

E. Delgado Maqueda

Aparatos

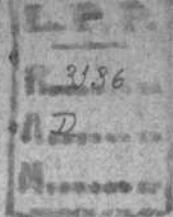
Balísticos

SEGOVIA

F. Rueda, Impresor

D6

A



Miguel Jover Laltivar

+156340
C.1196477



APARATOS BALÍSTICOS



APARATOS BALÍSTICOS



CONFERENCIAS
SOBRE
APARATOS BALÍSTICOS

POR

Don Emilio Delgado Maqueda

CAPITÁN DE ARTILLERÍA

PROFESOR DE LA ACADEMIA DEL ARMA

Obra declarada de Texto provisional para la Academia de Artillería

(R. O. de 7 de Agosto de 1903.—D. O. núm. 171)



SEGOVIA

EST. TIPOGRÁFICO DE FÉLIX RUEDA

HIJO DE SEGUNDO RUEDA

Juan Bravo, núm. 20.

1907

293

Esta obra es propiedad
del Autor.

Queda hecho el depó-
sito que marca la Ley.

Cirilo Delgado



R. 120523

PRÓLOGO

Al ordenar y recopilar en el presente libro, que ha merecido ser declarado como de texto provisional, las descripciones de los aparatos balísticos más generalmente empleados en la resolución de los problemas prácticos de Balística experimental, estamos persuadidos de haber efectuado un trabajo útil, por la facilidad con que se puede aprender tan importantes elementos de enseñanza.

Bien hubiéramos querido dar mayor extensión al estudio de algunos aparatos, entre los cuales debemos citar los manómetros «Crusher», por la grandísima importancia que tienen los fenómenos por ellos registrados en el desarrollo de los problemas más interesantes de Balística interior y exterior, pero la índole especial de este trabajo, cuya finalidad principal es enseñar á manejar con seguridad los de uso más corriente, nos han impedido realizar nuestro deseo.

Para hacer las descripciones, después de un estudio detenido, hemos realizado repetidas experiencias con casi todos los aparatos de que nos ocupamos, tomando directamente de ellos las figuras, tanto de los que existen en el Gabinete de Balística de la Academia de Artillería, como de los que se emplean en los distintos centros fabriles del Arma, los cuales hemos visitado con este fin, logrando por estos medios dar mayor claridad á nuestras explicaciones, y también hemos calculado algunas tablas, entre éstas la primera, para

la mayor rapidez en la aplicación de las fórmulas que á ella se refieren.

Al publicar este trabajo, no hemos querido modificar el que presentamos á la superioridad, pero con el objeto de que sea más completo, hemos puesto al final un apéndice en el que se detallan algunos de los aparatos más modernos.

Terminaremos estas líneas, cumpliendo con el grato deber de dar las más sincéras gracias á todos aquellos de nuestros distinguidos compañeros, pues con sus indicaciones han contribuido á que hayamos podido dar cima á nuestro trabajo.

El Autor.

Segovia y Febrero 1907.

Introducción

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

1. Se denominan *aparatos balísticos*, á todos los que se emplean para estudiar de un modo experimental las leyes del movimiento del proyectil, tanto en el interior de las piezas, como en el aire y en los medios resistentes.

Dan á conocer, bien los espacios de tiempos sumamente pequeños relacionados con el movimiento del proyectil y con los fenómenos interiores de las bocas de fuego, ó bien las presiones máximas ó sucesivas que desarrollan los gases de la pólvora ó explosivo; de aquí su clasificación en dos grupos principales:

- 1.º Aparatos que sirven para medir espacios de tiempos, y
- 2.º Aparatos destinados á medir presiones.

Los del primer grupo se denominan *cronóscopos*, cuando se mide el tiempo por medio de una graduación, y *cronógrafos* cuando lo verifican de una manera gráfica. Esta clasificación no se aplica con la exactitud debida, empleándose, en general, la segunda denominación.

Los aparatos comprendidos en el segundo grupo se fundan unos en el método *estático*, y miden las presiones oponiendo á éstas una fuerza de intensidad conocida como la resistencia á la compresión, al cizallamiento y á la elasticidad de los metales en cuyo caso reciben el nombre de *manómetros*, ó bien se va-

len de la propiedad que tienen las masas fluidas de transmitir con igual intensidad las presiones ejercidas en un punto cualquiera de ellas, y se les llama *balanzas manométricas*: otros tienen por fundamento el método *dinámico* y dan á conocer las presiones por el movimiento impreso á un cuerpo pesado, llamándose *acelerómetros* cuando miden el espacio recorrido sobre una regla graduada y *acelerógrafos* cuando el movimiento se registra de una manera gráfica.

Existen otros aparatos, llamados *auxiliares* y que se denominan *interruptores* y *registradores*, que se emplean exclusivamente para producir señales en momentos precisos.



I

Cronógrafo Le Boulengè

FUNDAMENTO

2. Este aparato mide gráficamente el tiempo que tarda el proyectil en pasar por dos puntos determinados, pudiéndose por tanto conocer la velocidad que aquél lleva entre dichos puntos.

Si sobre una varilla vertical que cae libremente se hacen dos señales correspondientes al paso del proyectil por dos puntos de su trayectoria, el tiempo que tarda en pasar de uno á otro punto, será el mismo que el invertido por la varilla en recorrer la altura entre señales. Si el movimiento de la varilla se verificase en el vacío, se relacionarían las alturas de caída con el tiempo por la fórmula

$$h = \frac{1}{2} g t^2, \quad [1]$$

en la que h representa la altura correspondiente á una señal, t el tiempo y g la aceleración de la gravedad; de cuya fórmula se deduciría el valor del tiempo para cada uno de los puntos marcados; restando los dos valores encontrados se tendría el total invertido y, admitiendo que la velocidad del proyectil entre los puntos prefijados fuese uniforme, se determinaría la velocidad por la expresión

$$x = v \cdot t, \quad [2]$$

representando por x el espacio que media entre los puntos elegidos, por v la velocidad y por t la diferencia entre los tiempos correspondientes á cada una de las señales.

Como la varilla se mueve en el aire y la velocidad del proyectil varía constantemente, las fórmulas anteriores no se pueden aplicar con exactitud, mas si el peso de la varilla es grande con relación á su sección sin que su longitud sea excesiva y la distancia entre los puntos de paso del proyectil cumple también con la última condición, el valor del tiempo deducido, puede considerarse, sin mucho error, como un valor medio correspondiente á la velocidad media del proyectil entre los citados puntos, cuyo valor se deduciría por la fórmula [2].

Se ve, pues, que el aparato se funda en la ley de caída de los graves, perfectamente conocida para los distintos lugares de la tierra, y si bien se desprecia la resistencia que el aire opone al movimiento de la varilla, como su densidad de sección es grande y el recorrido muy pequeño, aun para las menores velocidades, el error que se comete se puede despreciar.

DESCRIPCIÓN DEL APARATO

3. Constituye el aparato (*fig.^a 1.^a, lám. I*), una columna vertical de latón C C que sostiene por medio de dos tornillos que la atraviesan, dos electro-imanés E y E' de alma partida, estando una de sus partes en forma de tornillo para poderla aproximar ó separar de la fija que termina al exterior en un cono vertical.

Del electro-imán E se suspende una varilla de latón A llamada *cronómetro*, que lleva en su parte superior un cono de hierro dulce con vértice redondeado y por la inferior termina en la cabeza D prismática con las aristas redondeadas, de gran

peso y atravesada por una canal troncocónica destinada á fijar la regla que mide las alturas; en una de las caras lleva grabado el número del aparato, y debe quedar en la parte anterior cuando el cronómetro esté suspendido.

Sobre el cronómetro se colocan unos cilindros de plomo, de diámetro interior un poco mayor que el exterior de la varilla, se llaman *cartuchos receptores* y en ellos se registran las señales.

El electro-imán E' sostiene otra varilla B llamada registrador, es de latón y de menor peso y longitud que el cronómetro, lleva como éste un cono de hierro dulce en uno de sus extremos y en el otro una cabeza con dos caras biseladas y otras dos planas y paralelas.

La columna C descansa sobre la chapa triangular F (*figura 2.^a*), que tiene una escotadura en escuadra en uno de sus ángulos y se fija por tres tornillos á la base ó soporte formado por la misma caja del aparato.

Lleva la columna en su base sujeto por tornillos, el muelle de acero *a* con su mango *b* en el extremo libre y cerca de éste se arma la cuchilla troncocónica *c* sobre la que se asegura el diente *d*. Fijos á la chapa F, van los montantes *ff* que sostienen al eje de giro *e* del *fiador*, que es una palanca de primer género, cuyo brazo derecho termina en la uña *d'* en la que engrana el diente de la cuchilla. El brazo izquierdo termina en un cilindro *h* que es á su vez tuerca de un tornillo *i* de un milímetro de paso; la cabeza de este tornillo es un disco de bastante diámetro y poca altura presentando en su contorno diez muescas *j*, en las que puede engranar la uña del muelle *k* que está sostenido por la columna *l* sujeta al fiador: un muelle en espiral *m* tiende á elevar constantemente el extremo *h*.

La misma caja que se emplea para transportar el aparato, se ha dicho que sirve como soporte: en una de sus caras menores se atornilla la plancha F (*fig. 1.^a*), y en la opuesta una

cruceta de hierro con tres tornillos G para determinar la verticalidad del aparato. El hueco H recibe al cronómetro en su caída, está forrado y lleva un almohadillado en su fondo para que aquél no se deteriore.

El cilindro I, unido á la chapa F por un brazo en escuadra, sostiene al registrador cuando cae sobre el disco y una pieza K fija á la columna evita las oscilaciones cuando está suspendido.

ERROR DE DISYUNCIÓN

4. Si se activa el electro-imán que sostiene al cronómetro y se suspende éste provisto del cartucho receptor, y se establece el circuito de modo que pueda ser interrumpido por el proyectil al pasar por un punto determinado de su trayectoria y realizamos iguales operaciones con el registrador, al efectuar la experiencia, trazada previamente la *señal origen* (la que se efectúa dejando libre la cuchilla estando el cronómetro suspendido), se verá que el cronómetro empieza á descender en el instante que el proyectil corta su circuito; al llegar al segundo punto interrumpe el circuito del registrador, que libre, desciende hasta chocar con el disco del fiador, se desengrana la uña de la cuchilla, avanza ésta y produce una incisión en la parte alta del cronómetro. Medida la distancia entre la señal origen y la última incisión, y sustituido su valor en la fórmula [1] podríamos deducir el valor del tiempo, que sería el verdadero, si el paso del proyectil de uno á otro punto se verificase en el intervalo de tiempo deducido. La observación de la manera de funcionar el aparato evidencia que el verdadero tiempo es algo menor.

En efecto, el electro-imán que sostiene al cronómetro tarda un cierto tiempo Θ en desmagnetarse, por cuyo motivo no se empieza á registrar el tiempo en el instante mismo que el pro-

yectil corta al primer circuito, sino cuando aquél ha recorrido un cierto espacio de su trayectoria.

El registrador, á causa también del retardo en la desimantación de su electro-imán, no cae en el momento preciso que se interrumpe el circuito por el paso del proyectil, sino un cierto tiempo Θ' después, que afectará al verdadero tiempo total en sentido contrario al Θ : además se debe tomar en consideración el tiempo que tarda en efectuarse el choque de la cabeza del registrador con el disco del fiador, el invertido en zafarse la uña de la cuchilla y el que corresponde á la marcha de ésta hasta producir la incisión. Cada uno de estos tiempos, que podemos representar respectivamente por t' , t'' y t''' , modifican al total en el mismo sentido que Θ' , luego el tiempo invertido en el funcionamiento de cada una de las partes del aparato será, representándolo por t ,

$$t = \Theta' + t' + t'' + t''' - \Theta.$$

Este será, pues, el exceso de tiempo dado por el cronógrafo y que se deberá restar del tiempo deducido por la fórmula [1] para obtener el verdadero; llamando T , al encontrado y T_1 al verdadero, resultará

$$T_1 = T - t$$

y la expresión de la velocidad media será

$$V = \frac{X}{T - t} = \frac{X}{T_1}$$

Á este tiempo t , error constante del aparato, se le denomina *error de disyunción*, así como á la altura h correspondiente se la llama *altura de disyunción*, cuyos respectivos valores es preciso conocer en cada aparato.

CÁLCULO DE LA DISYUNCIÓN

5. Cortadas á un mismo tiempo las dos corrientes del cronómetro y registrador, la cuchilla marca una incisión en el cartucho receptor del cronómetro, por encima de la señal origen; medida la distancia que hay entre las dos señales se tiene la altura de disyunción, cuyo valor sustituido en la fórmula [1] dará el tiempo correspondiente al error de disyunción: la primera se aproxima á 110,37 mm. y el último á 0,15 de segundo.

Para efectuar el corte simultáneo de las corrientes se emplea un aparato llamado *disyuntor* (fig. 3.^a), que se compone de la base de madera $a b$ sobre la cual se fijan dos muelles c y d que tienden á estar constantemente apoyados en los topes e y e' puestos en comunicación con las prensas h y h' : otros dos bornes 1 y 2 permiten el paso de la corriente por los muelles. Entre éstos, y atornillado también á la base, va otro muelle i , que lleva en el extremo libre una pieza de ebonita $m n$ unida en ángulo recto por medio de dos tornillos; tiene además un diente r que puede engranar en una uña del muelle l , sujeto á la misma base.

El muelle i actúa en sentido contrario á los c y d , por tanto, cuando aquél esté libre, la pieza aisladora $m n$ romperá los contactos en e y e' .

El botón o sirve para montar el aparato.

Establecidos los circuitos del cronómetro y del registrador de modo que pasen respectivamente por los muelles c y d , y enganchado el muelle i en el l , para hacer la disyunción bastará dejar libre al muelle i que arrastrará, por el intermedio de la pieza $m n$, á los c y d , interrumpiéndose simultáneamente los contactos en e y e' y por consiguiente las dos corrientes.

Para mayor comodidad en las operaciones, se ha considera-

do como constante é igual á 0,15 de segundo el error de disyunción, con cuyo valor se obtiene para la altura,

$$h = 110,37 \text{ mm.}$$

tomándose para valor de g el correspondiente á los 51° de latitud, que es próximamente la de Bruselas, y viene expresado por el número 9,81104 m.: si se opera en Madrid, para $t = 0',15$ el valor de h es 110,25 mm. y aquí, en Segovia, en la Escuela Práctica, para el mismo tiempo, $h = 110,257$ mm., pues está á los 41° aproximadamente de latitud y á 1000 m. de altitud, con cuyas condiciones se encuentra para g el valor 9,8024 m.

Si se hubiese fijado la altura de disyunción por medio de la fórmula [1] se deduciría el tiempo, tomándose para valor de g , lo mismo que en el caso anterior, el correspondiente al lugar de la experiencia.

REGLA PARA MRDIR LAS ALTURAS DE CAÍDA

6. Fijada la altura de disyunción, si previamente se ha trazado sobre el cartucho receptor del cronómetro una señal correspondiente á dicha altura y se hace que la de caída del registrador sea tal, que, al verificarse la disyunción, la cuchilla hiera en el mismo trazo hecho, midiendo en cada experiencia la altura total, la fórmula [1] dará el tiempo T del cual habrá que restar el correspondiente al error de disyunción, ó sea $0'',15$, para obtener el T_1 , que sustituido en la fórmula de la velocidad, dará la media entre los puntos considerados.

Para medir las alturas de caída se usa la regla RR (*fig.ª 4.ª*), que en uno de sus extremos tiene la cabeza articulada a , que á su vez lleva un pitón troncocónico b que se puede introducir en el taladro de la cabeza del cronómetro. En una de sus caras lleva dos graduaciones, una en milímetros desde 0 á 520, en uno

de los bordes, y otra, que está trazada en el borde opuesto, indica las velocidades que corresponden á las diferentes alturas de caída, cuando la distancia comprendida entre los puntos por donde pasa el proyectil es de 50 m.: los límites de las alturas de esta última graduación son 1.000 m. para $H = 196,4$ mm. y 285 m. para $H = 519,4$ mm. Sobre la misma cara va marcado el trazo d , correspondiente á la altura de disyunción

$$h = 110,37 \text{ mm.}$$

La corredera C tiene una ventana rectangular con los bordes superior é inferior biselados y en los que van grabados: el nonio, en la parte correspondiente á la graduación en milímetros y aprecia décimas, y en el bisel opuesto un trazo frente al cero del nonio, que sirve para las lecturas de la velocidad. Entre la corredera y la regla van dos muelles m y n (*fig.ª 5.ª*), de acero y alojados en dos cajas practicadas en aquélla; el muelle m se apoya en el canto de la regla y sobre él actúa el tornillo t ; el muelle n ejerce su acción sobre la parte plana: ambos muelles tienen por objeto establecer un contacto suave entre la corredera y la regla que facilita su manejo, pues se hace estable la posición de aquélla en un punto cualquiera de ésta. Se unen invariablemente las dos piezas apretando fuertemente el tornillo t .

En el borde exterior de la corredera existe el talón o , por el que pasa el tornillo d que tiene su tuerca practicada en la pieza de acero A, la que termina en el talón cuchilla f : la pieza A se sujeta á la corredera mediante dos tornillos que la atraviesan por dos ventanas rectangulares.

La regla anteriormente descrita, evita el cálculo de las velocidades cuando la distancia entre los puntos de paso del proyectil es de 50 m., mas cuando esta circunstancia no se verifique, se obtiene también la velocidad muy rápidamente, multiplicando la anotada en la regla por la relación que existe entre la distancia real y la anterior.

