goma laca: seca la pegadura, se ahuma dicha hoja hasta que quede recubierta de capa homogénea y fina de humo, colocando entonces el cilindro provisto de su hoja sobre el aparato de relojería y uniéndole á él por medio del tornillo correspondiente.

Al colocar el cilindro en su sitio, se separarán con cuidado los estiletes para que no arañen la capa de humo, y terminada la operación, se verá si todos éllos apoyan bien sobre la superficie ahumada, corrigiendo, si es preciso, su presión sobre la misma por medio de los tornillos correspondientes, situados como se ha dicho en las bases de los porta-estiletes, quedando el aparato en disposición de funcionar.

Preparado así el aparato, se introduce en una caja de corcho (fig. 7)

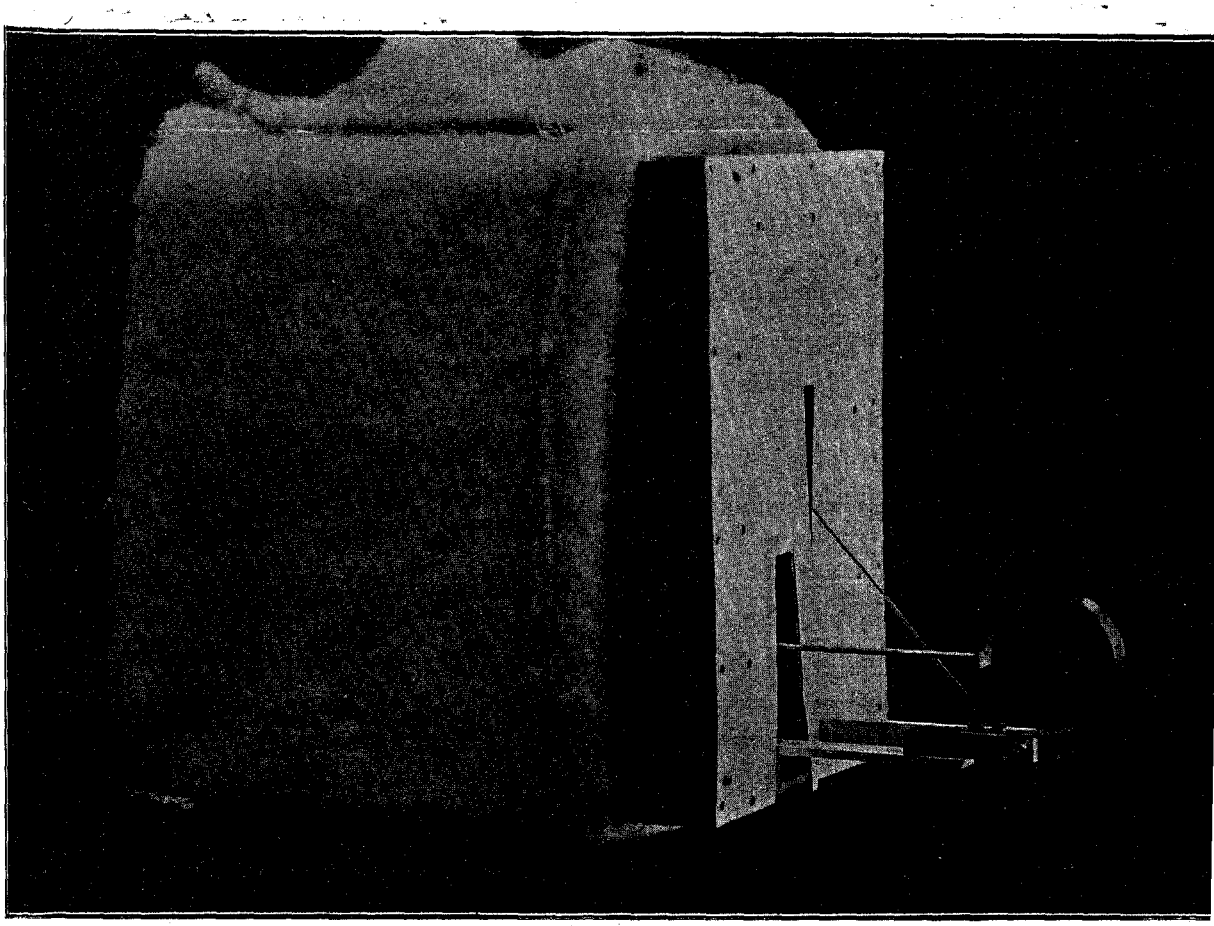


*Fig. 7.*

provista en su interior de dos pequeños listones cajeados, de madera, que sirven de guía á los bordes laterales de la plancha-soporte, acabando de sujetarle con tres pequeños topes clavados en la plancha de corcho

que constituye la cara inferior de la caja, topes que impiden sacar el aparato. Hecho ésto, se coloca la última cara de la caja, consistente en un marco de corcho cerrado por un cartón provisto de las escotaduras que la figura indica, para dar paso á las partes del meteorógrafo que quedan al exterior de la caja, que son el termómetro bimetálico *t* y el haz de cabellos del higrómetro *h*, así como los soportes inferiores de ambos órganos unidos á la base del aparato, como se vé en la figura 6.

La caja de corcho se coloca dentro de una funda protectora de borra de lana ó de algodón, funda que, en la cara correspondiente, lleva las aberturas necesarias para el termómetro y el higrómetro y varias cintas para sujetarla á la cestilla de mimbres.

Tanto esta funda como la caja de corcho, van perforadas en la cara inferior y en el punto conveniente para poder dar cuerda al aparato de relojería en el momento preciso, es decir, poco antes de soltar el globo sonda.

El peso del meteorógrafo con su caja protectora y funda es de 970 gramos. El aparato se coloca dentro de una jaula ó cestilla de mimbre muy ligera (fig. 8), bien sujeto á ella por medio de cintas cosidas á su funda exterior.

Fuera de la cestilla van las instrucciones necesarias para que las personas que recojan el globo contesten al cuestionario que se juzgue conveniente (indicando si vieron descender el globo, á qué hora y en qué sitio cayó, etc., ó día, hora y lugar en que fué hallado, si no le han visto descender) y remitan los aparatos y el material al centro correspondiente por el medio que se indique, avisando, telegráficamente si es posible, el hallazgo.

En todos los países se gratifica éste servicio y se estimula á los habitantes por cuantos medios se creen convenientes para que presten su valiosa cooperación al servicio meteorológico, enterándoles del objeto que se persigue con éstas investigaciones de la alta atmósfera, de general y común utilidad, para que se interesen en facilitar el hallazgo de los aerostatos y manejen con todo cuidado en los transportes, material tan costoso y delicado. El cordaje de la cestilla de mimbre va suficientemente detallado en la figura 8 y no necesita descripción especial, enlazándose el superior á la red del globo y uniéndose al inferior el saco deslastrador automático en la forma que más adelante se detalla.

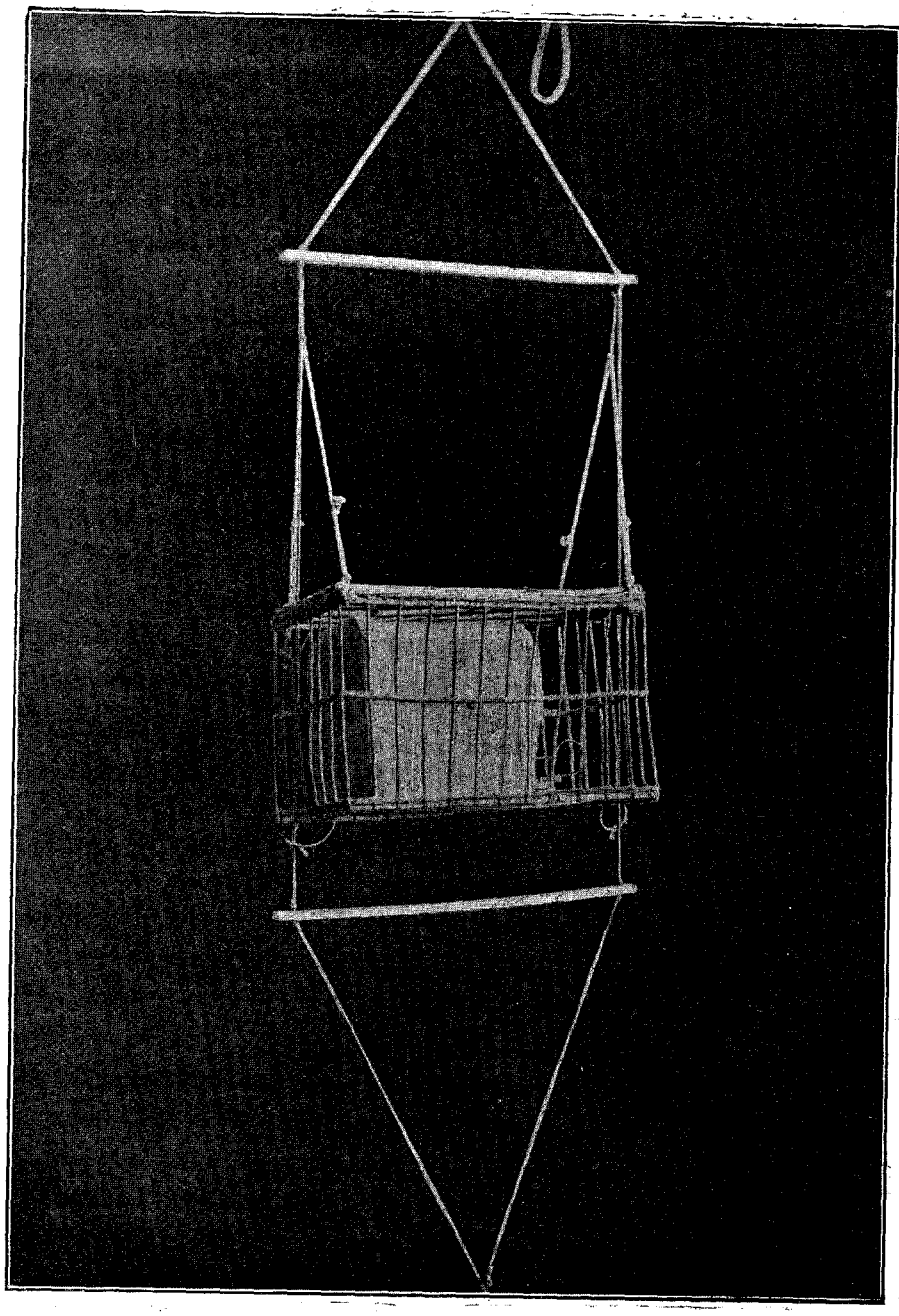


*Fig. 8.*

Para proteger los aparatos de la acción directa de los rayos solares, se coloca un quitasol ó sombrajo, constituído por un ligero bastidor rectangular de madera, del que penden unas pantallas de papel, blanco al interior y plateado al exterior, para reflejar los rayos caloríficos.

Este bastidor se sujeta al cordaje superior de la cestilla, quedando los aparatos en el interior del prisma de papel y perfectamente protegidos de rayos directos del sol. El peso de la cestilla y el quitasol es de unos 550 gramos.

### Modo de emplear los aparatos registradores.

En los párrafos siguientes daremos con detalle una idea de las operaciones que hay que practicar para preparar el meteorógrafo de Mr. Teisserenc de Bort para una ascensión y los procedimientos que deben seguirse para interpretar las curvas registradas en la hoja de aluminio ahumado, deduciendo de éllas los valores de la presión, temperatura y estado higrométrico en los diversos puntos de la trayectoria recorrida, datos que son, además, indispensables para el cálculo de la altura máxima alcanzada.

### Preparación de la hoja de aluminio.

Como ya hemos dicho, los estiletes de los tres elementos que componen el meteorógrafo trazan las curvas correspondientes sobre una ligerísima hoja de aluminio, recubierta de una capa de negro de humo. Para fijar esta hoja sobre el cilindro, movido por el aparato de relojería, de modo que venga á constituir su superficie exterior, se procederá del modo siguiente: una de las extremidades *a* (fig. 9) de dicha hoja se calentará á la lámpara de alcohol para recibir una capa de goma laca en toda su altura y sobre una de las caras de la hoja.

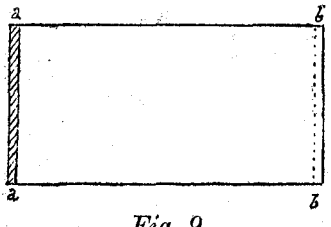


*Fig. 9.*

La operación se hará frotando con la barra de goma laca el trozo de superficie correspondiente.

Sobre el extremo *b* de la hoja y en la otra cara de ésta, se untará, de modo análogo, otra capa de goma laca. Separado el cilindro del aparato de relojería (quitando préviamente el

tornillo interior que los hace solidarios) se arrolla sobre él la hoja de aluminio, teniendo sumo cuidado al colocarla de que, el pequeñísimo resalto formado por el canto de la hoja que queda solapando al otro borde de la misma, no choque, en su movimiento de rotación, contra los estiletes grabadores, para lo cual hay que disponerla de modo que al encorvarla para que se adapte á la superficie del cilindro quede en la disposición que indica la figura 10.

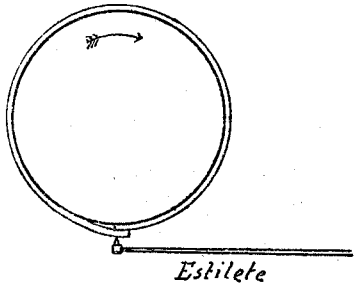


*Fig. 10.*

Colocada en esta forma y calentadas ambas capas de goma laca (que vienen á quedar en contacto) se ejerce presión sobre la pegadura para obtener una unión íntima y perfecta en toda ella, repitiéndose la operación, si es preciso, hasta obtener este resultado, que es indispensable para la exactitud de las indicaciones registradas. Recubierto el cilindro como queda detallado y seca la pegadura, se pasa una varilla por el interior del mismo y se lo coloca sobre la llama de una bujía ó de una lámpara de petróleo para ahumar la superficie exterior de la hoja; por medio de la varilla dicha se imprime al cilindro un movimiento de rotación, procurando que el metal quede recubierto de una capa de negro de humo, lo más ligera y homogénea posible, y teniendo gran cuidado de que aquél no se caliente mucho para no comprometer la pegadura de goma laca.

Terminada esta operación se coloca el cilindro sobre el aparato de relojería, separando antes con cuidado los estiletes para que no rocen sobre la hoja gráfica y se procede al enlace de ambos elementos por medio del tornillo interior de presión. Éstas son, con todo detalle, las operaciones que hay que practicar para preparar el aparato antes de una ascensión.

Inútil es decir que debe ir perfectamente limpio y que una vez preparado se le coloca en su caja de corcho, ésta en la funda, y, por último, en la cestilla correspondiente.

### Modo de fijar la hoja gráfica después de una ascensión.

Recogidos los aparatos después de una ascensión y extraído el meteorógrafo de su caja de corcho, se separa el cilindro del aparato de re-

lojería en la forma ya sabida, teniendo cuidado de que los estiletes no rocen en la snperficie ahumada al practicar ésta operación. Para separar la hoja de aluminio del cilindro basta introducir entre los bordes que se solapan, y que van pegados con goma laca, con mucho cuidado, la hoja de un cuchillo delgado ó espátula y correrla de arriba abajo hasta que salte la pegadura, resultado que se obtiene con facilidad.

Hecho ésto se sumerge la hoja en una solución de resina y alcohol, con lo cual, una vez seca, queda fija la capa de negro de humo, que adquiere un aspecto de barniz negro brillante, difícil de arrancar y poco quebradizo, y puede procederse sin peligro á las operaciones necesarias para interpretar los resultados obtenidos. Puede también fijarse la hoja gráfica antes de separarla del cilindro, para lo cual se pasa una varilla por el interior de éste y se le sumerge en parte en una cubeta que contenga el baño fijador, haciéndolo girar hasta que toda la hoja haya recibido la acción del baño; se deja secar, y con la espátula se corta la pegadura de goma laca para separar la hoja del cilindro. Este procedimiento es más seguro que el primero, pues no hay necesidad de tocar la hoja hasta que está fija, y se evitan las rozaduras y arañazos en la ténue capa de negro de humo, que en el primer procedimiento pueden ocurrir al tratar de despegarla, por mucho que sea el cuidado con que se haga la operación.

La solución de resina debe tener el grado de concentración exactamente preciso para obtener el resultado que se pretende: un exceso de resina es perjudicial, porque dá lugar á depósitos de dicha substancia sobre la hoja gráfica, que perjudican la pureza y claridad de las curvas trazadas por los estiletes. Para evitar éste inconveniente, conviene hacer tanteos prévios, fijando en el baño trozos de cartulina ahumada y variando, si es preciso, su grado de concentración.

### Interpretación de las curvas registradas.

Para interpretar las curvas registradas, resultado final ó fruto de las ascensiones, y por consiguiente la parte más delicada é importante de éste trabajo, es preciso practicar varias operaciones, pues como se ha visto, la hoja gráfica está desprovista de toda graduación. Dichas operaciones son las siguientes: primera, construir unas plantillas que nos per-

mitan determinar sobre las tres curvas tres puntos homólogos (es decir, las posiciones de los tres estiletes que corresponden á un mismo instante) y medir fácilmente las ordenadas de dichos puntos; segunda, conocidas dichas ordenadas en todos los puntos elegidos, se restarán sus valores de las ordenadas iniciales ó de partida correspondientes, y, obtenidas éstas diferencias, hay que utilizar los gráficos de comparación calculados en el laboratorio para cada uno de sus aparatos por Mr. Teisserenc de Bort, gráficos que más adelante describiré y que sirven para obtener, en función de dichas diferencia de ordenadas, las presiones en milímetros de mercurio, las temperaturas en grados centigrados y las humedades relativas.

### Medida de las ordenadas.

Veamos cómo se traza la plantilla necesaria para determinar en las tres curvas registradas sobre la hoja gráfica tres puntos correspondientes á un mismo instante y para medir fácilmente las ordenadas de dichos puntos. Arrollemos sobre el cilindro una hoja de cartulina ahumada; coloquemos el cilindro sobre el aparato de relojería, pero sin dar cuerda á dicho aparato; separemos con cuidado por medio de una pluma los dos estiletes superiores é imprímase á mano un movimiento amplio de rotación sobre su eje al estilete inferior, que es el del barómetro; éste trazará sobre la capa ahumada una curva blanca, que será el lugar geométrico de todas las posiciones que en un mismo instante puede ocupar.

Hagamos lo mismo con el estilete del termómetro (el intermedio) y con el del higrómetro, separando en cada operación los otros dos estiletes y así tendremos trazadas sobre la cartulina las tres curvas que representan los lugares geométricos de las posiciones correspondientes á los tres estiletes en un mismo instante, cualquiera que éste sea.

Procédase á separar el cilindro, fíjese la hoja ahumada, y una vez seca y extendida ésta, tenemos los elementos necesarios para formar la plantilla deseada, pues bastará calcar en papel transparente las tres curvas y dividir en milímetros el borde derecho en toda la altura de la hoja, con lo cual se obtendrá una plantilla muy parecida á la represen-

tada en tamaño natural por la figura 11, correspondiente al aparato registrador núm. 237. Esta plantilla se utiliza en la forma siguiente (fig. 12): sea *a b c* un trozo de la hoja gráfica que se trata de interpretar y supongamos que las posiciones iniciales ó de partida de los tres estiletes son: *B*, para el barómetro; *T*, para el termómetro, y *H*, para el higrómetro.

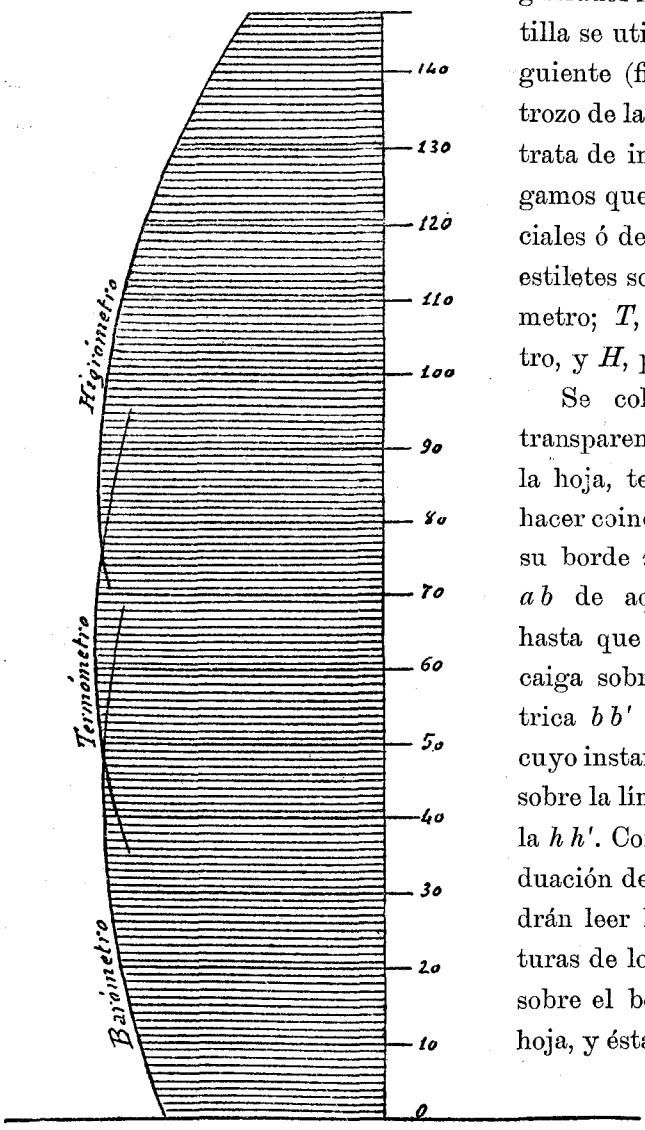



*Fig. 11.*

Se colocará la plantilla transparente *m n m' n'* sobre la hoja, teniendo cuidado de hacer coincidir perfectamente su borde *m n* con el inferior *a b* de aquélla, corriéndola hasta que el punto inicial *B* caiga sobre la curva barométrica *b b'* de la plantilla, en cuyo instante el punto *T* caerá sobre la línea *t t'* y el *H* sobre la *h h'*. Con auxilio de la graduación de la plantilla se podrán leer las ordenadas ó alturas de los puntos *B*, *T* y *H* sobre el borde inferior de la hoja, y éstas serán las tres ordenadas *iniciales* ó *de partida*.

En el borde inferior de la hoja, y bajo el punto *m*, se marcará la hora del lanzamiento, y dicho borde (á partir del punto así determinado y hacia la derecha) se graduará en tiempos en la forma que se desee (en general se marcan los tiempos de cinco en cinco ó de dos en dos minutos si la ascensión es muy rápida).

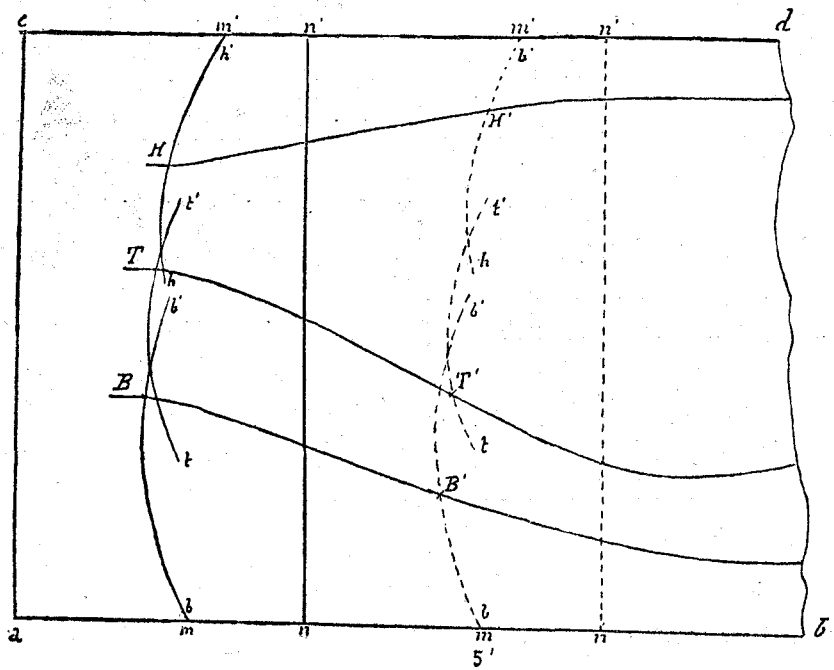



*Fig. 12.*

Se correrá la plantilla á la derecha hasta que el punto *m* caiga sobre el núm. 5′ de la graduación de tiempos y las tres curvas *b b′*, *t t′* y *h h′* nos determinarán por sus intersecciones con las de la hoja gráfica los puntos *B′*, *T′* y *H′*, que corresponderán evidentemente á las posiciones que ocupaban los tres estiletes cinco minutos después de la partida del globo; se leerán (con la graduación de la plantilla) las alturas de los puntos citados sobre el borde inferior de la hoja (ó sea las ordenadas de estos puntos), las que, restadas respectivamente de las ordenadas iniciales ya medidas, nos proporcionarán las diferencias que habremos de utilizar al emplear los gráficos de comparación, diferencias que podrán ser positivas ó negativas y que deben conservar su signo, pues, como pronto veremos, son las abscisas de los divirsos gráficos y hay que conocer su signo para llevarlas en el sentido conveniente á partir del origen. Se correrá nuevamente la plantilla hasta que el punto *m* coincida con el número 10′ del eje de tiempos y se determinarán sobre las tres curvas registradas tres puntos homólogos correspondientes á las posiciones de los estiletes diez minutos después del lanzamiento del globo; se me-

dirán las ordenadas de dichos tres puntos, que se restarán respectivamente de las ordenadas iniciales, obteniendo otras tres diferencias, y así se proseguirá la operación hasta determinar las diferencias de ordenadas para todos los puntos de las curvas registradas que correspondan á la graduación de tiempos que se utilice.

Todas estas diferencias de ordenadas barométricas, térmicas é higrométricas *con sus signos*, constituyen la base para emplear los gráficos de comparación que vamos á describir.

Si alguna de las curvas registradas presenta inflexión en puntos cuyas ordenadas no han sido medidas, se situará la plantilla de modo que su curva correspondiente pase por el punto mencionado para medir su ordenada y las de los otros dos puntos homólogos, hallando la diferencia con las iniciales é indicando en el eje de tiempos el correspondiente á éstos puntos.

### Descripción y uso de los gráficos de comparación.

Para cada uno de sus aparatos registradores calcula Mr. Teisserenc de Bort tres gráficos correspondientes al barómetro, al termómetro y al higrómetro; gráficos que, conocidas las diferencias de ordenadas de las curvas registradas, permiten interpretarlas, deduciendo de ellas los valores de las presiones, temperaturas y grado de humedad relativa correspondientes á los diversos puntos considerados.

La descripción de los tres gráficos relativos al aparato registrador núm. 237 y el modo de emplearlos, es como sigue:

### Gráfico de comparación para el barómetro.

La línea gráfica de comparación está determinada por nueve puntos y referida á dos ejes rectangulares, siendo el origen uno de sus puntos. Sobre el eje $O\ X$ se toman las diferencias entre la ordenada de la curva barométrica registrada, correspondiente al punto inicial ó de partida del globo, y las relativas á los puntos de dicha curva, cuya presión en milímetros de mercurio deseamos determinar por medio del gráfico, diferencias de ordenadas, que se medirán por medio de la plantilla en la forma ya detallada.

Sobre este eje, y á partir del origen $O$, van indicados los números 0

milímetros, 10 milímetros, 60 milímetros, en escala diez veces mayor; es decir, que cada milímetro viene representado por un centímetro. El eje de ordenadas *O Y* va dividido en milímetros á partir del origen, y lleva indicados los números 100 milímetros, 200 milímetros, 700 milímetros. Sobre este eje se miden diferencias de presión en milímetros de mercurio. Para construir la línea poligonal barométrica puede procederse del siguiente modo: Se prepara el aparato con su hoja gráfica ahumada como para practicar una ascensión, se da cuerda al aparato de relojería y se coloca el meteorógrafo en el interior de una cámara, en la cual puede disminuirse la presión á voluntad por medio de una bomba aspirante, cámara que comunica con una de las ramas de un sifón de cristal cargado de mercurio, cuya otra rama comunica libremente con la atmósfera. Las diferencias de presión entre la atmosférica en el lugar que ocupe el laboratorio (que se llama presión de comparación y que es uno de los datos que hay que conocer para cada aparato, siendo su valor de 756 milímetros para los de Mr. Teisserenc de Bort) y la decreciente en el interior de la cámara conforme se hace en ella el vacío, se podrán medir en milímetros de mercurio, con toda la exactitud que se desee, por medio del sifón mencionado, provisto de la correspondiente graduación y medios para leer exactamente la altura que el mercurio alcance en cada rama.

A intervalos de tiempo determinados se leen y anotan las horas y las diferencias de presión en milímetros de mercurio acusadas por el sifón que á dichos tiempos corresponden, continuándose el experimento hasta obtener diferencias de presión de 700 milímetros de mercurio. Terminada la prueba, se fija por medio del baño de resina la hoja del aparato, en la que quedará registrada la curva barométrica de las diversas presiones á que ha estado sometida, y hecho ésto se procede á trazar el gráfico barométrico en esta forma: Se miden las diferencias entre la ordenada inicial del estilete barométrico al introducir el aparato en la cámara de prueba (ordenada que corresponde á la presión de comparación) y las relativas á los instantes en que se anotaron las diferencias leídas en el sifón, y tomando como abscisas estas diferencias de ordenadas (medidas en la escala del eje de abscisas), y como ordenadas las diferencias de presión correspondientes leídas en el sifón de mercurio, se de-

terminan los diversos vértices de la línea gráfica, que será tanto más exacta, cuanto mayor sea el número de lecturas hechas durante la prueba.

Por el gran tamaño de la figura original, he trazado la 13, reducida á $\frac{1}{5}$, para auxiliar la explicación.

Veamos cómo se utiliza éste gráfico para deducir la presión correspondiente á un punto cualquiera (que designaremos por $M$) de la curva barométrica registrada, conocida la diferencia entre la ordenada barométrica inicial y la del punto considerado (diferencia medida en milímetros por medio de la plantilla). Tres son los casos que se pueden presentar:

Primer caso.—La presión inicial, ó sea la existente en el momento de lanzar el globo, es *igual* á la presión de comparación del aparato, dato conocido como hemos dicho y que supondremos, para nuestro ejemplo, de 750 milímetros, es decir:

presión de comparación = presión inicial = 750 milímetros.

Supongamos también que la diferencia entre la ordenada barométrica inicial y la correspondiente al punto $M$, en el cual deseamos determinar la presión, es de 25 milímetros.

Sobre el eje $O\,X$, y á partir del origen, se tomará hacia la derecha una abscisa que, medida en la escala de dicho eje, sea de 25 milímetros, determinando así el punto $d$, su correspondiente $A$ de la línea gráfica y la ordenada de éste $o\,a' = 290$ milímetros, que es, como sabemos (por el modo de construir el gráfico), la diferencia entre la presión de comparación (igual á la inicial) y la correspondiente al punto $M$; por consiguiente, restando de la presión de comparación é inicial 750 milímetros el valor 290 milímetros, obtendremos para presión del punto $M$ el valor 460 milímetros, que es el buscado.

*Observación.*—Como no solamente se estudia la rama ascendente de su trayectoria sino que se interpreta también la rama descendente de ésta, podrá ocurrir, en algunos casos, que la presión en el punto en que el globo tome tierra sea mayor que la inicial de partida, en cuyo caso la ordenada de éste punto será mayor que la inicial, y la diferencia entre ambas resultará negativa. Si tal sucede, habrá que tomar sobre el

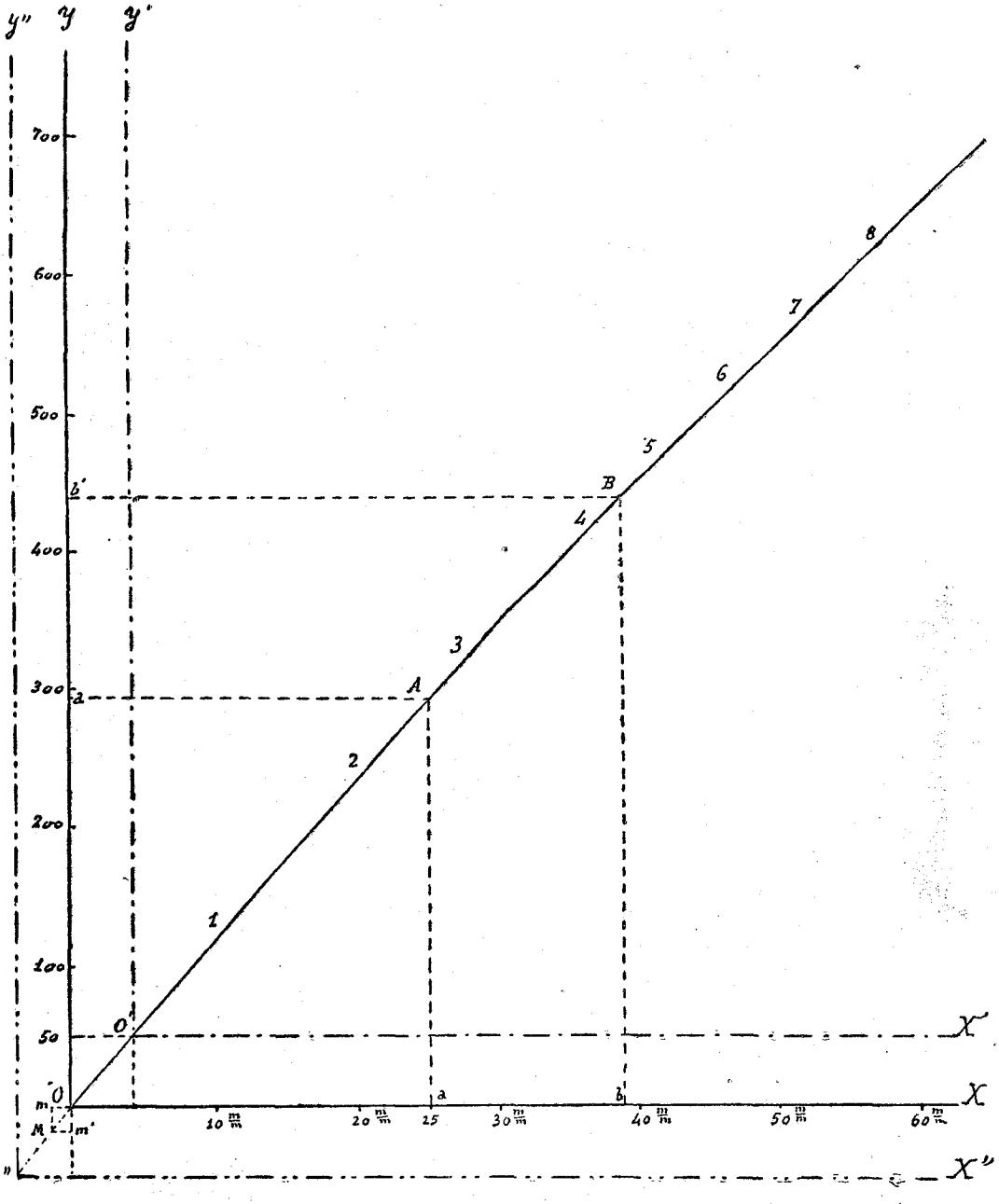

y''
y
y'
700
600
500
400
300
200
100
50
b'
a
A
B
1
2
3
4
5
6
7
8
O'
O
m
M
m'
n
X'
X
X''
a
b
10 m/m
20 m/m
25
30 m/m
40 m/m
50 m/m
60 m/m

*Fig. 13.*

eje $O\,X$, hacia la izquierda, el valor de dicha diferencia (medido en la escala de $O\,X$); determinando el punto $m$, habrá que prolongar al otro costado del origen $O$ el primer elemento de la línea gráfica para marcar sobre ella el punto $M$, y la ordenada negativa $o\,m' = 10$ milímetros habrá que *sumarla* á la presión inicial, obteniendo el valor 750 milímetros + 10 milímetros = 760 milímetros, por ejemplo.

Segundo caso.—La presión de comparación, que supondremos de 750 milímetros, es *mayor* que la presión inicial á la partida 700 milímetros, es decir, que hay entre ambas una diferencia de 50 milímetros

Tomando sobre el eje $O\,Y$ (en su escala) el valor 50 milímetros, determinaremos sobre la línea gráfica el punto $o'$, cuya abscisa es 4,2 milímetros. Recordando el procedimiento seguido para trazar este gráfico se vé fácilmente que el punto $o'$ que acabamos de determinar sería el origen de la línea, si la presión de comparación hubiera sido 700 milímetros en lugar de los 750 que hemos supuesto, y los ejes coordenados hubieran sido los $O'\,X'$, $O'\,Y'$, conservándose exactamente igual el trozo de línea gráfica superior al origen $o'$. Pueden, pues, seguirse dos caminos: ó trasladar las graduaciones antiguas á los nuevos ejes y proceder como en el caso anterior, puesto que refiriéndonos á ellos la presión de comparación y la de partida son iguales, ó aprovechar los ejes antiguos, teniendo en cuenta las correcciones que en la medida de ordenadas y abscisas hay que introducir. El primer camino es el más cómodo, sobre todo disponiendo de reglas graduadas convenientemente, que vendrán á constituir los nuevos ejes; pero si se quiere utilizar el segundo, se operará así: Supongamos que la diferencia entre la ordenada barométrica inicial y la correspondiente á un punto $M$ de la curva registrada sea de 35 milímetros; tomaremos sobre el eje $O\,X$, á partir de $O$, no la magnitud correspondiente á 35 milímetros, sino á 35 milímetros + 4,2 milímetros = 39,2 milímetros, determinando los puntos $b$, $B$ y $b'$, y de la diferencia de presiones correspondiente al punto $B$, $o\,b' = 440$ milímetros habrá que restar 50 milímetros para referirla al origen $O'$, obteniéndose el valor 390 milímetros, que, restados de la presión inicial 700 milímetros, nos darán 310 milímetros para presión del punto que hemos designado por $M$. Como se vé, este sistema es más expuesto á errores, de modo que en la práctica se recurre al primero que hemos indicado.