En efecto, para una misma altura de caída del cronómetro los tiempos son iguales: luego las velocidades estarán en razón directa de los espacios recorridos: así, llamando V la velocidad que da la regla, V' la que se busca y X el recorrido, se tendrá

$$\left. \begin{array}{l} V = \frac{50}{T_1} \\ V' = \frac{X}{T_1} \end{array} \right\} \frac{V}{V'} = \frac{50}{X} \quad \gg \quad V' = \frac{X}{50} V. \quad [5]$$

Si la nueva distancia es un medio, un tercio, etc. de 50 m., se toma la mitad, tercera parte, etc. de V para obtener V' .

Trazada sobre la regla la graduación en milímetros, fijado el error de disyunción y supuesta la distancia de 50 m., se marcan las velocidades resolviendo uno de los dos problemas siguientes:

1.º *Dada una altura de caída, determinar la velocidad.*

Sea H la altura dada é igual á 306,58 mm., por la fórmula [1] se tiene $T = 0''{,}25$, luego $T_1 = T - t = 0''{,}25 - 0''{,}15 = 0''{,}1$, con lo cual

$$V = \frac{50}{0,1} = 500 \text{ m.}$$

2.º *Conocida la velocidad encontrar la altura de caída.*

Sea $V = 500$ m., la fórmula [2] da $T_1 = \frac{50}{500} = 0''{,}1$, y por consiguiente $T = T_1 + t = 0''{,}1 + 0''{,}15 = 0''{,}25$, cuyo valor sustituido en la fórmula [1] dará

$$H = 306,58 \text{ mm.}$$

Tomándose en ambos ejemplos $g = 9,81$ que es la del lugar en que se ha construido el aparato. Cuando se opere en otro lugar, los valores de la velocidad anotados en la regla, sólo pueden considerarse como aproximados, tanto en el caso de ser 50 m. la distancia, como en el de ser otra cualquiera; por lo cual convendrá efectuar el cálculo de la velocidad por la fórmula

$$V = \frac{X}{\sqrt{\frac{2}{g}} (\sqrt{H} - \sqrt{h})} \quad [4]$$

en la que se determinan los valores de \sqrt{H} por medio de la tabla I, y como para cada serie de experiencias verificadas en un mismo sitio \sqrt{h} y $\sqrt{\frac{2}{g}}$ serán constantes, el cálculo de V se hará con gran rapidez. Siempre que no sea preciso obtener mucha exactitud ó que el valor de g difiera poco del valor anterior, puede emplearse la regla, tanto para el caso de ser $X = 50$ m. como en el caso de ser menor y, en este caso, aunque la fórmula [3] da la velocidad media correspondiente á una distancia cualquiera entre los puntos de paso del proyectil, cuando sean muchas las experiencias que deban hacerse, conviene formar una tabla con los nuevos valores de la velocidad, pues de este modo se simplifican las operaciones: á este fin hemos calculado la tabla II, que da las velocidades comprendidas entre 7200 y 2000 dm., para una distancia de 50 metros, tomándose para valor de g el correspondiente á la Escuela Práctica, ó sea 9.8024, pero considerando solamente las tres primeras cifras por no influir apenas las dos últimas, dada la pequeñez de la máxima altura de caída. Dicha tabla es á doble entrada, expresándose en la primera columna las alturas en milímetros y en las diez restantes las velocidades correspondientes á los milímetros de la izquierda y décimas de milímetros indicados en la parte superior.

Como la mínima velocidad que da la regla es la de 285 m., cuando se trate de medir velocidades menores que dicho valor, es necesario disminuir la distancia, puesto que, para una misma velocidad, el tiempo invertido por el proyectil en pasar por dos puntos determinados será tanto menor, cuanto más pequeña sea

la distancia que media entre ellos. En este caso se encontrará el valor de X, despejándolo de la fórmula [5], con lo cual

$$X = \frac{V'}{V} \cdot 50. \quad [5]$$

MARCOS-BLANCOS

7. El proyectil puede cortar los circuitos del cronómetro y del registrador, mediante el uso de unos blancos especiales denominados *marcos-blancos* (*fig.^a 6.^a*), los cuales están formados por dos cubreras de madera M y N y dos tirantes de hierro: sobre las cubreras se colocan planchuelas metálicas con dos prensas, que se unen alternativamente por medio de un alambre fino de cobre, formando un sólo circuito; en vez de planchuelas con prensas, pueden emplearse clavijas fijas directamente sobre las cubreras, colocándose sobre aquéllas los alambres de manera que formen un circuito único. Las cubreras pueden estar colocadas verticales ú horizontales.

Los marcos van suspendidos de unos caballetes de hierro A B C D y las cubreras llevan las varillas de hierro P y Q, que se apoyan en el travesañ B C del caballete y tienen por objeto impedir las oscilaciones del blanco al paso del proyectil.

La separación de los hilos debe ser tal que se tenga seguridad en que el proyectil ha de romper uno por lo menos; como máximo han de estar medio calibre, aunque generalmente es mucho menor, con lo cual se rompen varios hilos.

8. Para las armas portátiles no se pueden emplear los marcos-blancos descritos anteriormente, pues dado su menor calibre la separación de los hilos también sería muy pequeña; se usan otros formados por un fuerte soporte L (*fig.^a 7.^a*), que descansa sobre tres brazos provistos de tornillos nivelantes *t*;

en la parte superior lleva un gancho *m* del que pende la plancha de hierro P; el brazo *c d*, perpendicular al soporte y sujeto á él por un tornillo, forma en sus extremos una doble escuadra por entre la cual puede pasar la citada plancha P; estos brazos llevan las prensas *a a* y unos tornillos *b*, que pasan por unas rodajas de caucho y pueden apoyarse sobre unos contactos de plata ó cobre que lleva la plancha.

El primer blanco se sustituye por una pieza de madera llamada *mordaza*, que se coloca en la boca del fusil y consta de dos piezas A y B (*fig.^a 8.^a*), con rebajos cilíndricos ó prismáticos en las caras interiores para que puedan adaptarse al cañón; van unidas por dos tornillos *m* y *n* que llevan las tuercas de orejetas *g*. En cada pieza va una escuadra metálica *c d* que lleva la prensa *b*, el tornillo *a* y el pilarillo *p*, sobre los que se apoyan los extremos de un alambre de platino de unas décimas de milímetro de diámetro.

Aun cuando estas mordazas son exclusivamente para fusiles, aumentando convenientemente las dimensiones, pueden ser también empleadas en los cañones.

Para efectuar las experiencias con los fusiles, se colocan éstos sobre un poiro ó caballete que afectan diferentes formas y tienen por principal objeto dar la necesaria estabilidad para que la puntería sea inalterable.

El representado en la *figura 9*, es de los más sencillos y está formado por una columna de hierro A con tres brazos *a*, *b* y *c*, que tienen sus correspondientes tornillos nivelantes, está hueca en su parte superior y abierta á lo largo de dos generatrices opuestas: dentro del citado hueco se coloca la pieza de madera B, abierta en casi toda su longitud y con un rebajo en la parte superior semejante á la forma exterior de la caña de los fusiles. Un tornillo-pasador T atraviesa la columna y la pieza de madera, y en su extremo roscado se atornilla una tuerca de

orejetas, asegurándose por su intermedio la posición del fusil.

Cuando se hacen series de precisión se emplean otros caballetes ó potros dispuestos en forma que no sólo dan estabilidad, sino que además permiten colocar las armas con la inclinación que convenga: entre todos estos caballetes el más perfeccionado es el de Whitworth, que se describe á continuación.

9. El caballete citado anteriormente consta de dos partes: una el caballete propiamente dicho y otra destinada á medir el retroceso. La primera está formada por la mesa E (*fig.^a 10*), de hierro, sostenida por tres pies del mismo metal unidos y reforzados por varillas y tirantes; por la parte inferior lleva dos ganchos para sostener dos pesos esféricos P y P que son de gran masa y dan mucha seguridad y fijeza al aparato. Sobre la mesa descansa el cuerpo B que puede girar alrededor de un eje F, conociéndose la amplitud del giro por el índice *i* y un arco graduado grabado sobre la misma mesa, efectuándose la operación por medio de los tornillos *c* cuyas tuercas *e* van fijas á aquella: se hace invariable la unión del cuerpo B con la mesa apretando el tornillo *b* y las tuercas de manubrio *ch*, que tienen tanto este como los *c*. Sobre el cuerpo B va otro A, unido al primero por un perno *a* que pasa por orejetas que llevan ambos, permitiendo el giro del A alrededor de aquél, efectuándose el movimiento por el tornillo *m* cuya tuerca está practicada en el cuerpo B, el que á su vez lleva dos piezas D con ranura circular por la que pasan dos pitones-tornillos K fijos al cuerpo A; la tuerca de manubrio K' en unión de las tuercas *f*, hacen fija la posición del cuerpo A con relación al B.

En el cuerpo A va practicada una caja de sección triangular, sobre la que se mueven las dos abrazaderas C y C que están unidas entre sí por la varilla *v*. Las abrazaderas están formadas por una pieza de acero *c c* (*fig.^a 13, lám. II*), en forma de V muy abierta, cuyas caras exteriores, perfectamente pulimentadas, se

apoyan sobre las paredes de la caja; va unida á la varilla guía *e* por dos piezas rectangulares *d* y los correspondientes tornillos. Sobre la pieza anterior se coloca, por un saliente á cola de milano y un tornillo, la verdadera abrazadera *b*, que se cierra por la pieza *a* sujeta aquella por dos tornillos *n* y *n* que tienen sus cabezas exagonales y encajan en unas muescas de la brida *m*, que se fija por el tornillo *t*.

La parte destinada á la medida del retroceso se compone de la mesa A (*fig.^a 11, lám. I*), con sostenes reforzados del mismo modo que los del caballete: en su parte inferior lleva también un gancho para sostener el peso *P*, que dá la estabilidad al conjunto. Sobre la mesa A gira, alrededor del perno-tornillo *n n*, el cuerpo B que sostiene, por medio de los montantes *h*, los ejes de giro de las bielas ó tirantes *V*, que á su vez sostienen los ejes que lleva el cuerpo central *E F* y, además, otras dos planchas *g* taladradas en su centro para que pasen los tornillos *c* y *d* fijos al cuerpo B. El cuerpo central lleva en una de sus caras laterales una caja, en la que entra á cola de milano una cuña *m* que se aprieta fuertemente contra una de las bielas por medio del tornillo *n*: éste, en unión de los *c* y *d*, hacen invariable la unión del cuerpo central con el B.

El cuerpo central se compone de una caja rectangular abierta por la parte superior y por la inferior, dentro de ella se coloca el cuerpo cilíndrico *M*, que lleva en su interior un fuerte muelle arrollado en espiral que actúa sobre un émbolo el cual termina al exterior en la cabeza *E* revestida de una pieza de madera por un extremo, y por el opuesto, después de pasar por un freno, en el mango *T*. En uno de los bordes de la caja rectangular existe una graduación *g* desde 0 á 80, expresando libras por pulgada cuadrada.

El freno está formado por una caja prismática *c* (*fig.^a 14, lám. II*), que es atravesada por el vástago *v* de sección rectan-

gular, lleva las dos chapas a y a de acero, los cilindros n y n del mismo metal y el muelle de alambre m que actúa sobre los cilindros, obligánolos á remontar por los planos inclinados que forman las chapas a ; se cierra la caja por la tapa b sujeta por los tornillos t .

Para que no obre el freno, lleva al exterior (*fig.^a 11, lám. I*), la doble palanca F que tiene su eje de giro o en la pieza s , que lleva unas ventanas cilíndricas por las que pasan los extremos de los cilindros del freno.

Como complemento del aparato y para dar á los fusiles la inclinación conveniente, se hace uso de un eclímetro montado sobre una varilla v (*fig.^a 12*), que se introduce en el cañón de aquéllos y se hace la unión por medio del rozamiento originado por la media caña l obligada por el fuerte muelle i .

ARREGLO DEL APARATO

10. Atornillado el aparato en su caja, en la forma que se ha dicho, se coloca vertical, para cuya operación sirve de guía el cronómetro que, estando suspendido, debe presentar sus bordes en escuadra en correspondencia exacta con el corte en ángulo recto de la chapa triangular y separados menos de un milímetro: esta coincidencia se logra por medio de los tornillos de la cruceta.

Conseguida la verticalidad se arregla la desimantación, para que los electro-ímanes tengan la fuerza estrictamente precisa para sostener al cronómetro y al registrador, y de este modo los tiempos Θ y Θ' tendrán menor valor, lo cual disminuirá la extra-corriente de apertura, y tanto el cronómetro como el registrador se desprenderán más rápidamente cuando el proyectil interrumpa los circuitos: para lograr lo anterior, se es-

tablecen las corrientes estando en contacto las dos partes que forman el núcleo de los electro-imanés, se pone al cronómetro su cartucho receptor y otro tubo de latón de $\frac{1}{10}$ de su peso, llamado de *sobre-carga*, y se suspende de su electro-ímán; en esta disposición se destornilla lentamente la parte móvil del núcleo y como la fuerza magnética disminuye á medida que la separación es mayor, llegará un momento en el que el cronómetro no podrá ser sostenido y caerá, recogido y separado el tubo de latón, como se ha disminuído su peso se podrá volver á suspender de su electro-ímán y ya está en condiciones de operar. La misma operación se efectúa con el registrador, el que también tiene su tubo de sobre-carga para el arreglo de la desimantación.

11. Se ejecuta después la corrección de la disyunción, para lo cual se empieza por ver si, existiendo coincidencia entre los ceros del nonio y de la regla, el filo del talón-cuchilla de la corredera de la regla, queda enfrente de la incisión origen: para efectuar esta operación se arma la regla en el cronómetro en la forma indicada en la *figura 4*, ó sea introducido el pitón *l*, de la pieza articulada, en el taladro de la cabeza del cronómetro; se hacen coincidir los ceros de la regla y del nonio y se ve si la cuchilla *f*, coincide con la señal origen; si no hubiese coincidencia, se aflojan los tornillos que sostienen la pieza *A* (*fig.^a 5.^a*) y moviendo el tornillo *d*, se verifica la coincidencia, volviendo á apretarse los tornillos cuando se ha logrado lo anterior.

Se traza después otra incisión, correspondiente á la altura de disyunción marcada en la regla, para lo cual se mueve la corredera hasta que el trazo *d* (*fig.^a 4.^a*) coincida con el que lleva ésta frente al cero del nonio y se aplica fuertemente la cuchilla contra el cartucho receptor, sosteniendo con la mano izquierda la cabeza armada con el pitón á la regla para que no

se separen y con la mano derecha se hace bascular al cronómetro para que quede grabada la incisión.

Se suspende enseguida el cronómetro y el registrador, se engancha la uña de la cuchilla en el fiador y se cortan simultáneamente las corrientes por medio del disyuntor; para ello se hace presión en el extremo del muelle *l* (*fig.^a 3.^a*) hasta que se zafe la uña *r* y quede en libertad el muelle *i*, el cual en su movimiento ascendente, interrumpirá al mismo tiempo por el intermedio del brazo *m n* los contactos en *e* y en *e'*; de este modo el cronómetro y el registrador caerán á un tiempo, si se han hecho pasar á sus respectivos circuitos por cada uno de estos contactos; el registrador chocará con el disco y levantará el extremo opuesto del fiador que dejará libre la cuchilla, avanzará ésta impulsada por su muelle y marcará una incisión sobre el cronómetro. Si dicha incisión coincidiese con la señal de la disyunción, el aparato estaría en disposición de operar con él.

Como generalmente no se verifica esta última coincidencia, podrá suceder que la nueva señal quede por encima ó por debajo de la primera: si queda por debajo, nos indica que el tiempo transcurrido desde la desimantación del electo-imán del registrador hasta que hiera la cuchilla, es menor que el tiempo de disyunción, por lo cual será preciso aumentarlo, lo que se consigue haciendo mayor la altura de caída del registrador y para ello se gira el disco del fiador de modo que descienda la altura en lo que corresponde á una ó más divisiones, ó sea, una ó más décimas de milímetro, según sea muy pequeña ó muy grande la separación entre las dos incisiones. Operando de este modo, por tanteos sucesivos, se llega á la coincidencia.

En el caso de que el nuevo trazo quedase por encima de la altura de disyunción, nos indicaría que la altura de caída del registrador era mayor que la debida y será necesario subir el disco del fiador girándolo una ó más divisiones, y los trazos

sucesivos se aproximarán más y más al previamente trazado, hasta que se llegue á la coincidencia.

Tanto en uno como en otro caso, conseguida la coincidencia se tiene arreglada la disyunción y ya se puede operar con el aparato.

MANERA DE OPERAR

12. Para operar, se mide con mucha exactitud la distancia de 50 m. (si las velocidades se han de leer directamente en la regla), se colocan los marcos-blancos á esta distancia de manera que estén verticales y que sus caballetes queden bien seguros; se templan los alambres cuidando de establecer un solo circuito.

Se establecen los circuitos del cronómetro y del registrador en la forma indicada en la *figura 15 (lám. II)*, uniendo el polo positivo de la pila con la prensa *h* del disyuntor pasa la corriente por el muelle *C* á la prensa *I* que se pone en comunicación con el electro-imán *E*, se une éste con el primer blanco y de aquí, después de atravesarlo, vuelve al polo negativo de la pila.

El circuito del registrador, se establece en iguales condiciones, esto es, del polo positivo de la pila al disyuntor, de aquí al electro-imán, luego al 2.º marco-blanco y vuelve á la pila.

Se monta la cuchilla y se suspende el cronómetro, operación muy delicada y que debe hacerse del modo siguiente: la mano derecha tendida se coloca debajo de la cabeza y con la mano izquierda se toma por la parte alta, se aproxima el cono de hierro dulce al que lleva el núcleo fijo del alma del electro-imán y se hace primeramente que sea el contacto á lo largo de una generatriz, después se hace descender hasta que las puntas romas de los dos conos estén enfrente la una de la otra y enton-

ces se separan primero la mano izquierda y luego la derecha; se coloca de igual manera el registrador y establecida la pieza á 10 ó 20 m. del primer marco, se procede á hacer el disparo.

Hecho éste, el proyectil al pasar por el primer marco rompe la corriente que activa el electro-imán del cronómetro y empieza á caer, pasa por el segundo marco y rompe también el circuito del registrador, con lo cual descenderá éste y hará que la cuchilla marque una incisión: unida la regla al cronómetro y movida la corredera hasta que el talón-cuchilla coincida con la incisión, fijada aquélla por el tornillo, el trazo opuesto al cero del nonio, marcará la velocidad media entre los blancos.

Si la distancia entre éstos no es de 50 m. haciendo uso de la fórmula [3], ó bien de las tablas previamente calculadas, se podrá determinar la velocidad media, cualquiera que sea la distancia entre los blancos.

Las velocidades medidas serán las correspondientes al punto medio de la distancia de los dos blancos y, por tanto, fácilmente se podrá deducir la que existe desde dicho punto á la boca de la pieza.

El procedimiento que acabamos de indicar para la determinación de la velocidad, sólo debe seguirse cuando no se quiera mucha exactitud, pues en tal caso se hará uso de la fórmula [4].

OBSERVACIONES

13. a) Como el aparato empacado en su caja, puede ser fácilmente transportado al lugar mismo de la experiencia, al colocarlo en estación, se debe procurar que haya bastante distancia desde el sitio de la instalación hasta el lugar donde se hayan colocado las piezas, pues la trepidación producida por los disparos bastaría para hacer caer al cronómetro: general-

mente están colocados, en los polígonos de tiro, en gabinetes apropiados, sobre sólidas cimentaciones de granito de gran profundidad para aislarlos de las trepidaciones.

b) Para medir las velocidades de las armas portátiles, se emplean la mordaza y blancos ya explicados, reduciéndose generalmente á 25 m. la distancia entre la mordaza y el blanco, con lo cual la mitad de las lecturas de la regla darán la velocidad. Cuando se emplea el caballete Whiworth, ú otro en análogas condiciones, la distancia entre la boca del fusil y el marco blanco puede ser de 50 m.: esta clase de caballete tiene además la ventaja de dar á conocer el retroceso.

En la *figura 16*, se indica la forma en que se colocan los fusiles en el caballete, debiendo advertir que el contacto entre la culata y la cabeza E del émbolo del aparato de medida del retroceso, puede hacerse bien directamente ó bien por el intermedio de una varilla ó vástago M.

c) No basta una sola experiencia ó medición para obtener la velocidad media, sino que es preciso hacer un cierto número de aquéllas tanto menor cuanto mayor seguridad se tenga en el aparato y se toma después el promedio, y éste se admite como valor de la velocidad á la mitad de la distancia entre los blancos, pero el valor así obtenido se diferencia del verdadero por lo menos en un metro, aun para los aparatos más exactos.

d) Es también muy conveniente emplear dos cronógrafos, pues de esta manera se obtiene con mayor aproximación la velocidad. Para efectuar la operación con dos aparatos se colocan los marco-blancos de cada circuito separados un metro ó poco más, pero nunca menos para evitar observaciones falsas, por lo cual las velocidades medias deducidas por cada aparato serán diferentes. Se efectúan varias series de 10 disparos y se toman en cada una el valor medio, y el medio de los correspondientes á cada aparato se suman y promedian, y ésta será el de la ve-

locidad. El error cometido puede ser menor puesto que, entre los errores que deben considerarse en cada aparato, *constantes* y *accidentales*, sólo causarán efecto los accidentales y entre ellos puede haber compensación supuesto que los constantes pueden considerarse iguales.

e) Las pilas que se usan son las de Bunsen, necesitándose cinco elementos para el cronómetro y tres ó cuatro para el registrador, si las resistencias no son grandes, debiendo estar el local destinado á contenerlas, bastante alejado del sitio en donde se establecen los aparatos, para que los gases que se desprendan no puedan molestar al operador.

En nuestras experiencias hemos empleado esta clase de pilas, sustituyendo el ácido sulfúrico por el cloruro de sodio, que si bien disminuye un poco la intensidad de la corriente, por lo cual se necesitan ocho elementos para el cronómetro y seis ú ocho para el registrador, tiene en cambio la gran ventaja de que no estropear los zines, no es expuesto su manejo y es muy barato.

En los marcos, hemos dado preferencia á los de cubreñas verticales, pues si bien los otros evitan el pandeo, las operaciones de templar y reponer los hilos cortados se hace con suma facilidad en los primeros.

MEDIDA DE TIEMPOS MUY PEQUEÑOS

14. Supuesta la distancia entre los marcos de cincuenta metros, es evidente, que cuanto mayor sea la velocidad del proyectil, tardará menos tiempo en recorrer el trayecto comprendido entre los marcos-blancos; por consiguiente, el trazo marcado por la caída del registrador sobre el cartucho receptor del cronómetro, estará tanto más próximo al trazo de la disyunción

cuanto mayor sea la velocidad: de aquí que, si los puntos por los que ha de pasar el proyectil no están distanciados cincuenta metros, cuanto más pequeña sea la distancia que entre ellos media, más cerca estará el segundo trazo del primero; luego al medir la altura para determinar el tiempo se hará con tanta más dificultad cuanto más pequeño sea, obteniéndose menor exactitud.

Todo cuerpo que cae libremente, lo hace con movimiento acelerado, por lo tanto los espacios recorridos serán tanto mayores, cuanto mayor sea el tiempo transcurrido; luego la parte alta del cronómetro, para la unidad de tiempo, dará mayor espacio recorrido: así pues, al tratar de medir espacios de tiempo muy pequeños, como son todos los que se refieren á los fenómenos interiores de las bocas de fuego, convendrá hacerlo en dicha parte, por corresponder mayores alturas.

Para lograr lo anterior, basta invertir los circuitos del cronómetro y del registrador, pero como el tiempo que tarda en caer el registrador es de $0',15$, sólo podría emplearse para tiempos menores; además, como la altura de disyunción es de $110,57$ mm., las alturas que se habrán de medir serán también pequeñas y se tendrán los mismos inconvenientes que antes; para evitarlos se hace que la altura de caída del registrador sea mayor, con lo que se consigue que aumente el tiempo invertido en verificarse la disyunción y, asimismo, que los espacios que se hayan de medir tengan mayor amplitud y, por consiguiente, mayor facilidad en las lecturas.

Teniendo en cuenta que la mayor altura de caída del cronómetro es su longitud (poco más de 520 mm.), el mayor tiempo de disyunción posible será el correspondiente á esta altura; de modo que aplicando la fórmula [1] y llamando t' al tiempo correspondiente se tendrá:

$$t' = \sqrt{\frac{2 \times 520}{g}} = 0'',32$$

estando expresado g en mm. y su valor 981.

Con esta disyunción, que es doble de la anterior, no sólo se consigue aumentar los espacios, sino que además pueden medirse tiempos mayores de 0,15 de segundo.

Para dar la altura de caída de 520 (es poco menos), se coloca el electro-imán del registrador en la parte alta de la columna C (*fig.^a 1.^a, lám. I*), para cuyo fin tiene ésta un taladro por donde puede pasar el tornillo que sirve para fijar el electro-imán: teniendo en cuenta la altura del registrador, así como también la parte más alta del cartucho receptor del cronómetro, se fija en 0'',3 el tiempo de disyunción.

Como con la primera disposición se hacía la disyunción con una altura de caída de 110,37 mm., á la que correspondía un tiempo de 0,15 de segundo, y con la segunda la disyunción se hace con una altura de 520 mm. y un tiempo de 0'',32 resulta que la velocidad del cronómetro en este caso es doble que la que lleva en el primero y los espacios que representan un tiempo muy pequeño serán también mayores con la nueva disposición. Así se observa en la regla del aparato, que las velocidades más pequeñas corresponden á las mayores alturas de caída y los trazos que las indican están más separados.

15. Así como con el aparato dispuesto en su forma ordinaria, para medir el tiempo invertido por el proyectil en pasar por dos puntos de su trayectoria, teníamos que medir el tiempo total correspondiente á la altura de caída y restar de éste el de la disyunción, para obtener el tiempo en la segunda forma, tendremos que restar del de la disyunción, el que corresponda á la altura de caída.

En efecto, dispuesto el aparato en la forma ya dicha, y haciendo que el primer circuito pase por el registrador y el se-

gundo por el cronómetro, el registrador empezará á moverse cuando el proyectil rompa el primer circuito y cuando interrumpa el segundo es cuando empezará á caer el cronómetro; de modo que si el tiempo que se trata de medir es menor de 0',3, la cuchilla hará una incisión en el cartucho receptor tanto más cerca del trazo origen, cuanto menor sea la velocidad: luego si á menor velocidad corresponde menor altura de caída (esto es debido á que el cronómetro no ha podido caer, por no haber podido ser interrumpido su circuito antes de que haya transcurrido un cierto tiempo que se aproxima tanto más al de disyunción, cuanto menor sea la altura), nos indica que el tiempo invertido por el proyectil, se medirá ahora por el tiempo que ha tardado en caer el registrador descontando lo que haya caído el cronómetro, es decir, que llamando T' al tiempo correspondiente á la altura de caída del cronómetro y siendo como hemos dicho t' el tiempo de disyunción, el tiempo buscado será, llamándole T'_1 ,

$$T'_1 = t' - T'$$

Si la velocidad fuese tan pequeña que el proyectil invirtiese más tiempo de 0',3, que hemos fijado para la disyunción, entonces el registrador llegaría al final de su camino antes que el cronómetro hubiese empezado á moverse y la incisión de la cuchilla se confundiría con el trazo origen.

Si la velocidad es grande se aproximan las rupturas entre los dos circuitos y el trazo de la cuchilla se distanciará más de la señal origen, aproximándose más á la disyunción, pero á pesar de ésto como el tiempo se obtiene por diferencia, quedará expresado con mucha claridad: con esta disposición se pueden, pues, medir con bastante exactitud tiempos muy pequeños, por ser la diferencia de tiempos relativamente grandes.

16. Para operar con la nueva disposición del aparato, se procede á su colocación y arreglo de la desimantación del modo

ya dicho; en cuanto al arreglo de la disyunción, no es preciso, bastando que sea la misma para una serie de experiencias, y en cuanto á los marcos-blancos se sustituirán, según los casos, por otros medios de ruptura.

Dispuestos los circuitos, se procede á la experiencia y se miden las alturas por la regla ya descrita, apreciándose las décimas de milímetro, y por la fórmula [1] se halla el tiempo que restado del f dará el buscado.

Cuando se tengan que efectuar repetidas experiencias de esta índole, como sucede en todo polígono de tiro, se debe calcular una tabla de tiempos que facilita extraordinariamente las experiencias: á este fin ponemos la tabla III.

La disposición de esta tabla es á doble entrada y contiene once columnas: en la primera están expresadas las alturas de caída en milímetros y las diez restantes dan los valores de los tiempos correspondientes á los milímetros y décimas de milímetro indicadas en la parte superior. Su manejo no ofrece, pues, ninguna dificultad.

17. Hemos dicho que los marcos-blancos son sustituidos por otros medios de interrupción de las corrientes, variables según los diversos casos que pueden presentarse: en la imposibilidad de concretarlos citaremos algunos ejemplos, que, á la vez que pongan de manifiesto las experiencias que se pueden efectuar, indiquen el mejor medio de obtener un buen resultado; tratemos de determinar:

1.º *El tiempo que transcurre desde que empieza á quemarse una carga, hasta el instante en que el proyectil llega á la boca de la pieza.*

El primer circuito se establece colocando en el estopín un alambre muy delgado de platino ó de cobre plateado de 0,15 milímetros, aislado de él, así como del fogón, y que se rompa con el chorro de fuego: el segundo circuito se establece por un

hilo, también muy fino, tendido en la boca por medio de la mordaza ya descrita.

2.º *El tiempo que pasa desde que empieza á moverse el proyectil, hasta su llegada á la boca de la pieza.*

El primer circuito se establece por la misma pieza á un hilo (de las mismas condiciones del expresado para la experiencia anterior), el cual pasa por un tapón de madera, que lleva el proyectil en el mismo sitio de la espoleta, y se une á una bala de plomo; de ésta, parte otro hilo que, atravesando el tapón, marcha por el ánima sin tocar en ella y se une á una pértiga colocada delante de la pieza y separada algunos metros.

Al iniciarse el movimiento del proyectil, en virtud de la inercia tiende la bala á permanecer quieta, es decir, á retroceder en su movimiento relativo al del proyectil; por lo tanto se rompen los hilos y queda interrumpido el circuito. El segundo se establece lo mismo que en la experiencia anterior.

18 Lo mismo que los ejemplos citados, y valiéndose de disposiciones especiales, pueden medirse:

1.º *El tiempo invertido por la cureña en retroceder 0,10 metros por ejemplo, lo que permite calcular la velocidad de retroceso.*

2.º *Ver si el montaje empieza su movimiento de retroceso, antes que el proyectil salga de la pieza, determinando al mismo tiempo el transcurrido entre estos dos fenómenos.*

3.º *Determinar si la pieza permanece apoyada sobre el aparato de puntería durante el disparo.*

4.º *Medir la duración de los diferentes trayectos del proyectil en el interior de la pieza.*

19 Antes de terminar la explicación del cronógrafo Le Boulengé, debemos hacer observar, que si bien es un aparato muy sencillo y de uso generalizado, y con el cual se resuelven y estudian problemas importantísimos de balística interior, sólo

da resultados aproximados que se diferencian muy poco del verdadero, pero en algunos casos el error que se comete es considerable, sobre todo cuando se desea una gran exactitud.

En las experiencias verificadas en Gávre, se evidenció que midiendo varias veces seguidas un mismo tiempo con un mismo aparato, el error medio cometido se aproxima á la milésima parte de la cantidad medida, resultado bastante aproximado; pero si se emplean varios aparatos, los obtenidos con cada uno de ellos, son distintos, diferenciándose las velocidades encontradas en $\frac{1}{200}$ y en algunos casos, aunque raros, en un valor doble.

Por espacio de muchos años se ha hecho uso, casi exclusivo de este aparato, pues en realidad da bastante exactitud, pero los recientes progresos de la artillería y los adelantos en la fabricación de las pólvoras, motivaron modificaciones notables en él, para obtener con el menor error posible las velocidades y determinar, en consecuencia, con la mayor aproximación las condiciones de los explosivos, sobre todo su estabilidad, asunto de capital interés.



II

Modificación del Cronógrafo

Le Boulengé

20 Si se hacen una serie de experiencias con un mismo cronógrafo Le Boulengé, se observa un error constante en la apreciación del tiempo cuyo valor se aproxima á 0,0001 de segundo, cuando el que se mide es una décima de segundo; empleando varios aparatos en una misma serie de experiencias, los resultados obtenidos con cada uno de ellos son diferentes, aunque las diferencias son muy pequeñas, de modo que los valores de los tiempos son siempre erróneos, y si bien estos errores tienen poca importancia al tratar de determinar las velocidades, no sucede lo mismo al tratar de determinar los tiempos en que se verifican los fenómenos interiores de las piezas, así como las cualidades de las pólvoras, pues los más insignificantes errores pueden dar lugar á grandes equivocaciones en la apreciación de los hechos allí verificados: lo mismo sucede al tratar de determinar la resistencia del aire, para cuyo problema es preciso conocer con mucha exactitud las velocidades correspondientes á dos puntos muy próximos de la trayectoria descrita por el movimiento del proyectil.

Vamos á examinar detenidamente todas las causas que pueden influir en los errores y á exponer los medios que pueden corregirlos ó atenuarlos en parte.

Hemos visto que todo aparato tiene un error constante, llamado de disyunción, que depende de los tiempos que tardan en desimantarse los electro-imanes del cronómetro y del registrador, de la altura de caída de este último, del desengrane de la uña y avance de la cuchilla; de todos estos tiempos, los que corresponden á la caída, desengrane y avance, no pueden suprimirse, aunque sí reducirse, haciendo que la altura de caída del registrador sea la precisa, para que su choque contra el platillo pueda desengranar la uña del fiador; el rozamiento entre éste y la uña de la cuchilla se puede reducir el límite, lubricando los contactos y haciendo que éste sea muy pequeño y lo mismo puede hacerse de la distancia que tenga que recorrer la cuchilla para herir al cartucho del cronómetro.

21. De lo expuesto se deduce que siempre habrá altura de disyunción, pero así como los tiempos t , t' y t'' , se pueden hacer siempre constantes, no sucede lo mismo con los correspondientes á la desimantación de los electro-imanes del cronómetro y del registrador, los cuales son variables; mas como son de signo contrario, lo que se puede hacer es, que se aproximen entre sí cuanto sea posible, con lo cual el error de disyunción se aproximará más y más á la suma $t + t' + t''$, es decir, se hará constante.

Tratemos de ver como pueden aproximarse los valores de las dos desimantaciones, valores que hemos representado por θ y θ' : primeramente los pesos del cronómetro y del registrador son diferentes, por lo tanto serán también diferentes las fuerzas magnéticas de los electro-imanes, sucediendo lo propio con los tiempos de desimantación; luego si hacemos que los dos tengan igual peso, parece lógico suponer que los valores de θ y θ' serán iguales, mas no sucede así, lo cual indica que existen todavía causas de error en la imantación y desimantación de los electro-imanes.