Tercer caso.—La presión de comparación es *menor* que la presión inicial ó de partida. Supondremos de 700 milímetros la primera y de 750 milímetros la segunda. En vista de lo poco que difiere la línea gráfica de una línea recta, podremos prolongar, sin gran error, el elemento próximo al origen al otro costado de éste; prolonguemos también el eje $O\ Y$, sobre el cual tomaremos el valor 50 milímetros (diferencia entre ambas presiones), determinando así el punto $O''$, que sería el origen de la línea gráfica si la presión de comparación hubiera sido de 750 milímetros en lugar de los 700 milímetros que hemos supuesto. Los nuevos ejes serían los $O''\ X''$ - $O''\ Y''$. Operando sobre éstos ejes se pasa al primer caso, y es el procedimiento más sencillo y práctico; pero si se quieren utilizar los ejes antiguos (y una vez determinado el origen $O''$ para conocer sus coordenadas, ordenada 50 milímetros, abscisa 4,2 milímetros) habrá que *restar* de la diferencia de ordenadas barométricas la abscisa 4,2 milímetros y *sumar* á las diferencias de presiones la ordenada 50 milímetros.

Con lo expuesto creo que no puede ofrecer duda ninguna el empleo del gráfico barométrico de comparación. Para nuestros globos sondas el caso general es el segundo, puesto que la presión media en Guadalajara es de unos 703 milímetros, y la presión de comparación de los dos aparatos registradores que posee el Parque Aerostático es de 756 milímetros.

### Gráfico de comparación para el termómetro.

Va representado éste gráfico, reducido á $\frac{1}{5}$ del tamaño natural, en la figura 14 y corresponde al aparato registrador número 237. Para adquirir los datos necesarios al trazado de éste gráfico puede procederse del modo siguiente:

Se coloca el aparato registrador (en marcha y preparado para una ascensión) en el interior de una cámara, en la que se hace decrecer la temperatura (empleando en general á éste objeto el aire líquido), cámara que comunica con un termómetro que permita leer en todo instante la temperatura interior. En diversos momentos se observan y anotan las temperaturas decrecientes indicadas por el termómetro y las horas correspondientes á dichas lecturas, prosiguiendo el experimento hasta alcanzar temperaturas de —70°. Se fija después la hoja gráfica, obtenién-

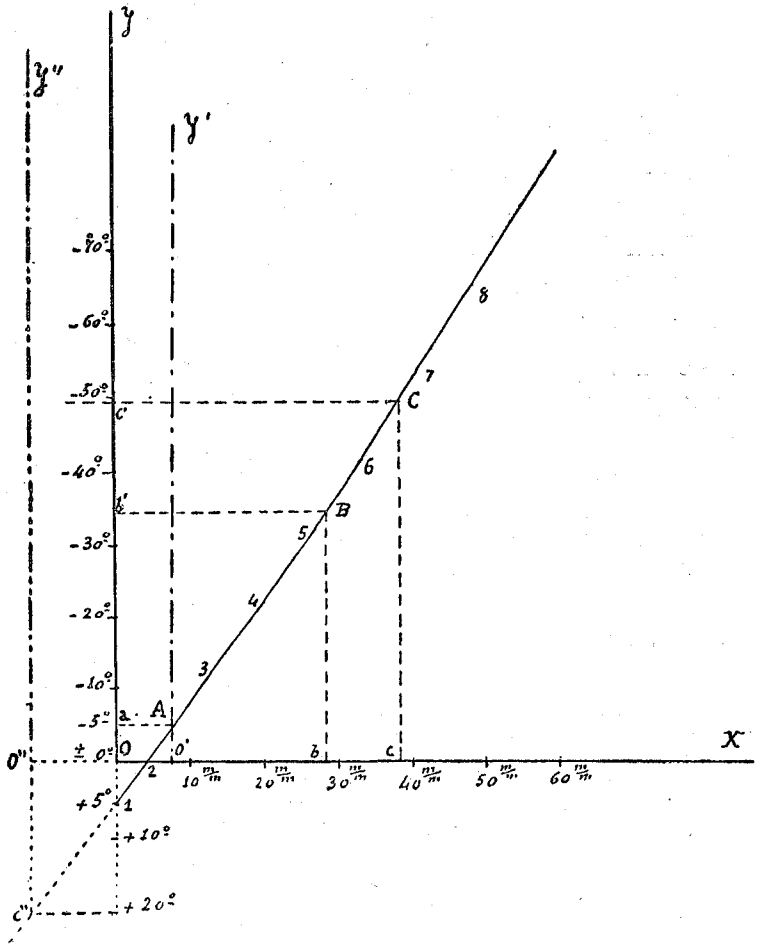



*Fig. 14.*

dose en élla la curva térmica registrada, en la cual se determinan, por medio de la plantilla, las diferencias entre la ordenada inicial al comenzar el experimento y las de los puntos de dicha curva correspondientes á los instantes en que se hicieron lecturas térmicas directas.

Tomando como abscisas dichas diferencias de ordenadas, y como ordenadas las temperaturas leídas en el termómetro, se determinan los vértices de la línea gráfica de comparación que estamos estudiando, referida á los ejes *O X* y *O Y*. Como se vé por la figura la temperatura inicial ó de comparación para éste aparato, fué de + 5°.

En el gráfico original, sobre el eje $O\ Y$ van indicadas las temperaturas desde $+ 5°$ hasta $— 70°$, marcadas de 10° en 10°, correspondiendo á cada grado una amplitud de 5 milímetros, y sobre el eje $O\ X$, 10 milímetros, 20 milímetros, 60 milímetros; correspondiendo 5 milímetros á cada milímetro. Sirve este gráfico para determinar la temperatura correspondiente á un punto cualquiera $M$ de la curva térmica registrada por el aparato durante la ascensión, conocida la diferencia entre la ordenada inicial de dicha curva y la que en la misma corresponde al punto $M$. Se emplea en forma análoga á la ya explicada para el gráfico barométrico, aunque con la diferencia de ser las ordenadas temperaturas (y no diferencia de temperaturas), por cuya razón el eje $O\ X$ será invariable, y sólo habrá que trasladar sobre él el origen $o$, según el valor de la temperatura inicial.

Supongamos, por ejemplo, que la temperatura de partida es de $— 5°$ y que deseamos determinar la correspondiente á un punto $M$ de la curva térmica registrada, cuya ordenada difiere de la inicial en 20 milímetros. Sobre el eje $O\ Y$ situaremos el punto $a$, que corresponde á $— 5°$, temperatura inicial ó de partida, y determinaremos sobre la línea gráfica el punto $A$ y el nuevo origen $O'$ de abscisa, $o\ o' = 7{,}5$ milímetros. Los verdaderos ejes serían los $O'\ X$, $O'\ Y'$; pero si se quiere emplear la graduación existente y el origen $o$, bastará añadir á la diferencia de ordenadas térmicas (20 milímetros) el valor 7,5 milímetros, tomando, á partir de $O$, la magnitud correspondiente á 27,5 milímetros, y hallando así los puntos $b$, $B$ y $b'$, siendo la ordenada $o\ b' = — 35°$ la temperatura buscada. Resulta más cómodo y práctico determinar como hemos dicho el punto $O'$, y á partir de él, tomar la diferencia de ordenadas, empleando una regla graduada.

Si la temperatura inicial no puede situarse en el gráfico y es, por ejemplo, de $+ 20°$, se prolongará el elemento inferior de la línea gráfica (sin que ésto produzca errores apreciables, dado lo poco que difiere la línea poligonal de una línea recta) y se prolongará también el eje $O\ Y$ y la graduación que éste lleva hasta poder situar sobre él el punto correspondiente á $+ 20°$, procediendo á determinar los puntos $c''$ y $O''$ de abscisa 11,5 milímetros, de modo que los nuevos ejes serán $O''\ X$ y $O''\ Y''$

Si la diferencia de ordenadas térmicas es de 50 milímetros, por ejem-

plo, se tomará dicho valor sobre $O'' X$ á partir de $O''$, determinando el punto $e$ y los $C$ y $e'$ la ordenada $O c' = -49°$ será la temperatura buscada. Por último, si una diferencia de ordenadas térmicas resulta negativa, habrá que tomarla á la izquierda del origen que se emplee, determinar el punto correspondiente en la línea gráfica y referirlo al eje de ordenadas, donde se leerá la temperatura correspondiente. Este caso puede ocurrir al interpretar la rama descendente de la trayectoria cuando el aparato experimente temperaturas mayores que la de partida.

### Gráfico de comparación del higrómetro.

Se construye de modo análogo á los interiores; va representado en tamaño natural en la figura 15, para el aparato número 237 y se maneja

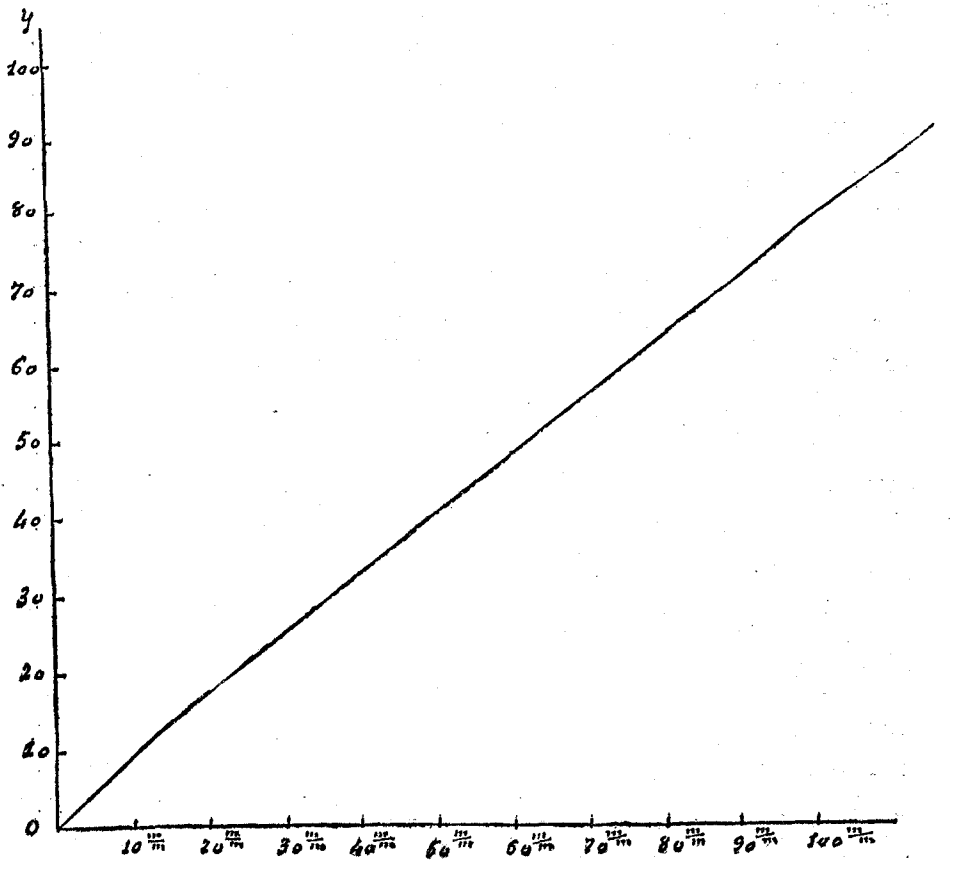



*fig. 15.*

en la misma forma que acabamos de explicar para el termómetro. Como sobre el eje $O\,X$ se toman, no diferencias, sino los diversos estados de humedad, el eje $O\,X$ es invariable y sobre él se desplazará el origen según el grado de humedad existente á la partida. Hay que advertir que, como el grado de humedad decrece al elevarse el globo y el estilete del higrómetro se eleva al decrecer la humedad en la curva registrada, las ordenadas van creciendo en toda la rama ascendente de la trayectoria, y siendo mayores que la inicial, resultan negativas las diferencias que hay que tomar á la izquierda del origen que se utilice. Dicho origen se determina trazando una horizontal que pase por el punto del eje $O\,Y$ correspondiente al grado de humedad relativa inicial. Con lo expuesto no se puede ofrecer duda ninguna en la interpretación de las curvas registradas.

## Datos prácticos sobre los globos sondas de papel.

Estos globos, muy usados en Francia tanto por Mr. Teisserenc de Bort como por los aerosteros militares, y empleados también en Austria, se construyen con papel fabricado por piezas ó rollos, bastante homogéneo, ligero, resistente y algo apergaminado. Las envolturas que así se obtienen, hay que barnizarlas para dotarlas, sinó de una gran impermeabilidad al gas (innecesaria, dado el corto tiempo que éstos globos están en el aire), de la suficiente para obtener los resultados que se pretenden. Los principales datos de uno de éstos globos de 48 metros cúbicos de volumen y construído por Mr. Teisserenc de Bort, son los siguientes:

El globo de $2^m,25$ de radio y de unos 64 metros cuadrados de superficie, es esférico y está despiezado en 24 husos solapados por sus bordes en una anchura de 15 á 20 milímetros y pegados con goma con gran cuidado. El polo superior del globo va reforzado por un casquete de tela provisto de dos tiras ó cintas que forman una presilla, y la envoltura comunica libremente con la atmósfera por medio de un pequeño apéndice de tela situado en la parte inferior del aerostato.

La red del globo está construída con cordón de algodón muy ligero, y termina inferiormente en varias patas de ganso, con sus correspondientes ramales de suspensión, siendo el peso de la red de unos 570 gra-

mos. El peso de la envoltura sin barnizar es de 3.600 gramos y de 5.150 gramos una vez barnizada, peso, como es natural, variable con el espesor de la capa de barniz.

El peso total de red y envoltura (ya barnizada, seca y preparada para una ascensión), resulta de 5.720 gramos, arrojando una densidad de envoltura (peso por metro cuadrado de red y envoltura) de 90 gramos, por exceso. Estas envolturas resultan, pues, bastante ligeras, resistentes y económicas; pero exigen minuciosos cuidados en la construcción y en el barnizado, que es una operación delicada.

### Barniz que debe emplearse y modo de barnizar los globos.

El barniz que se usa con muy buen éxito para impermeabilizar éste género de envolturas, se compone de una mezcla de barniz de globos (que es el empleado para impermeabilizar los tejidos de seda ó de percal destinados á confeccionar los grandes aerostatos de telas barnizadas) y petróleo ó bencina. Para formar la mezcla dicha, se toman partes iguales (en peso) de barniz y de petróleo ó bencina, cuidando de mezclarlos perfectamente y revolviendo con frecuencia la preparación para que el barniz Montgolfier no se deposite en el fondo de la vasija.

Preparada ésta solución, bien secas las pegaduras del globo (husos, refuerzo superior y apéndice) y reconocida la envoltura para parchear las pequeñas picaduras que pueda tener, se le coloca, bien plegado por husos, sobre una lona, tablero de madera ó mejor sobre unas planchas de hoja de lata ó de zinc y por medio de grandes brochas planas y suaves, se dá al huso que queda en la parte superior una capa del barniz preparado como queda dicho, procurando que resulte homogénea y extendida y que la envoltura sufra la menor fatiga posible, operación que exige bastante práctica y no escaso cuidado. Barnizado el huso superior, se dobla por su eje, apareciendo un nuevo huso que se barniza en igual forma, y así se continúa y termina la operación, conviniendo emplear en ella varios hombres para que la practiquen rápidamente, pues hay que tener en cuenta que la solución impermeabilizadora es sumamente fluída en el momento de darla, y, por consiguiente, no se pegan unos á otros los husos barnizados al irlos abriendo; pero con el tiempo, al evaporarse

la bencina ó el petróleo de la mezcla, aumenta mucho su grado de viscosidad y podrían originarse averías en la envoltura.

Barnizado el globo en la forma dicha, se suspende en el aire en local apropiado y libre, en lo posible, de polvo (que se adheriría al barniz, aumentando en pura pérdida el peso de la envoltura), pasando una cuerda por su presilla superior y por una polea colocada á conveniente altura, y utilizando un ventilador se llena de aire el aerostato, conservándole en esta forma durante dos ó tres días, que es el tiempo que tarda en secarse la capa de barniz.

Conseguido éste resultado, se deposita el globo en tierra con las precauciones ya indicadas y se vuelve á plegar cuidadosamente por husos para expulsar el aire y proceder á su inflación con gas y á su lanzamiento.

La operación del barnizado conviene hacerla pocos días antes del señalado para practicar la ascensión, á fin de que la impermeabilidad de la envoltura resulte eficaz.

Antes de proceder á la inflación se pesará la envoltura barnizada para conocer su peso exacto.

### Inflación del globo de 48 metros cúbicos.

Cálculo de la fuerza ascensional remanente.—Como ya se indicó en otro lugar, conviene que la velocidad de partida del globo sea de unos 3 metros por segundo; aceptando, pues, éste valor, y con auxilio de la fórmula

$$[40] \qquad v = \sqrt{\frac{F}{0{,}0255 \times D^2 \frac{x}{760}}}$$

calcularemos el valor de $F$, que nos interesa conocer para nuestro globo.

Suponiendo que el aerostato parta de Guadalajara, cuya presión media es de 703 milímetros, los valores de $v$, $D^2$ y $x$, que hemos de substituir en la fórmula, serán:

$$v = 3 \text{ metros}, \qquad D^2 = 20{,}25, \qquad x = 703 \text{ milímetros},$$

obteniendo:

$$3 = \sqrt{\frac{F}{0{,}0255 \times 20{,}25 \frac{703}{760}}}$$

de la que deduciremos el valor buscado:

$$F = 4{,}34 \text{ kilógramos por exceso;}$$

es decir, que el aerostato debe partir con una fuerza ascensional remanente de 4 á 5 kilógramos como máximo para obtener una velocidad de ascensión á la partida de unos 3 metros por segundo.

Altura máxima aproximada que puede alcanzar este aerostato.—Es preciso conocer este dato para calcular apróximadamente también el tiempo que tardará el globo en recorrer la rama ascendente de su trayectoria y regular el gasto de lastre del saco deslastrador de tal modo, que se haya vaciado por completo al llegar el globo á su zona de equilibrio.

El peso que en dicha zona soportará el globo es de unos 7,4 kilógramos, descompuesto del modo siguiente:

| | | |
|---|---|---|
| Envoltura | 5.150 | gramos. |
| Red | 570 | » |
| Aparato registrador | 970 | » |
| Cestilla | 320 | » |
| Parasol é impresos | 220 | » |
| Saco deslastrador vacío | 170 | » |
| $P$ = peso total | 7.400 | gramos. |

Conocido el valor de $P = 7{,}4$ y el de $V.a = 48$ kilógramos próximamente, formaremos el cociente

$$\frac{V.a}{P} = \frac{48}{7{,}4} = 6{,}48$$

y tomando su logaritmo

$$\log 6{,}48 = 0{,}8351,$$

le substituiremos en la fórmula:

$$\text{altura máxima} = h = 18.400 \log \frac{V.a}{P}$$

obteniendo

$$h = 18400 \times 0{,}8351 = 15.365 \text{ metros,}$$

suponiendo á 0° la temperatura media del aire; pero admitiendo una temperatura media de — 15° para aproximarnos más á la realidad, el valor de dicha altura será de unos 14.000 metros, y aceptando una velocidad media vertical de 4 metros por segundo (pues, como ya se sabe, la velocidad va aumentando), tardará el globo $\frac{14.000}{4} = 58' 20''$ en recorrer la rama ascendente de la trayectoria y habrá que regular el gasto de lastre para que todo el que se eleve en el saco deslastrador á la partida, se gaste en dicho tiempo. Con ésto tenemos ya conocidos todos los datos necesarios para proceder á la inflación del aerostato.

Cantidad de lastre.—Si se quiere lanzar éste globo completamente lleno de gas á la partida, la fuerza ascensionel del gas contenido será de unos 48 kilógramos, restando de ellos 12 kilógramos (de los cuales corresponden 7,4 kilógramos al globo y sobrecarga, y 4,6 kilógramos á la fuerza ascensional remanente que debe poseer), restan 36 kilógramos para el lastre que hay que cargar en el saco deslastrador, colocando en éste una cánula de descarga, del calibre conveniente para que se vacíen los 36 kilógramos en los 58′ que se calcula invertirá el globo en alcanzar el punto más alto de su trayectoria.

No es preciso lanzar el globo completamente lleno de gas, pues para que desaparezcan los inconvenientes del globo flácido, basta con que el globo lleve los $\frac{2}{3}$ del volumen de gas que puede contener.

Así lo recomienda Mr. Teisserenc de Bort, y en éste caso, la carga de gas será para nuestro globo de 36 metros cúbicos; su fuerza ascensional total resultará ser de unos 36 kilógramos y restados los 12 kilógramos mencionados, quedarán 24 kilógramos para el lastre que debe elevar en la partida, y éste será el dato práctico que aceptaremos.

El lastre que emplea y recomienda Mr. Teisserenc de Bort, consiste en arena sumamente fina y limpia, la cual se tuesta préviamente para quemar todos los detritus orgánicos que pueda contener. Los 24 kilógramos de la arena así preparada, se colocan en un saco de tela impermeable, cilíndrico y terminado inferiormente por un cono, en cuyo vértice va una cánula metálica del calibre ó sección necesaria para que los 24 kilógramos de arena se vacíen en 58′. Este saco va cerrado por su boca

y provisto de cuerdas para enlazarle al cordaje inferior de la cestilla que contiene el aparato registrador, como indica en esquema la figura 16.

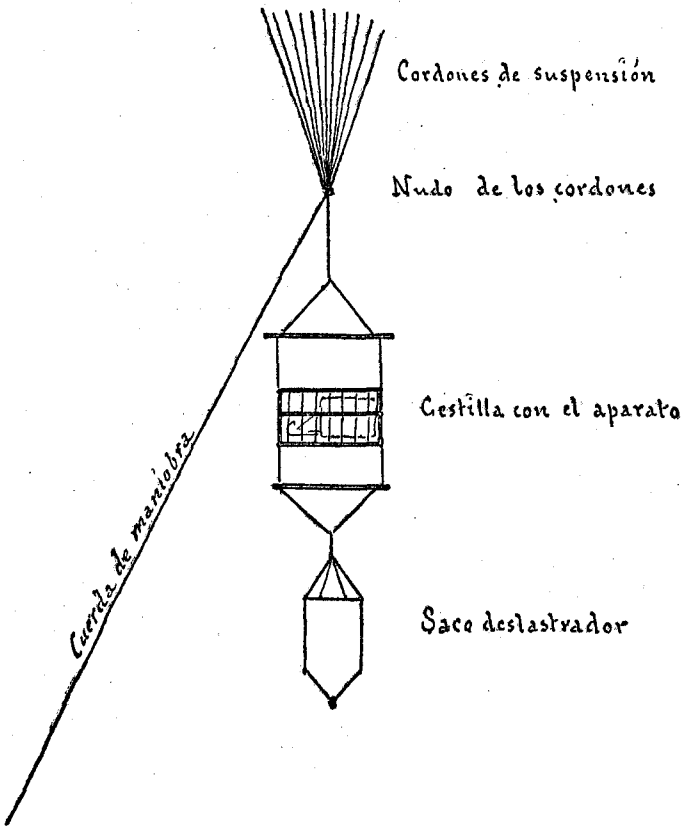



*fig. 16.*

*Observación.*—Es evidente que partiendo en éste último caso el globo flácido y comenzando á funcionar el deslastrador desde el primer instante, la fuerza ascensional remanente y la velocidad aumentarán también, indudablemente, sin peligro para la envoltura, cuando así lo recomienda después de una grandísima práctica Mr. Teisserenc de Bort. Cierto que si la velocidad vertical es grande (sobre todo hasta que el globo quede lleno por completo), pueden no resultar bastante exactas las indicaciones registradas, pero debe recordarse que el verdadero interés está en explorar las altas regiones atmosféricas, y al recorrerlas habrá disminuído mucho la velocidad de ascensión del aerostato. Sin embargo, si se desea

mantener constante (dentro de ciertos límites, desde luego) la velocidad inicial ó de partida, deberá llenarse el globo por completo y cargar en el saco deslastrador 36 kilógramos de arena, que deben vaciarse en 58'.

Antes de proceder á la inflación con gas, se dispondrá sobre el globo la red correspondiente, y hecho ésto, se volverá á suspender en el aire, por medio de la cuerda pasada por la polea y por la anilla ó presilla superior del globo, procediéndose á la inflación. En general ésta se hace con gas comprimido, y por consiguiente, como se conoce la capacidad de cada recipiente ó cilindro de gas, y la presión á que éste se halla comprimido (de las que se deduce la cantidad de gas), se vaciarán los cilindros precisos para inyectar el volumen que se desee.

Hecho ésto se igualan las cuerdas inferiores de suspensión da la red y se anudan juntas, procediendo á equipar el globo, para lo cual al nudo *n* hecho en los cordones de suspensión, se atará la cuerda de maniobra *e* (fig. 16) enlazando también á dicho punto el cordaje superior de la cestilla (ya equipada con impresos y el aparato registrador preparado para la ascensión) y el del parasol, uniendo al cordaje inferior de aquélla el saco deslastrador, cuya cánula se mantendrá cerrada: se unirá también un pequeño saco de lastre cargado á 4,6 kilógramos (valor de la fuerza ascensional remanente á la partida) y se hará el pesado del globo; es decir, se comprobará si éste queda en equilibrio, equipado en la forma dicha. Si por cualquier error cometido en las operaciones ó por variaciones en la fuerza ascensional del gas que se utilice no lo estuviera, habrá que recargar de gas (ó aumentar lastre al saco deslastrador) hasta obtener el resultado deseado, siendo más conveniente recargar de gas, para lo cual convendrá pecar por defecto al hacer la inflación.

Debe tenerse presente, al hacer el pesado del globo, que si se utiliza en la inflación gas comprimido, éste sale de los cilindros á muy baja temperatura, debida al frío de la expansión, y conviene darle tiempo á que tome la temperatura ambiente y el volumen que á dicha temperatura corresponde, para que la operación del pesado resulte más exacta.

Terminado el pesado, se saca el globo al exterior, retirando préviamente la cuerda de su anilla ó presilla superior, reteniéndole por la cuerda *e* (fig. 16) y transportando la cestilla y saco deslastrador á brazo:

se da cuerda al aparato de relojería y se va largando la cuerda *e* hasta dar la voz de soltar.

En el momento de la partida ó lanzamiento, se anota la hora, la presión, la temperatura y el estado higrométrico, por medio de los aparatos correspondientes, anotando también la dirección del viento y el rumbo que toma el aerostato.

En días de calma ó de viento muy suave, la operación del lanzamiento no ofrece dificultad ninguna; pero en días algo movidos, hay que operar con mucha rapidez y cuidado, aprovechando un instante de calma relativa para sacar el globo al exterior y practicar su suelta.

Para evitar por completo los efectos de la radiación solar, se acostumbra á efectuar lanzamientos nocturnos, en cuyo caso, claro está, que se prescinde del quitasol, que resulta inútil. Con objeto de producir el descenso del globo en cuanto éste alcance su zona de equilibrio, creo el mejor procedimiento (ínterin no existan aparatos especiales para rasgar en parte la envoltura cuando la presión alcance determinado valor) el de practicar pequeñas picaduras que establezcan una fuga sistemática de gas, como recomienda el coronel Renard.

### Primera ascensión de globo sonda en España.

Para poder tomar parte en las ascensiones internacionales ulilizando globos sondas, adquirió el Parque Aerostático dos aparatos registradores (los números 237 y 239), sistema Teisserenc de Bort, á principios de año. Se hicieron los estudios necesarios para poder emplear con fruto estos elementos, y por medio de la prensa, de las Comandancias de Ingenieros, de las de la Guardia civil y de las Jefaturas de Obras públicas y de Montes, se circularon noticias é impresos para divulgar, en el mayor grado posible, el objeto que se persigue con este género de ascensiones, los cuidados con que deben ser tratados los delicados aparatos registradores al ser recogidos, la utilidad general que las ascensiones á gran altura pueden reportar y el cuestionario que deben llenar las personas que encuentren un globo sonda.

Como medida de precaución, y para comprobar el grado de eficacia de las gestiones realizadas, se lanzó el día 29 de febrero un pequeño globo sonda de papel de sólo 4 metros cúbicos de volumen, cuyo globo lle-

vaba únicamente impresos, instrucciones, cuestionarios y tarjetas postales. A los pocos días se recibió en el Parque una de las tarjetas postales conducidas por el globo, en la cual el alcalde de Villares del Saz (Cuenca) daba noticia detallada del hallazgo del aerostato en término de dicho pueblo, contestando muy cumplida y correctamente á las preguntas del cuestionario. En vista de lo favorable del resultado obtenido, el primer jueves de marzo (día 3), fijado por la Comisión de Aerostación científica para practicar ascensiones internacionales, se llevó á cabo con toda felicidad en el Polígono de Aerostación el lanzamiento en España del primer globo sonda. Éste, muy semejante al ya detallado (de papel, barnizado de antemano en la forma indicada y de 48 metros cúbicos), se cargó con 30 metros cúbicos de gas hidrógeno, y, una vez pesado y equipado, se lanzó á las ocho horas y veinticinco minutos de la mañana, adquiriendo enseguida altura considerable y desapareciendo detrás de las nubes al poco tiempo con rumbo al S. O. El temporal de lluvias y nieve que reinaba en dichos días constituían circunstancias poco favorables para recuperar nuestro primer globo sonda; pero pocos días después recibió el jefe del Parque el cuestionario consabido, contestado por el alcalde de Salmeroncillos (Cuenca), notificando el hallazgo del globo por vecinos de dicho punto y pidiendo instrucciones para remitir los aparatos. Enviadas aquéllas y recibido éste, comprobamos que, á pesar de lo prevenido en las instrucciones, habían abierto la caja del aparato, originando, por curiosidad, en gran parte disculpable, pues quizás los que tal hicieron no supieran leer, algunos desperfectos, tanto en los aparatos como en la delicada hoja gráfica, la cual, á pesar de todo, resultó perfectamente utilizable, especialmente en la rama ascendente de la trayectoria. Interpretadas las curvas registradas aplicando los métodos ya expuestos y utilizando para determinar la altura máxima alcanzada por el aerostato el procedimiento por zonas que se detalla al final de este trabajo, se obtuvieron los resultados de la ascensión, siendo los más importantes los siguientes:

El globo cayó en Salmeroncillos á las seis de la tarde, punto situado al E. 11° S. de Guadalajara y á una distancia del punto de partida de unos 58 kilómetros. Permaneció en el aire nueve horas treinta y cinco minutos; alcanzó su altura máxima de 13.224 metros á las nueve horas

veinte minutos, correspondiendo una temperatura de —33°, y la mínima temperatura registrada en la rama ascendente fué de —44°,8 á las ocho horas cincuenta y cinco minutos de la mañana y á una altura de 8.932 metros, lo cual demuestra que existió inversión de temperatura.

El globo invirtió cincuenta y cinco minutos en alcanzar su zona de equilibrio: la velocidad ascensional de partida fué de 3 metros por segundo (que era la calculada), llegando al valor máximo de $5^m,5$ y decreciendo lentamente hasta el valor $1^m,30$ al recorrer la última de las once zonas en que, para el cálculo de la altura, se descompuso la total.

La velocidad ascensional media resultó poco mayor de 4 metros por segundo. A pesar de que el globo salió con rumbo al S. O. (rumbo que llevaba también al descender según noticias del alcalde de Salmeroncillos), tomó tierra al E. del punto de partida, comprobándose una vez más el hecho señalado por los Sres. Hermite y Besançon que en otro lugar indicamos.

**Procedimiento para calcular la altura alcanzada por los globos sondas utilizando las indicaciones de los aparatos registradores.**

La fórmula de Halley proporciona resultados aceptables tratándose de los, en general, pequeños desplazamientos verticales relativos á los globos montados; pero conduce á errores inadmisibles cuando se aplica á la determinación de las grandes alturas alcanzadas por los globos exploradores y sólo puede emplearse, como lo hemos hecho en este trabajo, para calcular *a priori*, de un modo muy incierto, dichas alturas, y para poner de relieve, como nos proponíamos, las dificultades prácticas que ofrece la exploración de las altas regiones de nuestra atmósfera; pero una vez en posesión de las observaciones registradas durante las ascensiones de estos aerostatos, y para calcular con mucha más exactitud las alturas máximas obtenidas, se acostumbra á utilizar la fórmula de nivelación barométrica de Laplace, más ó menos modificada, consiguiéndose de éste modo una aproximación suficiente en el cálculo de dichas alturas, como se comprobó por la siguiente experiencia hecha en Berlín en 1897, mencionada por Mr. Teisserenc de Bort en uno de sus trabajos.

Aprovechando lo despejado del día y lo suave del viento, tres obser-

vadores, provistos de los aparatos convenientes, determinaron desde tierra, por medio de triangulaciones, la altura alcanzada por un globo sonda, deduciendo para ella el valor 8.630 metros, mientras que calculada por medio de la fórmula dicha (conocidos los elementos de corrección que en ella intervienen, deducidos de las indicaciones proporcionadas por los aparatos registradores), se obtuvo el valor 8.675 metros, resultado como se ve muy satisfactorio.

Claro es, que el procedimiento de triangulación, prescindiendo de las dificultades y gastos que supone, sólo puede emplearse en días sumamente despejados y de muy poco viento para poder seguir fácilmente al aerostato con los anteojos de los aparatos que se utilicen; de modo que, únicamente en casos muy especiales, podrá ser empleado como elemento de comprobación.

Con objeto de obtener con la fórmula de Laplace ó cualquiera de sus derivadas el mayor grado posible de exactitud, conviene conocer, muy aproximadamente también, la temperatura media del aire, por ser éste el elemento de corrección que más influencia tiene en el resultado que se persigue, pues las correcciones debidas á la humedad del aire, á la variación de la gravedad con la altura cuando se empleen (en globos montados) termómetros y barómetros de mercurio, y á la variación de la gravedad con la latitud del punto en que se opere, son de mucha menos importancia.

Para determinar la temperatura media del aire entre el punto de partida de un globo sonda y su zona de equilibrio, no basta hallar la media aritmética de las tempeturas correspondientes á dichos puntos dadas por los aparatos registradores, puesto que la variación de la temperatura del aire con la altura afecta en general forma compleja y muchas veces caprichosa, presentando la curva de temperaturas puntos de inflexión, y en éstos casos la semisuma de las correspondientes á los puntos extremos, difiere mucho de la temperatura media que se busca.

El medio de atenuar el error debido á la causa citada (error que tratándose de las sondas aéreas llega á ser de mucha entidad), consiste en suponer descompuesta la atmósfera en zonas por planos horizontales, trazados de modo que la distancia entre dos consecutivos sea pequeña y no exceda jamás de 1.500 metros. Si la curva de temperaturas presenta

puntos de inflexión, se harán pasar también por dichos puntos planos horizontales; se aplicará la fórmula de Laplace (ó una de sus derivadas) para calcular la separación de éstos planos, ó sea la altura ó espesor de las zonas en que aquéllos descomponen la atmósfera y sumando las alturas así obtenidas, se obtendrá, con gran aproximación, la total buscada. En esto consiste el procedimiento llamado por *zonas* ó *capas* actualmente empleado para el cálculo de alturas, y para cada altura parcial se podrá admitir (con un error tanto menor cuanto más próximos estén los planos) como temperatura media del aire, la semisuma de las correspondientes á los planos cuya separación se calcula.

Hay que advertir que por muchas que sean las correcciones que se empleen, no se puede pretender que el resultado sea exacto, tanto por la inseguridad de las indicaciones de los aparatos registradores cuanto por ser imposible someter al cálculo la circunstancia siguiente: todas las fórmulas de nivelación barométrica suponen el aire en reposo, mientras que, en realidad, pueden existir cambios de presión y existen siempre corrientes más ó menos intensas que alteran la acción de la gravedad sobre las capas atmosféricas, y por consiguiente, modifican en mayor ó menor grado las presiones que intervienen en las fórmulas, alteraciones que dependen de la intensidad y aun de la dirección de las corrientes mencionadas. En las Conferencias Internacionales de Aerostación científica celebradas en Strasburgo el año 1898, presentó el Dr. Hergesell, Director del Observatorio Meteorológico de dicha ciudad, un trabajo relativo á la fórmula por él empleada y al uso de las tablas calculadas por dicho señor para facilitar su aplicación.

La fórmula general, derivada de la de Laplace, es la siguiente:

$$[a] \qquad h = K\,(1 + 0{,}00367\,.\,\delta)\left(1 + 0{,}378\,\frac{\varphi}{p\,.\,m}\right)\left(1 + \frac{h_1 + h_2}{r}\right)$$

$$(1 + 0{,}00259\,.\,\cos 2\,\lambda)\,\log\frac{x_1}{x_2}$$

los elementos que intervienen en esta fórmula son:

$h =$ altura en metros de una zona en cuyas bases las presiones están medidas por las alturas en milímetros de mercurio $x_1$ y $x_2$;

$K = 18.400$; $h_1$ y $h_2$ las alturas en metros sobre el nivel del mar de los puntos de presión $x_1$ y $x_2$ (suponemos $x_1 > x_2$);

$\varphi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$, siendo $\varphi_1$ y $\varphi_2$ las tensiones en milímetros de mercurio del vapor de agua contenido en el aire en los puntos ó planos de presión $x_1$ y $x_2$;

$p.m$ = presión media $= \frac{x_1 + x_2}{2}$;

$\delta$ = temperatura media del aire entre los planos de presión $x_1$ y $x_2$, ó sea la semisuma de dichas temperaturas $\frac{t_1 + t_2}{2}$ expresada en grados centígrados;

$r$ = radio terrestre expresado en metros;

$\lambda$ = latitud del lugar en que se opere, expresada en grados.

Por lo que representan los símbolos que en la fórmula intervienen, y sin descender á mayores detalles, se comprende que el primer paréntesis se refiere á la corrección debida á la temperatura media del aire; el segundo, á la originada por la humedad del mismo; á la variación de la gravedad con la altura, el tercero, y que el cuarto paréntesis contiene la corrección debida á la latitud. Se vé también, que suponiendo $\delta = 0$, y prescindiendo de los tres últimos paréntesis, la fórmula se reduce á la de Halley:

$$h = 18.400 \log \frac{x_1}{x_2}.$$

La corrección, debida á la humedad del aire (segundo paréntesis), conveniente, mejor dicho, indispensable al calcular los espesores de las zonas próximas á la superficie de la tierra, tiene poquísima importancia para zonas cuya base superior diste más de 6 kilómetros de la superficie terrestre. En efecto, en dichas zonas, el aire está sumamente seco, y á consecuencia de las bajas temperaturas que en ellas existe, la pequeña cantidad de agua que el aire pueda contener, está en forma de polvo helado, y por lo tanto, de tensión nula, siendo inútil emplear dicha corrección. El Dr. Hergesell modifica la fórmula fundamental [a] en la forma y por las consideraciones siguientes: los cuatro paréntesis que intervienen en la fórmula, tienen forma binomia, siendo para todos ellos muy pequeño el valor del segundo término, por cuya razón, al hacer el producto indicado, se pueden despreciar, por su insignificancia, los térmi-

nos resultantes que contengan como factores dos, tres ó cuatro de los mencionados segundos términos, en cuyo caso la fórmula fundamental [a] (supuestos hechos los productos y suprimidos dichos términos), se simplifica y reduce á la forma

$$[\mathbf{b}] \qquad h = K\left(1 + 0{,}00367 \,.\, \delta + 0{,}378 \frac{\varphi}{p \,.\, m} + \frac{h_1 + h_2}{r} + \right.$$
$$\left. + 0{,}00259 \,.\, \cos 2\,\lambda\right) \log \frac{x_1}{x_2}.$$

Para el cálculo de las alturas $h_1$ y $h_2$ admite el Dr. Hergesell la fórmula de Halley, pues el error cometido es pequeño, y como se divide por el radio terrestre $r = 6.370.000$, tiene poquísima importancia.

Admitiendo, pues, esta hipótesis, se obtendrá:

$$h_1 = K \log \frac{762}{x_1}, \qquad h_2 = K \log \frac{762}{x_2}$$

y sumando estos valores y dividiendo por $r$:

$$\frac{h_1 + h_2}{r} = \frac{K}{r} \log \frac{762}{x_1} + \frac{K}{r} \,.\, \log \frac{762}{x_2} = \frac{K}{r}\left(\log \frac{762}{x_1} + \log \frac{762}{x_2}\right) =$$
$$= \frac{K}{r} \log \left(\frac{762^2}{x_1 \,.\, x_2}\right)$$

ó sea

$$\frac{h_1 + h_2}{r} = \frac{K}{r} \log \frac{762^2}{(\sqrt{x_1 \,.\, x_2})^2} = \frac{K}{r}\left(\frac{762}{\sqrt{x_1 \,.\, x_2}}\right)^2 = \frac{K.2}{r} \log \frac{762}{\sqrt{x_1 \,.\, x_2}}.$$

Como por tomarse las zonas de poca altura, difieren también poco los valores de $x_1$ y $x_2$, se puede admitir sin grave error

$$\sqrt{x_1 \,.\, x_2} = \frac{x_1 + x_2}{2} = p \,.\, m,$$

y en este caso

$$\frac{h_1 + h_2}{r} = \frac{2 \,.\, K}{r} \log \frac{762}{p \,.\, m},$$

y poniendo por $K$ y $r$ sus valores:

$$\frac{h_1 + h_2}{r} = \frac{2 \times 18.400}{6.370.000} \log \frac{762}{p \,.\, m} = \frac{1}{174} \log \frac{762}{p \,.\, m},$$

que substituído en la [b], nos dá:

$$[c] \qquad h = K\left(1 + 0{,}00367 \,.\, \delta + 0{,}378 \frac{\varphi}{p \,.\, m} + \frac{1}{174} \log \frac{762}{p \,.\, m} + \right.$$
$$\left. + 0{,}00259 \,.\, \cos 2\,\lambda\right) \log \frac{x_1}{x_2}.$$

Sacando factor común de todos los términos del paréntesis la cantidad 0,00367 y observando que muy aproximadamente se tiene,

$$\frac{0{,}378}{0{,}00367} = 100, \qquad \frac{1}{174 \times 0{,}00367} = 1{,}5, \qquad \frac{0{,}00259}{0{,}00367} = 0{,}7,$$

podremos transformar la fórmula [c] en la forma siguiente:

$$[d] \qquad h = K\left(1 + 0{,}00367 \left[\delta + 100 \frac{\varphi}{p \,.\, m} + 1{,}5 \log \frac{762}{p \,.\, m} + \right.\right.$$
$$\left.\left. + 0{,}7 \,.\, \cos 2\,\lambda\right]\right) \log \frac{x_1}{x_2}.$$

Representando

por $\delta_1 = 100 \dfrac{\varphi}{p \,.\, m}$, la corrección debida á la humedad del aire,

por $\delta_2 = 1{,}5 \log \dfrac{762}{p \,.\, m}$, la corrección á causa de la variación de la gravedad con la altura,

por $\delta_3 = 0{,}7 \cos 2\,\lambda$, la corrección debida á la variación de la gravedad con la latitud,

y haciendo

$$\delta + \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = \theta,$$

la fórmula [d] toma la sencilla forma:

$$h = K\,(1 + 0{,}00367 \,.\, \theta) \log \frac{x_1}{x_2},$$

y finalmente, poniendo por $K$ su valor 18.400,

$$h = 18.400\,(1 + 0{,}00367 \,.\, \theta) \log \frac{x_1}{x_2} \qquad [e],$$

que es la que se emplea con auxilio de las tablas II, III, IV, V, VI y VII, que vamos á describir.

## Descripción de las tablas.

La *tabla* **II** proporciona el valor de $h$ para $\theta = 0$ (es decir, el valor dado por la fórmula de Halley, que representaremos por $h_0$), para los

diversos valores que puede tener el cociente $\frac{x_1}{x_2}$, con extensión más que suficiente para el cálculo de cualquier altura por el procedimiento de zonas ó capas.

Las tres tablas siguientes dan sin cálculo posterior los valores de $\delta_1$, $\delta_2$ y $\delta_3$ y determinan en unión de $\delta$ el de $\theta$. La tabla VI proporciona el del factor $(1 + 0{,}00367 \,.\, \theta)$ para temperaturas de $+ 20°$ á $- 80°$, conteniendo la columna tercera la corrección por 1.000 del valor $h_0$, dato realmente poco práctico, pues resulta más cómodo en cada caso multiplicar el valor de $h_0$ obtenido por el correspondiente de $(1 + 0{,}00367 \,.\, \theta)$ para obtener el de $h$ buscado.

Por último, la tabla VII da las tensiones máximas del vapor de agua correspondientes á diversas temperaturas, y permite deducir los valores de $\varphi_1$ y $\varphi_2$ (necesarios para conocer el de $\varphi$) de las indicaciones proporcionadas por los aparatos registradores.

Manejo de la tabla **II**.—Para determinar el valor de $h_0$, conocidos los de $x_1$ y $x_2$ correspondientes á las bases de una zona, se formará el cociente $\frac{x_1}{x_2}$ con cuatro decimales, bien efectuando la división, ya empleando una tabla de productos, por ejemplo, la de Crelle. Conocido dicho valor, y suponiendo sea, por ejemplo, $\frac{x_1}{x_2} = 1{,}1654$, se buscarán las tres primeras cifras del cociente: 1,16 en la primera columna de la izquierda y la cuarta cifra del mismo, *5* en el renglón horizontal superior.

En el cruce del renglón que lleva á su izquierda el número 1,16 con la columna encabezada en su parte superior por el número 5, se encuentra el 1.221, que sería el valor de $h_0$ prescindiendo de la cuarta cifra decimal del cociente, para tener en cuenta lo que ésta hace aumentar el valor $h_0$ así determinado, sirven las tres tablillas de la derecha de la tabla que describimos y para saber cuál de ellas debe utilizarse, se restará el valor hallado, 1.221, del número que tiene á su derecha en el mismo renglón el 1.227 (que sería el valor de $h_0$ si el cociente $\frac{x_1}{x_2}$ hubiera sido 1.166), y la diferencia obtenida *6* nos indica que de las tres tablillas citadas, se debe usar la inferior, encabezada con el número 6, la cual nos

da para el valor 4, última cifra de nuestro cociente, la cantidad 2,4 que hay que sumar al número 1.221, obteniéndose así el valor buscado, que resulta ser:

$$h = 1.223,4.$$

Como ya se ha dicho que el espesor de cada zona no debe exceder de 1.500 metros, y la tabla que estudiamos puede proporcionar todos los valores de $h_0$ hasta 1.840 metros, tiene ext nsión más que suficiente para la aplicación á que está destinada.

Si las presiones $x_1$ y $x_2$ se han determinado (en globos montados) con el barómetro de mercurio, se corregirán dichos valores de la variación de la gravedad con la altura antes de formar el cociente $\frac{x_1}{x_2}$ (argumento de la tabla **II**) por medio de la pequeña tabla **A**, que da en su segundo renglón la cantidad que hay que restar de la presión que debe corregirse.

Si, por ejemplo, la presión leída en el barómetro de mercurio es 248,6 milímetros, la corrección será — 0,7 milímetros y la presión corregida 247,9 milímetros. Si la presión que hay que corregir no está entre las que figuran en la tabla, se toma la corrección correspondiente á la presión más próxima de las que figuran en ella, ó se procede por interpolación ó se emplea la fórmula que ha servido de base para calcular la tabla:

$$\text{co rección} = -0,006 \log \frac{762}{x},$$

siendo $x$ la lectura barométrica que se desea corregir.

Para los globos sondas no hay que preocuparse de esta corrección, puesto que los barómetros registradores que en éllos se emplean son aneroides.

Manejo de la tabla **III**.—Conocido el valor de $\varphi$, que se determinará como se detalla más adelante, la tabla proporciona el

$$\delta_1 = 100 \frac{\varphi}{m.p},$$

corrección que sólo se debe aplicar para valores de $\varphi$ superiores ó iguales á 1 milímetro, y que es siempre positiva.

Corregidas, si es preciso, las presiones $x_1$ y $x_2$ correspondientes á las

bases de la zona cuyo espesor $h$ se calcula, se formará el valor $\frac{x_1 + x_2}{2}$, se buscará en el primer renglón de la tabla la presión que más se aproxime á dicho valor y en el cruce de la columna encabezada por la citada presión, con el renglón horizontal que lleva á su izquierda el de $\varphi$ de que se trate, se hallará el de la corrección $\delta_1$ que, como hemos dicho, es siempre positiva.

Manejo de la tabla **IV**.—Proporciona el valor de la corrección

$$\delta_2 = 1{,}5 \log \frac{762}{p \,.\, m}$$

siendo $p \,.\, m = \frac{x_1 + x_2}{2}$ por las razones que en otro lugar se indicaron. La corrección $\delta_2$ es siempre positiva.

En las columnas encabezadas $p\ m$ se buscará el valor correspondiente, aceptando el más aproximado, ó procediendo por interpolación para hallar el de $\delta_2$. No hay que emplear esta corrección más que cuando se han tomado las presiones con barómetros de mercurio.

Manejo de la tabla **V**.—Proporciona el valor

$$\delta_3 = 0{,}7 \cos 2\,\lambda$$

directamente ó por interpolación si se desea mayor exactitud. La corrección, como la tabla indica, es positiva para latitudes comprendidas entre 0° y 45°, y negativa para las comprendidas entre 45° y 90°.

Manejo de la tabla **VI**.—Da ésta tabla los valores del binomio

$$1 + 0{,}00367 \,.\, \theta$$

para los valores de $\theta$ comprendidos entre + 20° y — 80°. Las columnas encabezadas *corrección por 1.000* dan el aumento ó disminución que debe sufrir el valor $h_0$, determinado por la tabla **II** por cada 1.000 metros.

Este renglón es de poca utilidad, puesto que obliga á establecer una proporción para saber el valor de la corrección que hay que introducir.

Manejo de la tabla **VII**.—La tabla proporciona los valores de las tensiones máximas del vapor de agua para las diversas temperaturas, comprendidas entre — 29° centígrados y + 45°, creciendo de décima en décima. Veamos el objeto de ésta tabla.

Conocida la humedad relativa $H_1$ á una cierta altura y la temperatura $t_1$ que á la misma corresponde (datos proporcionados por los aparatos registradores) para obtener el valor de la tensión $\varphi_1$ del vapor de agua á dicha altura, hay que hallar la tensión máxima $\varphi'_1$ de éste vapor á la temperatura dada $t_1$, multiplicar $\varphi'_1$ por la humedad relativa $H_1$, y dividir por 100 el resultado obtenido, es decir que

$$[\mathbf{m}] \qquad \varphi_1 = \frac{\varphi'_1 \, . \, H_1}{100},$$

por consiguiente esta tabla nos proporcionará el medio de calcular los valores de $\varphi_1$ y $\varphi_2$, y por lo tanto, el de $\varphi$ que interviene en la corrección $\delta_1$ debida á la humedad del aire, utilizando las temperaturas y las humedades relativas registradas por los aparatos. Conocido $\varphi$ podremos emplear la tabla **III** ya explicada. Si, por ejemplo, los datos de humedad relativa y temperatura son para la base inferior de una zona

$$H_1 = 55 \quad » \quad t_1 = -2^0,7$$

y para la superior

$$H_2 = 50 \quad \text{y} \quad t_2 = -5^0,4$$

la tabla **VII** nos dará los valores de las tensiones máximas del vapor de agua correspondientes á esas temperaturas,

$$\varphi'_1 = 3,75 \text{ milímetros,}$$
$$\varphi'_2 = 3,07 \text{ milímetros,}$$

y con auxilio de la fórmula [**m**] deduciremos para las tensiones $\varphi_1$ y $\varphi_2$ del vapor de agua en dichas bases

$$\varphi_1 = \frac{3,75 \times 55}{100} = \frac{206,2}{100} = 2,06 \text{ milímetros,}$$

$$\varphi_2 = \frac{3,07 \times 50}{100} = \frac{153,5}{100} = 1,53 \text{ milímetros,}$$

de cuyos valores resulta:

$$\varphi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = \frac{3,59}{2} = 1,79 \text{ milímetros,}$$

valor que siempre que sea igual ó superior á 1 habrá que tener en cuenta para emplear la tabla **III.**

Ejemplo del manejo de las tablas.—Vamos á calcular el espesor $h$ de una capa ó zona, conociendo los datos siguientes:

$$x_1 = 736 \text{ milímetros}, \quad x_2 = 644 \text{ milímetros}, \quad \delta = \frac{t_1 + t_2}{2} = +\,8^\circ,$$

$$\lambda = 40^\circ, \quad \varphi = 7 \text{ milímetros}$$

(deducido, como acabamos de ver, de las temperaturas y de las humedades relativas).

Para tener en cuenta todas las correcciones, supongamos que los valores de $x_1$ y $x_2$ se han determinado con barómetro de mercurio.

Comencemos por corregir las presiones por medio de la tablilla **[A]**, y como la correspondiente á $x_1 = 736$ no afecta á las décimas, se puede prescindir de ella. La presión que más se aproxima á 644 es 650, á la cual corresponde la corrección — 0,26, de modo que la presión $x_2$, corregida y conservando sólo las décimas, es $x_2 = 643{,}7$. Tendremos, pues,

$$\text{presiones corregidas:} \quad \begin{array}{l} x_1 = 736 \\ x_2 = 643{,}7 \end{array}$$

y formando el cociente $\frac{x_1}{x_2}$ resultará:

$$\frac{x_1}{x_2} = 1{,}1434,$$

obteniendo, con auxilio de la tabla **II,**

$$h_0 = 1.071 \qquad [\mathbf{n}].$$

Hay que proceder ahora á la formación de

$$\theta = \delta + \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 \qquad [\mathbf{n}'].$$

Para $\varphi = 7$ milímetros y $p \,.\, m = 700$ (que es el valor más aproximado al $\frac{x_1 + x_2}{2} = \frac{736 + 643{,}7}{2} = 689{,}8$), la tabla **III** nos dá:

$$\delta_1 = 1{,}0 \qquad [\mathbf{a}].$$

El valor $p \,.\, m = 700$ nos dá en la tabla **IV** el

$$\delta_2 = 0{,}1 \qquad [\mathbf{b}],$$

y para la latitud $\lambda = 40$ proporciona la tabla **V**

$$\delta_3 = 0{,}1 \qquad [\mathbf{c}].$$

Sumando los valores $\delta = 8$ con los **[a]**, **[b]** y **[c]** deducidos, tendremos:

$$\theta = 9^\circ{,}2,$$

proporcionando la tabla **VI** para $\theta = 9°$ el valor $(1 + 0{,}00367 \,.\, \theta) = 1{,}033$, que multiplicado por el de $h_0$ [**n**] nos da como solución del problema

$$h = h_0 \times 1{,}033 = 1.071 \times 1{,}033 = 1.106{,}34.$$

Expuesta la manera de operar, queda terminado este trabajo; escrito con el objeto de llamar la atención de mis compañeros sobre éstos modernos y valiosos elementos de investigación en las altas regiones de nuestra atmósfera, susceptibles todavía de muchos perfeccionamientos y llamados á proporcionar resultados científicos tan curiosos como interesantes, para facilitar la solución de muchos problemas planteados por la Física y por la Meteorología moderna.

# TABLAS

# TABLAS

# Tabla I.

*Alturas, presiones y valores de* $\frac{760}{x} = \frac{V.a}{P}$.

| Alturas en metros. | Presiones en milímetros. | Valores de $\frac{760}{x} = \frac{V.a}{P}$ | Alturas en metros. | Presiones en milímetros. | Valores de $\frac{760}{x} = \frac{V.a}{P}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 10000 | 220 | 3,49 | 26000 | 29 | 25,88 |
| 11000 | 192 | 3,96 | 27000 | 25 | 29,33 |
| 12000 | 168 | 4,49 | 28000 | 22 | 33,24 |
| 13000 | 149 | 5,09 | 29000 | 20 | 37,72 |
| 14000 | 132 | 5,76 | 30000 | 18 | 42,70 |
| 15000 | 116 | 6,53 | 31000 | 15 | 48,40 |
| 16000 | 102 | 7,40 | 32000 | 13 | 54,83 |
| 17000 | 90 | 8,39 | 33000 | 12 | 62,14 |
| 18000 | 79 | 9,51 | 34000 | 10,8 | 70,40 |
| 19000 | 70 | 10,78 | 35000 | 9,5 | 79,83 |
| 20000 | 62 | 12,21 | 36000 | 8,3 | 90,50 |
| 21000 | 55 | 13,84 | 37000 | 7,4 | 102,52 |
| 22000 | 48 | 15,68 | 38000 | 6,5 | 116,20 |
| 23000 | 42 | 17,78 | 39000 | 5,7 | 131,69 |
| 24000 | 37 | 20,17 | 40000 | 5,2 | 149,24 |
| 25000 | 33 | 22,84 | 50000 | 1,45 | 522 |

# Tabla II.

*Valores de* $h_0$ *para* $\theta = 0$.

$h_0 = 18.400 \,.\, \log. \frac{x_1}{x_2}$ Argumento para la tabla $\frac{x_1}{x_2}$

| 3 primeras cifras de $\frac{x_1}{x_2}$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,00 | 0 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 | 56 | 64 | 72 |
| 1,01 | 80 | 87 | 95 | 103 | 111 | 119 | 127 | 135 | 143 | 150 |
| 1,02 | 158 | 166 | 174 | 182 | 190 | 197 | 205 | 213 | 221 | 229 |
| 1,03 | 236 | 244 | 252 | 259 | 267 | 275 | 283 | 290 | 298 | 306 |
| 1,04 | 313 | 321 | 329 | 336 | 344 | 352 | 359 | 367 | 375 | 382 |
| 1,05 | 390 | 397 | 405 | 413 | 420 | 428 | 435 | 443 | 451 | 458 |
| 1,06 | 466 | 473 | 481 | 488 | 496 | 503 | 511 | 518 | 526 | 533 |
| 1,07 | 541 | 548 | 556 | 563 | 570 | 578 | 585 | 593 | 600 | 608 |
| 1,08 | 615 | 622 | 630 | 637 | 645 | 652 | 659 | 667 | 674 | 681 |
| 1,09 | 689 | 696 | 703 | 711 | 718 | 725 | 733 | 740 | 747 | 754 |
| 1,10 | 762 | 769 | 776 | 784 | 791 | 798 | 805 | 812 | 820 | 827 |
| 1,11 | 834 | 841 | 848 | 856 | 863 | 870 | 877 | 884 | 891 | 899 |
| 1,12 | 906 | 913 | 920 | 927 | 934 | 941 | 948 | 955 | 963 | 970 |
| 1,13 | 977 | 984 | 991 | 998 | 1005 | 1012 | 1019 | 1026 | 1033 | 1040 |
| 1,14 | 1047 | 1054 | 1061 | 1068 | 1075 | 1082 | 1089 | 1096 | 1103 | 1110 |
| 1,15 | 1117 | 1124 | 1131 | 1138 | 1145 | 1152 | 1158 | 1165 | 1172 | 1179 |
| 1,16 | 1186 | 1193 | 1200 | 1207 | 1214 | 1221 | 1227 | 1234 | 1241 | 1248 |
| 1,17 | 1255 | 1262 | 1268 | 1275 | 1282 | 1289 | 1296 | 1302 | 1309 | 1316 |
| 1,18 | 1323 | 1329 | 1336 | 1343 | 1350 | 1357 | 1363 | 1370 | 1377 | 1383 |
| 1,19 | 1390 | 1397 | 1404 | 1410 | 1417 | 1424 | 1430 | 1437 | 1444 | 1450 |
| 1,20 | 1457 | 1464 | 1470 | 1477 | 1484 | 1490 | 1497 | 1504 | 1510 | 1517 |
| 1,21 | 1523 | 1530 | 1536 | 1543 | 1550 | 1556 | 1563 | 1569 | 1576 | 1582 |
| 1,22 | 1589 | 1596 | 1602 | 1609 | 1615 | 1622 | 1628 | 1635 | 1641 | 1648 |
| 1,23 | 1654 | 1661 | 1667 | 1674 | 1680 | 1687 | 1693 | 1700 | 1706 | 1713 |
| 1,24 | 1719 | 1725 | 1732 | 1738 | 1745 | 1751 | 1758 | 1764 | 1770 | 1777 |
| 1,25 | 1783 | 1790 | 1796 | 1802 | 1809 | 1815 | 1821 | 1828 | 1834 | 1840 |

Correcciones debidas á la 4.ª cifra de $\frac{x_1}{x_2}$

| | 8 | 7 | 6 |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,8 | 0,7 | 0,6 |
| 2 | 1,6 | 1,4 | 1,2 |
| 3 | 2,4 | 2,1 | 1,8 |
| 4 | 3,2 | 2,8 | 2,4 |
| 5 | 4,0 | 3,5 | 3,0 |
| 6 | 4,8 | 4,2 | 3,6 |
| 7 | 5,6 | 4,9 | 4,2 |
| 8 | 6,4 | 5,6 | 4,8 |
| 9 | 7,2 | 6,3 | 5,4 |

**Tabla auxiliar A** *para corregir las presiones tomadas con barómetros de mercurio. Corrección siempre negativa, deducida de la fórmula* corrección $= -\,0{,}006\, x \log \frac{762}{x}$

| Presiones en mm. | 750 | 700 | 650 | 600 | 550 | 500 | 450 | 400 | 350 | 300 | 250 | 200 | 150 | 100 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Correcciones en mm. | 0,03 | 0,15 | 0,26 | 0,36 | 0,45 | 0,53 | 0,60 | 0,65 | 0,68 | 0,71 | 0,70 | 0,67 | 0,61 | 0,51 | 0,34 |

# Tabla III.

Argumento para la tabla $\varphi$: $\delta_1 = 100 \frac{\varphi}{p \cdot m}$, $p\,m = \frac{x_1 + x_2}{2}$

*Corrección $\delta_1$, siempre positiva, debida á la humedad del aire.*

| Valores de $\varphi$ en milímetros. | VALORES DE $p \cdot m$ EN MILÍMETROS | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 750 | 700 | 650 | 600 | 550 | 500 | 450 | 400 | 350 | 300 | 250 | 200 | 150 | 100 |
| 1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 1,0 |
| 2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 1,0 | 1,3 | 2,0 |
| 3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 2,0 | 3,0 |
| 4 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 1,3 | 1,6 | 2,0 | 2,7 | 4,0 |
| 5 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,3 | 1,4 | 1,7 | 2,0 | 2,5 | 3,3 | 5,0 |
| 6 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 2,0 | 2,4 | 3,0 | 4,0 | 6,0 |
| 7 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,3 | 2,8 | 3,5 | 4,7 | 7,0 |
| 8 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,3 | 2,7 | 3,2 | 4,0 | 5,3 | 8,0 |
| 9 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,3 | 2,6 | 3,0 | 3,6 | 4,5 | 6,0 | 9,0 |
| 10 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,5 | 2,9 | 3,3 | 4,0 | 5,0 | 6,7 | 10,0 |

NOTA. Sólo se emplea esta corrección para valores de $\varphi$ iguales ó superiores á 1 milímetro.

# Tabla IV.

$\delta_2 = 1{,}5 \log \frac{762}{p \,.\, m}$, $\quad p\,m = \frac{x_1 + x_2}{2}$. $\quad$ Argumento $p \,.\, m$.

*Corrección $\delta_2$, siempre positiva.*

| Valores de $p.m$ en milímetros. | Valores de $\delta_2$ en centígrados. | Valores de $p.m$ en milímetros. | Valores de $\delta_2$ en centígrados. | Valores de $p.m$ en milímetros. | Valores de $\delta_2$ en centígrados. |
|---|---|---|---|---|---|
| 750 | 0,0 | 500 | 0,3 | 250 | 0,7 |
| 700 | 0,1 | 450 | 0,3 | 200 | 0,9 |
| 650 | 0,1 | 400 | 0,4 | 150 | 1,1 |
| 600 | 0,2 | 350 | 0,5 | 100 | 1,3 |
| 550 | 0,2 | 300 | 0,6 | 50 | 1,8 |

NOTA. Sólo se emplea esta corrección cuando se usan barómetros de mercurio para determinar las presiones.

# Tabla V.

$\delta_3 = 0{,}7 \cos 2\,\lambda$ Argumento $\lambda$.

*Corrección positiva ó negativa como indica la tabla.*

| Latitud $\lambda$. | Corrección $\delta_3$ en centígrados. | Latitud $\lambda$. | Corrección $\delta_3$ en centígrados. |
|---|---|---|---|
| 0° | + 0,7 | 45° | — 0,0 |
| 5° | + 0,7 | 50° | — 0,1 |
| 10° | + 0,7 | 55° | — 0,2 |
| 15° | + 0,6 | 60° | — 0,4 |
| 20° | + 0,5 | 65° | — 0,5 |
| 25° | + 0,4 | 70° | — 0,5 |
| 30° | + 0,4 | 75° | — 0,6 |
| 35° | + 0,2 | 80° | — 0,7 |
| 40° | + 0,1 | 85° | — 0,7 |
| 45° | + 0,0 | 90° | — 0,7 |

# Tabla VI.

*Valores de* $(1 + 0{,}00367 \,.\, \theta) = M$. Argumento $\theta$.

| Valores de $\theta$ en centígrados. | Valores de $M$ | Corrección por 1000 en metros. | Valores de $\theta$ en centígrados. | Valores de $M$ | Corrección por 1000 en metros. | Valores de $\theta$ en centígrados. | Valores de $M$ | Corrección por 1000 en metros. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| + 20 | 1,073 | + 73 | — 14 | 0,949 | — 51 | — 48 | 0,824 | — 176 |
| + 19 | 1,070 | + 70 | — 15 | 0,945 | — 55 | — 49 | 0,820 | — 180 |
| + 18 | 1,066 | + 66 | — 16 | 0,941 | — 59 | — 50 | 0,817 | — 183 |
| + 17 | 1,062 | + 62 | — 17 | 0,938 | — 62 | — 51 | 0,813 | — 187 |
| + 16 | 1,059 | + 59 | — 18 | 0,934 | — 66 | — 52 | 0,809 | — 191 |
| + 15 | 1,055 | + 55 | — 19 | 0,930 | — 70 | — 53 | 0,806 | — 194 |
| + 14 | 1,051 | + 51 | — 20 | 0,927 | — 73 | — 54 | 0,802 | — 198 |
| + 13 | 1,048 | + 48 | — 21 | 0,923 | — 77 | — 55 | 0,798 | — 202 |
| + 12 | 1,044 | + 44 | — 22 | 0,920 | — 80 | — 56 | 0,795 | — 205 |
| + 11 | 1,040 | + 40 | — 23 | 0,916 | — 84 | — 57 | 0,791 | — 209 |
| + 10 | 1,037 | + 37 | — 24 | 0,912 | — 88 | — 58 | 0,787 | — 213 |
| + 9 | 1,033 | + 33 | — 25 | 0,908 | — 92 | — 59 | 0,784 | — 216 |
| + 8 | 1,029 | + 29 | — 26 | 0,905 | — 95 | — 60 | 0,780 | — 220 |
| + 7 | 1,026 | + 26 | — 27 | 0,901 | — 99 | — 61 | 0,776 | — 224 |
| + 6 | 1,022 | + 22 | — 28 | 0,897 | — 103 | — 62 | 0,773 | — 227 |
| + 5 | 1,018 | + 18 | — 29 | 0,894 | — 106 | — 63 | 0,769 | — 231 |
| + 4 | 1,014 | + 14 | — 30 | 0,890 | — 110 | — 64 | 0,765 | — 235 |
| + 3 | 1,011 | + 11 | — 31 | 0,886 | — 114 | — 65 | 0,762 | — 238 |
| + 2 | 1,007 | + 7 | — 32 | 0,883 | — 117 | — 66 | 0,758 | — 242 |
| + 1 | 1,003 | + 3 | — 33 | 0,879 | — 121 | — 67 | 0,754 | — 246 |
| + 0 | 1,000 | + 0 | — 34 | 0,875 | — 125 | — 68 | 0,751 | — 249 |
| — 1 | 0,996 | — 4 | — 35 | 0,872 | — 128 | — 69 | 0,747 | — 253 |
| — 2 | 0,993 | — 7 | — 36 | 0,868 | — 132 | — 70 | 0,743 | — 257 |
| — 3 | 0,989 | — 11 | — 37 | 0,864 | — 136 | — 71 | 0,740 | — 260 |
| — 4 | 0,985 | — 15 | — 38 | 0,861 | — 139 | — 72 | 0,736 | — 264 |
| — 5 | 0,982 | — 18 | — 39 | 0,857 | — 143 | — 73 | 0,732 | — 268 |
| — 6 | 0,978 | — 22 | — 40 | 0,853 | — 147 | — 74 | 0,729 | — 271 |
| — 7 | 0,974 | — 26 | — 41 | 0,850 | — 150 | — 75 | 0,725 | — 275 |
| — 8 | 0,971 | — 29 | — 42 | 0,846 | — 154 | — 76 | 0,721 | — 279 |
| — 9 | 0,967 | — 33 | — 43 | 0,842 | — 158 | — 77 | 0,718 | — 282 |
| — 10 | 0,963 | — 37 | — 44 | 0,839 | — 161 | — 78 | 0,714 | — 286 |
| — 11 | 0,960 | — 40 | — 45 | 0,835 | — 165 | — 79 | 0,710 | — 290 |
| — 12 | 0,956 | — 44 | — 46 | 0,831 | — 169 | — 80 | 0,707 | — 293 |
| — 13 | 0,952 | — 48 | — 47 | 0,828 | — 172 | | | |

# Tabla VII.

*Tensiones máximas del vapor de agua á diversas temperaturas.*

| Temperaturas en C°. | DÉCIMAS DE GRADO | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| | *mm.* | *mm.* | *mm.* | *mm.* | *mm.* | *mm.* | *mm.* | *mm.* | *mm.* | *mm.* |
| — 29 | 0,42 | 0,41 | 0,41 | 0,41 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,39 | 0,39 | 0,38 |
| — 28 | 0,46 | 0,46 | 0,45 | 0,45 | 0,44 | 0,44 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,42 |
| — 27 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,49 | 0,49 | 0,48 | 0,48 | 0,47 | 0,47 | 0,46 |
| — 26 | 0,55 | 0,55 | 0,54 | 0,54 | 0,53 | 0,53 | 0,52 | 0,52 | 0,51 | 0,51 |
| — 25 | 0,61 | 0,60 | 0,60 | 0,59 | 0,58 | 0,58 | 0,57 | 0,57 | 0,56 | 0,56 |
| — 24 | 0,66 | 0,66 | 0,65 | 0,65 | 0,64 | 0,63 | 0,63 | 0,62 | 0,62 | 0,61 |
| — 23 | 0,73 | 0,72 | 0,71 | 0,71 | 0,70 | 0,69 | 0,69 | 0,68 | 0,68 | 0,67 |
| — 22 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,77 | 0,76 | 0,75 | 0,75 | 0,74 | 0,73 |
| — 21 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,81 | 0,80 |
| — 20 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 |
| — 19 | 1,03 | 1,02 | 1,01 | 1,00 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,95 |
| — 18 | 1,12 | 1,11 | 1,10 | 1,09 | 1,08 | 1,07 | 1,06 | 1,06 | 1,05 | 1,04 |
| — 17 | 1,22 | 1,21 | 1,20 | 1,19 | 1,18 | 1,17 | 1,16 | 1,15 | 1,14 | 1,13 |
| — 16 | 1,32 | 1,31 | 1,30 | 1,29 | 1,28 | 1,27 | 1,26 | 1,25 | 1,24 | 1,23 |
| — 15 | 1,44 | 1,43 | 1,42 | 1,40 | 1,39 | 1,38 | 1,37 | 1,36 | 1,35 | 1,34 |
| — 14 | 1,56 | 1,55 | 1,54 | 1,52 | 1,51 | 1,50 | 1,49 | 1,48 | 1,46 | 1,45 |
| — 13 | 1,69 | 1,68 | 1,67 | 1,65 | 1,64 | 1,63 | 1,61 | 1,60 | 1,59 | 1,57 |
| — 12 | 1,84 | 1,82 | 1,81 | 1,79 | 1,78 | 1,76 | 1,75 | 1,74 | 1,72 | 1,71 |
| — 11 | 1,99 | 1,97 | 1,96 | 1,94 | 1,93 | 1,91 | 1,90 | 1,88 | 1,87 | 1,85 |
| — 10 | 2,15 | 2,13 | 2,12 | 2,10 | 2,08 | 2,07 | 2,05 | 2,04 | 2,02 | 2,00 |
| — 9 | 2,33 | 2,31 | 2,29 | 2,27 | 2,26 | 2,24 | 2,22 | 2,20 | 2,19 | 2,17 |
| — 8 | 2,51 | 2,50 | 2,48 | 2,46 | 2,44 | 2,42 | 2,40 | 2,38 | 2,36 | 2,34 |
| — 7 | 2,72 | 2,69 | 2,67 | 2,65 | 2,63 | 2,61 | 2,59 | 2,57 | 2,55 | 2,53 |
| — 6 | 2,93 | 2,91 | 2,89 | 2,86 | 2,84 | 2,82 | 2,80 | 2,78 | 2,76 | 2,74 |
| — 5 | 3,16 | 3,14 | 3,11 | 3,09 | 3,07 | 3,04 | 3,02 | 3,00 | 2,98 | 2,95 |
| — 4 | 3,41 | 3,38 | 3,36 | 3,33 | 3,31 | 3,28 | 3,26 | 3,23 | 3,21 | 3,18 |
| — 3 | 3,67 | 3,64 | 3,62 | 3,59 | 3,56 | 3,54 | 3,51 | 3,48 | 3,46 | 3,43 |
| — 2 | 3,95 | 3,92 | 3,89 | 3,86 | 3,84 | 3,81 | 3,78 | 3,75 | 3,72 | 3,70 |
| — 1 | 4,25 | 4,22 | 4,19 | 4,16 | 4,13 | 4,10 | 4,07 | 4,04 | 4,01 | 3,98 |
| — 0 | 4,57 | 4,54 | 4,50 | 4,47 | 4,44 | 4,41 | 4,37 | 4,34 | 4,21 | 4,28 |
| + 0 | 4,75 | 4,60 | 4,64 | 4,67 | 4,70 | 4,74 | 4,77 | 4,80 | 4,84 | 4,87 |
| + 1 | 4,91 | 4,94 | 4,98 | 5,02 | 5,05 | 5,09 | 5,12 | 5,16 | 5,20 | 5,23 |
| + 2 | 5,27 | 5,31 | 5,35 | 5,39 | 5,42 | 5,46 | 5,50 | 5,54 | 5,58 | 5,62 |
| + 3 | 5,66 | 5,70 | 5,74 | 5,78 | 5,82 | 5,86 | 5,90 | 5,94 | 5,99 | 6,03 |
| + 4 | 6,07 | 6,11 | 6,15 | 6,20 | 6,24 | 6,28 | 6,33 | 6,37 | 6,42 | 6,46 |
| + 5 | 6,51 | 6,55 | 6,60 | 6,64 | 6,69 | 6,74 | 6,78 | 6,83 | 6,88 | 6,92 |
| + 6 | 6,97 | 7,02 | 7,07 | 7,12 | 7,17 | 7,22 | 7,26 | 7,31 | 7,36 | 7,42 |
| + 7 | 7,47 | 7,52 | 7,57 | 7,62 | 7,67 | 7,72 | 7,78 | 7,83 | 7,88 | 7,94 |
| + 8 | 7,99 | 8,05 | 8,10 | 8,15 | 8,21 | 8,27 | 8,32 | 8,38 | 8,43 | 8,49 |
| + 9 | 8,55 | 8,61 | 8,66 | 8,72 | 8,78 | 8,84 | 8,90 | 8,96 | 9,02 | 9,08 |