Como el arreglo de la fuerza magnética de los electro-imanés se hace á mano, indudablemente pueden producirse errores, modifiquemos este modo de arreglarlas en forma que se haga con precisión y que puedan ser reversibles, es decir, que arreglada la corriente para el cronómetro pueda servir para el registrador y recíprocamente; esto se consigue con un reostato, que consiste en una resistencia interpuesta en los circuitos; pues bien, modificado de este modo el arreglo de la imantación se observará todavía que θ y θ' se diferencian bastante.

22. Estudiemos otras causas de error que puedan influir; dijimos que se determinaba la disyunción por un aparato llamado disyuntor, cuya descripción y manera de obrar ya se conoce; observado este aparato en el momento de interrumpirse los circuitos, se ve que saltan chispas en los contactos, lo que prueba la existencia de una extra-corriente que aumenta la intensidad magnética de los electro-imanés en el momento de la ruptura, para después descender rápidamente á cero; de modo que si tomamos los tiempos sobre uno de los ejes de un sistema coordinado y las intensidades sobre el otro, la línea que en este sistema representa la intensidad será la recta A B (*fig.^a 17, lám. II*) hasta el instante de la ruptura, desde donde debía descender rápidamente á cero; no sucede así, sino que crece hasta L y descende luego hasta tomar el mismo valor que antes tenía, lo que verifica después de haber transcurrido un cierto tiempo representado por K N, para luego descender rápidamente; vemos pues, que no empezarán á caer el cronómetro y el registrador, hasta tanto que haya pasado un cierto tiempo variable K N.

Para hacer que esta variabilidad cese, examinemos la manera de interrumpirse las corrientes; si se hace presión sobre los dos muelles del disyuntor y se verifica ésta, las chispas irán disminuyendo de intensidad á medida que la separación se haga

de una manera más lenta, cesando por completo de aparecer cuando la separación se haga con suma lentitud; luego modificando la manera de hacer la disyunción, se modificará también la extra-corriente, así como los valores de θ y θ' se aproximarán más.

Esta manera lenta de cortar la corriente se ha logrado mediante un disyuntor llamado de *inercia*, que consiste en dos muelles que sostienen dos masas pesadas y por las cuales se hace el contacto; van montados sobre otro muelle de tal modo que al detenerse éste bruscamente, las masas siguen en movimiento en virtud de su inercia, rompiéndose entonces el contacto: no cabe duda que de este modo se consigue evitar las chispas en el momento de la ruptura, puesto que al vencer la resistencia del muelle, la presión en el primer momento de la parada, será la misma; en el segundo instante será menor que en el primero y sucesivamente en los demás irá disminuyendo hasta que se hace cero: aun así no cae rápidamente de B á K, sino de B á C', ni con todas las modificaciones introducidas se consigue que θ sea igual á θ' , lo que con seguridad es debido á los defectos inherentes á la construcción de las diferentes partes del aparato, á la resistencia variable de los hilos conductores empleados, así como á las pilas.

Otra de las causas que determinan variación en los valores de θ y θ' , es la manera de ser cortada la corriente por el proyectil al pasar por los marcos-blancos; supongamos que sobre un mismo bastidor se colocan los dos hilos que forman los circuitos del cronómetro y del registrador (*fig.^a 18*), de tal modo que estén á una distancia constante de 10 mm., si previamente hemos trazado la disyunción en el cartucho receptor y rompemos las corrientes por medio del proyectil, la cuchilla no hiere en el trazo antes hecho, como debía suceder, cometiéndose un error en más ó en menos; aunque cortásemos las dos corrien-

tes con una cuchilla bastante pesada que cayese sobre dos hilos finos muy próximos y por los que se hiciesen pasar las dos corrientes, veríamos también que la cuchilla del aparato no hería en la disyunción, aunque sí se aproxima más que anteriormente; luego indudablemente es causa de error, casi imposible de evitar, la forma en que el proyectil corta las corrientes.

23. Todas estas modificaciones son las introducidas por M. Bregér en el cronógrafo de Le Boulengé, con las cuales se ha conseguido que los errores en la apreciación de los tiempos, una décima de segundo por ejemplo, estén comprendidos entre $0'',000025$ y $0'',000050$, es decir $\frac{1}{4}$ próximamente del error anterior; de este modo las velocidades obtenidas se diferenciarán muy poco de las verdaderas; según las experiencias hechas por la comisión de Gávre el error en un sólo disparo, para velocidades comprendidas entre 450 y 500 m., es de 0,4 m; luego á poco grande que sea el número de disparos puede decirse que el error desaparece al tomar la media de los valores obtenidos.

Además de las modificaciones explicadas, que son verdaderamente importantes, introdujo otras varias que indicaremos al describir el aparato, que le hacen ser en realidad un nuevo cronógrafo.

DESCRIPCIÓN DEL CRONÓGRAFO

24. Una columna vertical de latón (*fig.^a 19*), sostiene dos electro-imanés verticales A y B de los cuales penden, cuando la corriente pasa, el cronómetro C y el registrador D. Los electro-imanés son de alma partida, pero las dos mitades están fijas.

El cronómetro es una varilla de latón, que en la parte superior lleva un cono de hierro dulce y en la inferior se le atornilla una cabeza de acero, con cuatro caras planas y unidas en

diedros rectos, siendo la parte inferior redondeada; en una de sus caras lleva el número del aparato y en las dos perpendiculares á ésta, un taladro para armar la regla. El cartucho receptor es de cobre con una ligera capa de plata en el exterior, su diámetro interior es unas décimas de milímetro mayor que el exterior de la varilla, con lo cual se consigue dar mayor resistencia á ésta y evitar las torceduras.

El registrador D, es de igual peso que el cronómetro y tiene poca longitud; en su parte superior lleva también el cono de hierro dulce y en la inferior su cabeza de acero.

El electro-imán A, está fijo y sujeto á la columna por un tornillo que la atraviesa y el B, está unido á una armadura con dos tornillos *a* y *b* de presión y otro *c* de coincidencia; la armadura puede correr á lo largo de una regla fija á la columna, pudiéndose fijar el electro-imán á una altura determinada por el intermedio de los tornillos antes citados; un nodio *n* que lleva en la ventana *m* y una graduación que tiene la regla desde 0 á 40 mm, permite variar la altura por décimas de milímetro.

Descansa la columna sobre tres brazos (*fig.^a 20*) que llevan tres tornillos para sujetarlos al soporte-base, el cual es de fundición y tiene tres pies con tornillos nivelantes; en la plataforma, formada por los tres brazos, va fijo el soporte *c* que sostiene el eje de giro del fiador; éste es una palanca de primer género que termina por un extremo en un platillo *m* (*figs. 20 y 21*) y en el opuesto lleva la uña *n* que puede engranar con otra que lleva la cuchilla *o* que tiene la forma de un tronco de pirámide y está fija al muelle *p* o' sujeto por tornillos á la base de la columna. Un muelle *l* mantiene constantemente levantado el brazo *m* del fiador y un tornillo *t* permite variar la superficie de contacto entre la uña del fiador y el diente de la cuchilla.

Dos tornillos R y R, pueden mover las piezas K de acero, con bordes biselados, que están destinadas á verificar la verti-

calidad del aparato; unos tornillos que pasan por unas ventanas rectangulares permiten fijar las piezas K.

Cerca de la base de la columna y encima del platillo ó disco del fiador, va sujeto con tornillos un cilindro hueco N (*fig.^a 19*) que sirve para sostener al registrador en su caída, así como el tornillo *d*, cuya tuerca va fija en la armadura, sirve para evitar las oscilaciones.

Debajo del cronómetro, y para recibirlo en las experiencias, va sujeto al soporte que sostiene todo el aparato, un cilindro de latón forrado interiormente y con un almohadillado en la parte inferior, para evitar los choques que pudieran doblar ó estropear la varilla del cronómetro.

En la base que sostiene la columna va la pieza M de acero (*figs. 19 y 22*), que limita el golpe de la cuchilla á fin de que la incisión ó trazo marcado sea limpio, lleva á este objeto el saliente *c* en el que choca el mango de la cuchilla, se fija á la base por el tornillo *e* que pasa por la arandela *a* y la ranura *d*. Se mueve lateralmente por el tornillo *t* encastrado en ella, cuya tuerca va practicada en la nariz *b*, de la base, que pasa por una ventana rectangular de la pieza.

El *conjuntor* de seguridad G, está colocado cerca del muelle que sostiene la cuchilla (*figs. 19, 20 y 23*) y se compone de una pieza de ebonita atravesada por los tornillos *x* é *y*, que sostienen, respectivamente, las piezas *z* y *v*, metálicas, con los contactos de plata; la pieza *v* está separada en virtud de la elasticidad del muelle que la sostiene y sólo se establece el contacto, cuando le obliga el codo *e* del muelle de la cuchilla; dos reóforos unidos á los tornillos *x* é *y*, aislados y reunidos formando un cordón, rodean la columna, pasan por debajo de la regla y se sujetan á una de las prensas del electro-imán A, montada independiente del mismo, uno de ellos y el otro al extremo del hilo de aquél.

Sobre uno de los brazos, que forman la meseta sobre que descansa la columna, va un nivel esférico para arreglar la verticalidad.

El interruptor de corrientes, llamado *disyuntor de inercia* consta (*fig.^a 24*) de una base rectangular de madera *M N* sobre la cual, y fijos con tornillos, van dos fuertes muelles *a*, que tienden á elevar un trapecio de acero *bb*, que gira alrededor de su lado mayor en virtud de un eje que se apoya en los soportes *s* y *s*, fijos también á la base.

Sobre el trapecio y convenientemente aislados, van dos muelles *c* y *c*, que se apoyan sobre los contactos *g* que lleva el trapecio convenientemente aislados, donde también lo hacen, pero por la parte inferior, los muelles *a*, y en su extremo llevan las masas *i*; un puente *p*, forma cuerpo con el trapecio y sirve para limitar el movimiento de los dos muelles *c* y *c*.

Dos piezas *m* y *m*, de madera ó caucho, invariablemente unidas á un eje que puede hacerse girar por el botón *q* en unos coginetes practicados en los soportes *s* y *s*, tienen la forma indicada en la figura, y permiten establecer ó interrumpir á voluntad el contacto entre los muelles en escuadra *n* y los muelles *c*.

Termina el trapecio en una uña *r*, que puede engancharse en un diente que lleva el muelle *u* sujeto con tornillos á la base; el puente *H*, con su tornillo *t*, limita el movimiento ascendente del trapecio cuando lo deja en libertad el muelle *u*.

Cuatro prensas *1, 1'* y *2, 2'* están, respectivamente, en comunicación con los muelles *a* y *c*, y permiten establecer los circuitos.

El reostato es doble y sirve, como hemos dicho, para aumentar ó disminuir la intensidad de las corrientes; dos barras de lapiz (elegida esta sustancia por ser un término medio entre los buenos y malos conductores) están embutidas en una pieza

rectangular de madera (*figs.* 25, 26 y 27), á los lados van dos reglas graduadas en mm. desde 0 á 14 cm. sobre las cuales pueden resbalar dos correderas que llevan el nonio, dos muelles n con unos contactos que se apoyan sobre las expresadas barras y las prensas P que sostienen los hilos conductores; una pieza r , (*fig.^a* 27) tornillo y coginete á su vez del tornillo t , puede fijarse contra las reglas o mediante la tuerca s .

Las prensas P' , con sus muelles n' y sus contactos, están fijas al rectángulo de madera y sostienen los hilos conductores.

La regla que acompaña al aparato es lo mismo que la descrita para el cronógrafo anterior, así como los marcos blancos.

ARREGLO DEL APARATO Y MANERA DE OPERAR

25. Colocado sobre un sólido sillar se procede á ponerlo vertical, para lo cual se hace uso de los tres tornillos del soporte y del nivel llevando la burbuja á su referencia, se activa el electro-imán del cronómetro y se suspende éste de modo que el número de la cabeza quede al frente; cuando no oscile, se mueven lentamente los tornillos R , hasta que los bordes K estén separados menos de un milímetro.

Se procede después al arreglo de la fuerza atractiva, para cuya operación se emplea del reostato; activados los dos electro-imanés y suspendidos el cronómetro y el registrador, provistos los dos de unos cilindros llamados de *sobrecarga* y el cronómetro además del cartucho receptor, se van separando, al principio á mano, las correderas; como á medida que la separación va siendo mayor, las barras de lápiz van oponiendo mayor resistencia al paso de las corrientes, la fuerza magnética de los electro-imanés irá disminuyendo, hasta que llega un mo-

mento en que no pueden sostener al cronómetro ni al registrador y entonces éstos caerán; leídas las graduaciones de las reglas, se acortan algunos mm. las distancias entre los muelles n y n' , con lo cual los electro-imanés volverán á tener la suficiente fuerza atractiva para sostener al cronómetro y al registrador con sus tubos de carga, suspendidos éstos y fijadas las piezas r se aumenta la separación entre n y n' por medio del tornillo t , hasta que llegue el preciso instante en que la resistencia opuesta al paso de la corriente sea tal, que no puedan los electro-imanés atraer á los pesos que sostienen; invirtiendo las corrientes, si la fuerza magnética está bien arreglada, no se podrán sostener el cronómetro ni el registrador, por ser éstos del mismo peso: en estas condiciones tendremos arreglada la fuerza magnética de los electro-imanés, y si quitamos los tubos de sobrecarga, que generalmente tienen $\frac{1}{10}$ del peso, tanto el cronómetro como el registrador podrán ser sostenidos por sus respectivos electro-imanés

Falta corregir la disyunción, lo que se hace marcando previamente, sobre el cartucho receptor del cronómetro, un rrazo correspondiente á la altura de disyunción, operación que se hace en la misma forma ya dicha para el Le Boulengé; se establecen los circuitos de modo que pasen por el disyuntor, se monta la cuchilla con lo cual el muelle v (*fig.^a 24*) del conjuntor, se pondrá en contacto con la pieza z , quedando el circuito cerrado; se suspende el cronómetro y el registrador y se procede á separar el muelle u del disyuntor con lo cual el trapecio queda en libertad, y marchará hacia arriba en virtud de los muelles b , al llegar al tope t del puente H, se detendrá bruscamente y entonces las masas i , seguirán moviéndose en virtud de su inercia, y como la corriente pasaba por la prensa l al muelle a y de éste por el contacto g al muelle c , de aquí al muelle en escuadra n y por último á la prensa 2 , resulta que en el mo-

mento que la masa i se separa del contacto, queda interrumpida la corriente y como lo mismo se verifican en los otros muelles, el cronómetro y el registrador, caerán á un mismo tiempo.

Si el aparato fuese perfecto, la incisión hecha por la cuchilla heriría en el mismo trazo de la disyunción: generalmente no sucede así y hace un nuevo trazo, que puede estar por encima ó por debajo del primitivo, si está por debajo, quiere decir que la altura de caída es pequeña, se procederá á su aumento y para ello, si la diferencia no es muy grande, se fija la pieza b (*fig.^a 19*) y moviendo el tornillo c , se sube décima á décima de milímetro la pieza a que sostiene el electro-imán del registrador; de este modo por tanteos sucesivos se llegará á la coincidencia de los dos extremos, pues aun cuando el nonio aprecia décimas, la aproximación puede ser mayor; conseguida la coincidencia, se fija el tornillo a y queda arreglada la disyunción.

Si el nuevo trazo de la cuchilla estuviese por encima, indicará que la altura de caída es mayor que la verdadera y por consiguiente será preciso disminuirla; si la distancia es muy grande se mueve á mano la armadura $a b$, flojos los tornillos, hasta una altura prudencial (un poco menos que la distancia entre las dos incisiones) y fijado el b se procede á subir la pieza a hasta verificar la coincidencia; una vez conseguida se fija el tornillo de presión, con lo que ya estamos en disposición de operar.

26. Los circuitos se establecen de la manera siguiente: para el cronómetro, carbón de la pila, electro-imán, conjuntor de seguridad, lado derecho del disyuntor, lado derecho del reostato, primer marco y zinc de la pila; el circuito del registrador se establece lo mismo pero sin pasar por el conjuntor.

Establecidos los circuitos en la forma dicha, armada la cuchilla para que esté cerrado el circuito del cronómetro, y una

vez colocados los marcos-blancos á la distancia conveniente, medida con mucha exactitud, y bien verticales los marcos, se procede á suspender el cronómetro; conseguido ésto se suspende el registrador y se hace la experiencia; al pasar el proyectil por el 1.^{er} marco, rompe el circuito del cronómetro y éste empieza á descender; al pasar por el 2.^o marco, rompe el circuito del registrador y éste cae, choca con el disco ó platillo del fiador, se desengrana la uña de la cuchilla y ésta hiera al cartucho receptor: recogido el cronómetro se procede á la medida de la altura de caída, lo que se hace por medio de la regla graduada, y frente al trazo que indica la altura leeremos la velocidad si los marcos estaban á 50 m. y si así no sucediese, por medio de la fórmula [5] tendremos, sustituyendo valores, la velocidad media del proyectil entre los dos marcos, ó también empleando las tablas ya descritas; repitiendo la operación varias veces, hallaremos diferentes valores de la velocidad y tomando la media aritmética de todas ellas, se encontrará un valor que se diferenciará muy poco del verdadero, con error tanto más pequeño, cuanto mayor sea el número de mediciones hechas.