| Temperaturas en C°. | DÉCIMAS DE GRADO | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| | *mm.* | *mm.* | *mm.* | *mm.* | *mm.* | *mm.* | *mm.* | *mm.* | *mm.* | *mm.* |
| + 10 | 9,14 | 9,20 | 9,26 | 9,32 | 9,39 | 9,45 | 9,51 | 9,58 | 9,64 | 9,70 |
| + 11 | 9,77 | 9,83 | 9,90 | 9,96 | 10,03 | 10,09 | 10,16 | 10,23 | 10,30 | 10,36 |
| + 12 | 10,43 | 10,50 | 10,57 | 10,64 | 10,71 | 10,78 | 10,85 | 10,92 | 10,99 | 11,07 |
| + 13 | 11,14 | 11,21 | 11,28 | 11,36 | 11,43 | 11,50 | 11,58 | 11,66 | 11,73 | 11,81 |
| + 14 | 11,88 | 11,96 | 12,04 | 12,12 | 12,19 | 12,27 | 12,35 | 12,43 | 12,51 | 12,59 |
| + 15 | 12,67 | 12,76 | 12,84 | 12,92 | 13,00 | 13,09 | 13,17 | 13,25 | 13,34 | 13,42 |
| + 16 | 13,51 | 13,60 | 13,68 | 13,77 | 13,86 | 13,95 | 14,04 | 14,12 | 14,21 | 14,30 |
| + 17 | 14,40 | 14,49 | 14,58 | 14,67 | 14,76 | 14,86 | 14,95 | 15,04 | 15,14 | 15,25 |
| + 18 | 15,33 | 15,43 | 15,52 | 15,62 | 15,72 | 15,82 | 15,92 | 16,02 | 16,12 | 16,22 |
| + 19 | 16,30 | 16,42 | 16,52 | 16,63 | 16,73 | 16,83 | 16,94 | 17,04 | 17,15 | 17,26 |
| + 20 | 17,36 | 17,47 | 17,58 | 17,69 | 17,80 | 17,91 | 18,02 | 18,13 | 18,24 | 18,35 |
| + 21 | 18,47 | 18,58 | 18,69 | 18,81 | 18,92 | 19,04 | 19,16 | 19,27 | 19,39 | 19,51 |
| + 22 | 19,63 | 19,75 | 19,87 | 19,99 | 20,11 | 20,24 | 20,36 | 20,48 | 20,61 | 20,73 |
| + 23 | 20,86 | 20,98 | 21,11 | 21,24 | 21,37 | 21,50 | 21,63 | 21,76 | 21,89 | 22,02 |
| + 24 | 22,15 | 22,29 | 22,42 | 22,55 | 22,69 | 22,83 | 22,96 | 23,10 | 23,24 | 23,38 |
| + 25 | 23,52 | 23,66 | 23,80 | 23,94 | 24,08 | 24,23 | 24,37 | 24,52 | 24,66 | 24,81 |
| + 26 | 24,96 | 25,10 | 25,25 | 25,40 | 25,55 | 25,70 | 25,86 | 26,01 | 26,16 | 26,32 |
| + 27 | 26,47 | 26,63 | 26,78 | 26,94 | 27,10 | 27,26 | 27,42 | 27,58 | 27,74 | 27,90 |
| + 28 | 28,07 | 28,23 | 28,39 | 28,56 | 28,73 | 28,89 | 29,06 | 29,23 | 29,40 | 29,57 |
| + 29 | 29,74 | 29,92 | 30,09 | 30,26 | 30,44 | 30,62 | 30,79 | 30,97 | 31,15 | 31,33 |
| + 30 | 31,51 | 31,69 | 31,87 | 32,06 | 32,24 | 32,43 | 32,61 | 32,80 | 32,99 | 33,18 |
| + 31 | 33,37 | 33,56 | 33,75 | 33,94 | 34,14 | 34,33 | 34,53 | 34,72 | 34,92 | 35,12 |
| + 32 | 35,32 | 35,52 | 35,72 | 35,92 | 36,13 | 36,33 | 36,54 | 36,74 | 36,95 | 37,16 |
| + 33 | 37,37 | 37,58 | 37,79 | 38,00 | 38,22 | 38,43 | 38,65 | 38,87 | 39,08 | 39,30 |
| + 34 | 39,52 | 39,74 | 39,97 | 40,19 | 40,41 | 40,64 | 40,87 | 41,09 | 41,32 | 41,55 |
| + 35 | 41,78 | 42,02 | 42,25 | 42,48 | 42,72 | 42,96 | 43,19 | 43,43 | 43,67 | 43,92 |
| + 36 | 44,16 | 44,40 | 44,65 | 44,89 | 45,14 | 45,39 | 45,64 | 45,89 | 46,14 | 46,39 |
| + 37 | 46,65 | 46,90 | 47,16 | 47,42 | 47,68 | 47,94 | 48,20 | 48,46 | 48,73 | 48,99 |
| + 38 | 49,26 | 49,53 | 49,80 | 50,07 | 50,34 | 50,61 | 50,89 | 51,16 | 51,44 | 51,72 |
| + 39 | 52,00 | 52,28 | 52,56 | 52,84 | 53,13 | 53,41 | 53,70 | 53,99 | 54,28 | 54,57 |
| + 40 | 54,87 | 55,16 | 55,46 | 55,75 | 56,05 | 56,35 | 56,65 | 56,95 | 57,26 | 57,56 |
| + 41 | 57,87 | 58,18 | 58,49 | 58,80 | 59,11 | 59,43 | 59,74 | 60,06 | 60,38 | 60,70 |
| + 42 | 61,02 | 61,34 | 61,66 | 61,99 | 62,32 | 62,65 | 62,98 | 63,31 | 63,64 | 63,97 |
| + 43 | 64,31 | 64,65 | 64,99 | 65,33 | 65,67 | 66,01 | 66,36 | 66,71 | 67,05 | 67,41 |
| + 44 | 67,76 | 68,11 | 68,47 | 68,82 | 69,18 | 69,54 | 69,90 | 70,26 | 70,63 | 70,99 |
| + 45 | 71,36 | 71,73 | 72,10 | 72,48 | 72,85 | 73,23 | 73,60 | 73,98 | 74,36 | 74,75 |

# TABLA DE LOGARITMOS

## de 0 á 1000.

| Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | ∞ | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,0000 | 41 | 1,6128 | 81 | 1,9085 | 121 | 2,0828 | 161 | 2,2068 | 201 | 2,3032 |
| 2 | 0,3010 | 42 | 1,6232 | 82 | 1,9138 | 122 | 2,0864 | 162 | 2,2095 | 202 | 2,3054 |
| 3 | 0,4771 | 43 | 1,6335 | 83 | 1,9191 | 123 | 2,0899 | 163 | 2,2122 | 203 | 2,3075 |
| 4 | 0,6021 | 44 | 1,6435 | 84 | 1,9243 | 124 | 2,0934 | 164 | 2,2148 | 204 | 2,3096 |
| 5 | 0,6990 | 45 | 1,6532 | 85 | 1,9294 | 125 | 2,0969 | 165 | 2,2175 | 205 | 2,3118 |
| 6 | 0,7782 | 46 | 1,6628 | 86 | 1,9345 | 126 | 2,1004 | 166 | 2,2201 | 206 | 2,3139 |
| 7 | 0,8451 | 47 | 1,6721 | 87 | 1,9395 | 127 | 2,1038 | 167 | 2,2227 | 207 | 2,3160 |
| 8 | 0,9031 | 48 | 1,6812 | 88 | 1,9445 | 128 | 2,1072 | 168 | 2,2253 | 208 | 2,3181 |
| 9 | 0,9542 | 49 | 1,6902 | 89 | 1,9494 | 129 | 2,1106 | 169 | 2,2279 | 209 | 2,3201 |
| 10 | 1,0000 | 50 | 1,6990 | 90 | 1,9542 | 130 | 2,1139 | 170 | 2,2304 | 210 | 2,3222 |
| 11 | 1,0414 | 51 | 1,7076 | 91 | 1,9590 | 131 | 2,1173 | 171 | 2,2330 | 211 | 2,3243 |
| 12 | 1,0792 | 52 | 1,7160 | 92 | 1,9638 | 132 | 2,1206 | 172 | 2,2355 | 212 | 2,3263 |
| 13 | 1,1139 | 53 | 1,7243 | 93 | 1,9685 | 133 | 2,1239 | 173 | 2,2380 | 213 | 2,3284 |
| 14 | 1,1461 | 54 | 1,7324 | 94 | 1,9731 | 134 | 2,1271 | 174 | 2,2405 | 214 | 2,3304 |
| 15 | 1,1761 | 55 | 1,7404 | 95 | 1,9777 | 135 | 2,1303 | 175 | 2,2430 | 215 | 2,3324 |
| 16 | 1,2041 | 56 | 1,7482 | 96 | 1,9823 | 136 | 2,1335 | 176 | 2,2455 | 216 | 2,3345 |
| 17 | 1,2304 | 57 | 1,7559 | 97 | 1,9868 | 137 | 2,1367 | 177 | 2,2480 | 217 | 2,3365 |
| 18 | 1,2553 | 58 | 1,7634 | 98 | 1,9912 | 138 | 2,1399 | 178 | 2,2504 | 218 | 2,3385 |
| 19 | 1,2788 | 59 | 1,7709 | 99 | 1,9956 | 139 | 2,1430 | 179 | 2,2529 | 219 | 2,3404 |
| 20 | 1,3010 | 60 | 1,7782 | 100 | 2,0000 | 140 | 2,1461 | 180 | 2,2553 | 220 | 2,3424 |
| 21 | 1,3222 | 61 | 1,7853 | 101 | 2,0043 | 141 | 2,1492 | 181 | 2,2577 | 221 | 2,3444 |
| 22 | 1,3424 | 62 | 1,7924 | 102 | 2,0086 | 142 | 2,1523 | 182 | 2,2601 | 222 | 2,3464 |
| 23 | 1,3617 | 63 | 1,7993 | 103 | 2,0128 | 143 | 2,1553 | 183 | 2,2625 | 223 | 2,3483 |
| 24 | 1,3802 | 64 | 1,8062 | 104 | 2,0170 | 144 | 2,1584 | 184 | 2,2648 | 224 | 2,3502 |
| 25 | 1,3979 | 65 | 1,8129 | 105 | 2,0212 | 145 | 2,1614 | 185 | 2,2672 | 225 | 2,3522 |
| 26 | 1,4150 | 66 | 1,8195 | 106 | 2,0253 | 146 | 2,1644 | 186 | 2,2695 | 226 | 2,3541 |
| 27 | 1,4314 | 67 | 1,8261 | 107 | 2,0294 | 147 | 2,1673 | 187 | 2,2718 | 227 | 2,3560 |
| 28 | 1,4472 | 68 | 1,8325 | 108 | 2,0334 | 148 | 2,1703 | 188 | 2,2742 | 228 | 2,3579 |
| 29 | 1,4624 | 69 | 1,8388 | 109 | 2,0374 | 149 | 2,1732 | 189 | 2,2765 | 229 | 2,3598 |
| 30 | 1,4771 | 70 | 1,8451 | 110 | 2,0414 | 150 | 2,1761 | 190 | 2,2788 | 230 | 2,3617 |
| 31 | 1,4914 | 71 | 1,8513 | 111 | 2,0453 | 151 | 2,1790 | 191 | 2,2810 | 231 | 2,3636 |
| 32 | 1,5051 | 72 | 1,8573 | 112 | 2,0492 | 152 | 2,1818 | 192 | 2,2833 | 232 | 2,3655 |
| 33 | 1,5185 | 73 | 1,8633 | 113 | 2,0531 | 153 | 2,1847 | 193 | 2,2856 | 233 | 2,3674 |
| 34 | 1,5315 | 74 | 1,8692 | 114 | 2,0569 | 154 | 2,1875 | 194 | 2,2878 | 234 | 2,3692 |
| 35 | 1,5441 | 75 | 1,8751 | 115 | 2,0607 | 155 | 2,1903 | 195 | 2,2900 | 235 | 2,3711 |
| 36 | 1,5563 | 76 | 1,8808 | 116 | 2,0645 | 156 | 2,1931 | 196 | 2,2923 | 236 | 2,3729 |
| 37 | 1,5682 | 77 | 1,8865 | 117 | 2,0682 | 157 | 2,1959 | 197 | 2,2945 | 237 | 2,3747 |
| 38 | 1,5798 | 78 | 1,8921 | 118 | 2,0719 | 158 | 2,1987 | 198 | 2,2967 | 238 | 2,3766 |
| 39 | 1,5911 | 79 | 1,8976 | 119 | 2,0755 | 159 | 2,2014 | 199 | 2,2989 | 239 | 2,3784 |
| 40 | 1,6021 | 80 | 1,9031 | 120 | 2,0792 | 160 | 2,2041 | 200 | 2,3010 | 240 | 2,3802 |

| Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 241 | 2,3820 | 286 | 2,4564 | 331 | 2,5198 | 376 | 2,5752 | 421 | 2,6243 | 466 | 2,6684 |
| 242 | 2,3838 | 287 | 2,4579 | 332 | 2,5211 | 377 | 2,5763 | 422 | 2,6253 | 467 | 2,6693 |
| 243 | 2,3856 | 288 | 2,4594 | 333 | 2,5224 | 378 | 2,5775 | 423 | 2,6263 | 468 | 2,6702 |
| 244 | 2,3874 | 289 | 2,4609 | 334 | 2,5237 | 379 | 2,5786 | 424 | 2,6274 | 469 | 2,6712 |
| 245 | 2,3892 | 290 | 2,4624 | 335 | 2,5250 | 380 | 2,5798 | 425 | 2,6284 | 470 | 2,6721 |
| 246 | 2,3909 | 291 | 2,4639 | 336 | 2,5263 | 381 | 2,5809 | 426 | 2,6294 | 471 | 2,6730 |
| 247 | 2,3927 | 292 | 2,4654 | 337 | 2,5276 | 382 | 2,5821 | 427 | 2,6304 | 472 | 2,6739 |
| 248 | 2,3945 | 293 | 2,4669 | 338 | 2,5289 | 383 | 2,5832 | 428 | 2,6314 | 473 | 2,6749 |
| 249 | 2,3962 | 294 | 2,4683 | 339 | 2,5302 | 384 | 2,5843 | 429 | 2,6325 | 474 | 2,6758 |
| 250 | 2,3979 | 295 | 2,4698 | 340 | 2,5315 | 385 | 2,5855 | 430 | 2,6335 | 475 | 2,6767 |
| 251 | 2,3997 | 296 | 2,4713 | 341 | 2,5328 | 386 | 2,5866 | 431 | 2,6345 | 476 | 2,6776 |
| 252 | 2,4014 | 297 | 2,4728 | 342 | 2,5340 | 387 | 2,5877 | 432 | 2,6355 | 477 | 2,6785 |
| 253 | 2,4031 | 298 | 2,4742 | 343 | 2,5353 | 388 | 2,5888 | 433 | 2,6365 | 478 | 2,6794 |
| 254 | 2,4048 | 299 | 2,4757 | 344 | 2,5366 | 389 | 2,5899 | 434 | 2,6375 | 479 | 2,6803 |
| 255 | 2,4065 | 300 | 2,4771 | 345 | 2,5378 | 390 | 2,5911 | 435 | 2,6385 | 480 | 2,6812 |
| 256 | 2,4082 | 301 | 2,4786 | 346 | 2,5391 | 391 | 2,5922 | 436 | 2,6395 | 481 | 2,6821 |
| 257 | 2,4099 | 302 | 2,4800 | 347 | 2,5403 | 392 | 2,5933 | 437 | 2,6405 | 482 | 2,6830 |
| 258 | 2,4116 | 303 | 2,4814 | 348 | 2,5416 | 393 | 2,5944 | 438 | 2,6415 | 483 | 2,6839 |
| 259 | 2,4133 | 304 | 2,4829 | 349 | 2,5428 | 394 | 2,5955 | 439 | 2,6425 | 484 | 2,6848 |
| 260 | 2,4150 | 305 | 2,4843 | 350 | 2,5441 | 395 | 2,5966 | 440 | 2,6435 | 485 | 2,6857 |
| 261 | 2,4166 | 306 | 2,4857 | 351 | 2,5453 | 396 | 2,5977 | 441 | 2,6444 | 486 | 2,6866 |
| 262 | 2,4183 | 307 | 2,4871 | 352 | 2,5465 | 397 | 2,5988 | 442 | 2,6454 | 487 | 2,6875 |
| 263 | 2,4200 | 308 | 2,4886 | 353 | 2,5478 | 398 | 2,5999 | 443 | 2,6464 | 488 | 2,6884 |
| 264 | 2,4216 | 309 | 2,4900 | 354 | 2,5490 | 399 | 2,6010 | 444 | 2,6474 | 489 | 2,6893 |
| 265 | 2,4232 | 310 | 2,4914 | 355 | 2,5502 | 400 | 2,6021 | 445 | 2,6484 | 490 | 2,6902 |
| 266 | 2,4249 | 311 | 2,4928 | 356 | 2,5514 | 401 | 2,6031 | 446 | 2,6493 | 491 | 2,6911 |
| 267 | 2,4265 | 312 | 2,4942 | 357 | 2,5527 | 402 | 2,6042 | 447 | 2,6503 | 492 | 2,6920 |
| 268 | 2,4281 | 313 | 2,4955 | 358 | 2,5539 | 403 | 2,6053 | 448 | 2,6512 | 493 | 2,6928 |
| 269 | 2,4298 | 314 | 2,4969 | 359 | 2,5551 | 404 | 2,6064 | 449 | 2,6522 | 494 | 2,6937 |
| 270 | 2,4314 | 315 | 2,4983 | 360 | 2,5563 | 405 | 2,6075 | 450 | 2,6532 | 495 | 2,6946 |
| 271 | 2,4330 | 316 | 2,4997 | 361 | 2,5575 | 406 | 2,6085 | 451 | 2,6542 | 496 | 2,6955 |
| 272 | 2,4346 | 317 | 2,5011 | 362 | 2,5587 | 407 | 2,6096 | 452 | 2,6551 | 497 | 2,6964 |
| 273 | 2,4362 | 318 | 2,5024 | 363 | 2,5599 | 408 | 2,6107 | 453 | 2,6561 | 498 | 2,6972 |
| 274 | 2,4378 | 319 | 2,5038 | 364 | 2,5611 | 409 | 2,6117 | 454 | 2,6571 | 499 | 2,6981 |
| 275 | 2,4393 | 320 | 2,5051 | 365 | 2,5623 | 410 | 2,6128 | 455 | 2,6580 | 500 | 2,6990 |
| 276 | 2,4409 | 321 | 2,5065 | 366 | 2,5635 | 411 | 2,6138 | 456 | 2,6590 | 501 | 2,6998 |
| 277 | 2,4425 | 322 | 2,5079 | 367 | 2,5647 | 412 | 2,6149 | 457 | 2,6599 | 502 | 2,7007 |
| 278 | 2,4440 | 323 | 2,5092 | 368 | 2,5658 | 413 | 2,6160 | 458 | 2,6609 | 503 | 2,7016 |
| 279 | 2,4456 | 324 | 2,5105 | 369 | 2,5670 | 414 | 2,6170 | 459 | 2,6618 | 504 | 2,7024 |
| 280 | 2,4472 | 325 | 2,5119 | 370 | 2,5682 | 415 | 2,6180 | 460 | 2,6628 | 505 | 2,7033 |
| 281 | 2,4487 | 326 | 2,5132 | 371 | 2,5694 | 416 | 2,6191 | 461 | 2,6637 | 506 | 2,7042 |
| 282 | 2,4502 | 327 | 2,5145 | 372 | 2,5705 | 417 | 2,6201 | 462 | 2,6646 | 507 | 2,7050 |
| 283 | 2,4518 | 328 | 2,5159 | 373 | 2,5717 | 418 | 2,6212 | 463 | 2,6656 | 508 | 2,7059 |
| 284 | 2,4533 | 329 | 2,5172 | 374 | 2,5729 | 419 | 2,6222 | 464 | 2,6665 | 509 | 2,7067 |
| 285 | 2,4548 | 330 | 2,5185 | 375 | 2,5740 | 420 | 2,6232 | 465 | 2,6675 | 510 | 2,7076 |

| Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 511 | 2,7084 | 556 | 2,7451 | 601 | 2,7789 | 646 | 2,8102 | 691 | 2,8395 | 736 | 2,8669 |
| 512 | 2,7093 | 557 | 2,7459 | 602 | 2,7796 | 647 | 2,8109 | 692 | 2,8401 | 737 | 2,8675 |
| 513 | 2,7101 | 558 | 2,7466 | 603 | 2,7803 | 648 | 2,8116 | 693 | 2,8407 | 738 | 2,8681 |
| 514 | 2,7110 | 559 | 2,7474 | 604 | 2,7810 | 649 | 2,8122 | 694 | 2,8414 | 739 | 2,8686 |
| 515 | 2,7118 | 560 | 2,7482 | 605 | 2,7818 | 650 | 2,8129 | 695 | 2,8420 | 740 | 2,8692 |
| 516 | 2,7126 | 561 | 2,7490 | 606 | 2,7825 | 651 | 2,8136 | 696 | 2,8426 | 741 | 2,8698 |
| 517 | 2,7135 | 562 | 2,7497 | 607 | 2,7832 | 652 | 2,8142 | 697 | 2,8432 | 742 | 2,8704 |
| 518 | 2,7143 | 563 | 2,7505 | 608 | 2,7839 | 653 | 2,8149 | 698 | 2,8439 | 743 | 2,8710 |
| 519 | 2,7152 | 564 | 2,7513 | 609 | 2,7846 | 654 | 2,8156 | 699 | 2,8445 | 744 | 2,8716 |
| 520 | 2,7160 | 565 | 2,7520 | 610 | 2,7853 | 655 | 2,8162 | 700 | 2,8451 | 745 | 2,8722 |
| 521 | 2,7168 | 566 | 2,7528 | 611 | 2,7860 | 656 | 2,8169 | 701 | 2,8457 | 746 | 2,8727 |
| 522 | 2,7177 | 567 | 2,7536 | 612 | 2,7868 | 657 | 2,8176 | 702 | 2,8463 | 747 | 2,8733 |
| 523 | 2,7185 | 568 | 2,7543 | 613 | 2,7875 | 658 | 2,8182 | 703 | 2,8470 | 748 | 2,8739 |
| 524 | 2,7193 | 569 | 2,7551 | 614 | 2,7882 | 659 | 2,8189 | 704 | 2,8476 | 749 | 2,8745 |
| 525 | 2,7202 | 570 | 2,7559 | 615 | 2,7889 | 660 | 2,8195 | 705 | 2,8482 | 750 | 2,8751 |
| 526 | 2,7210 | 571 | 2,7566 | 616 | 2,7896 | 661 | 2,8202 | 706 | 2,8488 | 751 | 2,8756 |
| 327 | 2,7218 | 572 | 2,7574 | 617 | 2,7903 | 662 | 2,8209 | 707 | 2,8494 | 752 | 2,8762 |
| 528 | 2,7226 | 573 | 2,7582 | 618 | 2,7910 | 663 | 2,8215 | 708 | 2,8500 | 753 | 2,8768 |
| 529 | 2,7235 | 574 | 2,7589 | 619 | 2,7917 | 664 | 2,8222 | 709 | 2,8506 | 754 | 2,8774 |
| 530 | 2,7243 | 575 | 2,7597 | 620 | 2,7924 | 665 | 2,8228 | 710 | 2,8513 | 755 | 2,8779 |
| 531 | 2,7251 | 576 | 2,7604 | 621 | 2,7931 | 666 | 2,8235 | 711 | 2,8519 | 756 | 2,8785 |
| 532 | 2,7259 | 577 | 2,7612 | 622 | 2,7938 | 667 | 2,8241 | 712 | 2,8525 | 757 | 2,8791 |
| 533 | 2,7267 | 578 | 2,7619 | 623 | 2,7945 | 668 | 2,8248 | 713 | 2,8531 | 758 | 2,8797 |
| 534 | 2,7275 | 579 | 2,7627 | 624 | 2,7952 | 669 | 2,8254 | 714 | 2,8537 | 759 | 2,8802 |
| 535 | 2,7284 | 580 | 2,7634 | 625 | 2,7959 | 670 | 2,8261 | 715 | 2,8543 | 760 | 2,8808 |
| 536 | 2,7292 | 581 | 2,7642 | 626 | 2,7966 | 671 | 2,8267 | 716 | 2,8549 | 761 | 2,8814 |
| 537 | 2,7300 | 582 | 2,7649 | 627 | 2,7973 | 672 | 2,8274 | 717 | 2,8555 | 762 | 2,8820 |
| 538 | 2,7308 | 583 | 2,7657 | 628 | 2,7980 | 673 | 2,8280 | 718 | 2,8561 | 763 | 2,8825 |
| 539 | 2,7316 | 584 | 2,7664 | 629 | 2,7987 | 674 | 2,8287 | 719 | 2,8567 | 764 | 2,8831 |
| 540 | 2,7324 | 585 | 2,7672 | 630 | 2,7993 | 675 | 2,8293 | 720 | 2,8573 | 765 | 2,8837 |
| 541 | 2,7332 | 586 | 2,7679 | 631 | 2,8000 | 676 | 2,8299 | 721 | 2,8579 | 766 | 2,8842 |
| 542 | 2,7340 | 587 | 2,7686 | 632 | 2,8007 | 677 | 2,8306 | 722 | 2,8585 | 767 | 2,8848 |
| 543 | 2,7348 | 588 | 2,7694 | 633 | 2,8014 | 678 | 2,8312 | 723 | 2,8591 | 768 | 2,8854 |
| 544 | 2,7356 | 589 | 2,7701 | 634 | 2,8021 | 679 | 2,8319 | 724 | 2,8597 | 769 | 2,8859 |
| 545 | 2,7364 | 590 | 2,7709 | 635 | 2,8028 | 680 | 2,8325 | 725 | 2,8603 | 770 | 2,8865 |
| 546 | 2,7372 | 591 | 2,7716 | 636 | 2,8035 | 681 | 2,8331 | 726 | 2,8609 | 771 | 2,8871 |
| 547 | 2,7380 | 592 | 2,7723 | 637 | 2,8041 | 682 | 2,8338 | 727 | 2,8615 | 772 | 2,8876 |
| 548 | 2,7388 | 593 | 2,7731 | 638 | 2,8048 | 683 | 2,8344 | 728 | 2,8621 | 773 | 2,8882 |
| 549 | 2,7396 | 594 | 2,7738 | 639 | 2,8055 | 684 | 2,8351 | 729 | 2,8627 | 774 | 2,8887 |
| 550 | 2,7404 | 595 | 2,7745 | 640 | 2,8062 | 685 | 2,8357 | 730 | 2,8633 | 775 | 2,8893 |
| 551 | 2,7412 | 596 | 2,7752 | 641 | 2,8069 | 686 | 2,8363 | 731 | 2,8639 | 776 | 2,8899 |
| 552 | 2,7419 | 597 | 2,7760 | 642 | 2,8075 | 687 | 2,8370 | 732 | 2,8645 | 777 | 2,8904 |
| 553 | 2,7423 | 598 | 2,7767 | 643 | 2,8082 | 688 | 2,8376 | 733 | 2,8651 | 778 | 2,8910 |
| 554 | 2,7435 | 599 | 2,7774 | 644 | 2,8089 | 689 | 2,8382 | 734 | 2,8657 | 779 | 2,8915 |
| 555 | 2,7443 | 600 | 2,7782 | 645 | 2,8096 | 690 | 2,8388 | 735 | 2,8663 | 780 | 2,8921 |

| Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. | Números. | Logaritmos. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 781 | 2,8927 | 818 | 2,9128 | 855 | 2,9320 | 891 | 2,9499 | 928 | 2,9675 | 965 | 2,9845 |
| 782 | 2,8933 | 819 | 2,9133 | 856 | 2,9325 | 892 | 2,9504 | 929 | 2,9680 | 966 | 2,9850 |
| 783 | 2,8938 | 820 | 2,9138 | 857 | 2,9330 | 893 | 2,9509 | 930 | 2,9685 | 967 | 2,9854 |
| 784 | 2,8943 | 821 | 2,9143 | 858 | 2,9335 | 894 | 2,9513 | 931 | 2,9689 | 968 | 2,9859 |
| 785 | 2,8949 | 822 | 2,9149 | 859 | 2,9340 | 895 | 2,9518 | 932 | 2,9694 | 969 | 2,9863 |
| 786 | 2,8954 | 823 | 2,9154 | 860 | 2,9345 | 896 | 2,9523 | 933 | 2,9699 | 970 | 2,9868 |
| 787 | 2,8960 | 824 | 2,9159 | 861 | 2,9350 | 897 | 2,9528 | 934 | 2,9703 | 971 | 2,9872 |
| 788 | 2,8965 | 825 | 2,9165 | 862 | 2,9355 | 898 | 2,9533 | 935 | 2,9708 | 972 | 2,9877 |
| 789 | 2,8971 | 826 | 2,9170 | 863 | 2,9360 | 899 | 2,9538 | 936 | 2,9713 | 973 | 2,9881 |
| 790 | 2,8976 | 827 | 2,9175 | 864 | 2,9365 | 900 | 2,9542 | 937 | 2,9717 | 974 | 2,9886 |
| 791 | 2,8982 | 828 | 2,9180 | 865 | 2,9370 | 901 | 2,9547 | 938 | 2,9722 | 975 | 2,9890 |
| 792 | 2,8987 | 829 | 2,9186 | 866 | 2,9375 | 902 | 2,9552 | 939 | 2,9727 | 976 | 2,9894 |
| 793 | 2,8993 | 830 | 2,9191 | 867 | 2,9380 | 903 | 2,9557 | 940 | 2,9731 | 977 | 2,9899 |
| 794 | 2,8998 | 831 | 2,9196 | 868 | 2,9385 | 004 | 2,9562 | 941 | 2,9736 | 978 | 2,9903 |
| 795 | 2,9004 | 832 | 2,9201 | 869 | 2,9390 | 905 | 2,9566 | 942 | 2,9741 | 979 | 2,9908 |
| 796 | 2,9009 | 833 | 2,9206 | 870 | 2,9395 | 906 | 2,9571 | 943 | 2,9745 | 980 | 2,9912 |
| 797 | 2,9015 | 834 | 2,9212 | 871 | 2,9400 | 907 | 2,9576 | 944 | 2,9750 | 981 | 2,9917 |
| 798 | 2,9020 | 835 | 2,9217 | 872 | 2,9405 | 908 | 2,9581 | 945 | 2,9754 | 982 | 2,9921 |
| 799 | 2,9025 | 836 | 2,9222 | 873 | 2,9410 | 909 | 2,9586 | 946 | 2,9759 | 983 | 2,9926 |
| 800 | 2,9031 | 837 | 2,9227 | 874 | 2,9415 | 910 | 2,9590 | 947 | 2,9763 | 984 | 2,9930 |
| 801 | 2,9036 | 838 | 2,9232 | 875 | 2,9420 | 911 | 2,9595 | 948 | 2,9768 | 985 | 2,9934 |
| 802 | 2,9042 | 839 | 2,9238 | 876 | 2,9425 | 912 | 2,9600 | 949 | 2,9773 | 986 | 2,9939 |
| 803 | 2,9047 | 840 | 2,9243 | 877 | 2,9430 | 913 | 2,9605 | 950 | 2,9777 | 987 | 2,9943 |
| 804 | 2,9053 | 841 | 2,9248 | 878 | 2,9435 | 914 | 2,9609 | 951 | 2,9782 | 988 | 2,9948 |
| 805 | 2,9058 | 842 | 2,9253 | 879 | 2,9440 | 915 | 2,9614 | 952 | 2,9786 | 989 | 2,9952 |
| 806 | 2,9063 | 843 | 2,9258 | 880 | 2,9445 | 916 | 2,9619 | 953 | 2,9791 | 990 | 2,9956 |
| 807 | 2,9069 | 844 | 2,9263 | 881 | 2,9450 | 917 | 2,9624 | 954 | 2,9795 | 991 | 2,9961 |
| 808 | 2,9074 | 845 | 2,9269 | 882 | 2,9455 | 918 | 2,9628 | 955 | 2,9800 | 992 | 2,9965 |
| 809 | 2,9079 | 846 | 2,9274 | 883 | 2,9460 | 919 | 2,9633 | 956 | 2,9805 | 993 | 2,9969 |
| 810 | 2,9085 | 847 | 2,9279 | 884 | 2,9465 | 920 | 2,9638 | 957 | 2,9809 | 994 | 2,9974 |
| 811 | 2,9090 | 848 | 2,9284 | 835 | 2,9469 | 921 | 2,9643 | 958 | 2,9814 | 995 | 2,9978 |
| 812 | 2,9096 | 849 | 2,9289 | 886 | 2,9474 | 922 | 2,9647 | 959 | 2,9818 | 996 | 2,9983 |
| 813 | 2,9101 | 850 | 2,9294 | 887 | 2,9479 | 923 | 2,9652 | 960 | 2,9823 | 997 | 2,9987 |
| 814 | 2,9106 | 851 | 2,9299 | 888 | 2,9484 | 924 | 2,9657 | 961 | 2,9827 | 998 | 2,9991 |
| 815 | 2,9112 | 852 | 2,9304 | 889 | 2,9489 | 925 | 2,9661 | 962 | 2,9832 | 999 | 2,9996 |
| 816 | 2,9117 | 853 | 2,9309 | 890 | 2,9494 | 926 | 2,9666 | 963 | 2,9836 | 1000 | 3,0000 |
| 817 | 2,9122 | 854 | 2,9315 | | | 927 | 2,9671 | 964 | 2,9841 | | |

FIN.

# ÍNDICE.


| | Páginas. |
|---|---|
| Objeto de los globos sondas | 5 |
| Dificultades prácticas que existen para alcanzar grandes alturas | 9 |
| Cálculo de la presión máxima interior | 13 |
| Cálculo de la tensión máxima que sufre la envoltura | 15 |
| Influencia en la altura de equilibrio de una sobrecarga de 5 kilógramos | 17 |
| Causas de error de la teoría expuesta | 19 |
| Sistemas de practicar las ascensiones | 22 |
| Partida del globo flácido | 24 |
| Carga de gas de un globo flácido para obtener una velocidad de salida dada | 26 |
| Inconvenientes del globo flácido | 30 |
| Partida del globo lleno por completo | 31 |
| Partida de los globos de goma | 35 |
| Medios de producir el descenso del globo | 37 |
| Ligera reseña histórica de los globos sondas | 41 |
| Algunos datos de las ascensiones internacionales de 9 de Enero de 1903 | 48 |
| Aparatos registradores | 49 |
| Meteorógrafo de Mr. Teisserenc de Bort | 51 |
| Modo de emplear los aparatos registradores | 56 |
| Preparación de la hoja de aluminio | 56 |
| Modo de fijar la hoja gráfica después de una ascensión | 57 |
| Interpretación de las curvas registradas | 58 |
| Medida de las ordenadas | 59 |
| Descripción y uso de los gráficos de comparación | 62 |
| Gráfico de comparación para el barómetro | 62 |
| Gráfico de comparación para el termómetro | 67 |
| Gráfico de comparación del higrómetro | 70 |
| Datos prácticos sobre los globos sondas de papel | 71 |
| Barniz que debe emplearse y modo de barnizar los globos | 72 |
| Inflación del globo de 48 metros cúbicos | 73 |
| Altura aproximada que puede alcanzar este aerostato | 74 |
| Cantidad de lastre | 75 |
| Primera ascensión del globo sonda en España | 78 |
| Procedimiento para calcular la altura alcanzada por los globos sondas utilizando las indicaciones de los aparatos registradores | 80 |
| Descripción de las tablas | 85 |
| Tablas | 93 |

# POLÍGONOS DE TIRO

# POLÍGONOS DE TIRO

PARA

# ARMAS PORTÁTILES

## IDEAS SOBRE SU CONSTRUCCIÓN Y TRAZADO

POR

los Primeros Tenientes de Ingenieros

D. AGUSTIN RUÍZ Y LÓPEZ

Y

D. JOAQUIN DE LA LLAVE Y SIERRA

MADRID
IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS

1904

# PRÓLOGO

HASTA hace muy poco tiempo no existía en nuestro país un Polígono adecuado para la instrucción del tiro; el ejército lo practicaba en grandes extensiones de terreno elegidas en campo abierto, que también utilizaba para maniobras, y únicamente las tropas se ejercitaban en el tiro con fusil de guerra.

Creada en el año 1899 la Sociedad del Tiro Nacional, fué preciso construír campos de tiro, para que cumpliese sus fines, en los varios puntos de la Península en que aquélla tiene Representación; y por la conveniencia de elegir los terrenos próximos á lugares habitados, lo cual les hace subir de precio, hubo necesidad de limitar mucho su extensión. En estas condiciones, se imponía adoptar un procedimiento que evitase desgracias al público que circula por los alrededores del campo de tiro y que sirviera á la vez de protección á los mismos tiradores.

El procedimiento ha sido ejecutar obras que, recogiendo los proyectiles peligrosos, eviten que éstos lleguen á donde puedan causar daño; y surgió la idea del verdadero *Polígono de tiro* para instrucción, que ya existía hace tiempo en varias naciones, pero que era casi desconocido en la nuestra.

Los encargados de llevar á efecto estas obras, muchos de ellos oficiales de nuestro Cuerpo, se han visto obligados á estudiar este asunto, tomando ideas de diversos folletos y ar-

tículos de revistas; pues no existen publicaciones que contengan todos los principales sistemas hoy día adoptados, para que al compararlos pueda elegirse el que más convenga, según las circunstancias de cada caso.

Movidos por el deseo de ser útiles á los que en lo sucesivo hayan de proyectar campos de tiro, ó se vean precisados á dar informe sobre los mismos, hemos compendiado todos los antecedentes de que disponemos y que nos han servido de base para la ejecución y examen de trabajos de esta índole en nuestros respectivos cometidos en la construcción del Campo de Tiro de la Moncloa y en la Secretaría de la Comisión Técnica de la Junta Directiva Central del Tiro Nacional.

# CAPÍTULO I

**Dispersión.—Condiciones del arma.—Efectos.—Penetraciones y rebote.**

Vamos, ante todo, á hacer unas indicaciones sobre las dispersiones prácticas de los proyectiles, prescindiendo de las que se producen estando el fusil en un potro, que están consignadas en la tabla de tiro del final de este trabajo.

Las experiencias realizadas en 1888 en Francia por el teniente coronel Journeé, se encaminan, principalmente, á determinar el valor y la probabilidad: 1.°, de las desviaciones producidas por la falta de destreza de los tiradores; 2.°, de aquellas á que diesen origen los disparos fortuitos en posiciones que no son las de apuntar, á las que designa con el nombre de *desviaciones anormales*, y 3.°, las debidas á los rebotes.

Los tiros peor dirigidos, con relación al centro del blanco, distaban de éste $1^m,60$ para cada 100 metros de alcance, de modo que á 400 metros representan $6^m,40$; y como el centro del blanco está, por regla general, á 1 metro por encima del terreno, se deduce que las balas más altas pasarán á $7^m,40$ sobre el pie del blanco; de aquí se deduce la altura precisa para el espaldón, debida á esta causa.

En cuanto á las desviaciones anormales, se ha comprobado que son en número pequeñísimo, pues resultaba un tiro, disparado fortuitamente en la posición de *carguen*, por cada 50.000 cartuchos, y fuera de esta posición uno por cada 500.000. En la posición de *carguen*, el ángulo medio de proyección es de unos 12°, por lo que, para detener esos proyectiles, se necesitarían espaldones de excepcional altura, que únicamente en ciertos casos podían ser reemplazados por las condiciones naturales del terreno, pues serían necesarias alturas de 800 metros de relieve. En cuanto al alcance con el fusil modelo 1886 y el ángulo de proyección indicado, era de 2.600 metros; también se vió que el viento influía de un

modo considerable sobre el máximo alcance. En grandes recorridos sufría la bala un desplazamiento casi igual al producto de la duración de la trayectoria por la velocidad del viento.

Por comparación con fusiles extranjeros, ya que del nuestro no hay datos de experiencia, y refiriéndonos á las desviaciones en sentido vertical, que, aunque no son idénticas á las laterales, tienen con ellas diferencias despreciables al lado de los errores inherentes á estos datos de experiencia, indicamos en la siguiente tabla las densidades del haz de trayectorias á varias distancias del centro de impactos, suponiendo los disparos hechos por un tirador de instrucción incompleta, caso muy común en los campos civiles (1).

NÚMERO *de balas que rebasan una recta trazada á varias distancias del centro del blanco, por cada 10.000 disparadas.*

| Alcance 200 metros. | | | Alcance 400 metros. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| DISTANCIAS | NÚMERO DE ESCAPES | TANTO POR 100 | DISTANCIAS | NÚMERO DE ESCAPES | TANTO POR 100 |
| $0^m,25$ | 3000 | 30 por 100 | $0^m,25$ | 4025 | 40,25 por 100 |
| $0^m,34$ (*D p*) | 2500 | 25 » | $0^m,50$ | 3100 | 31,00 » |
| $0^m,50$ | 1550 | 15 » | $0^m,68$ | 2500 | 25,00 » |
| $0^m,75$ | 700 | 7 » | $0^m,75$ | 2300 | 23,00 » |
| $1^m,00$ | 174 | 1,7 » | $1^m,00$ | 1600 | 16,00 » |
| $1^m,50$ | 35 | 0,35 » | $1^m,50$ | 700 | 7,00 » |
| $3^m,00$ | 25 | 0,25 » | $3^m,00$ | 38 | 0,38 » |
| $5^m,50$ | 15 | 0,15 » | $10^m,00$ | 15 | 0,15 » |
| $12^m,00$ | 5 | 0,05 » | $30^m,00$ | 1 | 0,01 » |
| $16^m,00$ | 1 | 0,01 » | | | |

En ambas tablas el haz es muy denso hasta los 75 centímetros en la

(1) Según el capitán Girón en su *Estudio sobre el fusil Maüser español, modelo 1893*, los desvíos probables de esta clase de tiradores son:
Para 200 metros $= 0^m,340$ » Para 400 metros $= 0^m,680$ » Para 600 metros $= 1^m,010$

primera, y $1^m,50$ en la segunda; á partir de aquí, decrece con gran rapidez, permaneciendo más allá de 3 metros casi constante, lo que se explica únicamente suponiendo que estos desvíos son debidos á causas de una índole especial que existen siempre, y que en las rectas muy cercanas al centro quedan absorbidos por el gran número de escapes que en este caso hay, y en las distancias más grandes aparecen, pues, según la fórmula de Laplace, que guía estos fenómenos, el decrecimiento debía ser mucho más rápido que el consignado que resulta de la experiencia.

*
* *

Pero lo que dificulta el proyectar campos de tiro y hace este estudio verdaderamente complicado, es la adopción de los fusiles de pequeño calibre, y entre sus cualidades, las que ejercen influencia en este asunto son:

1.° Su mayor velocidad inicial, y por consiguiente, sus más considerables efectos, sobre todo en lo relativo á penetraciones. Con el antiguo Remington, de 400 metros por segundo de velocidad inicial, el problema sería mucho más sencillo que en el actual, que llega á 710, con efectos de tanta intensidad como indicamos más abajo.

2.° La constitución del proyectil, que va dotado de una envuelta dura que hace que cuando tropiece con poca inclinación con un cuerpo consistente, en lugar de deformarse la bala, como ocurre con las maleables de plomo, se produce una descomposición de fuerzas, debida á la reacción del cuerpo con el que choca, que desviando la bala de su camino, la cambia de dirección, haciéndola recorrer una nueva trayectoria; este es el fenómeno denominado *rebote* y que tanto da que hacer á los que se ven obligados á estudiar estos asuntos.

No siendo propio de este lugar el estudio detenido de las diversas condiciones balísticas de nuestro fusil reglamentario, sino de tratados especiales, nos vamos á limitar á las breves consideraciones que siguen (1):

Cuando el proyectil ha recorrido solamente una pequeña parte de su

(1) Al final de este trabajo va como apéndice la tabla de tiro de nuestro fusil, que es la oficial, con ligeras variantes, y una tabla de las ordenadas de las distintas trayectorias. Explayar más este asunto no lo juzgamos oportuno.

trayectoria primitiva y choca con un cuerpo que se opone á que siga recorriéndola, ocurrirá una de estas tres cosas:

1.ª Penetración del proyectil en el cuerpo.

2.ª Ruptura en pequeños fragmentos de la bala.

3.ª Rebote del proyectil, que continuará su marcha según una trayectoria distinta de la que traía.

Examinando los datos que sobre este asunto proporcionan experiencias verificadas con distintas armas y en condiciones adecuadas, encontramos que mientras el ángulo de incidencia del proyectil con el obstáculo no pasa de ciertos límites, ocurre que, según la dureza de éste y la energía de aquél, la bala penetra ó se rompe en pequeños trozos, que se desparraman siguiendo distintas direcciones, mientras que cuando el ángulo de incidencia es superior á cierto valor, el proyectil se deforma y pierde parte de su velocidad en el choque, pero después continúa moviéndose con la velocidad remanente y según una trayectoria distinta de la primitiva.

Esta parte de la Balística de efectos está llena por todos lados de dificultades y escollos, pues lo experimental, manantial fecundo de ideas en problemas de esta índole, es á todas luces insuficiente, está poco estudiado y bajo su aspecto científico no es menos difícil, por la complejidad misma de estos fenómenos.

Desde luego lo que más nos interesa es lo referente al primero y tercer caso, que son los que ejercen influencia en un proyecto de campo de tiro; el primero, para la elección de materiales y cálculo del espesor que ha de darse á todo obstáculo que tienda á impedir la salida de los proyectiles del Polígono, dejándose penetrar en parte por ellos, y el tercero, para adoptar disposiciones que eviten todo escape producido por rebotes de proyectiles en circunstancias determinadas.

**1.er Caso.**—Penetraciones.—Según acabamos de decir, en todas partes está el análisis de este asunto muy en mantillas y sobre todo en nuestro país, donde no hay nada ó casi nada estudiado para el fusil reglamentario. Pero considerando la poca exactitud que ofrecen los cálculos balísticos de penetraciones, y á falta de datos mejores, consignaremos aquí algunos resultados obtenidos con los fusiles inglés, francés y belga, y de este último, idéntico al argentino adquirido por nuestro

gobierno cuando la cuestión de Melilla, hay algunas experiencias verificadas en el Polígono de los Retamares por los zapadores del segundo regimiento el año 94, pues aunque el de modelo 93 ya estaba adoptado en aquella fecha, no pudieron procurarse ninguna de estas armas para realizarlas.

Fusil inglés (*Lee Metford*, calibre 7,70 milímetros).—A 91 metros atraviesa un muro de $0^m,23$, dando en las juntas, y siete tablas de pino de $0^m,19$.

En adobe hace falta $0^m,459$ para que no lo perforen.

En hierro, 12 milímetros resisten á todas las distancias; y desde más de 55 metros una plancha de 5 milímetros es suficiente.

En arena no puede atravesar $0^m,45$, y en arcillas y gredas 80 centímetros, como promedio.

Fusil francés (*Lebel*.—8 milímetros).—Distancia de 10 á 50 metros. Penetración en muros gruesos de ladrillo, de 5 á 9 centímetros, según se dé en juntas ó nó.

En hierro penetra 15 milímetros y en acero 4 á veces.

También se hicieron experiencias sobre disposiciones mixtas de mampostería y metal.

Fusil argentino, belga, turco, etc. (*Maüser*, 7,65 milímetros).—*Mampostería de ladrillo*.—Desde 50 metros atraviesa de $0^m,055$ á $0^m,080$ en disparos aislados; hiriendo varios se puede abrir brecha en los de media asta y asta.

*Hormigón de cemento*.—Un disparo atraviesa $0^m,045$, abriéndose brecha al 6.° disparo, en un muro de espesor de $0^m,15$; al 12.°, en uno de $0^m,20$, y al 28.°, en uno de $0^m,30$.

*Madera*.—Es notable la coincidencia casi matemática de las experiencias españolas de que hablamos con los datos de ensayos hechos en Bélgica. A pequeñas distancias se ha conseguido atravesar en España 32 tablas de $0^m,030$ á $0^m,033$, y en aquel país se ha logrado lo mismo con 35 de $0^m,027$ de espesor.

En vigas, tirando en dirección de las fibras, los resultados fueron $1^m,17$ atravesado, en Bélgica, y $1^m,26$ en nuestro país.

Tan enormes penetraciones demuestran que para resistir los proyectiles no pueden usarse en los Polígonos de tiro obras de made-

ra, empleándose tan sólo en combinación con otros materiales resistentes.

*Hierro.*—Tanto de las experiencias belgas como de las nuestras, se deduce que los proyectiles del Maüser pueden atravesar 15 milímetros, lográndose con mayores espesores que la bala quede empotrada en el metal y muy destrozada.

*Acero.*—Con tiro normal á la plancha, ésta puede ser atravesada si tiene $0^m,004$, siendo suficiente de $0^m,006$ á $0^m,007$ para tener efectos bastante seguros. Con la plancha inclinada éstos decrecen mucho.

*Arena.*—Desde 50 metros, $0^m,15$ de penetración media.
» 100 metros, $0^m,30$ de » »
» 200 metros, $0^m,45$ de » »

En adelante decrecen.

A medida que la arena se mezcla con proporciones mayores de tierra vegetal, las penetraciones aumentan.

La anomalía, mil veces observada, de que las penetraciones van en progresión creciente hasta que se tira desde una cierta distancia, alrededor de 200 metros, donde hay un máximo á partir del que decrecen los efectos, parece ser debida al aplastamiento que sufre la cabeza del proyectil al encontrarse dotado de una inmensa fuerza viva con un material poco penetrable, como la arena.

En Italia se han hecho interesantísimas experiencias referentes á la cuestión de la deformación de los proyectiles, y dan una explicación del fenómeno, que parece racional. Se ha empleado una caja, con su cara anterior de madera y la posterior metálica y rellena de arena. Algunos proyectiles tocaban la cara posterior deformándose, en virtud de que el plomo, merced á su inercia, tiende á continuar marchando y rompe la envuelta por la ojiva, adquiriendo la forma de seta, en lo que influye también la elevada temperatura que por el choque se produce; la envuelta, que es menos fusible y más rígida, se repliega hacia atrás, aumenta un poco de diámetro y se fragmenta algo, desprendiendo trozos. Son notables las anómalas figuras que adquieren estos proyectiles deformados. El Sr. Muguruza, presidente de la Representación del Tiro Nacional en Murcia, tiene una notable colección de ellos y algunos ejemplares muy curiosos.

Encofrados.—De palastro y arena: los formados por planchas de $0^m,002$, separadas por 12 centímetros de arena, no son atravesados desde ninguna distancia, siéndolo en cambio cuando el espesor de arena se reduce á $0^m,10$.

Si las planchas son de $0^m,004$, el espesor no atravesado es de $0^m,10$.

De palastro y hormigón: $0^m,10$ de buen hormigón, con planchas de $0^m,002$, no es atravesado por los proyectiles á las distancias más peligrosas.

*Palastros y muros de ladrillo.*—Un muro de media asta, protegido con planchas de $0^m,002$ no puede ser atravesado.

Es de imprescindible necesidad el hacer experiencias concluyentes y numerosas, sobre estos asuntos, en lo relativo á nuestro armamento reglamentario.

**2.° Caso.**—Las balas que encuentran placas de hierro ó piedras duras, al chocar contra estos obstáculos se pulverizan en pequeños trozos, de menor dimensión cuanto más próximas á la normal inciden sobre ellos.

Cuando el choque se produce en estas condiciones, los fragmentos se esparcen alrededor del punto de incidencia, casi paralelamente al plano de la placa.

Estos pedazos son peligrosos á pequeñas distancias del punto *A* (figura 1) y tienen una gran penetración. Lo más que llegan á alcanzar es á 50 metros de dicho punto.

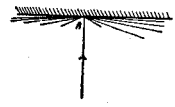


*Fig. 1.*

En el caso en que la bala se separe de la normal, al chocar con el obstáculo, y en general, cuando el ángulo de incidencia de un proyectil sobre una placa *A* (fig. 2) es menor de 45°, todos los fragmentos siguen la dirección *m n*.

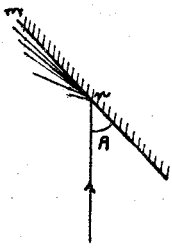



*Fig. 2.*

La penetración, ruptura y pulverización de los proyectiles que inciden sobre un obstáculo con un ángulo *A*, son casi proporcionales á *V* sen *A*.

**3.er Caso.**—Rebotes.—Los proyectiles, cualquiera que sea su naturaleza, rebotan sobre toda clase de terrenos; asimismo sobre agua, nieve, musgos, etc., constituyendo, por lo tanto, uno de los mayores enemigos que se presentan al Ingeniero que trata de organizar un campo de tiro.

Los rebotes siguen frecuentemente trayectorias más tendidas en su parte descendente, que las trayectorias de los fuegos directos.

Después del rebote la bala, por regla general, presenta su eje inclinado con respecto á la tangente de la trayectoria, y entonces el proyectil describe una hélice, cuyo radio y paso varían con la inclinación de dicho eje y con la deformación del proyectil. El paso de la hélice suele ser de 5 á 10 metros y su radio de unos 2 metros.

Pocos datos podemos en realidad presentar relativos á nuestro fusil, del que no sabemos se haya publicado nada, por lo que respecta á este asunto.

Por semejanza con lo que ocurre en otros de características análogas, haremos las siguientes indicaciones:

En un *terreno llano de dureza media* se producen rebotes mientras las balas lo hieran bajo ángulos menores de 14° (tg 0,25). Para evitar las confusiones á que dá lugar la denominación común de ángulo de incidencia, que unos llaman al que forma la tangente á la trayectoria en el punto de arribada con la superficie herida, y otros á su complemento, designaremos estos ángulos por sus tangentes trigonométricas, lo que no dá lugar á dudas.

Para pequeñas inclinaciones, las balas rebotan todas; cuando aquéllas aumentan, la proporción de rebotes decrece; así para ángulos de 6° 20′ (tg 0,11) la proporción de rebotes es de 80 por 100.

En cuanto al ángulo de rebote, es doble del de incidencia, salvo en los casos en que éstos son muy pequeños, inferiores á 1° 10′ (tg 0,02), pues llegan hasta valer más de 10 veces el de incidencia, no soliendo nunca pasar de 8° 40′ (tg 0,15).

En los *terrenos de roca* siguen produciéndose rebotes para valores mucho más grandes de los ángulos de incidencia, hasta que éstos llegan á 16° ó 22° (tangentes 0,30 á 0,40), aunque estos datos son inciertos, pues hay pocas experiencias sobre el asunto. El valor del ángulo de rebote es igual ó menor que el de incidencia.

En las *aristas que limitan los taludes*, caso muy frecuente en un Polígono, se sabe que los rebotes se producen en una zona de 4 ó 5 centímetros inmediata á la arista.

Teniendo en cuenta lo dicho, relativo á la densidad del haz de trayectorias, según la distancia á la trayectoria media, puesto que una arista

recogerá más balas, y de éstas podrá haber más rebotes, á medida que el haz sea más denso, podemos consignar los datos expresados en la tabla siguiente, para alcances de 200 metros.

| Alcance 200 metros | |
|---|---|
| DISTANCIAS DE LA ARISTA AL BLANCO | NÚMERO DE REBOTES PRODUCIDOS POR 10.000 DISPAROS |
| 0,75 | 18 |
| 1,50 | 3 |
| 2,50 | 0,75 |

Algo análogo ocurre á otros alcances, y por tanto vemos que á más de $2^{m}$,50, á 200 metros, y á más de 4, próximamente, á los 400, el peligro por las balas que escapan después de un rebote es insignificante. Con ciertos perfiles de abrigo de marcador, por lo tanto, este peligro puede ser muy remoto.

En cuanto al ángulo de rebote de estos proyectiles sobre aristas, es mucho mayor que en caso de terreno llano, y suele llegar hasta 35° (tg 0,7). La tabla siguiente dá idea de los valores del ángulo de rebote en cada 100 disparos.

| PROPORCIÓN DE REBOTES | VALORES EXTREMOS DEL ÁNGULO DE REBOTE MEDIDOS SOBRE LA HORIZONTAL |
|---|---|
| 26 por 100 | 0° (tg 0) á 5° 42′ (tg 0,1) |
| 22 » | 5° 42′ (tg 0,1) á 11° 18′ (tg 0,2) |
| 24 » | 11° 18′ (tg 0,2) á 16° 43′ (tg 0,3) |
| 18 » | 16° 43′ (tg 0,3) á 21° 49′ (tg 0,4) |
| 9 » | 21° 49′ (tg 0,4) á 26° 35′ (tg 0,5) |
| 1 » | superiores á 26° 35′ (tg 0,5) |

Si estas balas se deforman poco, su alcance puede ser considerable y

llegar á 2.500 metros; si se fragmentan alcanzan menos y no son tan peligrosas.

Cuando el ángulo de reflexión aumenta, disminuye la energía remanente del proyectil y el rebote es de menos alcance.

En otras naciones se han hecho experiencias de esta clase, y se empezó por determinar, para el terreno y armas objeto de las mismas, el tanto por 100 de rebotes para ángulos de incidencias determinados; resultando que, mientras en Francia y Alemania este tanto por 100 disminuía en una mitad en los terrenos recientemente labrados, cuando se comparaban con los duros y consistentes, en Italia, los resultados fueron inversos. Este hecho no prueba más que lo poco adelantados que están los procedimientos de experimentación, y que, hoy por hoy, se puede decir que se camina á ciegas en este asunto.

En apoyo de nuestro aserto, copiamos á continuación las frases que le dedica el ilustre Ingeniero belga Bihim en un trabajo reciente (1):

«Aunque hubiese reglas precisas que rigieran las trayectorias de proyectiles lanzados al espacio hasta el momento en que alcanzan el blanco, es decir, mientras no encuentran otra resistencia que la del aire, sería imposible establecer matemáticamente cuál es el camino recorrido por las balas que, en su marcha, chocan contra un obstáculo resistente. La naturaleza de este obstáculo, su forma, el punto de incidencia, la composición y la forma de la bala, la dirección primitiva de ésta con relación á la superficie del obstáculo y el contacto que toma con él, son otras tantas causas que hacen variar la trayectoria que recorre el proyectil después del choque, el ángulo con que se eleva y la fuerza viva que conserva. Los rebotes pueden, pues, producirse en todas direcciones, y es necesario buscar el modo de evitarlos y detenerlos lo más posible.»

Con lo dicho basta, y ya que no una teoría exacta y completa del rebote, es de esperar que la Escuela de Tiro de Infantería, de reciente creación en nuestro país, realice experiencias que proporcionen algún dato sobre este importantísimo asunto.

---

(1) *Construction des stands de tir à proximité des lieux habités.* — Publicado en el *Recueil des travaux techniques des officiers du Génie de l'Armée belge.*— Año 1902.

# CAPÍTULO II

**Experiencias.—Condiciones teóricas de un campo de tiro.—Obras de seguridad del campo.—** *Primer grupo.*—**Túneles, parabalas y diafragmas.—** *Segundo grupo.*—**Aspilleras y guías de puntería.—Puestos de marcador.—Espaldones.—Condiciones topográficas para el establecimiento de un campo.**

Poco después de adoptarse las modernas armas, dotadas de proyectiles de gran velocidad inicial y de penetraciones enormes, con las que apareció el fenómeno del rebote en peligrosas proporciones, en todos los países se preocuparon de hacer experiencias sobre el asunto que sirvieran de punto de partida á esta clase de trabajos.

De las que en Alemania se llevaron á cabo, y que dieron origen al *Schiesstands-Ordung,* publicado en Berlín el año 1896, se dedujo la necesidad de dotar á los campos de numerosas obras de tierra, aunque sin fiarse demasiado de su seguridad, pues siempre podía producirse algún escape.

En Francia, desde 1888 en que se publicó el reglamento sobre armamento, municiones y campos de tiro, no dejaron de ocuparse en hacer experiencias relativas á este asunto, debidas, en su mayor parte, al teniente coronel Journeé, ya citado.

Existía en la nación italiana un considerable número de campos de tiro, construídos estando en uso el antiguo fusil del modelo 1870-87, para la práctica en el ejército y en la Sociedad de «Tiro a segno nacionale», que, por los numerosos escapes á que las armas nuevas dieron lugar, estaban inutilizados para estos ejercicios. Tratóse de estudiar las condiciones del nuevo fusil, pues los datos del antiguo no servían, y para ello se creó una comisión el año 96.

Desde luego se sabía que los proyectiles nuevos, dotados de muy grande velocidad en sus dos movimientos, producían, al tocar con un cuerpo duro con poca inclinación, una descomposición de fuerzas, origen de un rebote de dirección y alcance desconocido, pero de peligrosos efec-

tos; por tanto, se tenía como dato seguro que era perjudicial la presencia en un campo de todo obstáculo que pudiera ser alcanzado por un proyectil con inclinación pequeña, lo que dá como condición al terreno el ser plano, careciendo de entrantes y salientes pronunciados.

Elegido como tipo de experimentación el campo de la Escuela central de tiro de infantería de Parma, en el que no se habían notado escapes, aunque está rodeado de población, se llegó á la conclusión de que este campo no podía considerarse como tipo desde el momento que sólo hacían fuego en él tiradores distinguidos. Sin embargo, ya sirvió para deducir que el terreno debe ser plano y duro, los blancos han de estar situados al pie del espaldón y que tiene ventajas poner descentradas, respecto al eje de tiro, las estaciones de marcador, saliendo después de cada serie á recorrer los blancos. Su organización era: un espaldón de 10 metros para alcances de 100 y de 14 para 200, y dos traveses ó muros laterales que, arrancando con altura igual, llega á tener en las inmediaciones del tirador la de un muro de cerca.

Esta organización, aun suponiendo que fuera segura, tiene el defecto en las sociedades particulares de su mucho coste, que aumenta desproporcionadamente con el alcance, por lo que se pensó bastaría para el tiro puramente de instrucción los de 100 metros ó 200 á lo más, teniendo en cuenta los fines educativos de la sociedad, que no tiene por objeto un deporte.

Sobre esta base ya se hicieron experiencias en el campo de San Siro de Milán, abandonado por su poca seguridad, dando las diversas disposiciones adoptadas para el espaldón pésimos resultados, por lo que se decidieron á copiar el de Parma, siendo la consecuencia que tenía tan malas condiciones como los antiguos. Los tiradores eran reclutas con poca instrucción, pero sometidos á una severa vigilancia, á pesar de lo cual los escapes fueron muchos, puesto que por pequeñas que sean las desviaciones en el arma producen efectos considerables. El tanto por mil de escapes llegó á valer 20.

Se comenzaron una nueva serie de experiencias en el campo de Acquacetosa, en Roma, llevadas las dos primeras con la finalidad de obtener una disposición que recogiese las balas desviadas, estudiando la constitución de los diafragmas, que se trataron de hacer de encofrados de

madera, arena y otros materiales, abandonando el sistema por haber notado que un encofrado mixto, con su cara anterior de madera y la posterior metálica, producía un rebote sobre esta última que hacía retroceder la bala hacia los puestos de tirador. En nuestra humilde opinión, estas experiencias fueron incompletas, pues, como luego se verá, se usa en España un encofrado de inmejorables condiciones.

Las tercera y cuarta serie se hicieron persiguiendo la obtención de un aparato que, limitando las variaciones de inclinación de la boca del fusil á unos pocos grados, impidiera á los proyectiles el llegar á puntos donde, ya directos, ya rebotados, pudieran ser peligrosos. Perfeccionamientos sucesivos dieron lugar á la guía de puntería (fig. 3), que consiste en un anillo, dentro del cual ha de ir la boca del arma mientras se hace fuego y que puede correr verticalmente para alcanzar la altura necesaria para la posición del tirador.

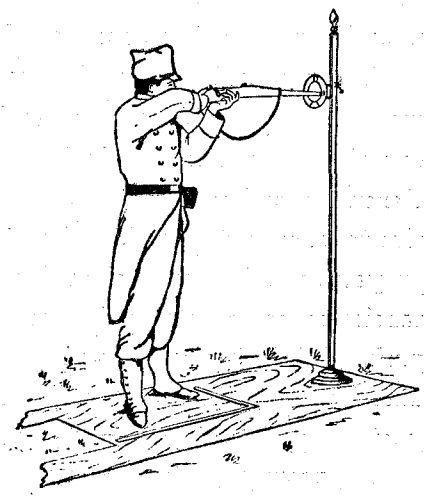


*Fig. 3.*

***

La principal condición á que debe satisfacer un campo de tiro es la de proporcionar seguridad suficiente, tanto para el tirador y marcadores, como para el público que transite por sus cercanías.

La probabilidad de que un ser humano, situado tras el espaldón, sea herido por una bala escapada del campo, es compuesta de otras dos: la de que se produzca el escape y la de que en el espacio batido por el proyectil se encuentre una persona. De modo que la seguridad ó peligro de un campo no se pueden tomar en absoluto, sino que será preciso saber si las defensas dan suficiente protección para el grado de frecuentación del terreno trasero del espaldón. Baste decir que si tras éste hay un barrio muy habitado ó lo cruzan caminos de mucho tránsito, cualquier

proyectil escapado será muy peligroso, y en cambio, aunque las defensas sean insuficientes, el campo no ofrecerá peligro si el terreno circundante es desierto ó está interrumpida la circulación durante el tiro, como ocurre en muchos campos militares.

Las dimensiones de la zona peligrosa se admite que son: en profundidad, 2.000 metros, alcance máximo de los rebotes, y en anchura, de unos 400 metros; ésta depende del número de plazas de tirador.

Los campos de tiro usados para el ejército suelen ser de grandes dimensiones, y además, en ellos está la zona peligrosa vigilada en forma que el paso por ella se dificulta, por lo cual los escapes de proyectiles tienen menos importancia; esto hace que los campos para sociedades de tiro tengan mayores exigencias técnicas, y por tanto, sea más difícil su proyecto y más cara su ejecución, pero en cambio, el tiro se hace á distancias menores, y además, suele ser individual, lo que disminuye las probabilidades de que haya escapes. De todos modos, la consideración anterior, unida á mayores estrecheces en el presupuesto, hacen del proyecto de campo civil un problema difícil.

Se procurará, pues, en su estudio, conseguir una seguridad, sino absoluta, poco menos; es decir, que no nos inquiete la existencia de una habitación ó camino en los alrededores.

Los campos de tiro pueden clasificarse en varios grupos, atendiendo á distintas consideraciones.

Llamánse primero *abiertos* ó *cerrados*, siendo aquéllos los situados en terrenos en los cuales, por estar poco habitados, se logra la imprescindible seguridad sin necesidad de construir obras, y á este grupo pertenecen la mayoría de los campos de ejercicios que emplea el ejército. Pero para que la seguridad sea absoluta, teniendo en cuenta los disparos que pueden escaparse en todas direcciones, hace falta un espacio enorme, desprovisto de habitaciones y caminos, limitado por una circunferencia de unos 7 kilómetros de diámetro, desideratum al que no se podrá llegar nunca en la práctica. En los *cerrados* se logra la seguridad por medio de obras que impiden todo escape, ó al menos los limiten á muy escaso número, con disposiciones que estudiaremos en detalle. Cabe un grupo intermedio, llamados *semicerrados*, en los que, existiendo peligro sólo en ciertas direcciones, únicamente en ellas hay que construir obras de seguridad,

Según el tiempo en que han de usarse, se llaman *provisionales* ó *estables*. Los campos provisionales suelen ser abiertos, ó á lo más, semicerrados; los estables son comunmente cerrados.

También pueden clasificarse según la situación relativa de los tiradores y los blancos, siendo con *puestos de tirador fijo* y *blancos móviles* ó recíprocamente; cabiendo también el empleo de ambos elementos móviles. Según su importancia, pueden tener una ó varias líneas de tiro.

Poco hay que decir sobre los campos de tiro abiertos. Se usarán sólo en determinadas circunstancias, y suele emplearlos únicamente el Estado por su elevado coste y por la dificultad de poseer terrenos tan extensos. Además se salen del dominio de este trabajo, y sólo indicaremos que sus obras de seguridad son todo lo más un espaldón que los limita; como ejemplo de ellos citamos el Campo de Carabanchel (Madrid).

Ordinariamente los campos de tiro se hacen cerrados, pues estando enclavados en terrenos habitados y de tránsito, por rigurosas que sean las disposiciones que se adopten para evitar el paso del público por las zonas peligrosas y por reglamentada que esté la forma de verificar el tiro y la observación, no será nunca suficiente para evitar desgracias. Es decir, que la disposición de los diversos elementos constitutivos del campo debe ser tal, que reduzca á un número insignificante las salidas de proyectiles del recinto dispuesto para el tiro.

Así, pues, lo primero que se ocurre examinar al ocuparse de un campo de tiro cerrado, son los diversos procedimientos que pueden ponerse en práctica con objeto de detener á los proyectiles que lleven una dirección defectuosa, y al propio tiempo disponerlos en forma tal que dejen perfectamente visibles los blancos.

La composición de esta clase de campos de tiro es ordinariamente la que sigue:

1.° Un local ó galería para los tiradores, en la cual existan, además, dependencias accesorias, armeros, depósito de proyectiles, etc.

2.° Paralelamente á esta galería un gran espaldón, en algunos casos natural, que limite el campo, presentándose normalmente á los proyectiles que, bien dirigidos, atraviesan los blancos.

3.° Disposición intermedia que impide la salida de los proyectiles altos ó la de los que, por seguir una trayectoria demasiado baja, rebota-

rían en el suelo, franqueando en ambos casos el espaldón anteriormente citado.

4.° Abrigos ó galerías para los marcadores y colocación de los blancos.

***

## Obras de seguridad del campo.

Varios y discutidos han sido los procedimientos que en la disposición intermedia entre los blancos y la galería se emplean, pero en conjunto pueden reducirse á dos: consiste uno en permitir que se tire libremente, dotando al campo de disposiciones que recojan los proyectiles que convenga (en este grupo entran los túneles, parabalas, diafragmas.....) y otro en limitar las inclinaciones del arma de modo que no puedan llegar las trayectorias á los puntos peligrosos (aspilleras, anillo de tiro ó guía de puntería, etc.).

**1.er grupo.**—Túneles.—Se funda este procedimiento en construir una galería cerrada en todas sus partes de materiales impenetrables á los proyectiles y que una el puesto del tirador al blanco. En esta forma, el método es inaplicable por su coste y porque impide la necesaria iluminación; por tanto, hay que limitar su longitud á un trozo más ó menos grande, calculándolo en forma que los proyectiles que salgan de él no puedan escapar del campo.

Parabalas.—Son disposiciones que tienen por objeto recoger las balas que, partiendo con inclinación exagerada, puedan rebasar el espaldón, y en este caso hay que emplear un procedimiento especial para evitar el rebote de las balas en el suelo.

Diafragmas.—Siendo necesario diferenciar este método del anterior, y en consonancia con la palabra usada en el idioma italiano, designamos por *diafragma* las defensas de índole análoga á los parabalas, que se distinguen de ellos en estar constituídas por un mamparo corrido con huecos, por los que pueden pasar los proyectiles no peligrosos. Estos diafragmas son ó nó completos, según que limiten el tiro en todas direcciones ó que sólo lo hagan superior y lateralmente, teniendo, en el primer caso, los huecos forma de ventana, y en el segundo, de puerta.

Teoría de los túneles.—Poco puede decirse en teoría de este sistema, que rara vez se emplea sólo, siendo más común usarlo en combinación con parabalas y diafragmas. Deben tener bastante longitud, pues produciéndose en sus caras laterales rebotes, puesto que las encuentran los proyectiles bajo ángulo de incidencia muy pequeño; si son exageradamente cortos, puede salir una bala, después de un primer rebote, desviada latéralmente en dirección peligrosa, defecto que se evita prolongándolos.

La dificultad que hemos citado en su iluminación, se resuelve haciéndole á trozos cortaduras, dotadas de aletas para evitar escapes de proyectiles, conviniendo también trazarlos en forma de embudo, decreciente desde la galería hacia los blancos.

Por lo demás, sus principios fundamentales son análogos á los de los parabalas y diafragmas y á ellos referimos al lector para evitar repeticiones.

Teoría de los parabalas y diafragmas.—Una de las más elementales precauciones para evitar los rebotes es impedir que los proyectiles toquen al suelo, oponiendo obstáculos, que deben situarse normales á las trayectorias en el punto de incidencia para impedir, á su vez, que se produzcan rebotes sobre ellos.

Como la teoría del trazado de un campo depende del sistema adoptado, estudiaremos sucesivamente un campo con *parabalas* y otro con *diafragmas*.

A la primera categoría pertenece el campo racional de Bihin, original del capitán de Ingenieros belga Eugéne Bihin, del que vamos á dar á conocer la disposición con que se evitan los tiros que pudieran ofrecer algún peligro. Está representado en las figuras 4 y 5, y consta de las siguientes partes:

Una galería para alojamiento del tirador con los ventanales *a b*, de $0^m,60$ de altura y $0^m,30$ de ancho. El borde superior se dispone á $1^m,80$ por encima del suelo, con objeto de que los tiradores más altos puedan ver el blanco cómodamente. Su parte inferior dista $1^m,20$ del terreno, guiándose el autor por las mismas consideraciones que las anteriores respecto al tirador más bajo y para permitir cargar cómodamente el arma en todos los casos. Para el tiro de rodillas ó echado se utiliza uno de los

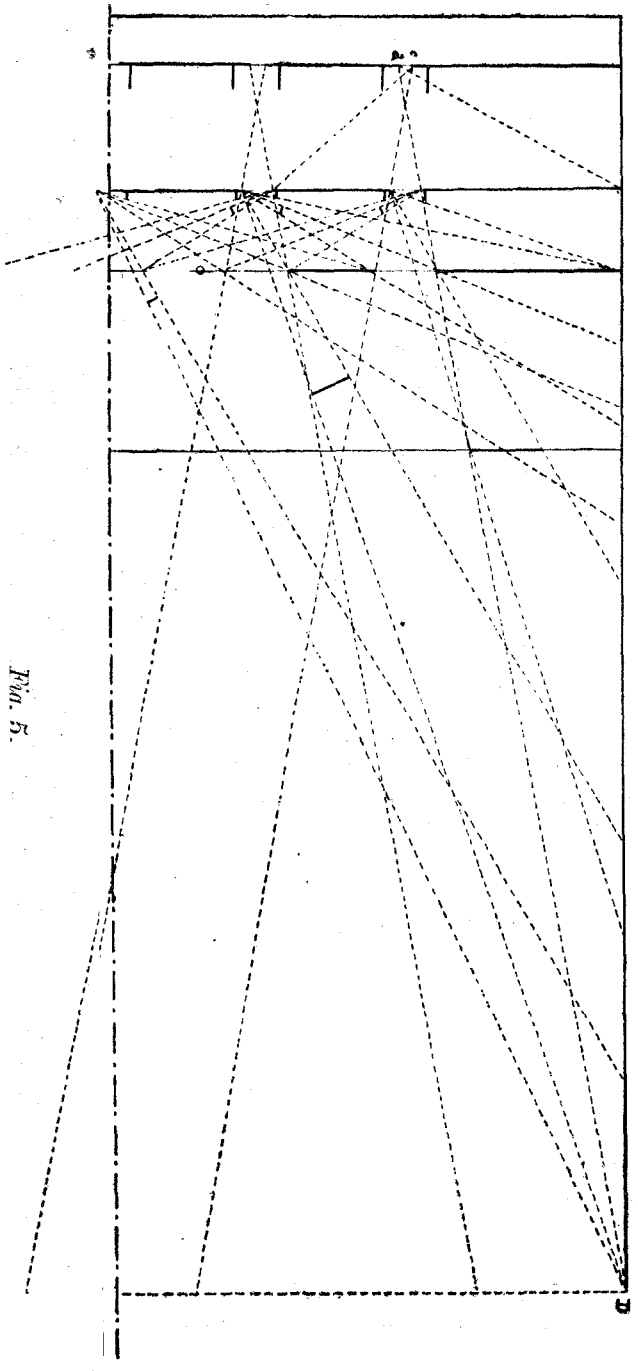


Fig. 5.