COMPARACIÓN CON EL DE BOULENGÉ

27 Aparte de los errores que puedan porvenir de las pilas hilos conductores, distancia entre los marcos y verticalidad de éstos, causas de error independientes del aparato empleado, por cuya razón se les ha llamado *errores accidentales*, fijémosnos en los soportes: el Boulengé descansa sobre su caja, el 2.^o sobre una base de fundición de gran peso, luego éste tiene mayor estabilidad; la intensidad de las corrientes en el 1.^o se hacía á mano, aquí se emplea un aparato con tornillo micrométrico, tiene, por tanto, más aproximación; el disyuntor es tam-

bién más perfecto, pues evita la extracorrente, y ésto unido á la igualdad de peso del cronómetro y del registrador, hace que los tiempos θ y θ' se aproximen más y más; luego en éste hay más exactitud.

El arreglo de la disyunción se hace con un tornillo cuyo paso es de un milímetro, sin limitación en el giro, y en el 1.º se hacía por décimas, puesto que las muescas del platillo ó disco del fiador no permitían menor amplitud de giro, como consecuencia con el 2.º aparato se puede llegar á la coincidencia de los trazos: además, el tener en el primero el tornillo en el disco podía dar lugar á que su superficie no estuviese horizontal, con lo cual se introducía un nuevo error.

El tornillo t del fiador permite reducir cuanto se quiera el rozamiento entre la uña y el diente de la cuchilla, no sucediendo lo mismo en el Le Boulengé por carecer de él.

ERROR DE VERTICALIDAD

23. La verticalidad del aparato se hacía en el anterior por medio de la misma varilla del cronómetro: en el 2.º se hace por medio del nivel y se rectifica, en cada disparo, por la separación entre las piezas K y la cabeza del cronómetro; el error debido á la falta de verticalidad es bastante notable, pues de no estarlo se modificará la disyunción y por consecuencia las velocidades medidas serán erróneas. En efecto, supongamos que el cronómetro esté, en posición relativa, inclinado á la derecha, el tiempo t' que la cuchilla tarda en herir al cartucho receptor desde que queda en libertad, será ahora mayor; luego la altura de disyunción será distinta y como ésta la hemos considerado constante é igual á 110,37 mm., y la obtenida es mayor, la velocidad que se mide será menor que la verdadera. Supongamos

que la varilla del cronómetro está inclinada hacia la izquierda, el tiempo que invierte la cuchilla será menor que t'' , luego la altura de disyunción será menor que la marcada, midiéndose velocidades mayores que las reales. En las posiciones de adelante y atrás, aunque el tiempo invertido en avanzar la cuchilla sea el mismo, la altura de la disyunción será menor, luego las velocidades observadas serán mayores. En resumen, la falta de verticalidad lleva consigo la falta de exactitud en las mediciones de las velocidades, cuyos valores serán mayores que los debidos en los tres últimos casos y menor en el primero.

Cuando no se tenga seguridad de la verticalidad, el único medio de obtener las medidas de las velocidades con poco error, es determinar el valor de la disyunción para cada disparo, pues de este modo la diferencia de alturas y, por consiguiente, de los tiempos se aproximará mucho á la verdadera (en teoría igual) por compensarse los errores; la disposición de la cuchilla troncocónica favorecía también estos errores pues no hería más que en un sólo punto; con el arreglo de la verticalidad ya explicada y con la forma troncopiramidal de la cuchilla se evi:an casi en absoluto los errores anteriores.

Por último, el conjuntor de seguridad impide que se pueda operar con el aparato no estando montada la cuchilla, pues el circuito del cronómetro no se cierra mientras no están engranadas las uñas de aquélla y del fiador.

La medida de tiempos pequeños puede también hacerse con este aparato, pero sólo como caso excepcional; la altura de caída que se da al cronómetro es de 116,21 mm., con lo cual el tiempo de disyunción es de 0',20, verificándose las demás operaciones lo mismo que en el cronógrafo anterior.

III

Cronógrafo Bashforth

OBJETO Y DESCRIPCIÓN

29 El principal objeto de este aparato es determinar la ley de la resistencia del aire, mediante el conocimiento de la velocidad que el proyectil lleva en dos ó más puntos de su trayectoria, deducida del tiempo transcurrido en pasar por tres ó más blancos establecidos en un sólo circuito, que se interrumpe momentáneamente al pasar el proyectil por ellos.

El tiempo se registra gráficamente sobre la superficie de un cilindro vertical animado de un movimiento de rotación, por medio de unos estiletes que se mueven paralelamente al eje de aquél sobre el cual se apoyan, combinándose los dos movimientos de modo que, cualquiera que sea la velocidad, los caminos recorridos en sentido vertical sean proporcionales á los ángulos girados.

30 El aparato descansa (*fig.^a 28, lám. III*) sobre una base muy pesada con tres brazos P que llevan los fuertes tornillos R para colocarlo en posición vertical; sobre la base se alza el montante M M, que tiene una ventana rectangular en su centro y en toda su longitud; á lo largo de la pieza M M pueden

resbalar las piezas F y F', que pueden fijarse á una altura dada por medio de unos tornillos de asa: estas piezas sostienen los coginetes sobre que se apoyan los extremos del eje del *cilindro registrador* C, de latón y de 12 á 14 pulgadas de altura y 4 de diámetro; para registrar el tiempo se recubre su superficie con un papel preparado de un modo especial, ó también cubriendo dicha superficie con negro de humo; el eje del cilindro que es de acero muy duro; termina en puntas cónicas de vértices muy finos y penetran, holgadamente, por la parte superior en una cavidad cónica que lleva la pieza N que atraviesa la F y puede fijarse por el tornillo de presión N', y por la inferior en el extremo del eje del volante V, de gran masa y diámetro cuyo coginete va en la pieza F', pudiéndose aumentar ó disminuir el rozamiento mediante una pieza que se ve en la figura; la unión de los ejes del cilindro y del volante se efectúa por las dos piezas *p* y *q*, montada la primera en el eje del cilindro y la segunda en el del volante: el muelle *l* comprime la pieza *p* contra un brazo en escuadra de la *q*, haciendo invariable la unión de las dos. Este modo de estar montado el cilindro permite separarlo del aparato con gran facilidad, pues basta para ello levantar la pieza N.

El montante M M lleva unidos con tornillos de presión dos brazos S y S', que sostienen otro montante M' M', que tiene también en toda su extensión una ventana rectangular; á lo largo de este último montante resbala el tablero A B, con rozamiento más ó menos suave, en virtud de las piezas H y H' (*fig.^a 30*) que se adaptan á los bordes D y D' del montante M' M', aumentándose ó disminuyéndose el rozamiento por el muelle *h* y los tornillos de la pieza H'.

El tablero está sostenido (*fig.^a 28*) por un cable metálico *s* que pasa por una polea *p*₁ fija en la parte superior del montante, baja por la parte posterior de aquél á pasar por otra po-

lea p_1 fija en la parte inferior, después se arrolla á un tambor sujeto á una pequeña plataforma que lleva el montante M M: el tambor tiene dos movimientos uno que se le puede dar á mano por medio de una llave y sirve para llevar el tablero á la parte superior, y otro que, mediante un sistema de engranajes, le puede comunicar el movimiento del volante y sirve para el descenso: de este modo se relacionan los dos movimientos de rotación y de traslación, lográndose que el descenso del tablero sea siempre de un $\frac{1}{4}$ de pulgada.

Sobre el tablero se colocan dos electroimanes E y E', cuyas armaduras n y n' se mantienen separadas de aquéllos, cuando no están activados, por los resortes en espiral r y r' ; cada una de estas armaduras (*fig.^a 28 y 29*) va unida á una palanquita a y a' que llevan en el extremo libre un ojal por el que pasan, con mucha holgura, otras palancas l y l' , esta disposición tiene por objeto lograr que los estiletos se aparten rápidamente de su posición para que los trazos marcados sean muy claros; las palancas l y l' van unidas invariablemente por un extremo á unos anillos e y e' y por el otro pasan por unas ventanas rectangulares abiertas en las piezas e y e' fijas al tablero. Los anillos e y e' están situados en el punto m , pudiendo girar alrededor de un eje que es perpendicular al puente y al tablero; en el interior pueden girar alrededor de otro eje perpendicular al anterior unas piezas, sobre las que se arman los estiletos b y b' y se fijan por medio de un tornillo; estos estiletos son de acero con sus puntas dobladas en ángulo recto y están destinados á marcar los trazos sobre el cilindro: unidos á las piezas van también los muelles 2 y $2'$ que se fijan por un pasador al brazo 3 de la palanca T, que puede girar alrededor del eje O y termina en un botón: sobre las mismas piezas de que nos estamos ocupando se enganchan los extremos de los muelles r_1 y r_1 fijos por el otro extremo á unos tornillos que permiten aumentar ó dis-

minuir su tensión, y tienen por objeto contribuir á la mayor limpieza de los trazos de los estiletos.

Sobre el tablero van, además, seis prensas indicadas dos á dos, por letras A (*Advertiser*), C (*Clock*), y S (*Screen*), en las que se sujetan los extremos de los hilos del timbre, contador de segundos y marcos-blancos.

La palanca T' paralela á la T puede moverse sola oprimiendo el botón ó bien por la palanca T, la cual lleva un brazo que se apoya sobre aquélla.

Cuando el tablero llega al final de su recorrido descansa sobre la pieza *c* de caucho, la que también sirve para que, en caso de rotura del cable, el tablero no sufra en la caída.

31. Los marcos-blancos son unos caballetes rectangulares sobre los que se colocan dos cubreras A y B (*fig. 31*), la cubrera A lleva practicadas unas mortajas de sección triangular; á cada una de éstas corresponde un muelle de alambre que, pasando por debajo de la cubrera, une dos á dos estas mortajas; en la parte anterior de la cubrera, van fijas unas láminas de cobre, que llevan dos ventanas ovales ó elípticas, por donde pasan los extremos de los muelles; las láminas primera y última llevan una ventana y la otra es sustituida por una prensa para sostener los hilos conductores; están estas láminas dispuestas de tal modo que pueden poner en comunicación dos á dos á los resortes *n*; éstos llevan en sus extremos dos ganchos *t* para suspender de un hilo fino, que puede ser de seda, unos pesos *m* que además de la forma prismática que se indica en la figura, afectan también la de una esfera; estos pesos se apoyan en la cubrera B para que no oscilen y pueden hacerlo, ó bien simplemente en su borde, ó bien por unas ventanas cuadrangulares practicadas á este efecto.

Los caballetes (*fig. 32*), están formados por dos montantes C y D unidos por los travesaños E y F: sobre el superior se co-

loca la cumbrera A y la B sobre el inferior y se sujetan por los estribos H, cuya disposición se indica en la *figura 33*.

Para la medida del tiempo se emplea un reloj que bate segundos, el cual lleva un interruptor que consiste en la palanca acodada en ángulo recto $M o s$ (*fig.^a 34*), que puede girar alrededor del eje o sostenido por el soporte s' fijo á la plataforma de madera A B; la palanca lleva en su brazo vertical una pieza M, que es un pequeño prisma triangular con una de sus aristas en la parte superior, la que puede apoyarse sobre una pieza idéntica Q fija á la varilla del péndulo P que bate segundos.

La pieza $D' c$ sostiene los muelles d y d' sujetos por el tornillo c ; el muelle d , es muy flexible y evita que la palanca $M o s$ pueda caer hacia la derecha; el d' es una lámina también flexible y que tiende á estar en contacto con el extremo del tornillo L fijo á la pieza X y que puede subir ó bajar por la tuerca R.

Un contador (*fig.^a 35*) y un timbre ordinario completan el aparato.

ESTACIÓN DEL APARATO

32. Colocado el aparato sobre un sólido sillar ó fuerté mesa se procede á poner vertical el montante M M, lo que se efectúa haciendo uso de la plomada y girando convenientemente los tornillos R (*fig. 28*) que tiene la base, los cuales se manejan por medio de unas palancas de acero que se introducen en unos agujeros cilíndricos que llevan sus cabezas.

Se establece, después, el paralelismo entre los montantes M M y M' M', operación bastante difícil, necesitándose dos personas por lo menos para poder efectuarla; se ve al mismo tiempo si la distancia entre ellos es la debida, para que la punta de los estiletes b y b' se apoyen sobre la superficie del cilindro,

á cuyo fin se hace presión en el botón de la palanca T y se observa si la punta de los estiletes hiere la superficie.

Se hace subir y descender al tablero para cerciorarse de que el rozamiento entre las guías y el montante es muy pequeño, pues el ideal sería que el tablero cayese libremente á fin de no modificar la combinación de los dos movimientos: si el rozamiento es excesivo se lubrican las guías y se disminuye la tensión del muelle *h* (*fig.^a 30*), si fuese muy pequeño, se ejecutará una operación inversa, puesto que, en tal caso, podría modificarse la posición de los estiletes en el momento de cerrar los circuitos para efectuar las experiencias.

Las puntas de los estiletes *b'* y *b'* (*fig.^a 28*), deben estar sobre una misma vertical, lo que se comprueba por medio de la plomada, pues de este modo marcarán los trazos sobre una misma generatriz del cilindro y la medida de los tiempos se hará con exactitud.

Se hace girar el volante tanto para modificar el rozamiento desarrollado en sus cojinetes, como para examinar el descenso del tablero.

Descansando el tablero sobre la pieza *c* se procede á colocar el cilindro, el cual llevará sobre su superficie el papel bien terso y fijo; para ponerlo en sus conjinetes, se levanta la pieza N y con sumo cuidado y sosteniendo el cilindro por los extremos de su eje, se encaja la pieza *p* en la pinza formada por el brazo en escuadra de la *q* y su muelle *l* y se apoya el eje sobre el del volante; se coloca el cilindro vertical, cuidando de no tropezar con los estiletes, se hace descender la pieza N hasta que descansa naturalmente sobre el eje del cilindro y entonces se aprieta el tornillo N', de este modo el cilindro queda perfectamente vertical y forma cuerpo con el volante.

ESTABLECIMIENTO DE LOS CIRCUITOS

33. En los tres pares de prensas A, C y S que lleva el tablero se enganchan, respectivamente, los extremos de los hilos que forman los circuitos del timbre, del contador de segundos y de los marcos-blancos, y las corrientes se establecen por el interior de aquél de la manera siguiente:

La prensa S (*fig.^a 35*), comunica con el soporte *d* del eje de giro de la palanca T. La S' se une por una parte con el electro-imán E y por otra por la prensa A. El otro extremo del electro-imán se comunica con el contacto *c* situado debajo de la palanca T.

La prensa C está directamente unida con el electro-imán E' y la C' con el contacto *f* sobre que puede actuar la palanca T; además, el punto de apoyo *g* de esta palanca está también unido con el otro polo del electro-imán E'.

Por último, la prensa A está en comunicación con el puente *a b*, sobre el que se apoya, en posición normal la palanca T.

Los circuitos exteriores serán:

a) Marcos blancos.—Desde la pila P á la prensa S', de ésta al electro-imán E, de aquí al contacto *c* y estando baja la palanca T pasará por ella la corriente hasta su eje, puesto que en dicha posición se rompe el contacto con el puente *a b*, del soporte *d* va á la prensa S, sigue al blanco y vuelve á la pila.

Se deduce de lo anterior que para efectuar la experiencia será preciso oprimir el botón de la palanca T hasta que se establezca el contacto en *c*.

b) Timbre.—De la pila P, la misma que sirve para la anterior, parte á la prensa S', de ésta, y colocada la palanca T en

posición normal y, por consiguiente, roto el circuito del electro-imán E, á la A, de aquí al timbre y de éste á la prensa 2 del conmutador I que oprimiendo el botón *h* llevará la corriente á la prensa 3 la que está unida con la A', siguiendo al puente *a b* por el, que pasa á la palanca T al soporte *d*, del cual va á la prensa S, de ésta al marco y luego á la pila. La disposición de este circuito permite conocer si la corriente pasa por los blancos, pues oprimiendo el botón *h* del conmutador I, si no existe interrupción el timbre debe sonar: también sirve para avisar á la batería ó sirvientes de las piezas con que se experimenta el momento en que deben poner los estopines ó *dar fuego*.

c. Contador de segundos.—Del polo positivo de la pila P' á la prensa C de aquí al electro-imán y al soporte *g* de la palanca T', pase por ésto y cuando está baja, lo que sucederá cuando se haga presión en su extremo ó en el extremo de la T, pasará la corriente por el contacto *f* á la prensa C' y luego por el contador volverá al otro polo de la pila.

Como puede observarse, todos los circuitos sólo se cierran en el momento deseado, con lo cual los núcleos de los electro-imanés no conservan fuerza magnética remanente, que modificaría los resultados de las experiencias por no marcarse los trazos en el momento debido.

d) Estopín eléctrico.—Si el fuego á las piezas se comunica por este artificio, se establecerá su circuito de la pila al estopín, de éste á la prensa 1 del conmutador, que estando en posición normal llevará la corriente á la prensa 2 y de ésta al otro polo de la pila: este circuito sólo debe establecerse en el momento preciso y se hace pasar la corriente de una manera brusca, á cuyo fin se sujeta el brazo derecho del conmutador por una clavija que se retira rápidamente á mano, aun cuando es mucho mejor hacerlo por medio de un cordón. Este circuito se



establece en mejores condiciones empleando el explosor Brequet.

34. El número de elementos que se necesitan para cada circuito no son siempre los mismos, pues dependerá del mayor ó menor número de marcos-blancos que se empleen, pues según éstos así aumentarán ó disminuirán las resistencias, esto en cuanto se refiere á los *a)* y *b)*; con respecto al *c)* bastan ocho elementos Leclanché.

ARREGLO DE LAS CORRIENTES

35. Entretenida y difícil por demás, resulta la operación de hacer que las armaduras sean atraídas por los electroimanes con la fuerza precisa, así como que los trazos de los estiletos sean cortos y rápidos. Lleva el tablero con tal objeto (*fig.^a 28*) los muelles *r* y *r*₁ para el arreglo del electroimán E y los *r'* y *r'*₁ para corregir al E; la operación se hace de la manera siguiente: establecido el circuito *a)* se oprime el botón de la palanca T, con lo cual se cierra y el electroimán atraerá la armadura *n*, con tanta mayor intensidad cuanto mayor sea la corriente; si ésta es grande se da mayor tensión al muelle *r* lo que se consigue mediante el tornillo y tuerca loca que lleva éste en su extremo. Se repite la operación anterior hasta lograr que la armadura sea atraída con rapidez pero sin que choque sobre el electroimán. Se observa después si al levantar la palanca T, ó sea al romperse el circuito, el estilete *b* se mueve rápidamente, si así no se verificase se aumenta la tensión del muelle *r*₁, dispuesto del mismo modo que el *r* con respecto á la armadura del estilete, y si esto no basta, se modifica la longitud de la pieza *e* (*fig.^a 29*) y también la de *a*; repetida la operación se verá si la armadura sigue siendo atraída sin choque, lo que generalmente no sucederá modificándose por tanto la tensión del muelle *r* y

así, por tanteos sucesivos, se llegará á lograr que la armadura sea atraída rápidamente y sin choque y que el estilete se desvie con gran velocidad sin que su separación sea grande al romperse el circuito. De una manera análoga se arregla el circuito *c*), pues la armadura y estilete correspondiente, están montados de la misma manera.

No termina con esto la operación: si las experiencias se han de hacer con exactitud, debe procurarse, además, que el retardo en la imantación y desimantación de los electro-imanés: sea la misma y para ello se puede emplear el disyuntor de inercia, poniendo previamente en marcha el cilindro con la misma velocidad de la experiencia; con dicho aparato, roto el circuito un sólo instante, los estiletos marcarán señales que deben ser idénticas si el retardo es el mismo, si así no sucediese la mayor ó menor tensión de los muelles r' y r'_1 , si modificamos la fuerza del electro-imán E' , nos llevarían por tanteos sucesivos á la igualdad apetecida. En el gabinete de la Academia hemos adoptado otra disposición para interrumpir las corrientes, que no detallamos aquí por ser puramente local.

MANERA DE OPERAR

36. Efectuadas las operaciones anteriores, se lleva el tableo á su posición más alta sobre el montante $M' M'$ arrollando al tambor H el cable s , para cuyo objeto lleva la llave L y el fiador h , que le permite este movimiento independientemente del que pueda comunicarle el volante.

Para establecer los blancos (dos, si sólo se trata de medir velocidades y por lo menos tres cuando se trata de determinar la resistencia del aire), es preciso conocer la distancia á que han de situarse y que en cada caso se determina, sabiendo la velo-

cidad del proyectil y el tiempo que tarda en restablecerse el circuito después de cortado. La primera será desde luego conocida por las condiciones de la pieza empleada en las experiencias: en cuanto al tiempo de interrupción del circuito se halla del siguiente modo:

Estando en marcha el aparato se corta á mano un hilo de uno de los marcos, con lo cual quedará libre el muelle correspondiente, interrumpiéndose el contacto en *a* (*fig.^a 36*) y el electroimán deja libre al estilete que hará una señal: cuando el muelle llegue á la posición *b* se restablece el circuito marcando, por consiguiente, el estilete otra señal; medida la distancia entre señales y comparada con la correspondiente de la hélice del cronómetro se conocerá el tiempo invertido: repetida varias veces la operación y tomado el promedio de los valores encontrados se llegará al valor medio que el muelle tarda en pasar de *a* á *b*; este valor es aproximadamente $\frac{1}{50}$ de segundo según Bashforth. Al tiempo anterior hay que aumentar el invertido por el estilete al volver á ocupar su posición inicial y que según Sebert se puede evaluar en $\frac{1}{100}$ de segundo y como, además, la armadura tarda otro cierto tiempo en imantarse y desimantarse que ya hemos indicado su manera de calcular, se tendrá que el tiempo mínimo que se necesita para que el circuito se restablezca será:

$$t_1 = \frac{1}{50} + \frac{1}{100} + \alpha$$

y tomando para α el valor de $\frac{1}{100}$, al cual se aproxima mucho, se tendrá:

$$t_1 = \frac{1}{50} + \frac{1}{100} + \frac{1}{100} = \frac{2}{50},$$

luego para tener seguridad de que se registra el paso del proyectil por dos marcos, se considera dicho tiempo igual á $\frac{3}{50}$ de segundo.

Así, si la velocidad del proyectil es de 700 m. la distancia mínima á que deben estar situados los blancos será:

$$x = \frac{3}{50} \times 700 = 42 \text{ m}$$

y de un modo análogo se determinará el valor de x para cada velocidad.

Determinada la distancia se colocan los marcos-blancos bien verticales y se establece el circuito único, procurando que las resistencias en todos ellos sea igual y á este fin, si solamente son dos blancos, los dos hilos que vienen del aparato se llevan á un poste colocado á la mitad de distancia que existe entre los dos marcos, del cual parte uno para cada marco; cuando sean más de dos, se llevarán siempre al centro los dos hilos, de donde partirán á los blancos extremos, y el circuito único se establecerá de uno á otro extremo de la línea de blancos. La corriente á través de éstos se verificará pasando la corriente por la prensa p (*fig.^a 31*) al primer muelle n y por éste á la segunda lámina, de éste al muelle siguiente y así sucesivamente hasta la última lámina, que como la primera tiene una sóla ventana y una prensa, de la cual parte el hilo al otro blanco y á todos los demás que hubiese.

Se pone enseguida en movimiento el contador de segundos, sujeto hasta este momento por medio de un tornillo; la pieza Q (*fig.^a 34*) en forma de prisma triangular unida á aquél, arrastrará en su movimiento á la pieza M sobre la que se apoya y que tiene su misma forma, moviéndose de este modo toda la palanca acodada: cuando la oscilación sea á la derecha, se levanta el peso s apoyado sobre el muelle d el que se pondrá en contacto con el tornillo L , dando paso á la corriente, con lo cual la armadura del electroimán E (*fig.^a 28*) será atraída y si está apoyado el estilete en el cilindro, marcará una señal; cuando la oscilación es á la izquierda, entonces deja en libertad á la palanca con lo cual el peso s (*fig.^a 34*) se apoyará sobre el muelle d rompiéndose el circuito y se produce, por consiguiente, la

separaci3n de la armadura n' (*fig.^a 28*) solicitada á tal objeto por el muelle r' ; el movimiento de la armadura hace bascular á la palanca l' que unida invariablemente al anillo c' , la hace girar, desviándose la punta del estilete b' , que marcará un trazo sobre la superficie del cilindro: al volver el péndulo se verificará lo anterior en sentido contrario y el estilete b' volverá á marcar un nuevo trazo, y como el tiempo transcurrido es de dos medios segundos, la distancia entre el origen de los dos trazos representará un segundo. La amplitud de esta distancia no será siempre la misma, pues dependerá de la mayor ó menor velocidad de que vaya animado el cilindro, pero dentro de cada experiencia, se diferencia en muy poco.

Se da después una impulsión á mano al volante, graduando el esfuerzo para lograr que dé tres vueltas en dos segundos, con lo cual la velocidad lineal en la superficie del cilindro será, próximamente de 45 cm. en el primer momento, disminuyendo después, por ser el movimiento retardado, pudiendo considerarse como uniformemente retardado por la gran masa del volante y piezas puestas en movimiento.

Al girar el volante su piñ3n V (*fig.^a 28*) hace girar, por un sistema de engranajes, al tambor H en sentido contrario al verificado anteriormente, lo que ocasionará el descenso del tablero unos 6 mm. por vuelta merced á la disposici3n de los engranajes.

Se dejan pasar unos cuantos segundos durante los cuales se oprime con suavidad el bot3n de la palanca T', para observar los trazos que representan los segundos.

Se oprime enseguida el bot3n h (*fig.^a 35*) del conmutador con lo cual sonará el timbre, que debe estar en las baterías, indicando que las piezas deben cebarse, y darán fuego en el momento de cesar de sonar, pues será debido á que el operador ha establecido los circuitos de los blancos.

37 Se hace el disparo, pasa el proyectil por el primer marco y coria uno ó más hilos: los muelles libres, en virtud de su elasticidad, se mueven dentro de sus ventanas, interrumpiéndose el contacto con las piezas metálicas, el que vuelven á restablecer al llegar á la parte superior: en este intervalo el electroimán E ha dejado de atraer á su armadura, la cual, por el sistema de palancas, habrá hecho que el estilete *b* se aparte del cilindro ó marque un trazo, verificándose el fenómeno contrario al establecerse de nuevo el circuito.

Llega el proyectil al segundo blanco y se verificarán iguales sucesos que se repetirán de un modo semejante cuando pase por tercero, etc. marco: de modo que el paso del proyectil por por cada uno de los marcos-blancos, está indicado por una discontinuidad en la hélice descrita por el estilete *b*. El tiempo empleado en recorrer los espacios entre aquéllos, se obtendrá por el número de segundos marcados en la hélice del estilete *b*.

MEDIDA DE LOS TIEMPOS

38. Para medir el tiempo que invierte el proyectil en pasar de uno á otro marco, se separa el cilindro de sus coginetes ejecutándose operaciones inversas á las que se indicaron para colocarlos, y se lleva al aparato destinado para tal objeto, que está representado en la (*fig.^a 37*) y se compone de una base de madera A B sobre la que se atornillan las piezas D y D' que sostienen al cilindro registrador C, la pieza D' tiene dos soportes *a* y *b*, que sostiene: el *a*, un pequeño eje con un muelle que lo empuja hácia la derecha, en cuyo extremo tiene una cavidad cónica; y el *b*, el coginete del eje del tambor graduado *t* y el nonio *n*.

En la parte inferior de la pieza D' y entre los dos soportes

a y b está fijo el muelle h , en forma de V, entre cuyas ramas se introduce el extremo de la pieza m que tiene el tornillo de pequeño peso f en la parte inferior y por la superior se ajusta sobre el eje del tambor por el tornillo e .

En la cara derecha del tambor hay una pieza i , en forma de pinza, para sostener la pieza p que va fija al eje del cilindro.

La pieza D sostiene el eje r que puede moverse con facilidad en su alojamiento, fijándose su posición por medio del tornillo s .

Sobre la base, y en uno de sus bordes, va otro tablero en escuadra con una regla guía á lo largo de su canto superior, sobre la cual puede moverse el microscópio M, para poder determinar con mucha exactitud el origen de los trazos marcados sobre las hélices.

Colocado el cilindro en el aparato y hecho solidario su eje con el tambor mediante la pieza p y pinza i , y apretado fuertemente el tornillo s , se afloja el tornillo e y se hace girar al conjunto hasta que el primer trazo marcado por el estilete b quede en el campo del microscópio, en cuyo momento se aprieta fuertemente el tornillo e y por medio del tornillo f , se hace la coincidencia exacta del cruce del retículo con el origen del trazo; se anota entonces la graduación que marque el nonio y moviendo el tornillo f se lleva el cruce al origen del trazo inmediato y se vuelve á efectuar la lectura de la graduación: la diferencia entre las dos dará la distancia entre los dos puntos: repitiendo la operación para los otros intervalos, se tendrán los distintos recorridos. Para efectuar la medida del tiempo, se vuelve á colocar el tambor en la primera graduación anotada y se corre el microscópio hasta que el cruce del retículo coincida con la hélice del estilete b' , si está cerca el trazo, por el tornillo f se hace girar al cilindro hasta efectuar la coincidencia con el origen y se anota la lectura: se afloja el tornillo e y se pone

debajo del microscopio el trazo inmediato y hecha la coincidencia y anotada la lectura, por diferencia se obtendrá la longitud que corresponde á un segundo.

39. Para mayor facilidad en la comprensión, sea *M* (figura 38) la hélice descrita por el estilete *b*, siendo 1, 2, 3, los trazos marcados en el supuesto de que sólo hayan sido tres los marcos empleados y *N* la correspondiente á los tiempos, siendo *ab* el trazo marcado en un segundo. Los orígenes *o*, *o'*, *o''*, y *o₁* están perfectamente marcados pues siendo muy rápida y brusca la interrupción, los rasgos son más perpendiculares.

Se medirá desde *o* hasta *o'* que dará la magnitud α ; después desde *o'* á *o''* que dará la magnitud β , para la hélice *M* y sobre la *N*, la $a o_1 = \mu$ que será la que represente un segundo y se tendrán encontrados valores necesarios para determinar el tiempo.

40. Para calcular el tiempo que tarda en pasar el proyectil del primer marco al segundo, se establecerá la proporción

$$\frac{1''}{\mu} = \frac{t_1}{\alpha} \quad \text{de donde} \quad t_1 = \frac{\alpha''}{\mu},$$

y del segundo al tercero

$$\frac{1''}{\mu} = \frac{t_2}{\beta} \quad \text{ó sea} \quad t_2 = \frac{\beta''}{\mu}$$

Si hubiese más blancos y el tiempo excediese de un segundo, será preciso medir la magnitud que representa el segundo siguiente, pues como el movimiento es retardado su valor no será ya μ sino otro menor.

Obtenido el valor de t_1 para cada experiencia si sólo se trata de medir la velocidad, se toma el valor medio y por la fórmula [2] se tendrá el valor buscado. Cuando se requiera gran precisión, se hallan las primeras diferencias y luego las segundas y se ve si son constantes, en cuyo caso el movimiento es uniformemente retardado: según las experiencias de Bashforth, así

ocurre no sólo con los tiempos sino también con las longitudes de la hélice de los blancos: luego si al encontrar estos valores observásemos que hay pequeñas variaciones en las segundas diferencias, tendremos por seguro que el aparato no funciona en buenas condiciones.

Siendo el movimiento uniformemente variado la ecuación que relaciona los espacios con los tiempos será de la forma

$$x = at + bt^2$$

y como x y t son conocidos, para cada experiencia, se podrán determinar los valores de a y de b , con lo cual quedará conocida la velocidad.

$$v = a + 2bt, \quad [6]$$

para cada uno de los elementos de la serie y tomando después el valor medio de los hallados, se tendrá la velocidad entre los puntos considerados.

También puede establecerse la expresión

$$t = ax + bx^2$$

y determinados los valores de a y b , se tendrá por valor de la velocidad

$$v = \frac{1}{a + 2bx}, \quad [7]$$

siendo ésta la expresión que se emplea para deducir la ley de la resistencia del aire.



IV

Cronógrafo de caída de Sebert

DESCRIPCIÓN

42 Dos son los objetos de este aparato, contrastar los órganos accesorios de los aparatos balísticos por medio de un registrador mecánico y determinar el tiempo transcurrido entre dos señales marcadas con registradores eléctricos.

Vamos á ocuparnos únicamente de la disposición del aparato para este último objeto.

Se compone de dos montantes M y M' de hierro en doble T de dos metros de altura, unidos en sus extremos por dos travesaños n y n' que se sujetan con tornillos y permiten aumentar ó disminuir la distancia entre aquéllos.

Cada montante lleva en su interior dos varillas de acero con una ranura en forma de V, que sirven de guía (*fig.^a 39, lámina IV*) á las orejetas de un peso P que puede caer libremente, para lo cual los montantes deben estar colocados de tal manera, que la separación entre ellos sea mayor en la parte inferior que en la superior.

Fijas en la cara anterior de los montantes van dos reglas N y N' níqueladas, cuyos bordes exteriores e y e' van graduados en milímetros.

Descansa el aparato sobre un zócalo circular D, que lleva

tres tornillos t' para colocarlo vertical con el auxilio de una plomada que vá en uno de los montantes; para evitar las oscilaciones, la plomada entra en un anillo de un diámetro poco mayor que el suyo.

El peso P es de forma paralelepípeda, de 10 kilogramos aproximadamente de peso, que tiene el botón m para su manejo; está suspendido por un corchete K (*fig.^a 42*) que forma parte de uno de los brazos de la palanca F unida á la armadura H, la cual puede colocarse á diferentes alturas y fijarse por el tornillo o .

El brazo de la palanca que lleva el corchete está encorvado según un arco de círculo, cuyo centro es el de rotación c de la palanca y el contracorchete c' , sujeto al peso P, lleva una arista vertical en prolongación del eje de P; esta disposición permite caer al peso, sin oscilaciones oblicuas y sin modificar la altura inicial, cuando se deje en libertad por el esfuerzo verificado en el extremo F de la palanca.

En la cara anterior (*fig.^a 39*) lleva dos cojinetes l, l que sostienen un árbol horizontal $m' m'$; que sobresale por los costados de los montantes y van montados á frotamiento duro, lo que se consigue por unos tornillos t'' que aquellos llevan (*fig.^a 40*).

Sobre el árbol (*fig.^a 39*) pueden montarse á cada lado y frente á las reglas N y N', cinco registradores eléctricos, del sistema Marcel-Daprez, generalmente sólo se colocan los estrictamente necesarios: unos brazos ligeros de hierro parten de la parte superior del aparato y sirven para sostener los bornes R y R' en donde van á parar los hilos conductores que reunidos en forma de hélice van á los registradores; estas hélices tienen la suficiente longitud para no entorpecer el movimiento de caída, y están formados de hilos de cobre muy finos recubiertos de seda.

El árbol m' (*fig.^a 40*) va provisto de un mango n para poderlo hacer girar en sus cojinetes y un tornillo t , cuya tuerca va practicada en el brazo de una pieza fija al árbol por el tornillo del mango n , permite verificar una pequeña amplitud de giro con mucha lentitud.