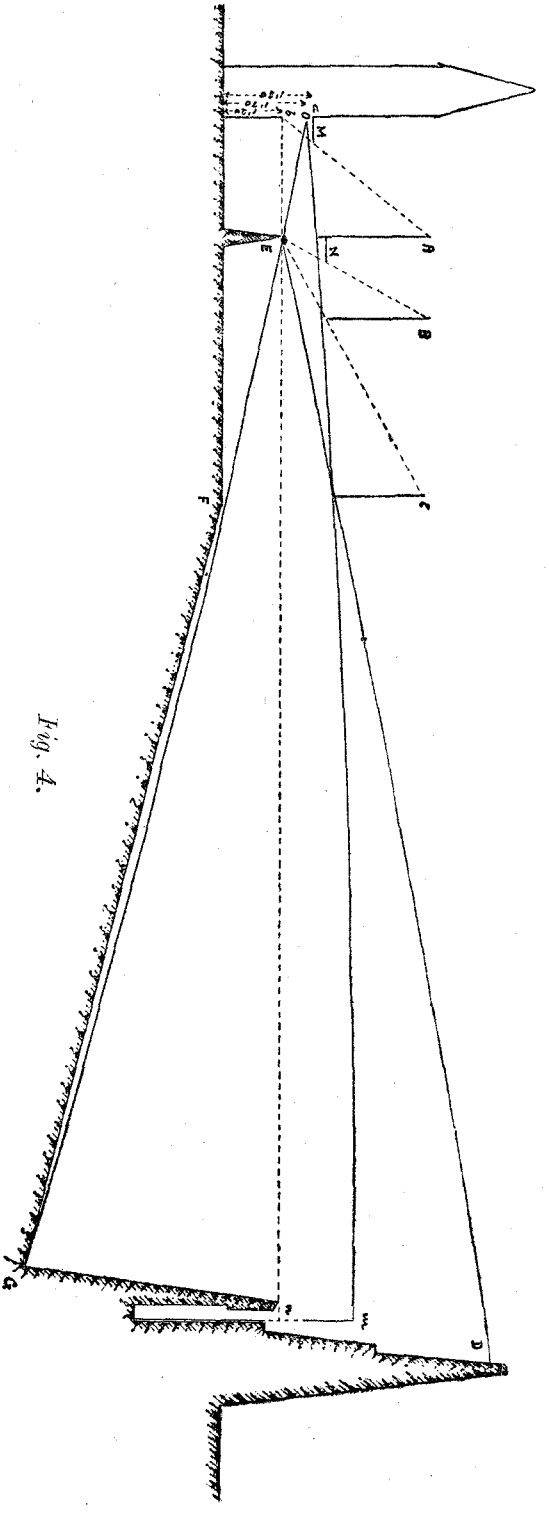


Fig. 4.

procedimientos para que el tirador coloque el arma á la misma altura que en pie, y que detallamos después. Delante de la galería existe un obstáculo, *E;* los parabalas verticales *A*, *B* y *C* y los horizontales *M* y *N*. Los *A*, *B* y *C* están dispuestos en forma tal que permitan ver enteramente el blanco al tirador más alto, que se supone sea el que sitúa su fusil al apuntar á $1^m,76$ por encima del nivel del suelo de la galería (Apéndice I), y al mismo tiempo que impide salir del campo todos los proyectiles que reboten en el obstáculo *E*. Este obstáculo, juntamente con la forma que se da al terreno *E G*, impide á los proyectiles tocar en el suelo, evitando de este modo los rebotes.

Como se vé en la figura, cuanto mayor sea la altura de *E* menor será el prisma de tierra que es necesario escavar para dar al terreno la forma antes citada; pero dicha altura está limitada por la condición de que el tirador más bajo vea enteramente el blanco, por lo cual se le termina en la línea *b n*. Una vez conocido *E* y trazando la trayectoria *O E G*, correspondiente al fusil de menor alcance que se emplee en el campo, se marcará *F G* de modo que quede enteramente debajo de dicha trayectoria.

Para marcar la altura de los parabalas *A*, *B* y *C*, se trazará la trayectoria menos tendida, *O m*, de todas las que pasen por *m*, borde superior del blanco, la cual fijará la arista inferior del parabalas *A* y será un límite que no podría rebasar el *B* y el *C;* tomando como punto de partida *E*, la trayectoria más tendida, *E D*, que viene á parar á la cresta del espaldón, terminará el parabalas *C*.

Una vez determinadas en esta forma las aristas inferiores de los parabalas, su parte llena se obtendrá por la condición de que no permita la salida del Polígono de los rebotes producidos en *E*, cuyo trazado está indicado en la figura, sirviendo las partes horizontales *N* y *M* para limitar verticalmente el tiro.

En los intervalos que hay entre los puestos de tirador, el parabalas *A* se prolonga hasta encontrar el obstáculo *E*, formando, de este modo, una verdadera pantalla contínua provista de ventanales.

Para limitar el campo lateralmente se disponen dos cercas, en tal forma que no puedan ser alcanzadas por el tiro más oblícuo correspondiente al puesto de tirador más próximo á ellas, es decir, que bastará

trazar la recta *D d* (fig. 5) hasta que corte al espaldón, y desde el punto *D* la perpendicular á la dirección de los parabalas, que determinará el eje de la cerca. En la planta se indican, además, con líneas llenas, los pequeños trozos de pantalla que evitan que los proyectiles que rebotan en los bordes de los parabalas alcancen las cercas laterales.

Como ejemplo de un campo dotado de *diafragmas*, citaremos el Polígono de la Moncloa, en Madrid. Sirvió como base fundamental en su trazado la altura constante del tirador sobre el terreno de la galería, evitándose, de esta manera, el complicado problema de impedir el choque de los proyectiles con el suelo y los consiguientes rebotes. Como se verá en otro capítulo, no es difícil conseguir igualar en altura á los tiradores, al menos entre ciertos límites, cosa que, aunque á primera vista parecerá seguramente molesta y embarozosa en la práctica, podemos asegurar que no es así; antes por el contrario, quizá se consiga de este modo fijar mucho más la atención del tirador y evitar cualquier distracción, siempre peligrosa, y desde luego simplifica el problema teórico de un modo extraordinario.

Sea (fig. 6) *m n* el blanco y *A*, *B* y *C* los diafragmas: la primera con-

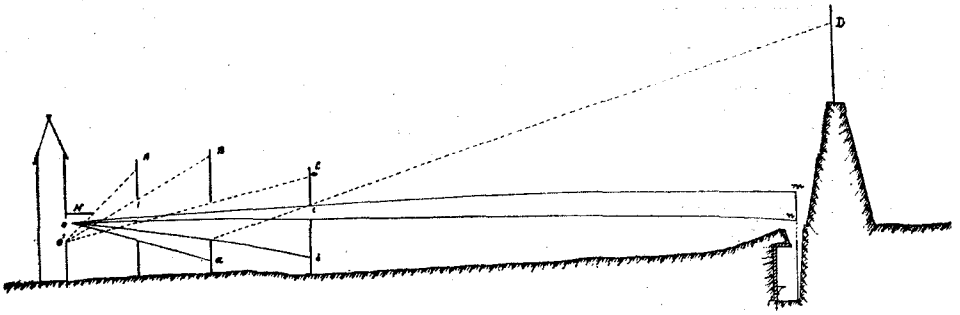


*fig. 6.*

dición que deben cumplir es que dejen todo el blanco accesible á los proyectiles que partan del punto *O*, que representa la boca del fusil, suponiendo el arma á la altura que se tome como base del trazado; para lograrlo se dibujan las trayectorias *O m* y *O n* correspondientes al fusil de menos alcance usado en el campo, la primera, y al de más, la segunda, con lo cual quedarán marcadas las partes horizontales superior é inferior correspondientes al diafragma *C*. Ahora bien, es de notar que en la posi-

ción de preparen, en que el fusil queda más bajo, puede ocurrir la eventualidad de escaparse un tiro, que, pasando por el borde *c*, transpasará el límite del campo, si el espaldón no fuera suficientemente alto. Con objeto de evitarlo, y dada la altura de dicho espaldón, bastará unir el punto *D* con el *c* y prolongar esta recta hasta que encuentre el diafragma *B*, y quedará marcado de esta manera el borde inferior de su ventanal.

Las *O a* y *O b* indican la distancia máxima á que pueden colocarse los diafragmas para que los proyectiles no den en el suelo, y los *O' A*, *O' B* y *O' C*, la parte llena por encima del ventanal; siendo *N* una pantalla horizontal destinada á limitar el tiro verticalmente en la parte más inmediata al tirador.

En la planta (fig. 7) se vé el trazado de los ventanales, hecho de tal modo que permitan ver el blanco y el espacio que media hasta el siguiente, evitándose la salida de los proyectiles lateralmente por los trozos de pantalla *r s* é impidiendo también que los tiradores contíguos apunten á un mismo blanco. Como todas las partes constitutivas del campo son encofrados de madera y grava, no ha habido inconveniente en cerrar lateralmente el espacio entre los diafragmas con la pared *A B*, que, dado el ángulo bajo el cual puede ser herida por los proyectiles, no puede ocasionar rebotes.

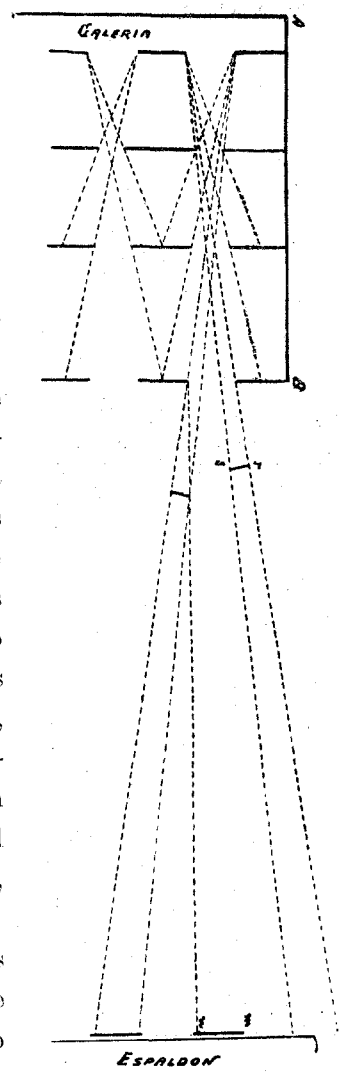


*Fig. 7.*

El defecto, casi común á todos los campos cerrados, que se imputa á estos sistemas de limitar demasiado el tiro, es menor de lo que parece, pues hemos podido observar gran número de veces el caso de creer un tirador muy sencillo hacer blanco, siendo engañado en sus apreciaciones.

El procedimiento expuesto para marcar los ventanales exige el trazado gráfico de las trayectorias; en muchos casos resultará más sencillo emplear el cálculo del modo siguiente:

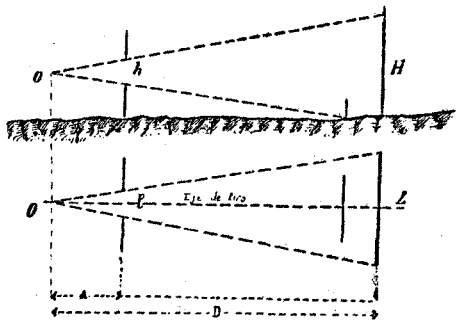



*Fig. 8.*

Si la trayectoria fuese rectilínea, lo que puede considerarse cierto para pequeños alcances, el problema sería sencillísimo, pues siendo $H$ (fig. 8) la altura del espaldón, $h$ la abertura del ventanal, $l$ y $L$ la anchura de ambas partes, $X$ el alcance y $d$ la distancia del tirador al diafragma, se verifica

$$[1] \quad \frac{H}{h} = \frac{X}{d} \qquad y \qquad [2] \quad \frac{L}{l} = \frac{X}{d}$$

de donde podrían deducirse las dimensiones del espaldón, dadas las del ventanal ó al contrario.

Teniendo, además, en cuenta la dispersión del tiro, deben aumentarse las dimensiones teóricas del espaldón en una cantidad igual á la desviación total que viene dada en la tabla (Apéndice II).

*Ejemplo.*—Supongamos que para tiro á 300 metros se piensa dar al espaldón una altura próximamente de 8 metros y una anchura de 6 metros; se desea hacer un diafragma á 15 metros y saber las dimensiones del ventanal.

Se deduce de las relaciones [1] y [2]:

$$\left.\begin{array}{l} X = 300 \\ d = 15 \\ H = 8 \\ L = 6 \end{array}\right\} \begin{array}{l} h = \dfrac{15}{300} \cdot 8 = 0{,}40 \text{ metros,} \\ l = \dfrac{15}{300} \cdot 6 = 0{,}30 \text{ metros.} \end{array}$$

Supuestas estas dimensiones, y buscando en la tabla de tiro las desviaciones totales correspondientes, se tiene:

horizontal = 0,148 metros;
vertical . . = 0,154 metros.

Luego en estas magnitudes debe aumentarse el espaldón.

Solución real teniendo en cuenta la curvatura de la trayectoria. —En el borde superior del ventanal no hay inconveniente en tomar la trayectoria como rectilínea, puesto que el error resulta en favor de la seguridad desde el momento que la trayectoria que parte con inclinación dada á la visual que ha limitado á la ventana en lugar de incidir en $c$, en el espaldón, lo hace en $c'$ (fig. 9). Por el contrario, el borde inferior ha resultado ser $m$, con perjuicio de la seguridad, pues el proyectil que parte con esta inclinación corta el terreno en $m''$, produciendo rebote. Para evitarlo debe limitarse el borde inferior del ventanal en $n$, determinando por la trayectoria que termina en $m'$ pie del espaldón y que puede calcularse multiplicando $d$ por la tangente del ángulo de proyección que corresponde al alcance dado, con lo cual se determinará $m\,n$ en el triángulo $m\,n\,o$.

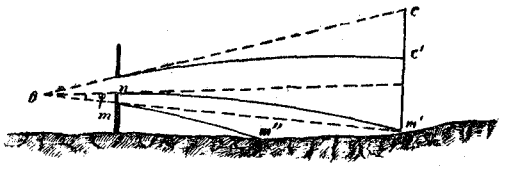


*Fig. 9.*

*Ejemplo.*—En el anterior vamos á calcular la verdadera altura del ventanal (Apéndice II).

$$\left.\begin{array}{l} d = 15 \text{ metros} \\ \text{tg.}\,\varphi = 0{,}00379 \end{array}\right\} m\,n = 0{,}056 \text{ metros,}$$

luego debe elevarse 6 centímetros el borde inferior del ventanal.

**2.º grupo.**—Aspilleras y guías de puntería.—El sistema se funda en colocar muy próximo al tirador y á una altura proporcionada á su talla una ventana ó anillo trazado de tal modo, que introducida en ella la boca del arma ésta no pueda apuntar fuera del espaldón ni al terreno.

Se comprende que tratando de satisfacer á estas condiciones, será mejor el anillo; pues es menor su coste, estorba menos el tiro y permite variar la altura en forma adecuada á cada tirador.

Los fundamentos de esta disposición, en lo que respecta al trazado del anillo, son:

1.º Su diámetro ha de ser mayor de 10 centímetros, límite mínimo deducido por la experiencia para que se pueda tirar con comodidad é introducir fácilmente la boca del arma en él.

2.º Que diste del ojo del tirador que puede considerarse como punto

de giro, la cantidad precisamente calculada y variable con cada modelo de arma.

3.° Que no exija espaldones de dimensiones exageradas.

4.° Que pueda colocarse exactamente á la altura variable para cada tirador.

Empleando este sistema para cortos alcances, se comprende que por triángulos semejantes trazados en proyección horizontal y vertical se pueden calcular sus dimensiones.

Se emplea de ordinario el procedimiento gráfico, como más cómodo; pero de los cálculos hechos en Italia, su país de origen, se han deducido las dos consecuencias siguientes: 1.ª, la dimensión vertical del anillo no depende de la cota á que se apunta el arma, ni del desnivel entre el pie del blanco y el del espaldón; y 2.ª, que su dimensión horizontal es también independiente del desnivel entre los tiradores y el blanco; es decir, que el mismo anillo puede servir para tiradores de diversas alturas y en campos de un desnivel topográfico cualquiera.

Este procedimiento ha sido declarado reglamentario en Italia, y ha dado buenos resultados, siendo recomendable desde luego para cortos alcances; pero para los superiores á 200 metros, es inaplicable, pues teniendo que ser el espaldón de dimensiones que no pasen de lo racional y económico, se hace el anillo de tan poco diámetro que equivale á tirar en caballete, dejando sin efecto la habilidad del tirador, además de que es poco exacto, pues encorvándose mucho las trayectorias para estos alcances y aumentando la dispersión, el fundamento del cálculo de suponer las trayectorias rectilíneas, es falso.

En España no creemos se avenga casi ninguno que tire á hacerlo ordinariamente á 100 metros con fusil de guerra, y, por tanto, el sistema, por bueno que sea, lo juzgamos inaplicable en general.

## Puestos de marcador.

Deben cumplir las condiciones de desenfilar al marcador de la trayectoria más peligrosa, protegerle del viento y la lluvia y permitir que se vean fácilmente los blancos. Cuando éstos tengan partes metálicas, debe evitarse que lleguen hasta ellas los proyectiles.

Entre las distintas clases de puestos para marcador que se describirán luego, los que mejor llenan su cometido son los formados por un blockaus, en el que se encierra el marcador, y al que debe dotarse de aspilleras para la observación del tiro; pero en el caso, común en nuestro país, de emplear los puestos en desmonte, puede servir de tipo el de la fig. 10, en el cual los proyectiles no pueden herir á un hombre colocado de pie en la trinchera, ni tocar el revestimiento del talud posterior, ni la armadura del blanco.

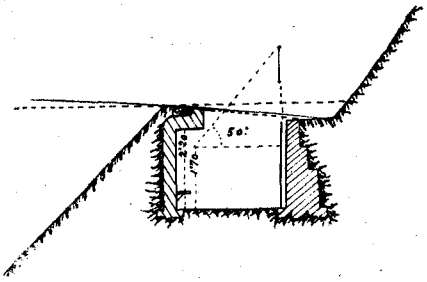



*Fig. 10.*

El nicho en que está resguardado el marcador, tiene 1 metro de profundidad, y, estando sentado en el banquillo del fondo, puede ver la parte superior del blanco bajo un ángulo de 50°.

## Espaldones.

Vamos á indicar las condiciones que debe reunir un espaldón para que el número de escapes que consienta sea despreciable en la práctica. Para fijar las ideas consideraremos aceptable uno ó dos escapes por 10.000 disparos, teniendo en cuenta que estos datos numéricos son sólo aproximados, es decir, que no debe dárseles la idea de exactitud que aparentan.

Los escapes pueden provenir:

1.° Escapes de tiros directos.

2.° Balas rebotadas en el espaldón ó en sus aristas.

3.° Rebotes entre el tirador y los blancos.

Primero. Hace falta un espaldón de 16 metros para un alcance de 200 y de 30 para uno de 400. Pero con el empleo de los parabalas y diafragmas esta causa de escapes desaparece por completo, obedeciendo el cálculo del espaldón á lo dicho en el de los diafragmas.

Segundo. Como de lo indicado en el capítulo de rebotes se vé que éstos se producen mientras las balas hieran la superficie con un ángulo menor de 14° (tg 0,25), es decir, que la pendiente del espaldón respecto al

suelo del campo (que es sensiblemente paralelo á la rama descendente de la trayectoria), tenga, por lo menos, ese valor hasta una altura de 10 metros (según el alcance). Si esto no ocurre, el espaldón, por mucha que sea su altura, será insuficiente para detener las balas. Esto conviene tenerlo presente, pues, aunque usando defensas se disminuye mucho esta causa, aún puede dar lugar á escapes. Si existen partes rocosas, también se producen rebotes irregulares, pero esto tiene menos inconvenientes que lo antes apuntado; depende, en suma, de la densidad del haz en aquel punto.

Si hay aristas, sólo deben tenerse en cuenta si su distancia al blanco es menor de $2^m,50$, pues á mayor, los rebotes producidos son menos de 1 por 10.000.

Tercero. En el caso en que los blancos estén á la altura del terreno del campo, los escapes, por estas causas, serán muy frecuentes; si se colocan en una plataforma elevada como en los campos italianos, lo serán mucho menos; pero de todos modos, como los ángulos de rebote son pequeños, la altura del espaldón bastará en general. En cambio, las aristas que existan, sobre todo la del abrigo de marcadores, que, estando á menos de $1^m,50$ del centro del blanco producirán 3 rebotes por 10.000, y con ángulo elevado, son peligrosas, y para reducir esta proporción á la de 1 por 10.000 indicada, será preciso, según la tabla de los valores de los ángulos de rebote (pág. 15), hacer que el espaldón recoja los $^2/_3$ de las balas rebotadas, es decir, dar á éste una altura que determine, con la arista del abrigo de marcadores, una recta que forme con la horizontal un ángulo de 16° (tg 0,283); esto no siempre ocurre en los campos por ahí en uso. Si el material de blancos obliga á que la citada arista esté más cerca aún del blanco, la proporción de rebotes aumenta considerablemente.

Los escapes en sentido lateral, es fácil comprender el modo de evitarlos, pues su estudio es análogo al precedente.

En resumen, las condiciones del espaldón son, para un campo á 200 metros:

Altura de 16 metros, que se reduce mucho con el uso adecuado de diafragmas ó parabalas conjugados, ó con anillo de tiro.

Pendiente sobre la línea de mira media de 14° (tg 0,25).

Superficie sin rocas irregulares.

Cresta suficientemente próxima al abrigo de marcadores para que la recta que la una á la arista de dicho abrigo tenga de 14° (tg 0,25) á 17° (tg 0,3025) sobre la horizontal.

Las últimas condiciones son las más difíciles de cumplir.

Por ser muy frecuente, haremos notar lo fácil que es engañarse respecto á la altura útil de un desnivel natural para detener los tiros directos y rebotados que puedan escaparse de un campo.

Siempre que se observe un cerro aislado, se ve proyectado su perfil aparente sobre el cielo; y en estas condiciones, es muy fácil engañarse sobre su altura y distancia por faltar términos de comparación, creyéndole quizás muy suficiente para emplearle como espaldón natural.

El ligero cálculo que sigue, debido al Mayor Casali, aclara las condiciones que debe reunir para el objeto antes indicado.

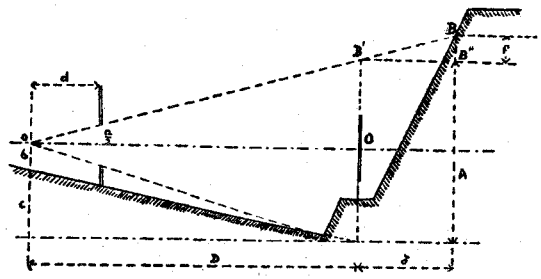


*Fig. 11.*

Supongamos un campo (fig. 11) en declive hacia el espaldón y tracemos la línea de nivel que pasa por el ojo del tirador *o O;* prolonguemos el eje del blanco hasta encontrar la visual más elevada que permite el último diafragma, y se formarán los dos triángulos semejantes: $o\,O\,B'$ y $B\,B''\,B'$, en los que se verificará

$$\frac{D}{\delta} = \frac{o\,B'}{F} \qquad F = \frac{\delta}{D} \cdot o\,B';$$

pero

$$o\,B' = A - (b + c),$$

y, por tanto,

$$F = \frac{\delta}{D} \cdot (A - b - c);$$

si el campo fuere horizontal, $c = o$, y si fuese subiendo hacia el blanco $c$ sería positiva; de modo que la fórmula general es

$$F = \frac{D}{\delta}\,(A - b \pm c);$$

por lo tanto, $F$ tendrá el mínimo valor cuando $b$ sea lo mayor posible, que es el caso de tirador en pie, y cuando $D$ sea máximo, es decir, que el alcance sea el mayor; debiendo, en cambio, ser $\delta$ lo menor posible para disminuir la altura del espaldón.

De los triángulos $o\,o'\,o''$ y $B\,B''\,B'$, se deduce que

$$\frac{F}{\frac{a}{2}} = \frac{\delta}{D} \qquad F = \frac{\frac{1}{2}\,a\,\delta}{d}$$

es decir, $F$ tanto mayor cuanto mayor sea la abertura del anillo ó ventanal y la distancia entre el pie del blanco y el del espaldón; y $F$ será menor cuando $d$ aumente, es decir, que conviene alejar la pantalla.

Por consiguiente es ventajosa la posición de tirador de pie; para una dimensión vertical dada del ventanal, es preferible alcances largos, y el blanco debe situarse lo más cerca posible del espaldón, por lo que su pendiente debe ser rígida, consecuencia ya deducida antes por otro método.

Condiciones topográficas para el establecimiento de un campo de tiro.—Convendrá, ante todo, elegir un sitio en cuyas inmediaciones no existan lugares habitados ni caminos, aunque sea sacrificando algo su proximidad á la población y perdiendo, por lo tanto, la comodidad y concurrencia.

Debe elegirse, desde luego, el terreno que presente más defensa natural, y á ser posible, llano, ó con una pendiente hacia el blanco á lo más de 3 por 100; el que el terreno suba debe evitarse, pues tiene el inconveniente (fig. 12) de aumentar el efecto de los rebotes por chocar los proyectiles en él mucho más cerca del tirador que en caso que el terreno baje (fig. 13), que por otra parte presenta la ventaja de dejar más altura útil de espaldón.

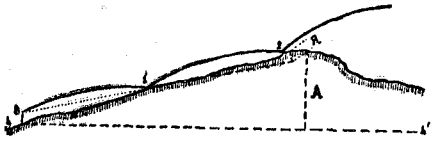


*Fig. 12.*

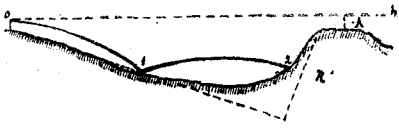


*Fig. 13.*

Una de las mejores situaciones

para un campo de tiro es una cañada estrecha de laderas pendientes y elevadas y cuya disposición dificulte los rebotes.

Son muy desfavorables las ondulaciones transversales á la línea de tiro, comprendidas entre el espaldón y los puestos de tirador, pues son obstáculos muy á propósito para que en sus crestas reboten los proyectiles, y por tanto, un cuidado más en el momento de proyectar las defensas del campo.

La dirección de la línea de tiro conviene elegirla, á ser posible, siguiendo el N. S., con lo que se consigue una iluminación uniforme que facilita mucho la puntería.

## Mejoras en un campo.

Cuando en un campo construído, ó en uno cuyas condiciones naturales no respondan á las exigencias indicadas, se pueden usar como paliativos las precauciones, poco costosas en general, que siguen:

Si la pendiente del espaldón es escasa, se hacen escalones, presentando talúdes de $^1/_4$ de pendiente al tiro y procurando que la arista más próxima á la trayectoria media diste unos dos metros de ella.

Las superficies rocosas se cubren con tepes.

Se hace un ante-espaldón muy inmediato á los blancos si acaso la altura del espaldón no determina con la cresta del abrigo de marcadores la pendiente necesaria; una pequeña altura de tierras ($2^m$,50), á una distancia de 1,50 de los blancos, suele bastar.

# CAPÍTULO III.

**Detalles relativos á los diversos elementos de un Polígono.—Puestos de tirador.—Túneles, parabalas y diafragmas.—Aspilleras y guías de puntería.—Puestos de marcador.—Blancos.—Traveses y pantallas.—Espaldones.—Otros medios para evitar los rebotes.**

Estudiados ya en conjunto los métodos fundamentales para proyectar campos de tiro, vamos á indicar ahora ciertos detalles referentes á cada uno de los elementos que lo forman y á los materiales de que pueden construirse, bien entendido que éstos se limitan al corto número empleado hasta el día y que conocemos nosotros; pero habrá seguramente muchos más de buenas condiciones y que pueden emplearse después de cerciorarse de que las reunen.

Un campo ha de tener, en general, varias líneas de tiro, que ordinariamente se harán paralelas, pero que pueden ser también convergentes ó divergentes hacia los blancos; lo segundo aumenta de un modo antieconómico las dimensiones del espaldón. Por circunstancias especiales puede ocurrir que dichas líneas se crucen, pero esto no será frecuente.

Habiéndose observado que en varios certámenes algunos concursantes se ponían de acuerdo para tirar á un mismo blanco desde distintos puntos de tirador, con lo que aumentaban el número de impactos marcados sobre él y luego se distribuían el valor del premio, se ha pensado en la conveniencia de impedir la vista de los blancos laterales desde cada puesto de tirador, para lo que se ha dotado al Polígono de traveses en toda su longitud, separando las líneas de tiro, ó lo que es más económico, se han empleado árboles, vegetación ó cualquier especie de pantalla que cumpla el objeto.

Para facilidad en el trazado de las defensas, y con objeto de que la seguridad sea más perfecta, se recomienda que cada ventanal, parabalas ó aspillera, se calcule y use *exclusivamente* para un alcance dado. El método contrario, muy empleado, obliga á usar parabalas móviles, espaldo-

nes transportables ó disposiciones análogas, y en caso de no usarlas, puede producirse algún escape.

## Puestos de tirador.

Desde luego conviene que el puesto en que se coloquen los tiradores sea llano, situado más alto que el blanco, y, teóricamente, sería preferible que fuese despejado, como se hace en los campos abiertos; pero oponiéndose esto á las condiciones de seguridad, sólo se podrá hacer en algunos campos de muy larga extensión (de 3.000 metros para arriba) ó en aquellos que, estando encajonados en un valle con sus laderas de gran elevación y fuerte pendiente, no ofrezcan peligro de escape de proyectiles más lejos de las cumbres, estudio que puede hacerse según indicamos más arriba, aunque excepcionalmente habrá un Polígono de instrucción en el cual se pueda prescindir de algún medio para recoger balas anormales.

Por lo general se colocarán los tiradores en una explanación solada con cemento ó madera y situada detrás de los diafragmas ó dentro de los túneles, bien directamente ó con un muro intermedio que, sirviendo de ornamentación, los separe unos de otros. En este punto cabe la iniciativa y casi la fantasía del ingeniero, pues hay mil disposiciones y entre ellas abundan las buenas.

Cuando el tirador se halle encajonado, como en el método de túneles ó en galerías cubiertas, conviene almohadillar el espacio desde el que se dispare para que el sonido retumbe menos.

Una de las principales dificultades que surgen en los puestos de tirador tiene origen en las distintas tallas que éstos tienen y en las diversas alturas del fusil en las tres posiciones reglamentarias á que se puede tirar. Se comprende que calculado el diafragma, aspillera ó la disposición empleada para que las balas no rebasen el espaldón ni toquen al suelo, cumplirán su objeto para la altura del arma calculada, pero como ésta varía entre amplios límites, se hace precisa una disposición que lleve, sino exactamente, con gran aproximación al menos, el ojo del tirador á la altura precisa. Vamos á ver los medios para remediar el defecto cuando tiene origen en las distintas tallas de los hombres que disparan.

El método más sencillo para lograr el objeto es dotar al puesto de tirador de escalones, tan bajos y numerosos como haga falta para ajustar

la talla á la altura dada (fig. 14). Esto, que es lo más económico, tiene el defecto de que habiendo de ser por fuerza estos escalones muy anchos de huella para que pueda tirarse cómodamente, los más lejanos se hallan muy apartados de los diafragmas, pantallas, etc., y cambian las circunstancias del caso teórico, puesto que la distancia que hemos llamado *d* varía mucho. Un paliativo de los inconvenientes de este sistema consiste en hacer rampa suave en lugar de escalones, pero no es solución del todo satisfactoria.

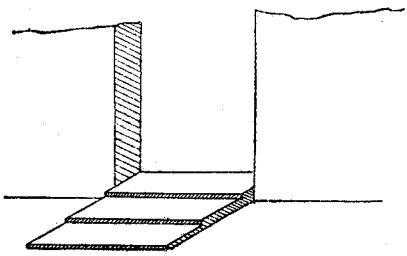


*Fig. 14.*

Los italianos han ensayado el sistema representado en la fig. 15, consistente en una serie de tablones de $0^m,045$ de grueso, que se ponen en número suficiente para hacer llegar los tiradores á la altura deseada. La plataforma central es para la posición en pie; las tablas laterales con orificios sirven para dar alguna variabilidad á los que disparan en otras posiciones en el aparato que luego explicaremos. El sistema tiene la ventaja indudable sobre el de escalones de no retrasar al tirador respecto al diafragma, parabalas, etc., pero es más incómodo y difícil de usar, sobre todo en los campos civiles, donde no se puede tallar á todos, y mucho menos hacerlos disparar por orden de estatura.

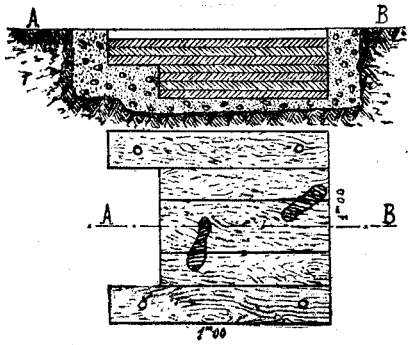



*Fig. 15.*

Un sistema que parece mejor es el que consiste en un mecanismo por medio del cual se puede levantar al tirador dando á una manivela él mismo hasta quedar á la altura deseada. Este aparato, que puede hacerse más ó menos rudimentario, conviene vaya situado junto á una pértiga, en la cual esté marcada la altura teórica para la boca del fusil, que se hará alcance el tirador según convenga, y aunque no es del todo cómodo, es más exacto, y si bien perfeccionable, mejor que los sistemas anteriores.

En cuanto al medio de lograr que alcancen la altura teórica los tiradores en las posiciones rodilla en tierra y echado, se han ideado varios métodos: ya colocar sencillamente una rampa fija de arena ú otra substancia, como se hace en España en algunas representaciones del T. N., bien el aparato usado en la de Madrid (fig. 16); la italiana (figuras 17 y 18) que puede ir fija ó apoyada en las tablas laterales salientes de la figura 15, con lo que se le dá alguna variabilidad á la boca del arma, según la talla del que tira, ó bien la alemana (fig. 19) consistente en unas parihuelas superpuestas para las dos alturas tipos. Vistos estos modelos, fácilmente se idean mil más, según las circunstancias locales y de momento.

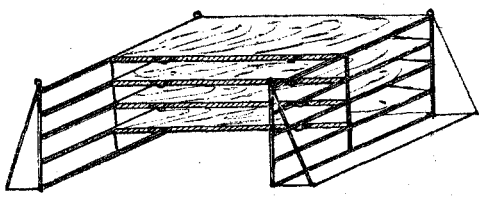
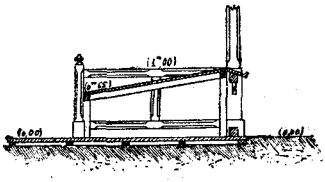
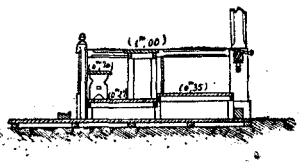


*Fig. 16.*



ECHADO.

*Fig. 17.*



RODILLA EN TIERRA.

*Fig. 18.*

En algunos campos alemanes se tira desde una banqueta de tierra, en disposición análoga á como se hace desde el interior de un atrincheramiento, cuyo plano de fuegos tiene la inclinación debida para evitar que pueda un proyectil herir el suelo. El método, sin declararlo malo, lo creemos peor que aquellos que permiten al que dispara hacerlo con cierto desembarazo.

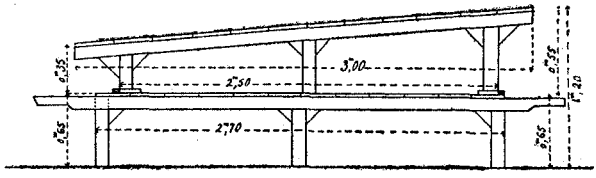



*Fig. 19.*

## Defensas para evitar que los disparos rebasen el espaldón ó toquen al suelo.

**1.er Método.**—Túneles.—No se harán de ordinario subterráneos, ó todo lo más á trozos, completándolos con partes de encofrado ó disposi-

ciones parecidas á las usadas en los parabalas y diafragmas, pero aun empleando estos materiales es defectuoso el sistema, pues como los proyectiles herirán siempre las paredes con gran oblicuidad, en estas condiciones es raro el cuerpo que no produce rebotes. El método se aplicó en el primer proyecto del campo de Madrid y se abandonó por este inconveniente, empleando el de diafragmas, en el que todas las superficies expuestas al tiro son normales á él, con lo que los peligros de rebote son casi nulos. Además, en excavación, movimiento de tierras, etc., sube tanto el precio, que resulta menos seguro y más caro que los demás procedimientos.

Parabalas.—Tienen por objeto, según hemos dicho, recoger las balas que, partiendo con inclinación exagerada puedan rebasar el espaldón; los hay fijos ó móviles, los primeros son los usados más comunmente, pero en los casos en que por condiciones especiales del campo convenga colocar un puesto único para el blanco y variar los de tirador, los segundos son imprescindibles. Tienen aquéllos la ventaja de que pudiéndose hacer más robustos, dan mejores condiciones de seguridad, pero en cambio el campo no puede usarse más que para los alcances precisos á que se calculó; los móviles, por el contrario, permiten todos los alcances, pero tienen que ser poco fuertes por su ligereza, á pesar de lo cual son siempre difíciles de transportar.

*Parabalas fijos.*—Varios son los materiales de que pueden construirse. Desechando desde luego el ladrillo, la mampostería y los metales al desnudo por su facultad de producir rebotes, pueden considerarse aptos el encofrado de madera con relleno de piedras ó arena, los adobes, planchas metálicas forradas de madera, el cemento armado sirviendo de encajonado á piedras, muros revestidos, etc.

El encofrado de madera produce excelentes resultados. No es que aseguremos en absoluto que no reboten en la madera los proyectiles, pues según experiencias verificadas en la representación del Tiro Nacional en Madrid, cuando el ángulo de incidencia es muy pequeño se pueden producir, pero esta eventualidad es muy remota, y desde luego es uno de los mejores materiales para tal objeto. Dándole un espesor de piedras de $0^m,25$ es lo suficiente para que los proyectiles no lo atraviesen, ni aún al alcance de máximo efecto, como lo prueban, ade-

más de la larga práctica de nuestras campañas coloniales, las experiencias hechas durante la construcción del Campo de la Moncloa. La bala queda realmente deshecha, y se ha presentado varias veces el caso de vaciar el cajón y no encontrar entre las piedras los restos del proyectil. En ciertos trozos puede reforzarse la pared posterior con palastros ó pletinas metálicas. La arena es también excelente, pero hace falta un espesor de 45 centímetros, y tiene el defecto de producir asiento, con lo que gana en penetrabilidad. Algunos le suponen la ventaja de que tamizada de vez en cuando, permite recoger los proyectiles detenidos, que se podrían vender, pero es ventaja de pequeña importancia, pues el coste de jornales y demás compensa el valor del plomo recogido.

Como una variante del encofrado indicado, citaremos el empleado en el Campo de Murcia, de Cartagena y algún otro, y que consiste en unos cajones hechos con cañizos, tomados con yeso y rellenos de piedra partida. Este material es muy bueno y aplicable en terreno donde sea abundante y no llueva mucho, pues las aguas deslavan la envuelta y acaban por destruir la obra.

El adobe es también un excelente material, si se halla en buenas condiciones, pues no es atravesado por los proyectiles, pasado cierto espesor. Según antiguas experiencias inglesas, el que debe tener es de medio metro, pero hay adobes que con media asta resisten bien, y en Huesca y Zaragoza están dando excelentes resultados los de asta. Lo mismo que el anterior, es conveniente en climas secos y en sitios donde abunde la buena arcilla.

Se puede sustituir por el tapial, que si está bien hecho y sin piedras puede dar buen resultado.

Las planchas metálicas, con forros de madera, tienen como capital defecto su elevado coste. Pero no es este el único, pues como la plancha acaba por ser agureada, dá paso á los proyectiles al cabo de algún tiempo pudiéndose también producir rebotes. El empleo mixto de la madera y metal, en varias formas y constituyendo cajones para contener arena, ha sido ensayado en Roma por la comisión que estudiaba estas cuestiones en 1897 y fué abandonado, pues se observó que después de atravesado todo el cajón, el proyectil aún tenía energía suficiente para rebotar contra la pared metálica del fondo, saliendo verticalmente á lo largo

de ella y marchando luego en verdadero retroceso contra la galería de tiro.

El cemento armado ha sido preconizado por varios ilustres ingenieros, y desde luego, no produce muchos rebotes, pero tiene como defecto capital el desconcharse con los disparos, que hacen brecha en poco tiempo y cuando se trata de repararlo con nueva mezcla, ésta nunca se une bien al desconchado antiguo y vuelve á desprenderse con facilidad.

Los muros con revestimiento de madera, tepes ó faginas pueden dar buenos resultados, pero son más útiles para traveses y espaldones.

En resumen: el encofrado de madera, relleno de piedras es económico, su entretenimiento no es caro, sobre todo después de darle una imprimación de mínio y una mano de pintura, ó bien varias de brea. Se puede considerar excelente por su poca penetrabilidad y por no producir rebotes.

El adobe en terrenos secos, es económico y de buen resultado.

El empleo exclusivo de metal es caro y peligroso.

El cemento armado, sin negar que dé resultados en ciertos casos, es más costoso que los dos primeros sistemas y de entretenimiento más difícil.

Los muros revestidos pueden convenir en algún caso, aunque son inferiores á igualdad de precio al encofrado.

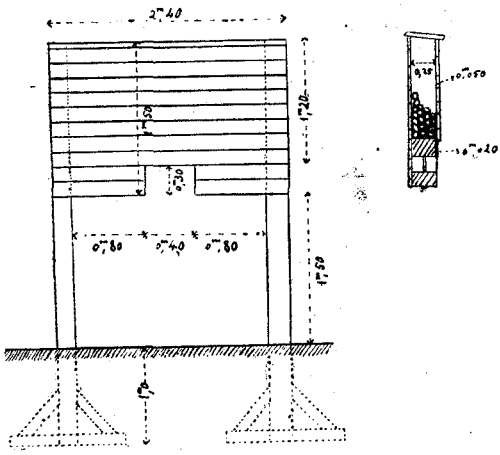


*Fig. 20.*

En la figura 20 aparece un parabalas alemán de encofrado.

*Parabalas móviles.*—En la figura 21 y en corte figura 21′, se indica la constitución de un campo dotado de estos elementos, que se colocan ó se retiran á voluntad, según sean ó no necesarios. El material de encofrado (fig. 22) es poco conveniente por su gran peso, y otro tanto ocurre con el adobe y el cemento armado; lo más sencillo es construirlos con metal

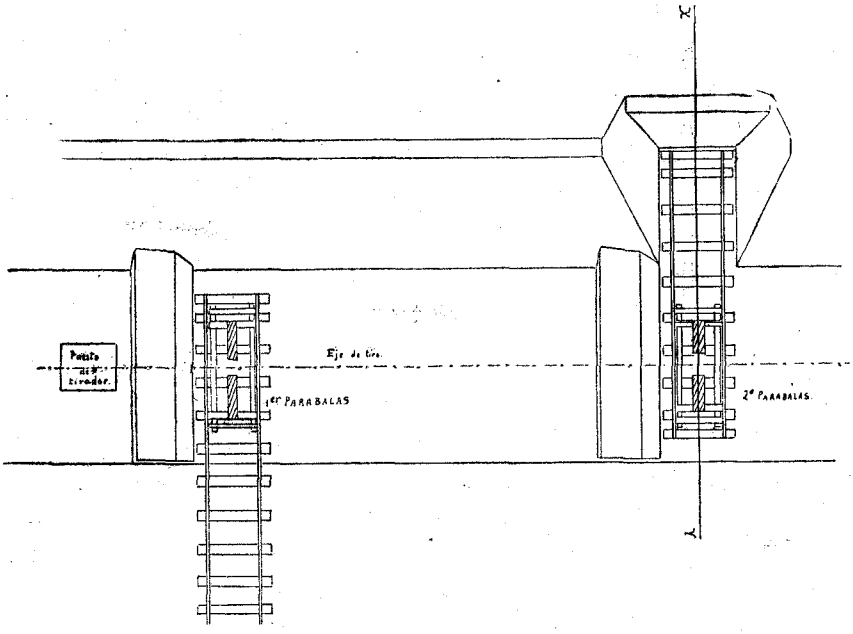



*Fig. 21.*

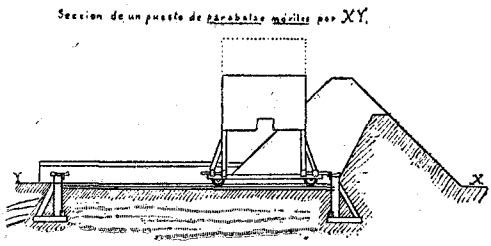



*Fig. 21'.*

forrado de madera (fig. 23), que permite también levantarlo ó hacerlo descender verticalmente, según sea preciso. El sistema tiene muchos defectos, siendo de los principales la dificultad de su transporte y su precio, peligros que puede originar, etc.; por lo que es de recomendar que no se empleen en campos nuevos, en los que sea posible elegir las posiciones de tiradores y blancos. No detallamos más, pues son poco usados, empleándose muchas veces en combinación con la guía de puntería.

Diafragmas.—Los materiales son idénticos á los usados en los parabalas; los montantes verticales que sirven de armazón al sistema y los

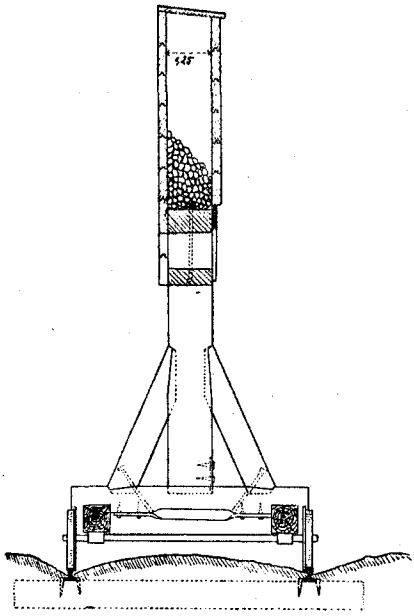


*Fig. 22.*

dinteles de los huecos suelen reforzarse en su cara posterior con trozos de palastro, pletinas ó carriles no expuestos al tiro.

**2.° Método.**—Aspilleras.—Limitando las inclinaciones del fusil, puede evitarse que los proyectiles toquen en el suelo y se salgan del campo, para lo que se sitúa delante del puesto de tirador un muro con aspilleras, por las que debe introducirse la boca del arma y no hacer fuego sino en esta posición. Estando las aspilleras convenientemente calculadas, puede evitarse que á pequeños alcances se produzcan escapes.

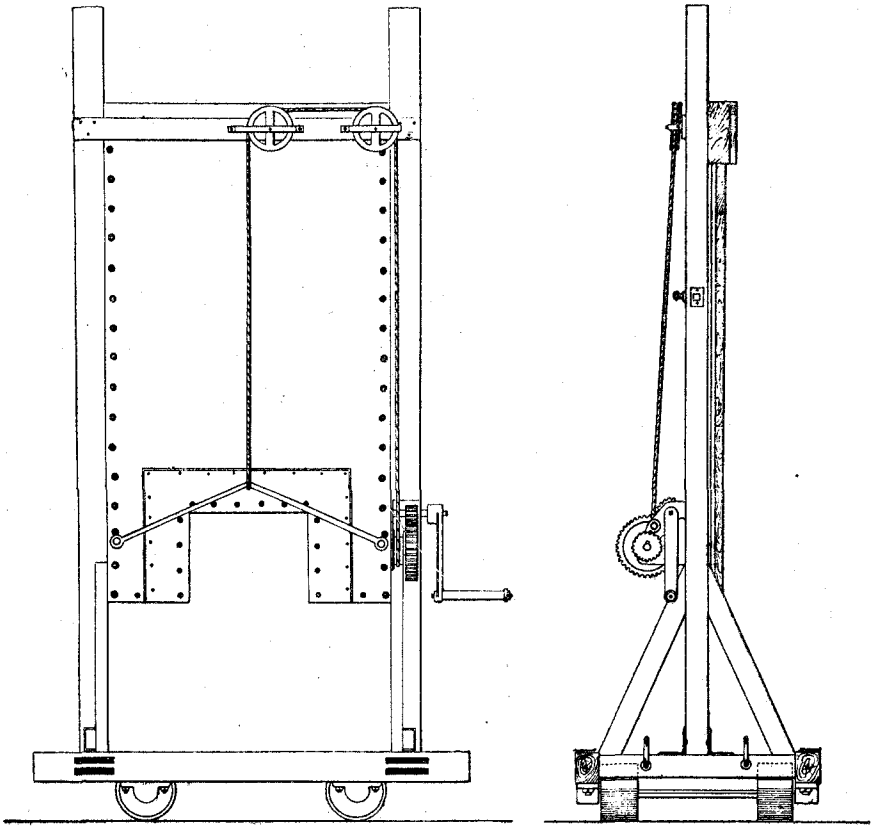


*Fig. 23.*

Sin embargo, el sistema tiene todos los defectos y ninguna ventaja del italiano, que se funda en el uso de la *guía de puntería*. La figura 3 dá idea de la constitución de este aparato, del que ya hemos hablado en otro lugar (pág. 19). Puede hacerse metálico como el modelo, ó de madera, teniendo el primero positivas ventajas de solidez, poca visibilidad y duración sobre el segundo. Es conveniente revestir el anillo ó ventanilla con cuero para preservar de los golpes al arma, cuando se introduzca en él (1). Es método sólo recomendable para cortos alcances.

## Puestos de marcador.

Lo ordinario es colocar á los marcadores en una trinchera de suficiente profundidad para que en ella no puedan ser alcanzados por las balas, y donde se sitúan también los blancos que tienen disposiciones especiales para que puedan ser recambiados sin interrumpir el tiro. Esta es su principal ventaja; los perfiles son muy variados, debiendo procurarse la protección de un hombre de pie desenfilado de una trayectoria algo más inclinada que lo que marque el ángulo de caída que dá la tabla (2).

Con objeto de conseguir la mayor seguridad apetecible, dando también cierta comodidad á los marcadores, se puede aceptar lo indicado en la figura 24, en la 10 (pág. 31) ú otra análoga, adoptando distintas disposiciones para el hueco en que se aloja al marcador. La zanja convendrá, que si está construída en terreno duro, se recubra con tepes ó algún método que dificulte los rebotes, y desde luego los taludes deben ser lo más rígidos posible. Los alemanes dotan estos puestos de una mira, formada por un doble espejo con inclinaciones varias

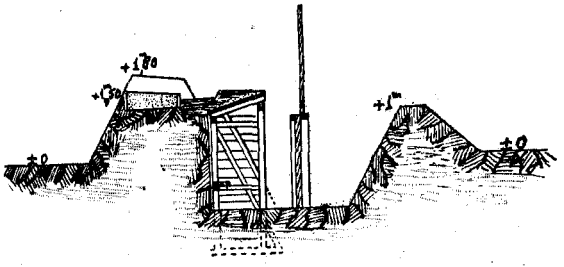


*Fig. 24.*

(1) Para el cálculo, descripción y construcción de estos aparatos, conducimos á nuestros lectores á la obra del Mayor italiano Casali *Determinazione sperimentale del campo de tiro per la nuove armi portatili.*—Voguera.—Roma, 1902.

(2) Apéndice II.

que permite ver la galería de tiradores sin salir de la zanja, y por tanto, les permite cambiar los blancos sin aviso y que el tiro se haga sin interrupción.

Ya hemos hablado en la parte teórica de los casos en que la colocación de los blancos en foso es inconveniente, y entonces se sitúan sobre un terraplén á altura adecuada, lo que presenta la ventaja de hacer menos probables los rebotes sobre el suelo del campo. En este caso, los puestos de marcador deben diferir de los del anterior, y en general se habrán de hacer descentrados. Los italianos, muy partidarios de este sistema, emplean en sus campos modernos la disposición indicada en la figura 25, que tiene el defecto de exigir, para recambiar los blancos después de cada serie, que se interrumpa el tiro, con la consiguiente pérdida de tiempo y con peligros para los marcadores si la disciplina del fuego no se lleva al rigor. Una disposición parecida se usa en el campo de Málaga, formando el abrigo de marcador un verdadero blockaus, con comunicación teléfonica con la galería. Los alemanes usan el método indicado en la figura 26, en la que el blanco puede introducirse en el abrigo á voluntad de los marcadores, pues vá dotado de ruedas que resbalan sobre carriles, haciendo así aquellos á cubierto su trabajo, marcando los puntos leídos por una serie de tablillas que asoman al exterior. Perfeccionado este método con un doble carretón, puede ser utilísimo en muchos casos. En España, sin embargo, la opinión general parece inclinarse al empleo de los puestos en desmonte.

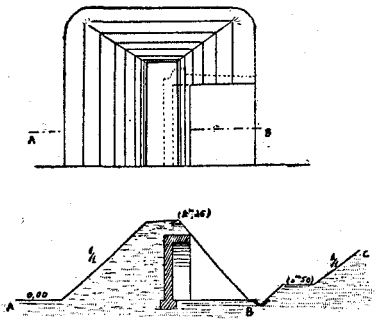


*Fig. 25.*

## Blancos.

Prescindiendo aquí de la discusión, digna por su importancia de memoria aparte y de mejor cortada pluma que la nuestra, relativa á la mayor ó menor exactitud con que los diversos blancos existentes expresan la habilidad útil del tirador y el modo de apreciar con precisión el

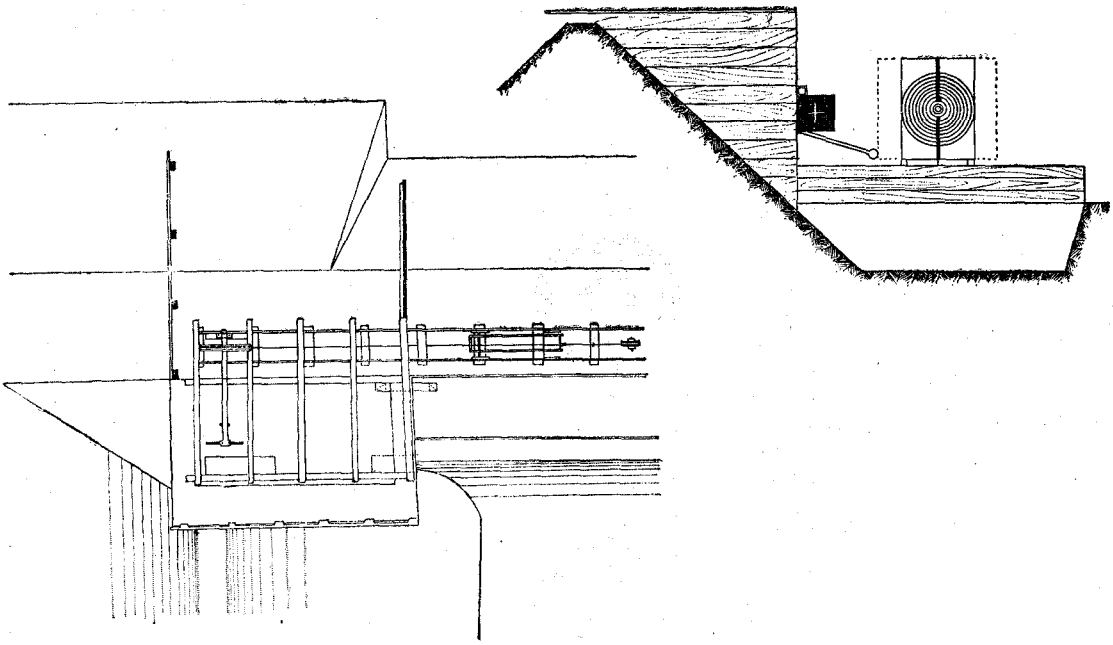


*Fig. 26.*

valor relativo de éstos, vamos á indicar sólamente los mecanismos de apoyo del cartelón que llevan los blancos.

En Italia se usan mucho los fijos, limitados á un bastidor de madera, en el que se coloca el cartón, papel ó tela en que va dibujado el blanco. No suelen hacerse de metal por estar expuestos directamente á las balas, que, á más de hacerlos sufrir, podrían rebotar.

Cuando los puestos de marcador están en desmonte, se hacen los blancos frecuentemente con doble cartelón, para remudar ó parchear el uno mientras se tira sobre el otro. El método más sencillo es el giratorio, representado en la figura 27, que es

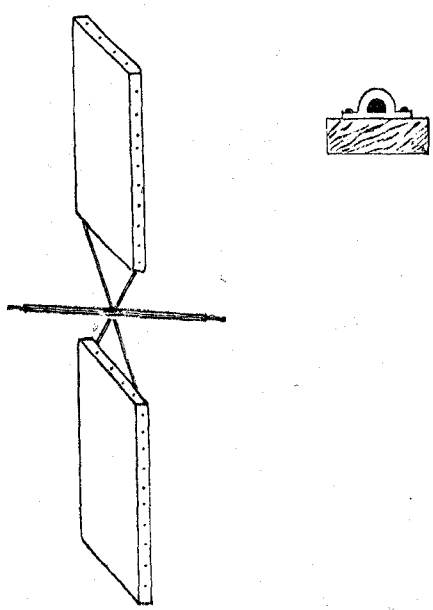


*Fig. 27.*

económico y excelente, aunque por exigir menos espacio y por la facilidad de su uso, creemos preferible el de la figura 28, que es corredizo sobre dos piezas verticales, en las que resbalan dos pequeños carretones

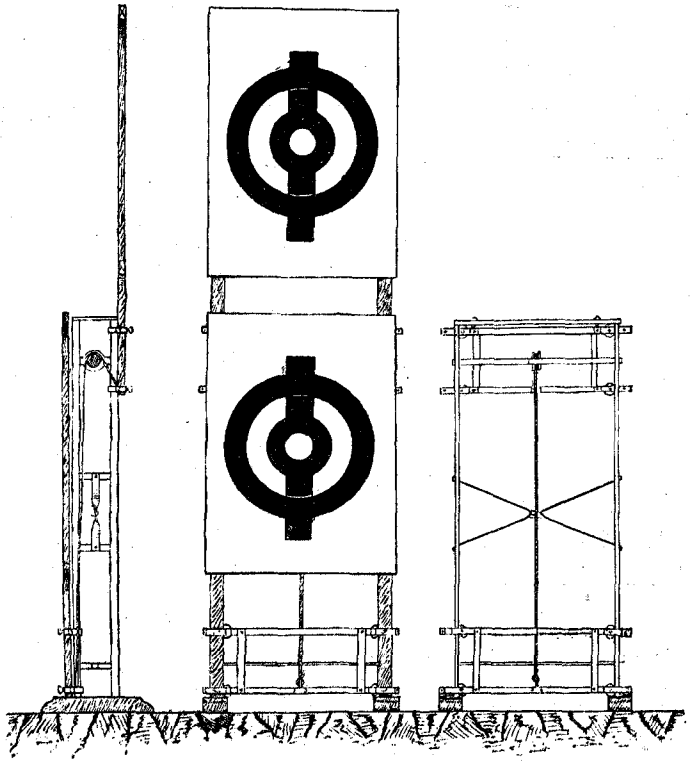


*Fig. 28.*

metálicos con ruedas, á los cuales se unen los blancos por medio de dos maderos que enchufan en ellos.

En Málaga, cuyo observatorio está descentrado respecto al eje de tiro por la dificultad de hacer el puesto de marcador en zanja por estar el campo construído en una profunda cañada, se ha adoptado un blanco original. Una plancha de acero Bessemer de 2 centímetros de espesor, pintada por su cara anterior con los círculos del blanco de zonas, está colgada de un artefacto de madera de un modo análogo á esos *tam-tam* ó timbres indios cuyo uso está bastante extendido; cuando un proyectil hiere la placa ésta vibra con un sonido suficientemente intenso para

avisar al tirador de que ha hecho un impacto, que queda marcado sobre la pintura blanca. El marcador, terminada la serie, sale de su escondrijo y copia con un lapiz ó un alfiler la distribución de los impactos en una hoja con la reducción del blanco que á prevención lleva hecha, y que, convenientemente numerada, se conserva como justificante hasta el final de los ejercicios. Luego, con un brochazo blanco, se tapan las huellas de los disparos, hallándose todo dispuesto para comenzar una nueva serie. El método dá excelentes resultados y las placas duran mucho, pero no es aplicable á puestos de observación en desmonte, pues en el metal pueden producirse rebotes peligrosos para el marcador.

Los puntos realizados por cada tirador se comunican á la galería de tiro por teléfono; en otros campos se usan para esto las placas alemanas ya citadas (pág. 46) ó el disco francés, que tiene dos caras: negra y roja (fig. 29). Colocándolo sobre el impacto realizado, se dá idea aproximadamente de su situación, completando esta indicación poniéndolo en uno de los nueve sitios que se vé en el croquis y que indican de 1 á 9 ó de 11 á 19, según que se presenten por una cara ó por otra. El método puede dar lugar á errores.

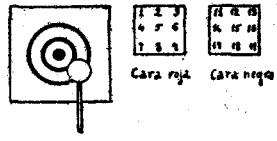



*Fig. 29.*

En Bélgica usan un aparato eléctrico, fundado en el mismo principio que el telégrafo Breguet y que puede verse en la figura 30. Con un transmisor, según la situación de la manivela, se envían á un receptor un número de corrientes, que, registradas por una aguja en éste, indican el número de puntos realizado. Cuando el tirador no está conforme con este dato, oprime un botón que, accionando el timbre *t*, pide al marcador que transmita de nuevo. El método es más se-

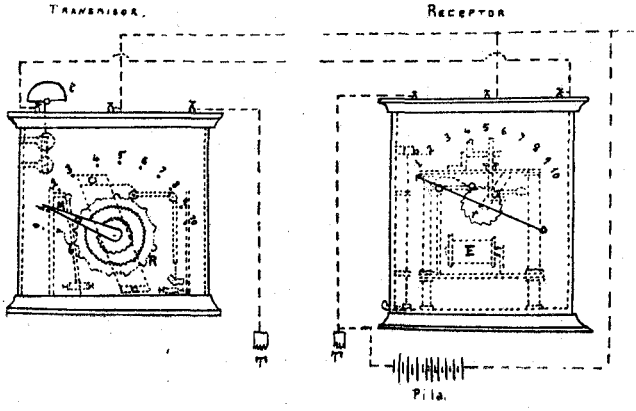



*Fig. 30.*

guro que los anteriores y en unión del teléfono, es el precursor de los blancos automáticos que vamos á describir:

Por grande que sea el cuidado con que los marcadores hagan las operaciones, éstas, por la *falibilidad* humana, están sujetas á errores, más probables cuando en el mismo día hay que observar algunos centenares de séries, lo cual, unido á los peligros que puede presentar para los que están en los puestos de observación al salir intempestivamente de ellos, hace que desde algunos años se pensase en el empleo de los blancos eléctricos, formados por un circuito, del que forman parte los blancos y los indicadores situados en la galería, produciéndose en éstos una señal cada vez que un proyectil hiere en el blanco.

Muy numerosos han sido los proyectados y los construídos; vamos á indicar ligeramente el fundamento de tres de ellos:

Uno de los más antiguos es el de *Cuenca*, llamado Electro-automático, que ya el año 85 se presentó á la aprobación de la Junta Consultiva de Guerra. Unas placas de acero Bessemer forman el blanco rectangular ó el circular, correspondiendo á varias de sus zonas unas chapitas en un cuadro indicador, análogo á los de timbres. El circuito eléctrico se cierra merced á las cajas de contacto, de las que da idea la figura 31.

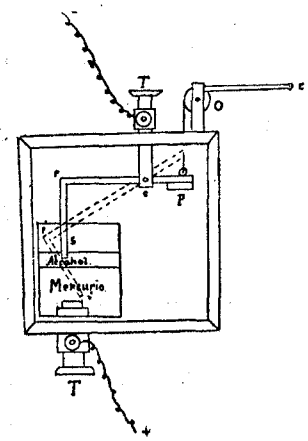



*Fig. 31.*

La palanca acodada metálica *P p s* está unida por su eje y por medio de la línea á uno de los polos de la pila, quedando en su posición normal aislada de un depósito de mercurio, unido al otro polo, pero en el momento en que se produce un impacto, la placa correspondiente vence la acción de su muelle antagonista, hace tracción de la cadena y basculando la palanca acodada se introduce en el mercurio, cerrando el circuito y haciendo caer la chapa en el cuadro indicador. Los muelles antagonistas llevan las planchas del blanco á su posición primitiva y queda de nuevo en disposición de funcionar. Existen el modelo circular y el rectangular.

El blanco Chevalier (fig. 32) se funda en principios análogos, aunque está mejor acabado en general; su diferencia esencial consiste en el

modo de producirse el contacto. Las placas del blanco, sostenidas también en su posición por resortes antagonistas, llevan unos percutores cuyo extremo está en contacto con la cabeza, formada por bolas, del *tornillo de contacto*. Éste tiene una parte rebajada enfrente de dos extremos aislados del resto del aparato y que forman parte del circuito eléctrico del indicador. Cuando un impacto se produce, el percutor hace girar la cabeza de este tornillo, que subirá por estar su tuerca fija (detalle de la izquierda de la figura), cerrará el circuito por su parte roscada, cayendo la placa correspondiente del cuadro indicador y volviendo el tornillo á su posición primitiva por su peso. Tiene la ventaja de la solidez de todos sus órganos y no tener que usar líquidos como en el citado más arriba.

Este blanco es muy usado y se ha ensayado en España con buenos resultados. Hay cinco modelos que se pueden adquirir en la representación en España de dicho blanco.

Es muy digno de mención el moderno oscilante de Urrutia, debido á un distinguido jefe de nuestro Ejército y del que vamos á dar una sucinta idea.

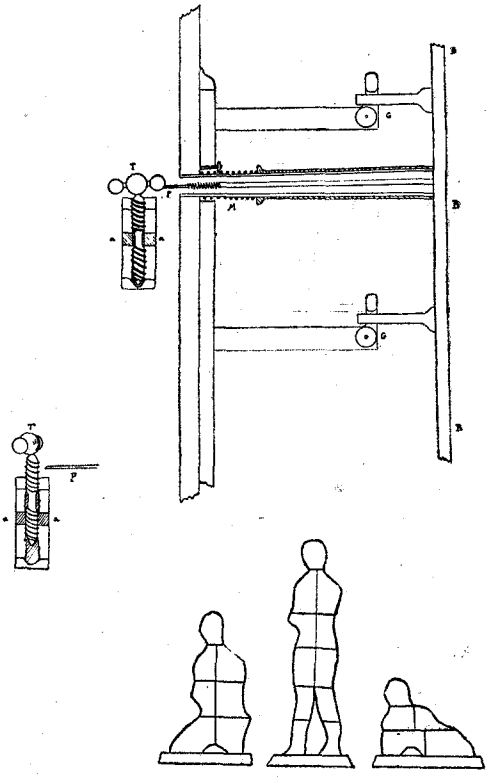


*Fig. 32.*

Su característica es ser *oscilante*, es decir, que, dividida la silueta de hombre que representa en varias zonas, éstas oscilan á impulsos del proyectil, dando lugar esta oscilación á toques de timbre é indicaciones de una aguja en la caja marcadora situada en la galería.

El blanco tiene tres zonas (comprendiendo la cabeza la primera, la segunda el tronco y la tercera las piernas), formadas por planchas de acero Bessemer, de 17 milímetros ó más de espesor y apoyadas en un

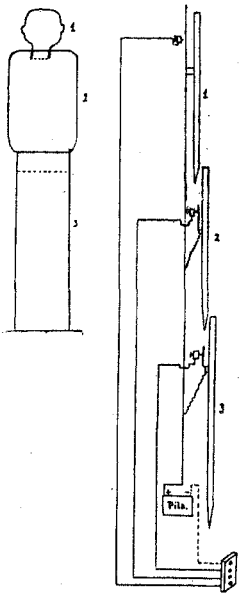



*Fig. 33.*

bastidor de madera por dos puntos, que permiten que oscile, extendiendo ó comprimiendo unos muelles en espiral. Éstos están convenientemente dispuestos para que á medida que el impacto se produzca á mayor distancia del punto de giro (fig. 33), sea mayor el número de veces que toque dicha plancha á un tope, unido eléctricamente al marcador de la galería y produciendo cierto número de golpes en un timbre, que indican el valor relativo del disparo; este número de contactos los registra también una aguja indicatriz que en la caja marcadora existe. Hay una porción de detalles prácticos que sentimos no poder transcribir y que hacen se funden justas esperanzas en los resultados de este blanco, que ha sido construído por cuenta de S. M. el Rey (q. D. g.) y regalado á la representación del Tiro Nacional en Madrid.

## Traveses y pantallas.

De imprescindible precisión cuando se usan parabalas y necesarios á veces con el sistema de diafragmas, para proteger determinados puntos del terreno, tienen caracteres comunes con los espaldones y se hacen con materiales análogos á ellos; se suelen denominar traveses á los de tierra y pantallas cuando son de otros materiales, siendo en general aquéllos de mayor longitud, que es á veces la del campo, mientras éstas defienden solo determinadas zonas peligrosas para tiros directos ó rebotados. Los campos alemanes, franceses y los italianos antiguos suelen tener traveses completos en los límites laterales del campo y aún varios separando las distintas líneas de tiro. Si están formados por tierra deben tener taludes fuertes, y como son alcanzados oblícuamente por las balas, el espesor en la cresta puede ser de medio metro solamente. La altura varía mucho con la flecha de la trayectoria para los diversos alcances; cuando son menores de 400 metros suelen bastar 3 metros sobre la línea de situación; para 600 hace ya falta más de 5.

## Espaldones.

Son de excepcional importancia para la seguridad del terreno circundante, y deben ser estudiados con gran esmero y ejecutados con todo cuidado, para evitar los escapes de proyectiles.

Desde luego, lo preferible es buscar un campo en situación tal, que exista en sus inmediaciones una altura natural, lo bastante próxima y elevada para que sirva de espaldón. Si esto no ocurriera es imprescindible construirlo, y es de las obras de un campo, tal vez la más costosa.

Los espaldones suelen ser de tierra, aunque por su mucho coste y por el gran movimiento que exigen, se va entrando ya por hacerlos de otros materiales. Consisten en un macizo de tierra, de la altura que se calcule para que no lo rebase la trayectoria más elevada y de anchura en la cresta de 1,50 metros próximamente, y que según los datos de penetraciones puede calcularse; la base será la que resulte del talud natural de la tierra, y como conviene disminuirla en lo posible, para hacer decrecer la cifra de cubicación, se deben hacer los taludes lo más rígidos que se pueda, lo que responde también á las exigencias técnicas que ya hemos indicado (pág. 33), para lo cual conviene revestirlos con faginas, tepes, madera ú otros materiales que no den lugar á rebotes. Estos revestimientos, en la parte situada inmediatamente detrás de los blancos, tienen la ventaja de evitar que con el repetido choque de las balas se desmoronen las tierras. Con este objeto también suelen dotarse de bermas á diversas alturas, con lo que resulta escalonado (figuras 34 y 35).

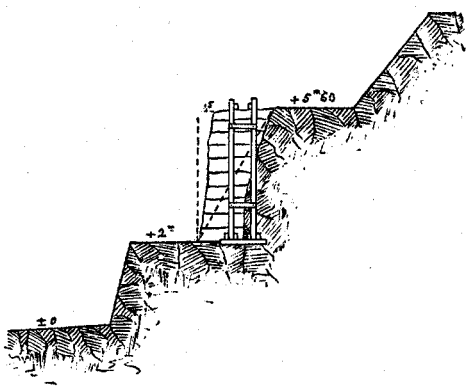



*Fig. 34.*

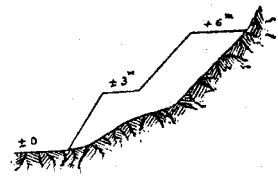



*Fig. 35.*

El empleo del encofrado, relleno de piedras ó arena, es muy conve-

niente y puede dar lugar, cuando el espaldón sea de gran altura á notables economías.

El cemento armado, sobre el que hemos hecho reservas para su empleo en los parabalas, es muy aceptable para espaldones, sirviendo de cajón á arena ó grava, pues los proyectiles, que hiriéndose á boca de jarro le desconchan mucho, dejan cuando son mayores los alcances unos orificios mucho más limpios, lo que hace que sea su entretenimiento más sencillo y económico. También se pueden emplear muros, de diversos materiales, revestidos con otros que impidan los rebotes, aunque estos son menos temibles por ser los ángulos de incidencia muy próximos á 90°.

En los campos en que los tiradores están fijos, variando la colocación de los blancos según la distancia á que se tira, éstos resultan en algunas posiciones demasiado lejanos del espaldón que limita el campo, por lo que puede ser conveniente el empleo de los móviles, que representa la figura 36. Estos se colocan inmediatamente detrás de cada blanco, al disparar sobre él, recogiendo de este modo la mayoría de los proyectiles que pasen por su inmediación, disminuyendo ó suprimiendo por completo los escapes. Tienen estos espaldones movibles el defecto que expusimos en los parabalas de esta clase.

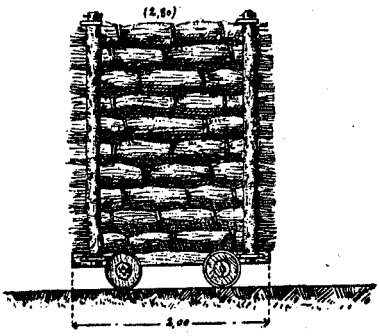


*Fig. 36.*

## Otros medios para evitar los rebotes.

En la parte teórica ya hemos citado el que emplea el eminente ingeniero belga Bihim, consistente en un gran desmonte en declive hacia el blanco, con una inclinación superior al ángulo de caída de la trayectoria más curva, evitando de este modo que las balas alcancen el suelo. El método da buenos resultados, siendo su defecto único el gran coste que ocasiona.

En algunos campos italianos, alemanes y franceses, y en los nuestros de Cartagena y Murcia, se ha empleado una sistematización del terreno,

que se corta en pequeños y numerosísimos glasis, que presentan al tirador una cara casi normal á las trayectorias que los hieren, siendo la otra aproximadamente paralela á sus ramas descendentes. El método no evita en absoluto los rebotes, ni aún recubriéndolo con polvo de curtido ú otros cuerpos que los disminuyen, pues los proyectiles que hieren en las crestas pueden dar lugar á algunos, pero da bastante buenos resultados. Su principal defecto es que entre el trazado y entretenimiento su precio resulta elevado.

# CAPÍTULO IV.

**Constitución de los campos de tiro en algunos países de Europa.— Campos belgas, alemanes, franceses, italianos y españoles.**

A vuela pluma tratamos este capítulo, pues en todo lo anterior va forzosamente involucrado mucho relativo á las disposiciones de detalle usadas en gran parte de los campos existentes, cuya descripción minuciosa no tiene verdadera utilidad práctica. En los campos de nuestro país nos extendemos algo más, tanto para que se vean las ideas diversas en que se han inspirado, como por hacer patente el esfuerzo desarrollado, además del natural interés que el asunto tiene.