Para amortiguar el choque del peso en la extremidad de su carrera, se hace uso de un freno de fricción, que está formado por un platillo de hierro B (*fig.^a 39*), guiado entre los montantes y con forro de cuero fuerte por la parte superior; por la inferior va unido al vástago G, que pasa el travesaño n y se encastra entre dos quijadas de madera, alojadas en una ranura de la cimentación de piedra A que sostiene todo el aparato, y que son susceptibles de acercarse más y más por medio de los tornillos de orejetas L, L, aumentando de este modo el razonamiento del vástago sobre aquéllas.

43 Los registradores son como hemos dicho del sistema Marcel-Daprez y se compone (*fig.^a 43*) de una pieza metálica A con dos brazos en escuadra en la parte superior entre los cuales se colocan el electroimán E, que puede atraer una armadura a , de hierro dulce y muy ligera; ésta tiene un movimiento de rotación por eje el $s s'$ que en el extremo s lleva una pluma de acero f muy flexible y de punta muy fina: en el otro extremo s' termina en un botón para poder efectuar el movimiento giratorio del eje y, por consiguiente, de la pluma: el brazo más largo sostiene el vástago $h h'$ que puede girar á rozamiento muy fuerte en su alojamiento; lleva en un extremo una cabeza para poderle hacer girar y en el opuesto una manivela que sostiene el muelle m' , unido por el otro extremo á la armadura del electroimán; el brazo más corto sostiene una pieza en escuadra, que en su brazo horizontal lleva el tornillo t para fijar la amplitud del movimiento de la armadura.

La pieza A lleva en su parte inferior una abertura cilíndrica

por donde se pone en el árbol; esta abertura cilíndrica está interrumpida en su generatriz inferior y parten dos pinzas que se pueden aproximar ó separar por medio del tornillo t' ; dos prensas p, p fijan á una pieza de ebonita, sirven para recibir los hilos conductores de la electricidad.

44. Para medir la distancia entre las señales hechas por las plumas ó estiletos de los registradores sobre las reglas, cuando éstas se recubren de negro de humo, se emplea un microscopio M (*figs. 39 y 41*), que tiene movimiento alrededor de un eje vertical α sostenido por un brazo horizontal β , que está sujeto á la regla L , de tal modo, que pueda tener movimiento de rotación para poder colocar el microscopio en la parte superior.

La regla L resbala á cola de milano en la pieza $N' N''$ que á su vez puede correr á lo largo del borde exterior de la regla N ; un tornillo T mueve, por el intermedio de un piñón, y una cremallera, la regla L en sentido horizontal, para poder hacer coincidir el hilo vertical del microscopio, con los trazos marcados por los registradores.

La pieza $N'' N''$ va unida á la S , que también resbala por el borde de la regla, por el tornillo de coincidencia T' : tanto esta pieza como la anterior pueden fijarse á una altura determinada por medio de dos tornillos de presión que llevan en su parte posterior.

En el costado exterior del montante izquierdo va fija una regla guía $H H$ por la que puede correr (*fig.^a 39*, la pieza $I J$ (*fig.^a 44*) que lleva los muelles m' y m'' y el fiador a , que puede sostener en tensión m' por el intermedio de un diente que lleva y se engancha en una uña de aquél; tres prensas 1, 2 y 3 sirven para establecer las corrientes; la prensa 1 está en comunicación con el botón 5, que establece el contacto con el muelle

m'' cuando á éste le deja en libertad el fiador a : el tornillo 4 sirve para aumentar ó disminuir el contacto entre los dos muelles.

En la parte posterior de los montantes va una regla de cobre graduada en mm., que tiene por objeto fijar la altura de caída, para lo cual el peso lleva un índice fijo.

INSTALACIÓN Y MANEJO

45 Para operar con el cronógrafo de caída se coloca vertical con el auxilio de la plomada y de los tornillos del zócalo ó base; enseguida se levanta el émbolo hasta que su parte superior quede más alta que los bordes inferiores de las reglas (de este modo los registradores no pueden chocar con los tornillos que la sostienen) y se aprietan las quijadas fuertemente para desarrollar mucho rozamiento entre ellas y el vástago de aquél.

Se coloca el peso á la altura de caída que sea conveniente, (metro y medio por lo general) valiéndonos de la armadura móvil que puede fijarse á una altura dada por su tornillo de presión; una vez fija ésta, se hace la coincidencia del índice del peso con la altura exacta, por medio (*figs. 39 y 42*) del tornillo t_1 cuya tuerca movable t_1 está en H; colocado ya el peso en el origen de su movimiento se deja caer varias veces, para asegurarnos de que cae con holgura, así como también de si el rozamiento del vástago es bastante; regularizando ésto, se vuelve á enganchar y se procede á colocar las reglas N y N' perfectamente cubiertas de negro de humo.

Se montan á continuación sobre el eje $m' m'$, el número de registradores necesarios para la experiencia que se trata de efectuar, operación que se hace montándolos previamente so-

bre un cilindro de latón g , cuyo diámetro interior es algo mayor que el exterior del eje de modo que pueda entrar con holgura; alineados perfectamente, lo que se consigue con bastante facilidad por la forma de las piezas A, se hace un poco de presión en el tornillo t' . y cuando están colocados en el eje, se aprietan fuertemente para que no puedan girar sobre él; se procede enseguida al arreglo de la desimantación de los electro-imanés para lo cual, se aproxima la corredera I J al peso hasta que, armado el fiador a en el muelle m'' , esté aquél muy próximo al extremo saliente del árbol que lleva la pieza de marfil n' ; en esta disposición se establece un circuito único para los registradores que partiendo de la pila venga á éstos y de aquéllos á la prensa 3 muelle m' y de éste, por el contacto al muelle m'' del cual va á la prensa 2 y de aquí vuelve á la pila.

Establecido el circuito, se establece el contacto de las plumas con las reglas, lo que se consigue aflojando un poco los tornillos t'' de los cojinetes l y moviendo lentamente el tornillo t ; conseguido que el apoyo sea muy pequeño, se aprietan fuertemente los tornillos t' .

ERROR DEBIDO Á LA DESIMANTACIÓN DE LOS ELECTRO-IMANES

46. Si se hace descender lentamente el peso, cuya operación se efectúa moviéndose la tuerca t'_1 , el extremo n' del árbol irá haciendo presión sobre el fiador a , vencerá el rozamiento entre éste y el muelle m'' y por último lo dejará en libertad, en cuyo momento avanzará éste hasta chocar con el tornillo 5 y entonces, en virtud de la inercia, se romperá el contacto entre él y el muelle m' , y, por tanto, quedará momentáneamente inte-

rrumpido el circuito de los registradores, cuyas armaduras girarán por la acción de los muelles m''' arrastrando en su giro á las plumas que marcarán un trazo.

Levantado el peso del mismo modo que se le había hecho descender y armado el fiador, se deja en libertad y el extremo del árbol volverá á interrumpir la corriente y, por tanto, se verificará el giro de las plumas, pero el nuevo trazo ya no estará confundido con el anterior, sino más bajo; la distancia entre uno y otro es lo que se llama error debido á la desimantación, que es preciso reducir cuanto sea posible, así como procurar que todos los registradores tengan el mismo.

El arreglo se consigue por el intermedio del muelle m'' cuya tensión se puede aumentar ó disminuir moviendo el vástago $h h'$, y por el tornillo t que limita (*fig.^a 43*) el giro de la armadura; si los electro-imanes tardan mucho en desimantarse, lo cual hace que la distancia entre los trazos sea muy grande, se aumenta la tensión del muelle m'' girando la manivela que lo sostiene, hacia arriba; si el trazo tiene mucha amplitud, se limita el movimiento de rotación de la armadura atornillando un poco el tornillo t , verificándose operaciones opuestas, cuando sean opuestos los fenómenos observados.

El error de desimantación ó más bien el retardo, es para los registradores estudiados de 0,0005 de segundo próximamente.

Arreglada la desimantación y conseguido, en parte, que todos tengan el mismo retardo, se levanta el peso teniendo cuidado de separar el contacto de las plumas, operación que se efectúa por el giro del tornillo t (*fig.^a 40*); se engancha del corchete K y se hace la coincidencia del trazo que lleva en su parte posterior, con la graduación de la regla que marca la altura de caída; se pone la carredera I J en el punto conveniente, para que se pueda medir el tiempo al final de la carrera del peso; se ponen los registradores en comunicación con

los circuitos correspondientes y ya se está en condiciones de operar.

MODO DE EFECTUAR LA OPERACIÓN

47. Supongamos que se emplea para determinar la velocidad media del proyectil entre dos puntos, sólo se necesitarán dos registradores que se pondrán en comunicación, respectivamente, con el 1.º y 2.º marco; como sería difícil precisar el momento de dar fuego á la pieza, se hace esta operación automáticamente por el mismo peso, valiéndose del fiador a , del muelle m' de la corredera I J; para ello se establece el circuito de modo que vaya de la pila al estopín eléctrico, de éste á la prensa 2, y de aquí al muelle; montado éste en el fiador, el circuito está interrumpido, pero cuando el extremo del árbol $m' m'$ obrando sobre el fiador, lo ponga en libertad, avanzará hasta el tope 5 y por la pieza 5 1 y el reóforo correspondiente, se cerrará el circuito.

Dispuestos los circuitos de dar fuego y de los blancos, se hace esfuerzo lentamente sobre la palanca F, con lo cual el corchete K resbalará en la canal rectangular del contracorchete, hasta que deje en libertad al peso; éste cae, hace obrar al fiador y se da fuego á la pieza; pasa el proyectil por el primer marco, se interrumpe el circuito de uno de los registradores y su estilete marcará una señal sobre el negro de humo de la regla; al paso del proyectil por el 2.º marco, se verifica lo propio con el registrador correspondiente y midiendo las alturas correspondientes á cada registrador, se tendrán los de caída y, por tanto, empleando la fórmula [1] se tendrán los tiempos, cuya diferencia será el invertido por el proyectil en pasar de un blanco al otro; sustituido este tiempo en la fórmula [2], tendremos la velocidad.

48. Para la medida de las alturas entre señales, se usa el microscópio M (*fig.^a 41*); aflojando los tornillos de presión de las piezas $N'' N''$ y de la S , se hace resbalar el conjunto, hasta que el microscópio esté próximo al trazo ó señal primera; en este momento se aprieta fuertemente el tornillo de presión de la pieza S y se procede á la coincidencia del trazo; en sentido vertical, con el eje correspondiente del retículo, para cuya operación se maneja el piñón T , hecha la coincidencia en sentido vertical, se efectúa en sentido horizontal, operación que se ejecuta por medio del tornillo T' ; con estas dos operaciones se ha conseguido hacer que el cruce de los ejes del retículo, coincida con el punto mismo en que empieza la desviación del trazo; se lee y anota la altura en mm. apreciando las décimas por medio del nonio inferior, transportando el microscópio al segundo trazo y efectuando las mismas operaciones que se acaban de exponer, se tendrá otra lectura, cada una de las cuales representa una altura de caída distinta y á los que corresponden dos ciertos tiempos, que se deducirán por la fórmula [1], corregidos éstos en el que corresponde á la imantación y desimantación, restando del mayor el menor, se tendrá el tiempo que tarda en pasar el proyectil entre señales y, por consecuencia, la velocidad.

La *figura 45* representa los trazos marcados sobre las reglas por los estiletos ó plumas de los registradores; los puntos o y o_1 son los trazos origen, el error de desimantación está representado por las magnitudes $o o'$ y $o_1 o'_1$: el primer registrador al desengancharse marca la señal Q , y Q' el segundo: haciéndose coincidir el cruce de los hilos del retículo con el origen de estos trazos.

La operación, pues, indicada anteriormente, se reduce á medir las distancias $o Q$ y $o_1 Q_1$, así como las $o o'$ y $o_1 o'_1$, si no fuesen iguales, para saber en lo que se ha de corregir uno

de los tiempos, y después por la citada fórmula [1] se deducirán aquéllos, que restados, darán el que se ha de llevar á la fórmula [2] para obtener la velocidad.

49 Lo mismo que la experiencia anterior, se pueden efectuar todas las indicadas en el primer cronógrafo, sin más que disponer convenientemente los circuitos.

Como la altura libre de caída del peso es de 1,50 m. próximamente, que tarda en recorrerlo poco más de medio segundo, sólo podrá emplearse este aparato para los fenómenos cuya duración total no pase del expresado tiempo; pero como es preciso que el peso haya adquirido una cierta velocidad, para la mayor precisión de las lecturas de las señales registradas, pues estarán más distantes, se limita en la práctica el empleo de este cronógrafo á la medida de los fenómenos cuya duración no pase de un cuarto de segundo.

Cuando los tiempos que se tratan de medir sean menores que este límite, se debe procurar registrar las señales en la última parte de la carrera del peso, pues así, los trazos estarán á mayor distancia por la mayor velocidad adquirida, pero al disponer los registradores para este objeto, se tendrá sumo cuidado de que puedan funcionar antes de llegar al fin del recorrido, lo que se conseguirá con ensayos previos, pues de lo contrario se corre el riesgo de no efectuar la experiencia.

Suponiendo que el peso cae de 1,50 m. de altura, la velocidad adquirida por él es tal, que una décima de milímetro, corresponde entonces á una duración de $\frac{1}{50,000}$ de segundo; por otra parte, la diferencia entre el retardo en la desmagnetización de los electroimanes de dos registradores Marcel-Daprez no llega á valer dicha duración; luego si suponemos que sea su aproximación igual á $\frac{1}{50,000}$ de segundo y que se sumen los errores, la aproximación del aparato será entonces de $\frac{1}{25,000}$ de segundo, y esto en la hipótesis de que el peso cayese libremente como si

fuese en el vacío; más como esta circunstancia no se verifica, la aproximación será menor, pudiendo considerarse en la práctica como igual á $\frac{1}{10,000}$ de segundo; si se tiene presente que los nonios aprecian décimas de milímetro y, por tanto, que el mayor error que se puede cometer en las lecturas, valdrá á lo más una décima de milímetro, resulta que la exactitud de este aparato es muy grande.



V

Cronógrafo Schmidt

50 Todos los cronógrafos descritos anteriormente, son los generalmente empleados en casi todas las naciones y dan resultados muy precisos cuando las experiencias se ejecutan con mucho esmero; mas para lograr mucha exactitud en las mediciones, se requiere mucha práctica en el operador y ciertas condiciones de estabilidad y de posición en los instrumentos, pues además de estar perfectamente verticales, operación muy delicada, deben estar aislados de las trepidaciones que pueda comunicarle los disparos, lo que exige situarlos á gran distancia de las baterías: unido esto á ser difícil el transporte y necesitar, por tanto, emplazamiento fijo, pues aun el Le Boulengé modificado pesa bastante para ser transportado con relativa comodidad, ha hecho pensar en la necesidad de simplificar tales aparatos para que, sin perder en precisión, se anulen ó eviten en parte los grandes inconvenientes anteriores.

Uno de los aparatos más recientes que cumple casi en absoluto tan halagüeñas aspiraciones es el inventado por el Ingeniero-constructor sueco M. C-W. Schmidt, pues á su mucha sencillez y facilidad en el transporte, reúne una apreciación ideal sin que su manejo ofrezca por esto, serias dificultades.

51. Dos aparatos constituyen el cronógrafo, uno el *cronógrafo* propiamente dicho y otro destinado á su arreglo y comprobación que podemos llamar *verificador*: el primero está ba-

sado sobre los mismos principios que los cronómetros ordinarios y el segundo en la ley de caída de los graves.

CRONÓGRAFO

52 Está el aparato colocado dentro de una caja de caoba de 0,20 m. \times 0,16 \times 0,05, dentro de la cual va montado sobre una platina el volante A (fig.^a 46, lám. V) formado por un metal muy duro y no magnético, tiene un diámetro de 0,06 m. está provisto de ocho radios y forma cuerpo con el eje *o*. Se mantiene este eje en su sitio por dos puentes de fuerte construcción fijos sobre la platina, moviéndose sus pivotes en dos rubíes y se apoya sobre dos contra piedras, quedando por tanto, esmeradamente sostenido. La montura, es pues, como la de un volante de reloj.

Al puente y al mismo eje está sujeto por sus extremos el *muelle en espiral* H de acero, de 1,5 mm. de ancho y 0,5 mm. de grueso, arrollándose en seis vueltas en un círculo de 14 mm. de diámetro.

Lleva el volante, además, una pequeña armadura *c* destinada á fijar su posición inicial.

Fijos sobre la misma cara de la platina, van dos electroimanes B y C; el B de 35 mm. de longitud por 30 mm. de diámetro, está colocado radialmente al volante y su núcleo, que sobresale un poco, puede accionar sobre la armadura *c* para detener el volante en su punto de partida; el otro electroimán C, está situado tangencialmente con relación á A, tiene 60 mm. de longitud por 37 mm. de diámetro y actúa sobre dos armaduras *d* y *d'* situadas frente á cada una de las extremidades de su núcleo.

Estas armaduras están fijas en las extremidades de las dos palancas K y K' que pueden oscilar alrededor de los ejes *e* y *e'*, paralelos al del volante y ligados á la platina por puentes.

En los extremos opuestos de las palancas van dos tornillos r y r' en los que se enganchan los extremos del muelle helicoidal circular L, y las espigas ó salientes f, f' y f'', f''' que pueden obrar sobre la periferia del volante A, obrando como un freno.

El muelle L (*fig.^a 46 y 49*) termina por uno de sus extremos en un corchete, que se engancha directamente en el tornillo r de la palanca K, y por el otro está fijo al regulador formado por una pieza prismática de metal s , terminada por una tuerca u en la que gira el tornillo v . La pieza s tiene vaciado el espacio t para engancharla al tornillo r' de la palanca K'. Por último, la tuerca libre u' , sirve para hacer invariable la posición del tornillo v .