---

Campos belgas.—A raíz de adoptarse en este país el modelo Mauser (año 1889), surgió la necesidad de hacer radicales transformaciones en los Polígonos existentes, pues éstos, trazados y calculados con arreglo á los fusiles Albini y Comblain, con los que daban buenos resultados, eran inútiles con la moderna arma por la poca seguridad que proporcionaban. A un distinguido oficial de Ingenieros, ya citado en el curso de este trabajo, el capitán Eugenio Bihim, se deben las ideas que sirvieron de fundamento para hacer las antedichas reformas, y de las que ya hemos dado cuenta.

El éxito, tan completo como merecido, coronó sus esfuerzos, y hoy día se han aplicado puede decirse á todos los campos existentes en su nación. Los de Bruselas, Brujas, Charleroi y Lieja están terminados; el de Tervueren, construído con motivo de la Exposición Internacional de Bruselas-Tervueren en 1897, se fundaba también en los citados principios, y con arreglo á ellos están proyectados los de Namur, Morlanwelz, Mons y Tournai.

El campo de Charleroi es casi estrictamente el *campo ideal* del autor; sus puestos de tirador han sido terraplenados $1^{m},25$ con objeto de dismi-

nuir todo lo posible el gran desmonte que debe hacerse y que resulta de mucho coste. Hay una porción de detalles prácticos muy bien estudiados. Su alcance es de 200 metros.

El de Tervueren presenta la particularidad de estar aplicado á blanco móvil; el de Bruselas, su gran extensión y alcance, que llega á 600 metros, y las numerosas obras auxiliares de defensa que ha sido necesario acumular por estar rodeado el Polígono de muchos poblados. No creemos de interés detallar dichas disposiciones, que se reducen á pantallas convenientemente dispuestas que evitan toda salida dentro de lo que puede asegurarse sobre este punto.

Campos alemanes.—Numerosos detalles de estos campos han sido explicados en los capítulos anteriores. Los caracterizan la separación de sus distintas líneas de tiro por traveses longitudinales que permiten que tiren independientemente varias fracciones de tropa á distancias distintas.

Las defensas se reducen á parabalas y espaldones, limitándose lateralmente la línea de fuego por traveses de tierra bastante elevados. Emplean también á veces una guía de puntería rudimentaria.

Todos los proyectos de Polígonos han de ajustarse á una pauta, aprobada oficialmente y escrita con criterio un poco estrecho, pero que facilita y simplifica extraordinariamente el trabajo de los que han de dirigirlos.

Campos franceses.—En Francia la distancia de tiro para campos militares suele ser de 200 metros para la instrucción, por considerarla como en Italia suficiente y para poder menudear los ejercicios, que, si se hicieran en campos extensos, y por tanto distantes de la población, tendrían que ser menos frecuentes.

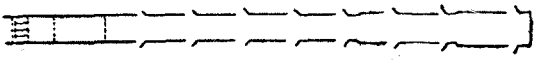
Los espaldones son verdaderos muros forrados con madera, colocada con sus fibras paralelamente al tiro, sin más cometido que evitar los rebotes. Se sistematiza el suelo del campo cortándolo en glásis, con el mismo objeto. Pantallas y disposiciones análogas, algo parecidas á las que se usan en el campo racional de Bihim, evitan los primeros rebotes, pues se admite como no peligrosos los segundos.

Los parabalas son de varios materiales, pero siempre con sus arcas normales al tiro, dotándose también á los puestos de tirador de una especie de marquesina que recoja todo proyectil alto.

Sin embargo, á pesar de todas las precauciones tomadas, no se consideran á cubierto de los escapes, sino que el tanto por 1.000 de éstos disminuye tanto, que pueden considerarse como no peligrosos.

En las figuras 37 y 38 aparece un campo tipo como de los más segu-

*Fig. 37.*



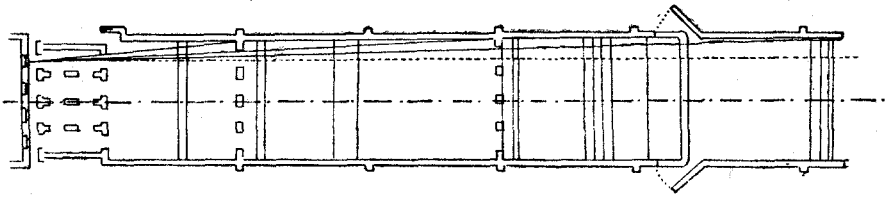


*Fig. 38.*

ros, es el de Vincennes, y puede verse en él la dificultad que estas disposiciones imponen á la construcción.

Se emplea mucho en los campos modernos el cemento armado.

Campos italianos.—Convencidos por las experiencias citadas los ingenieros de aquel país de las ventajas de la guía de puntería, este sistema es el reglamentario, y por tanto, los campos se construyen con arreglo á él.

Los alcances, por consiguiente, son pequeños: 100 ó 200 metros, practicándose solamente el tiro de instrucción, pues el de guerra se realiza en los campos de maniobras. Aseguran que el sistema es excelente y seguro, y sin negarlo, en otra parte indicamos cuál es nuestra opinión y qué razones dificultan la aplicación del método *puro* en nuestra nación.

Campos españoles.—La falta de orientación que en todo lo relativo á Polígonos de tiro existía en nuestro país, se manifiesta claramente examinando los existentes y en uso hoy en las diversas representaciones de

la Sociedad Nacional de Tiro. Hechos la mayor parte por personas de conocimientos extensos en el arte de la construcción, aunque no siempre muy conocedores de esta rama especialísima, se observa en muchos de ellos aciertos geniales, teniendo en cuenta la falta de elementos para estudiar el asunto, pero faltando en otros un criterio justo sobre las necesidades de una obra de este género. Vamos á citar algunos, los más importantes ó aquéllos en los que algún detalle práctico merezca mención especial.

*Madrid.*—El campo de tiro de Madrid, cuya teoría hemos descrito y en cuya ejecución ha tenido intervención uno de los que ésto escriben, no puede ser juzgado aquí; sólo nos permitiremos decir que, enclavado en un importante paseo con un barrio populoso y un edificio público tras su espaldón y con terreno casi sin accidentes, de los cuales ninguno era utilizable para la seguridad, su construcción era un problema muy complejo: tal vez existan pocos con condiciones tan desfavorables. La experiencia nos enseñará si nos hemos equivocado; nuestra buena fé é interés han sido muy grandes.

En la figura 39 se vé el plano de su disposición; consta de 10 plazas,

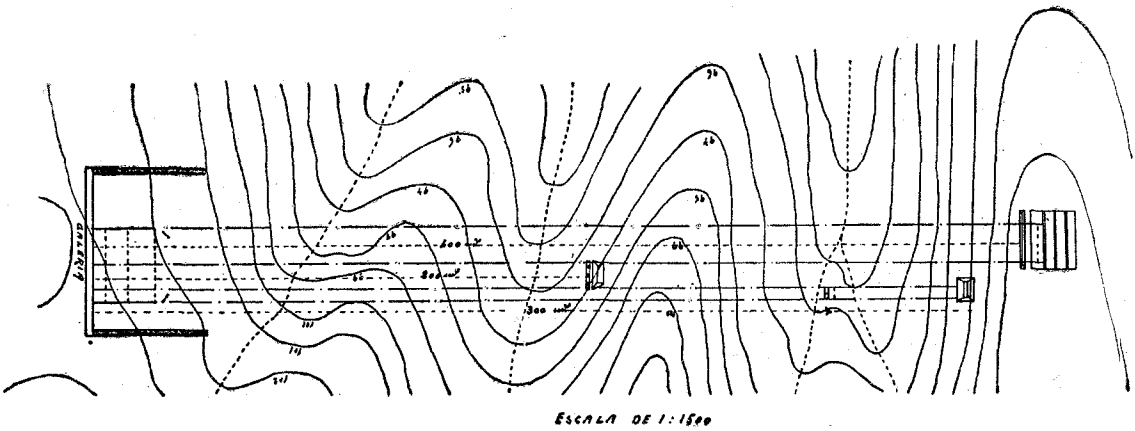



*Fig. 39.*

de las cuales 5 están dispuestas para el tiro á 400 metros; 3 para el tiro á 200, y 2 para el de 300.

Cada serie de blancos correspondiente á una distancia tiene inmediatamente detrás su espaldón, formado por un terraplén, encima del cual

va una pantalla de encofrado de madera y piedra (figs. 40 y 41). Como los pies derechos podrían ser atravesados, se han dispuesto detrás unas partes metálicas que lo impiden. Los espaldones se solapan en parte.

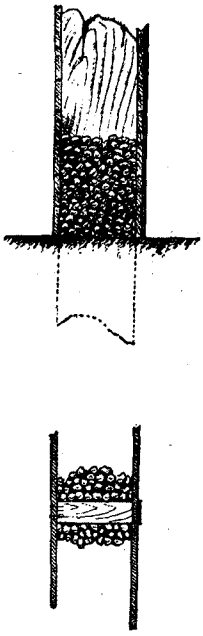


*Fig. 40.*

Los diafragmas están todos formados de encofrado de madera y piedra.

En los ventanales del diafragma inmediato al tirador se ha preferido no poner parte alguna metálica por temor á rebotes, aún á costa de una reparación constante.

Los pies derechos de los diafragmas están al tresbolillo para que el proyectil encuentre siempre un trozo de encofrado.

*Cartagena.*—El campo de Cartagena es de índole muy distinta: está construído en un espacioso terreno propiedad de la Sociedad y en el que puede llegar á tirarse á más de 1.000 metros. El terreno es ligeramente ascendente, con una pendiente media de 7 por 100, pero este pequeño inconveniente está compensado con la existencia de un espaldón natural de bastante altura, y ayuda á remediarlo, además, la sistematización del terreno, que ha sido recortado en glásis en los puntos en que el peligro producido por los rebotes era mayor. Detrás del espaldón, y en el terreno inmediato á él, está deshabitado. En este sentido tiene el Polígono caracteres de abierto, aunque hay proyectado emplear parabalas que impidan algún escape, muy excepcional, que pudiera producirse. Los flancos del tirador se limitan por unas disposiciones parecidas á los túneles, pero careciendo de techo, formados por encofrado de cañizos y piedra partida, calculados de modo que las direcciones límites en que lateralmente se puede tirar no permitan salir ningún proyectil del campo.

Los puestos para tirador de pie y rodilla en tierra están dotados de escalones y hay otros especiales para tirar echado.

Los abrigos de marcador y demás detalles están muy bien estudiados; damos en la figura 42, como ejemplo, una idea de la disposición adoptada en el de 300 metros, que hubo de hacerse en terraplén por di-

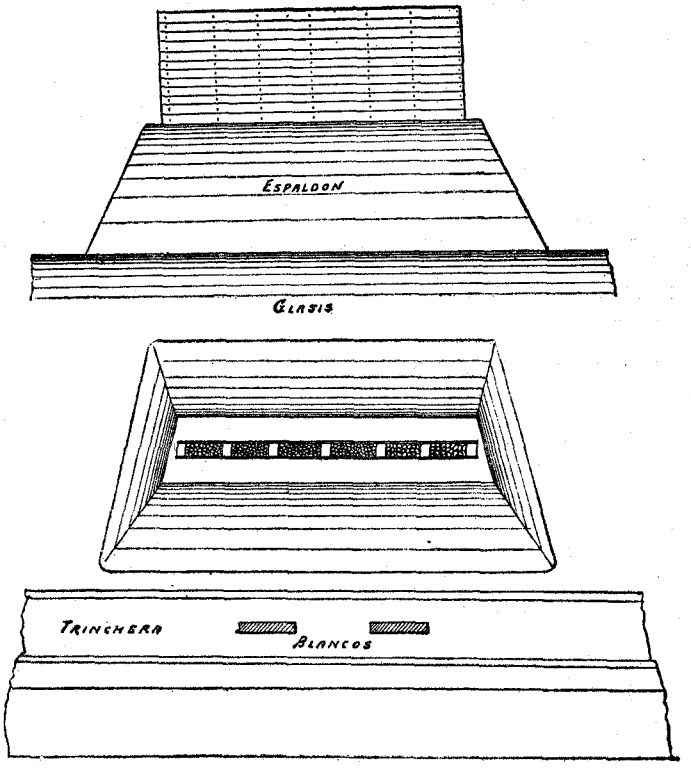



*Fig. 41.*

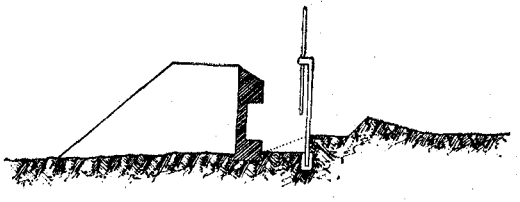


*Fig. 42.*

ficultades de la adaptación al terreno. Tiene una línea de tiro dispuesta para ensayar el de sumersión. Ha sido proyectado y dirigido por el general de Ingenieros D. Francisco Ramos.

*Murcia.*—Este campo puede clasificarse dentro de la misma especie del anterior. Su línea de tiro es de gran longitud y está limitada por un espaldón natural; el terreno también sube hacia los blancos, con pendiente media en el trozo entre éstos y la galería de tiro de 4 por 100. El al-

cance máximo es de 900 metros. Los proyectiles se limitan por unas disposiciones que llaman callejones protegidos y son verdaderos túneles, formados por encofrados de cañizos que recogen lateralmente y en elevación los proyectiles anormales. Estos encofrados, según experiencias hechas, tenían $0^m,15$ de grava de espesor, lo que es suficiente para no ser atravesados por los tiros del Mauser. Con objeto de amortiguar la detonación que dentro de estos túneles produce el disparo, se han forrado sus paredes con un almohadillado de crin vegetal y tela de sacos que dá muy buen resultado.

El Polígono tiene también una serie de glásis cortados ó malecones (fig. 43) de tierra, que han evitado casi por completo los rebotes. Por


*Fig. 43.*

último, su edificio y dependencias están alojadas en un ámplio y elegante local de planta, con una galería alta. Ha sido hecho el proyecto y dirigida su construcción por el ingeniero de caminos D. Domingo Muguruza.

*Huésca.*—Dos pequeños túneles de adobes, de 5 metros de longitud y de sección decreciente, con un diafragma intermedio, encajonan al tiro, faltando disposición que impida los rebotes de los tiros bajos, aunque podrían completarse por muy poco precio. La distancia de tiro ha sido preciso limitarla á 300 metros y tiene los puestos de tirador separados 7 metros, la figura 44 da idea del sistema, que ha sido proyectado por el ingeniero de caminos Sr. Sans y Soler.

*Zaragoza.*—Dos diafragmas de adobe, con unas pequeñas aletas en sus extremos, sirven para limitar las desviaciones laterales y por elevación; los tiros bajos los recogen dos glásis, con revestimiento de adobe también hacia los tiradores. El alcance del campo es pequeño, 200 metros, pero hay proyecto de prolongarlo hasta 300. También se piensa hacer los diafragmas completos, lo que sería económico. Ha dirigido las obras el capitán de ingenieros D. Eustaquio de Abaítua.

*Málaga.*—Los puestos de tirador no tienen nada digno de mencionarse, los blancos y puestos de marcador han sido ya citados en otro capítulo (páginas 46 y 48) y son muy prácticos en este caso particular,

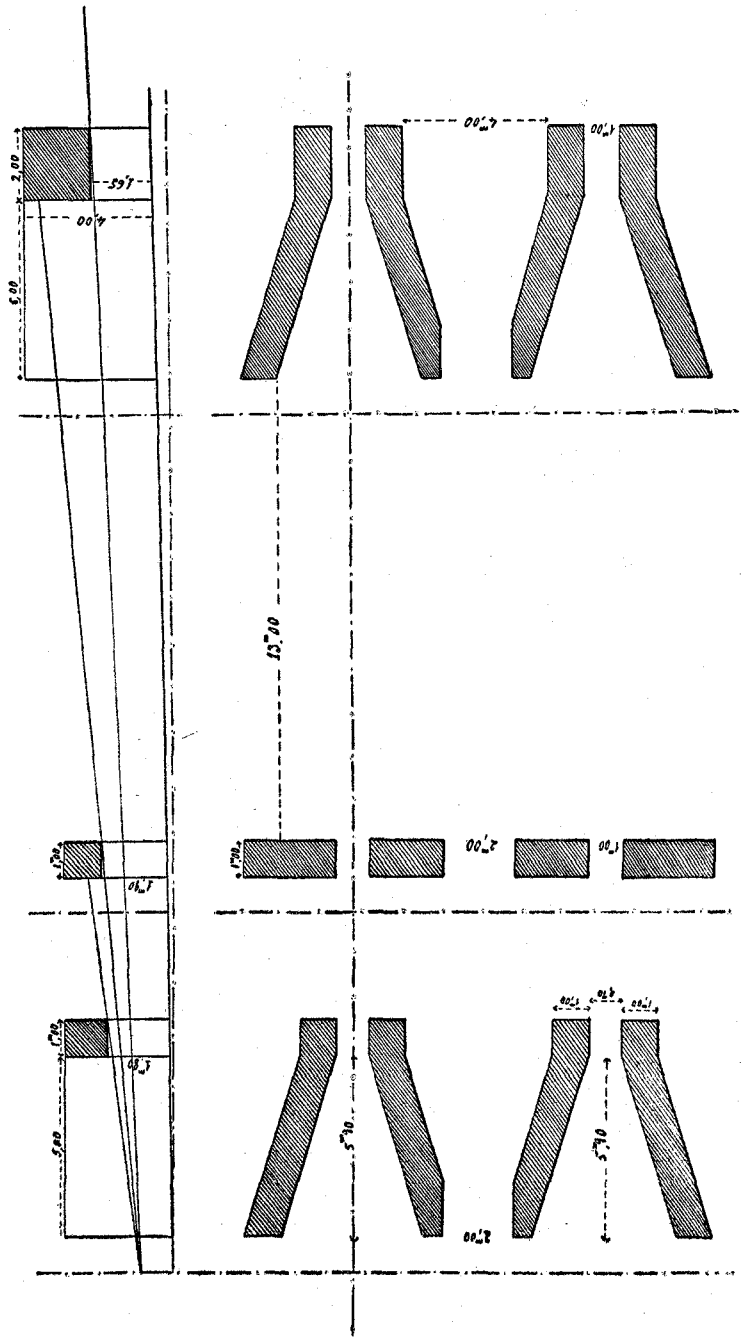


*Fig. 44.*

pues estando la línea de tiro en dirección de una cañada, es muy difícil construir las zanjas de marcador en la disposición ordinaria. El tiro se puede hacer á 600 metros.

*Guadalajara.*—La figura 45 da idea de la disposición de los puestos

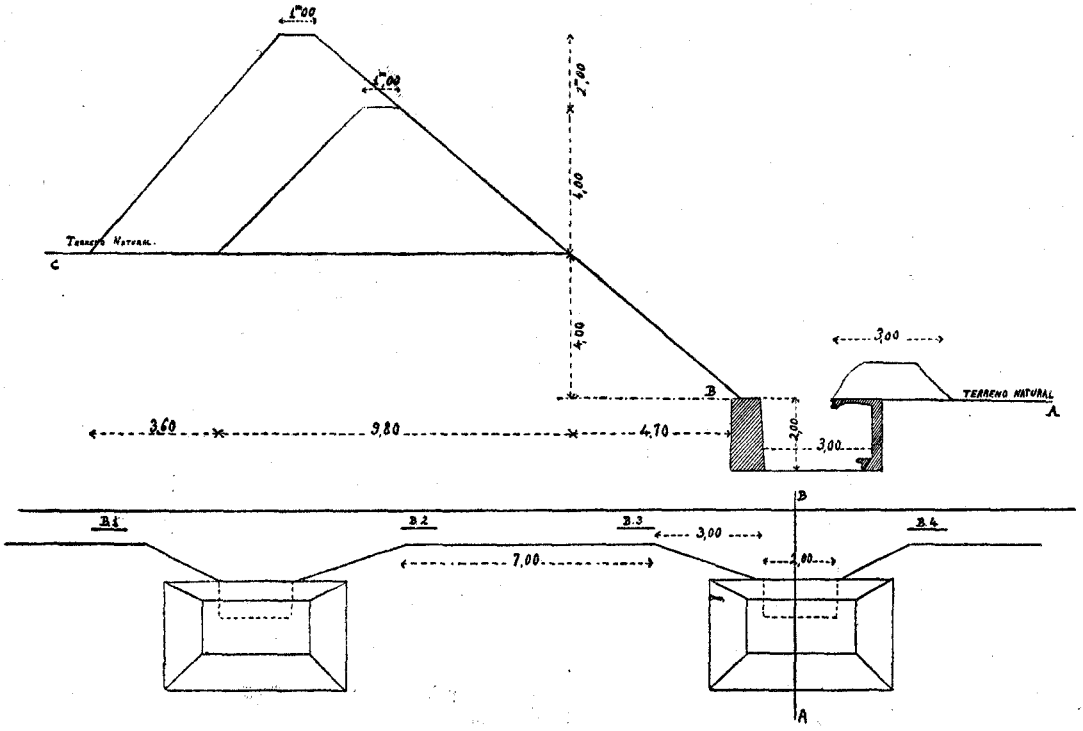



*Fig. 45.*

de marcador. El tiro se hace á 400 metros, sin nada especial en el resto del campo. Ha sido proyectado por el comandante de Ingenieros D. Enrique Valenzuela.

*Badajoz.*—Empléase en el primer proyecto de este campo el método de aspilleras, existiendo un segundo proyecto con diafragmas, el terreno es llano y el alcance máximo 400 metros. Ambos proyectos son del capitán de Ingenieros D. Fernando Navarro.

Nada decimos de los campos de Jaén, Mazarrón, Logroño, Tuy, Pastrana, etc.; pues esta enumeración se haría, á mas de larga, monótona y poco útil, pues las disposiciones son análogas.

Pero lo indicado dá idea de la diversidad de criterios que en los pro-

yectos guían y al propio tiempo del trabajo desarrollado que ha sido grande, aunque en algunos casos no lo fecundo que era de desear y de esperar, sin duda por falta de textos donde ponerse al corriente de tan complejo asunto.

---

Si nuestro modesto trabajo lleva un grano de arena á esta magna obra de la implantación y arraigo del Tiro Nacional en nuestro país, habremos conseguido nuestro deseo, que no es otro que este é intentar ser útiles en lo poco que podemos á algunos de nuestros superiores y compañeros.

# Apéndice I.

ALTURA *de la boca del arma apuntando, para las diversas tallas del tirador.*

| TALLAS. | ALTURAS DEL FUSIL. | | |
|---|---|---|---|
| | En pie. | Rodilla en tierra. | Echado. |
| 1,95 | 1,760 | 1,05 | 0,36 |
| 1,90 | 1,715 | — | — |
| 1,85 | 1,670 | 1,00 | — |
| 1,80 | 1,625 | — | — |
| 1,75 | 1,580 | 0,95 | 0,30 |
| 1,70 | 1,535 | — | — |
| 1,65 | 1,490 | 0,90 | — |
| 1,60 | 1,445 | — | — |
| 1,55 | 1,400 | 0,80 | 0,24 |

# Apéndice II.

TABLA *de tiro del fusil Maüser de 7 mm., modelo 1893, con los datos útiles en los proyectos de campos de tiro.*

| Alcances X en metros. | ÁNGULOS | | | | Duración de la trayectoria en segundos $t_1$ | Datos en el vértice de la trayectoria. | | | Datos en el punto de caída para cálculo de efectos. | | Desviación total (cálculo de diafragmas). | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE PROYECCIÓN | | DE CAÍDA | | | Abscisa en metros. $x_0$ | Ordenada en metros. $Y$ | Velocidad horizontal en metros por segundo. $V_0$ | Velocidad remanente tangencial en metros por 1'' $V_1$ | Energía total del proyectil á la caída en kilográmetros. $\frac{P}{2g} V^2_1$ | Horizontal en metros. | Vertical en metros. |
| | Por su graduación. $\varphi$ | Por sus tangentes. tg $\varphi$ | Por su graduación. $\omega$ | Por sus tangentes. tg $\omega$ | | | | | | | | |
| 0 | 0' | 0, | 0' | 0, | | | | | 710,0 | 287,9 | | |
| 100 | 3'10'' | 0,00092 | 3'32'' | 0,00102 | 0,151 | 51,2 | 0,028 | 664,3 | 628,5 | 225,1 | 0,038 | 0,044 |
| 200 | 7'56'' | 0,00231 | 9'16'' | 0,00269 | 0,314 | 104,2 | 0,117 | 624,1 | 557,0 | 177,2 | 0,090 | 0,100 |
| 300 | 13'02'' | 0,00379 | 16'28'' | 0,00479 | 0,509 | 159,6 | 0,317 | 584,7 | 493,1 | 139,0 | 0,148 | 0,154 |
| 400 | 18'58'' | 0,00552 | 28'10'' | 0,00819 | 0,724 | 217,0 | 0,653 | 546,4 | 436,9 | 109,1 | 0,216 | 0,230 |
| 500 | 26'07'' | 0,00760 | 38'58'' | 0,01133 | 0,969 | 274,4 | 1,152 | 508,6 | 388,3 | 86,1 | 0,282 | 0,306 |
| 600 | 34'43'' | 0,01010 | 55'24'' | 0,01511 | 1,240 | 336,0 | 1,919 | 472,1 | 349,0 | 69,7 | 0,344 | 0,408 |
| 700 | 44'10'' | 0,01285 | 1°11'28'' | 0,02079 | 1,542 | 393,4 | 2,919 | 439,0 | 319,7 | 58,2 | 0,418 | 0,552 |
| 800 | 54'42'' | 0,01591 | 1°39'42'' | 0,02901 | 1,864 | 458,4 | 4,432 | 407,0 | 299,5 | 51,2 | 0,502 | 0,750 |
| 900 | 1°09'30'' | 0,02022 | 2°06'06'' | 0,03670 | 2,111 | 518,8 | 6,306 | 380,2 | 284,4 | 46,3 | 0,594 | 0,926 |
| 1000 | 1°24'20'' | 0,02454 | 2°35'12'' | 0,04517 | 2,567 | 578,2 | 8,674 | 356,9 | 272,0 | 42,3 | 0,700 | 1,188 |
| 1100 | 1°40'33'' | 0,02926 | 3°07'08'' | 0,05449 | 2,943 | 636,2 | 11,926 | 337,4 | 260,5 | 38,8 | 0,816 | 1,422 |
| 1200 | 1°58'13'' | 0,03441 | 3°41'04'' | 0,06439 | 3,335 | 692,2 | 14,937 | 322,2 | 250,1 | 35,8 | 0,946 | 1,686 |
| 1300 | 2°17'31'' | 0,04002 | 4°18'30'' | 0,07533 | 3,749 | 749,0 | 18,984 | 309,0 | 240,4 | 33,1 | 1,070 | 2,130 |
| 1400 | 2°38'05'' | 0,04602 | 5°00'04'' | 0,08751 | 4,169 | 804,2 | 23,584 | 298,7 | 231,3 | 30,6 | 1,200 | 2,384 |
| 1500 | 2°59'23'' | 0,05223 | 5°45'52'' | 0,10095 | 4,609 | 859,6 | 27,630 | 290,0 | 222,6 | 28,2 | 1,400 | 2,608 |
| 1600 | 3°23'52'' | 0,05937 | 6°31'28'' | 0,11408 | 5,054 | 918,9 | 35,057 | 281,9 | 214,2 | 26,2 | 1,690 | 2,870 |
| 1700 | 3°48'15'' | 0,06649 | 7°25'40'' | 0,13037 | 5,541 | 974,4 | 41,724 | 275,0 | 206,1 | 24,3 | 2,050 | 3,480 |
| 1800 | 4°15'33'' | 0,07447 | 8°23'36'' | 0,14755 | 6,031 | 1033,2 | 49,620 | 268,1 | 198,2 | 22,5 | 2,500 | 4,360 |
| 1900 | 4°46'00'' | 0,08339 | 9°24'46'' | 0,16578 | 6,549 | 1095,6 | 58,990 | 261,1 | 190,8 | 20,8 | 3,040 | 4,440 |
| 2000 | 5°15'36'' | 0,09206 | 10°37'24'' | 0,18757 | 7,084 | 1154,2 | 68,940 | 254,8 | 183,5 | 19,3 | 3,680 | 7,800 |

# Apéndice III.

TABLA *de las ordenadas* (y) *de las diversas trayectorias de alcances* (X) *de 100 á 2000 metros, á las distancias* (x) *tomadas de 50 en 50 metros, del Fusil Mauser español de 7 milímetros (Modelo 1893).*

| X \ x | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 | 1550 | 1600 | 1650 | 1700 | 1750 | 1800 | 1850 | 1900 | 1950 | 2000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **100** | 0,0383 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **200** | 0,0955 | 0,114 | 0,111 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **300** | 0,1699 | 0,262 | 0,333 | 0,296 | 0,192 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **400** | 0,2555 | 0,435 | 0,592 | 0,642 | 0,625 | 0,579 | 0,318 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **500** | 0,3599 | 0,643 | 0,904 | 1,058 | 1,145 | 1,143 | 1,046 | 0,832 | 0,495 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **600** | 0,4844 | 0,893 | 1,279 | 1,558 | 1,770 | 1,893 | 1,921 | 1,832 | 1,620 | 1,250 | 0,704 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **700** | 0,6222 | 1,168 | 1,692 | 2,108 | 2,457 | 2,718 | 2,884 | 2,932 | 2,857 | 2,625 | 2,216 | 1,050 | 0,923 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **800** | 0,7755 | 1,474 | 2,151 | 2,720 | 3,222 | 3,636 | 3,955 | 4,156 | 4,234 | 4,155 | 3,899 | 3,486 | 2,912 | 2,142 | 1,200 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **900** | 0,9909 | 1,935 | 2,796 | 3,575 | 4,299 | 4,928 | 5,460 | 5,877 | 6,107 | 6,308 | 6,264 | 6,060 | 5,706 | 5,158 | 4,168 | 3,446 | 1,824 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **1000** | 1,2066 | 2,363 | 3,444 | 4,443 | 5,379 | 6,373 | 6,972 | 7,605 | 8,051 | 8,468 | 8,640 | 8,651 | 8,513 | 8,181 | 7,437 | 6,900 | 5,494 | 3,886 | 2,097 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **1100** | 1,4424 | 2,833 | 4,153 | 5,388 | 6,559 | 7,640 | 8,625 | 9,493 | 10,174 | 10,822 | 11,231 | 11,478 | 11,580 | 11,483 | 10,975 | 10,674 | 9,503 | 8,130 | 6,625 | 4,764 | 2,474 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **1200** | 1,7080 | 3,363 | 4,947 | 6,446 | 7,832 | 9,228 | 10,477 | 11,610 | 12,556 | 13,473 | 14,155 | 14,656 | 15,020 | 15,187 | 14,942 | 14,905 | 14,850 | 12,889 | 11,599 | 10,002 | 8,026 | 5,814 | 3,016 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **1300** | 1,9808 | 3,910 | 5,766 | 7,539 | 9,248 | 10,866 | 12,389 | 13,794 | 15,018 | 16,203 | 17,149 | 17,932 | 18,573 | 19,007 | 19,050 | 19,270 | 18,636 | 17,797 | 16,779 | 15,454 | 13,750 | 11,810 | 9,284 | 6,538 | 3,535 | 0 | | | | | | | | | | | | | | |
| **1400** | 2,2838 | 4,523 | 6,686 | 8,766 | 10,782 | 12,707 | 14,536 | 16,248 | 17,774 | 19,271 | 20,523 | 21,613 | 22,554 | 23,300 | 23,634 | 24,176 | 23,847 | 23,316 | 22,603 | 21,583 | 20,184 | 18,550 | 16,328 | 13,887 | 11,185 | 7,958 | 4,266 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| **1500** | 2,5989 | 5,147 | 7,622 | 10,064 | 12,341 | 14,528 | 16,718 | 18,741 | 20,579 | 22,386 | 23,948 | 25,952 | 26,602 | 27,658 | 28,302 | 29,154 | 29,134 | 28,911 | 28,507 | 27,795 | 26,708 | 25,308 | 23,463 | 21,329 | 18,933 | 16,013 | 12,620 | 8,664 | 4,850 | 0 | | | | | | | | | | |
| **1600** | 2,9474 | 5,843 | 8,668 | 11,358 | 14,085 | 16,615 | 19,159 | 21,530 | 23,714 | 25,872 | 27,783 | 29,533 | 31,133 | 32,537 | 33,529 | 34,729 | 35,057 | 35,182 | 35,125 | 34,761 | 34,018 | 33,038 | 31,470 | 29,683 | 27,634 | 25,060 | 22,014 | 18,404 | 14,936 | 10,431 | 5,498 | 0 | | | | | | | | |
| **1700** | 3,3090 | 6,570 | 9,756 | 12,860 | 15,899 | 18,847 | 21,698 | 24,432 | 26,980 | 29,467 | 31,270 | 33,883 | 35,844 | 37,611 | 38,964 | 40,525 | 41,214 | 41,699 | 42,009 | 42,005 | 41,615 | 40,994 | 39,781 | 38,357 | 36,435 | 34,951 | 31,762 | 28,510 | 25,399 | 21,248 | 16,673 | 11,731 | 5,062 | 0 | | | | | | |
| **1800** | 3,7151 | 7,370 | 10,954 | 14,455 | 17,893 | 21,239 | 24,487 | 27,619 | 30,563 | 33,479 | 36,148 | 38,654 | 41,011 | 43,172 | 44,918 | 46,873 | 47,952 | 48,828 | 49,521 | 49,906 | 49,910 | 49,677 | 48,911 | 47,810 | 46,502 | 44,669 | 42,361 | 39,487 | 36,755 | 32,980 | 28,780 | 24,011 | 17,917 | 13,222 | 6,863 | 0 | | | | |
| **1900** | 4,1484 | 8,246 | 12,270 | 16,210 | 20,087 | 23,872 | 27,559 | 31,130 | 34,513 | 37,868 | 40,976 | 43,922 | 46,718 | 49,318 | 51,504 | 53,898 | 55,418 | 56,734 | 57,867 | 58,693 | 59,137 | 59,345 | 58,912 | 58,359 | 57,493 | 56,096 | 54,235 | 51,803 | 49,513 | 46,183 | 42,423 | 38,102 | 32,441 | 28,195 | 22,292 | 15,860 | 8,151 | 0 | | |
| **2000** | 4,5851 | 9,112 | 13,569 | 17,942 | 22,251 | 26,469 | 30,589 | 34,592 | 39,416 | 42,190 | 45,734 | 49,111 | 52,338 | 55,369 | 57,985 | 60,810 | 62,752 | 64,504 | 66,067 | 67,320 | 68,193 | 68,828 | 68,872 | 68,696 | 68,256 | 67,289 | 65,849 | 63,839 | 61,974 | 59,067 | 54,947 | 51,827 | 46,588 | 42,762 | 37,279 | 31,265 | 23,949 | 16,237 | 6,980 | 0 |

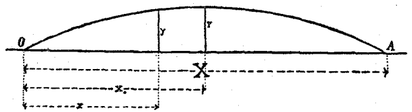



*Fig. 46.*

# BIBLIOGRAFÍA.

PRINCIPES RATIONNELS DE LA CONSTRUCTION DES STANDS À PROXIMITÉ DES LIEUX HABITÉS, par Eugène Bihim, capitaine du Génie.—Gand, 1893.

CONSTRUCTION DES STANDS DE TIR À PROXIMITÉ DES LIEUX HABITÉS, par Eugène Bihim.—(Publicado en el *Recueil des travaux techniques des officiers du Génie de l'Armée belge)*, 1902.

SCHIESSTANDER-ORDNUNG.—Berlín, 1896.

NORME TECNICHE PER LA COSTRUZIONE E LA CONSERVAZIONE DEI CAMPI DI TIRO.—Ministero della Guerra.—Roma (Voghera), 1892.

DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DEL CAMPO DI TIRO PER LE NUOVE ARMI PORTATILI.—I. Casali.—Roma (Voghera), 1902.

CHOIX ET ÉTABLISSEMENT DES CHAMPS DE TIR POUR ARMES PORTATIVES, par le lieutenant colonel Journée du 69.e régiment d'infanterie.—Folleto en 4.º—París (Chapelot), 1901.

NOTE SUR LES CHAMPS DE TIR ET STANDS DES SOCIÉTÉS CIVILES, par E. Hoc, capitaine du Génie, publicado en la *Revue du Génie Militaire*.—Tomo XIX.—Año 1900, primer semestre.

BALÍSTICA DE LAS ARMAS PORTÁTILES, por D. Joaquín de la Llave y García, teniente coronel de ingenieros.—Madrid, 1901.

ESTUDIO SOBRE EL FUSIL MAUSER ESPAÑOL MODELO 1893, por D. Fernando Girón, capitán de infantería.—Un tomo en 4.º—Madrid (Imprenta *El Trabajo*), 1904.

CARREIRAS DE TIRO, artículos en curso de publicación en la *Revista de Infantería* (portuguesa) (año 1903-1904), por D. Francisco Lopes, capitão de infantería.

# ÍNDICE.

Páginas.

PRÓLOGO. . . . . 5

CAPÍTULO I.

*Dispersión.*—Condiciones del arma.—Efectos.—Penetraciones y rebotes.. . . 7

CAPÍTULO II.

Experiencias.—Condiciones teóricas de un campo de tiro.=1.er *Grupo.*—Túneles.—Parabalas y diafragmas.=2.º *Grupo.*—Aspilleras y guías de puntería.—Puestos de marcador.—Espaldones. — Condiciones topográficas para el establecimiento de un campo.—Mejoras en un campo.. . . . . 17

CAPÍTULO III.

Detalles relativos á los diversos elementos de un Polígono.—Puestos de tirador.—Túneles.—Parabalas y diafragmas.—Aspilleras y guías de puntería.—Puestos de marcador.—Blancos.—Traveses y pantallas.—Espaldones.—Otros medios para evitar los rebotes. . . . . 36

CAPÍTULO IV.

Constitución de los campos de tiro en algunos países de Europa.—Campos belgas, alemanes, franceses, italianos y españoles.. . . . . 56

APÉNDICES.

I. . . . . 67
II. . . . . 68
III. . . . . 69
Bibliografía. . . . . 69