53 En la cara opuesta de la platina, que es la que se ve al exterior, se encuentra el círculo graduado D (*fig.^a 47*) concéntrico con el eje del volante: está encerrado en una caja cilíndrica de latón de 0,14 m. de diámetro y tiene dos graduaciones: una para indicar el tiempo en milésimas y dos diez milésimas de segundo y otra, en rojo, da directamente en metros por segundo la velocidad del proyectil, cuando la distancia entre los marcos-blancos es de 50 m.

La aguja I (*figs. 47 y 48*) va invariablemente unida al extremo del eje del volante y está formada por dos partes: una la a de bronce y fija directamente sobre el eje y otra b , de acero, unida á la primera por un extremo, formando muelle, y dirigida en su sentido por una espiga ó diente.

Se cubre el círculo graduado por un cristal encastrado en la armadura circular movable E. Una varilla g está unida al cristal y tiene por objeto colocar la aguja en cero, mediante el movimiento circular de E, al que está fijo la lente h para facilitar las lecturas; lleva la lente dos oculares para que las lecturas se hagan siempre verticalmente. Como al tropezar el botón ó varilla

g con la aguja I podría romperse, se monta ésta en la forma que se ha dicho.

Sobre la superficie de la platina y á la derecha del círculo D, se encuentra el botón F, que empujándolo establece el circuito del electroimán C.

Por último, los rheostatos G y G', destinados á regularizar las corrientes del instrumento, están también colocados en la parte exterior de la platina al lado del círculo D y tienen sus bobinas de resistencia I y I' (figs. 46 y 47) en el interior de la caja.

Cada uno está destinado á una corriente y tienen las prensas M, M', N y N' en las que se fijan los hilos de los circuitos exteriores. La prensa M correspondiente al rheostato G, tiene una llave que puede apoyarse sobre los contactos m_1 y m_2 ; y la prensa N del G' puede también, por el intermedio de una palanca, unirse á los contactos n_2 y n_3 . La disposición anterior permite hacer pasar las corrientes por el inferior del instrumento, bien por las bobinas de resistencia y los rheostatos ó bien solamente por los últimos.

Los marcos-blancos que se necesitan para este cronógrafo pueden ser cualesquiera, ganándose tiempo en las experiencias cuando aquéllos restablezcan las corrientes de los circuitos automáticamente.

Las pilas que se emplean deben gozar de la gran ventaja que tiene el aparato, cual es la de ser de poco peso y volumen por lo cual puede ser transportado con facilidad, en tal concepto ha sido adoptada por M. Schmidt, la pila Bloc, con líquido inmovilizado, que está representado en la *figura 50*. Es análoga á las pilas de cloruro alcalino y bióxido de manganeso, inmovilizándose el líquido activo por la interposición, entre los electrodos, de una capa de celulosa inerte, inalterable y con gran poder absorbente. Está encerrada en una caja impermeable

de encina, ebonita ó cristal que lleva al exterior los bornes C para el electrodo positivo y Z para el negativo.

Debe conservarse la pila en un sitio templado, más bien frío que caliente, evitando con sumo cuidado el que pueda congelarse. También se procurará que los electrodos no queden en contacto para que la pila no se gaste inútilmente.

Existen diferentes modelos de pila Bloc; el empleado es del tipo D, de 180 mm. \times 125 mm. \times 90 mm: dando todos ellos una corriente muy constante, con una fuerza electromotriz de 1,50 voltios, cuya fuerza baja á 0,80 á las trescientas horas, próximamente, de su empleo.

ARREGLO Y MANEJO DEL CRONÓGRAFO

54. Conocidos todos los detalles del aparato, para poder efectuar su manejo con la debida exactitud, es necesario establecer y arreglar las corrientes tanto en el exterior como en el interior del cronógrafo.

Se establecerá con mucha escrupulosidad los circuitos de los marcos, procurando que tengan la menor resistencia posible: se necesitan, en general, no siendo excesivas las resistencias, dos ó tres elementos para el 1.^{er} blanco y cinco ó seis para el segundo.

El circuito del 1.^{er} marco-blanco es el siguiente: polo positivo C (*fig.^a 47*) de la pila, prensa M', pasa la corriente por la resistencia del rheostato G á la corredera *p*, regla guía inferior de aquél, prensa *m*₃, atraviesa el electro-imán B, sale por el contacto *m*₂ á la prensa M, 1.^{er} marco y polo negativo Z de la pila.

El segundo circuito se establece; polo C de la batería de la derecha, prensa N, contacto *n*₂, electro-imán C, prensa *n*₁ del

rheostato G', regla guía inferior del mismo, corredera p' , resistencia, prensa N, 2.º marco y polo Z de las pilas.

55 La manera de funcionar es como sigue: al pasar el proyectil por el 1.º marco rompe el circuito, con lo cual el electroimán B deja de sostener al volante, quedando, por consiguiente, libre y empezará á moverse; pasa el proyectil por el segundo marco y rompe el segundo circuito, dejando, por tanto, el electroimán C, de atraer las palancas K y K', las que solicitadas por el muelle helicoidal L, obrarán sobre el volante deteniendo su marcha; leyéndose la graduación se tendrá en milésimas y dos diez milésimas de segundo el tiempo invertido: si la distancia entre los blancos es de 50 metros, la graduación que lleva el círculo D en estas unidades dará la velocidad, mas si la expresada distancia es distinta, haciendo uso de la fórmula [2 substituyendo en vez del t , el tiempo encontrado, se obtendrá aquélla.

Para que el aparato funcione como es debido, es necesario que la fuerza electromagnética de los electro-imanés sea la precisa y á este fin lleva las bobinas l y l' (*fig.^a 46*) que sirven para graduar la intensidad de las corrientes.

Para efectuar esta operación se llevan las dos correderas p y p' á la parte de la izquierda de los rheostatos (*fig.^a 47*); establecidos los circuitos, se ve desde luego si las corrientes tienen la suficiente fuerza oprimiendo el botón F, con cuya operación la aguja debe ponerse en movimiento, y como al oprimir el botón F se ha cerrado el circuito del electroimán C dentro del mismo aparato, al moverse la aguja es prueba de que aquél atrae las palancas K y K' y, por tanto, que la segunda corriente tiene fuerza suficiente. Girando el círculo E se coloca en cero á la aguja y si se mantiene en esta posición indica que el electroimán B tiene la suficiente fuerza. Si alguna de las dos circunstancias ó las dos no se verificasen, será necesario

bien aumentar el número de pilas ó bien disminuir, en cuanto sea posible, las resistencias exteriores.

Se arregla seguidamente la segunda corriente, para ello, se coloca la llave de la prensa N' en el contacto n_3 (figs. 47 y 48), con lo cual se hace pasar la corriente por la bobina de resistencia I' , se oprime el botón F y en esta disposición se mueve la corredera p' hacia la derecha (lo que disminuye la resistencia y aumenta la intensidad de la corriente), hasta el momento en que la aguja I se quede libre. Se cambia entonces el contacto girando la llave el tope n_2 , con lo cual la corriente cesa de pasar por la bobina I' y va directamente al electro-imán C, cuya fuerza de atracción se ha aumentado en lo que corresponde á la resistencia de aquélla. Esta disposición da perfecta seguridad al funcionamiento del aparato.

Para arreglar la primera corriente, se procede de un modo análogo, mandando aquélla de la prensa M al tope de contacto m_1 con lo cual pasará por la bobina I antes de hacerlo por el electro-imán B. Se lleva á cero á la aguja y se debilita la corriente moviendo la corredera p del rheostato G hacia la derecha, hasta el momento en que la aguja se pone en movimiento, entonces se cambia la llave al contacto m_2 y la corriente está arreglada.

56. Para emplear el aparato es necesario oprimir el botón F, sin cuyo requisito no puede funcionar, pues únicamente efectuada dicha operación pasará la corriente por el electro-imán C, dejando libre á la aguja I. Activado el electro-imán C (fig.^a 46) atraerá las armaduras d y d' de las palancas K y K' y como la palanca K' está provista de un muelle i en la extremidad que lleva el contacto d' , al ser éste atraído se establece el contacto del muelle i con el tope k , en comunicación con la bobina C, y en este instante la corriente pasará ya por la bobina y continuará pasando por ella, aun cuando cese de oprimi-

mirse el botón F, puesto que el muelle i está directamente en comunicación con el contacto n_2 y solamente podrá romperse, bien quitando el contacto ó bien por el paso del proyectil por el segundo marco. En cualquiera de los dos casos, se interrumpe el contacto en i pues en el primero, ó sea quitando la llave de la prensa N' del contacto n_2 , deja de pasar la corriente por el electro-imán y las piezas K y K' obligadas por su muelle L, separarán sus contactos d y d' : en el caso de romperse el circuito exterior, ocurren los mismos hechos, aunque los blancos produzcan solamente una interrupción momentánea y no volverá á establecerse otra vez el circuito interior, hasta que no se haga presión en el botón F. Esta disposición es muy ventajosa, pues da al operador el tiempo necesario para hacer las lecturas con tranquilidad, sobre todo, cuando se empleen blancos que restablezcan instantáneamente la corriente cortada.

Dejando ya libre la aguja por la presión hecha en el botón F, se lleva aquélla á su posición inicial, ó sea en cero, empujándola con suavidad por medio del botón g , moviendo para ello el círculo E, volviendo inmediatamente á llevar éste á su extrema posición, para que el botón no impida el funcionamiento de la aguja.

Tiene gran importancia el asegurarse de que la aguja está perfectamente libre antes de colocarla en cero, porque si la segunda corriente no estuviese bien establecida, la aguja no se movería: ésto se verá fácilmente al tratar de efectuar el giro, pues la parte b se apartará ligeramente de la a , lo cual indicará que el instrumento no estará todavía en disposición de funcionar. Debe advertirse que no debe forzarse jamás á la aguja por el movimiento del círculo E.

Efectuando el disparo, se interrumpen sucesivamente las dos corrientes y el cronógrafo indica el tiempo transcurrido entre las dos interrupciones.

57. Para asegurarse de que las dos corrientes interrumpidas por el proyectil han vuelto á restablecerse, se obra como sigue:

Se oprime el botón F, si entonces la aguja se vuelve libre indica que la segunda corriente se ha restablecido; llevando ahora á cero la aguja, si se mantiene en esta disposición, es prueba de que el electro-imán atrae al volante y, por consecuencia, que el primer circuito se ha restablecido.

Para que las pilas no se gasten inútilmente, se puede interrumpir la primera corriente colocando la llave del borne M entre los dos contactos m_1 y m_2 : en cuanto á la segunda corriente ya hemos dicho que siempre está interrumpida hasta el momento de llevar á cero la aguja, ó sea oprimiendo F.

Para evitar que el resorte en espiral no permanezca inútilmente en tensión se da á la aguja su posición más baja antes de dejar el instrumento. Para éste se restablece la segunda corriente, la aguja se vuelve libre y se conduce á la posición que se desee, rompiendo después la corriente poniendo N entre n_1 y n_2 .

Para conservar el aparato limpio y en buen estado, es preciso secar cuidadosamente las partes exteriores cada vez que de él se haga uso. Si el círculo y las partes movibles del rheostato adquieren un rozamiento muy duro, no hay más que engrasar dichas partes con un poco de aceite fino.

PRECISIÓN DEL INSTRUMENTO

58. La graduación del círculo E se ha hecho empíricamente, con el auxilio de un disyuntor que interrumpe las corrientes á intervalos bien precisos. Los errores podemos también considerarlos *constantes y accidentales*; los constantes inherentes

al mismo aparato, como son el retardo en la imantación y desimantación de los electroimanes, los originados por el retraso en efectuar su movimiento el volante, y otras causas que se escapan á la observación, se pueden considerar eliminadas por el mismo procedimiento empleado para hacer la graduación del limbo. Los errores variables, como son los debidos á la mayor concentración de los aceites, etc. son poco importantes; todos los volantes de los relojes sufren, en general, los mismos inconvenientes, pero á pesar de ello, pueden marchar años con una variación de algunos segundos por cada 24 horas: para una observación de $\frac{1}{10}$ de segundo, los errores son, pues, despreciables. Suponiendo que el cronómetro experimenta la enorme variación de un minuto en 24 horas, el error que resultará para una observación de $\frac{1}{10}$ de segundo no sería más que de $0,^s 0000694$, ó en velocidades de 500 metros por segundo, de $0,^{m} 05472$; para una variación irregular de 5 segundos solamente en 24 horas el error, en una observación de $\frac{1}{10}$ de segundo, no sería más que de $0,^s 00000575$ ó en metros $0,^{m} 0027625$, para velocidades de 500 m. á 25 de la boca. El aparato da, pues una aproximación grandísima. Cuando, por una causa cualquiera, se produzcan diferencias entre los resultados obtenidos con el cronógrafo y los que pueda dar otro instrumento cualquiera y se desee modificar ligeramente la marcha del volante, puede hacerse mediante el muelle L y para ello se tira con suavidad de la cabeza v (fig.^a 49) hasta que el tornillo r' llegue al espacio t : se levanta y desengancha del otro tornillo r . Si la diferencia es en *menos*, es preciso girar ligeramente el tornillo *hacia la izquierda* con lo cual saldrá de su tuerca una pequeña porción del tornillo r . Si, al contrario, la diferencia es en *más*, se gira el tornillo *hacia la derecha*. Se coloca otra vez el muelle L empezando por engancharlo en el tornillo r y luego en el r' .

El ángulo que se debe girar al tornillo v varía según los aparatos; por término medio, entre media á una vuelta, corresponde una diferencia de una milésima de segundo.

APARATO DE ARREGLO Ó VERIFICADOR

59. Completa el cronógrafo Schmidt un aparato de arreglo ó verificador, sumamente sencillo y portátil y por medio del cual se logra:

1.º Registrar un tiempo exacto de $\frac{1}{10}$ de segundo, por lo cual se puede verificar y arreglar el cronógrafo.

2.º Poder medir un tiempo que exceda en $\frac{1}{10}$ de segundo á los que se pueden registrar con el cronógrafo Schmidt ó Le Boulengé, intercalándose el aparato entre el primer marco y el cronógrafo.

3.º Medir con una gran precisión un tiempo menor que $\frac{3}{100}$ de segundo, poniéndose el aparato entre el segundo blanco y el cronógrafo.

DESCRIPCIÓN DEL APARATO ANTERIOR

60 Se compone del *tubo de metal A* (*fig 51*) que contiene y protege todos los instrumentos, tiene varias ventanas para poder efectuar el manejo de los órganos que en su interior están alojados; exteriormente está envuelto por el tubo A' el cual, mediante un giro de un cuarto de vuelta, cierra las ventanas del primero. La parte superior del tubo A, se cierra por una chapa *a* que tiene una anilla para suspender el aparato. La parte inferior está igualmente cerrada y provista de un tornillo de

corrección g cuya cabeza, en forma de anillo, permite enganchar un peso que da gran estabilidad al aparato.

En la parte superior del tubo va fijo el *electro-imán* B, cuyo núcleo está formado por dos partes; una b , en la parte inferior, fija y terminada al exterior por una parte cónica de vértice redondeado, sirve para sostener al disyuntor; la otra parte b' , situada en la parte superior, está formada por un tornillo que atraviesa la tuerca c y termina en la cabeza d . Los dos terminales del electro-imán están fijos sobre las dos prensas e y e' de modo que permanezcan aisladas de las demás partes del instrumento.

El *platillo de detención* C está situado en la parte baja del tubo unido á otro tubo f que se enchufa en el A; este tubo f puede moverse en dirección del eje del A mediante el tornillo g , fijándose á una altura dada por la contratuerca h . Un pequeño tornillo i hace invariable la posición de los dos tubos. El *platillo de detención* consiste en una chapa metálica k fija sobre otra de ebonita k' , que se apoya constantemente sobre dos toques l , ligados con los bornes m y m' mediante el muelle helicoidal n , de modo que al establecerse el circuito la corriente pasará de m á m' por la chapa k , estando todos los hilos y partes conductoras convenientemente aislados.

Del electro-imán B se suspende el *disyuntor* D (*fig 51 y 52*) que consiste en un cilindro de hierro de una longitud determinada; por el extremo que se suspende termina en una punta cónica y por la otra en una cabeza de mayor diámetro sobre la que descansa, cuando se arregla la fuerza magnética del electro-imán B, el pequeño tubo de sobrecarga o . Para verificar la distancia entre el electro-imán B y el platillo k , se emplea la barra p , de hierro y de una longitud determinada.

El cálculo de la longitud de esta barra se funda en las leyes de caída y en la influencia que en el disyuntor ocasiona la de-

simantación del electro-imán. Como este retardo es variable para los diferentes electro-imanés, cada instrumento tiene su barra exactamente ajustada.

Por último, para cortar las corrientes, lleva el aparato el interruptor E (*fig.^a 53*) compuesto de un muelle q con su contacto r , fijos ambos y convenientemente aislados sobre la plancha metálica S. El interruptor se intercala en el circuito, de modo que la corriente pase por la plancha ó puente S y vuelva después á la pila entrando por el muelle q y saliendo por el contacto r ; si en esta disposición se hace presión sobre el muelle, el contacto en r se interrumpirá y el circuito quedará cortado.

MANERA DE OPERAR

61. Para emplear el aparato como verificador del cronógrafo se establecen los circuitos de la manera siguiente: del polo positivo de la batería B'' (*fig.^a 54*), al cronógrafo, pasando por el electro-imán C, de éste al borne m , de aquí al m' y vuelve al polo negativo. Para el segundo; polo positivo de la batería B', cronógrafo, plancha metálica del interruptor E, prensa e' , atraviesa el electro-imán del aparato de arreglo y sale por e , de donde marcha al tope y muelle del interruptor y de aquí al polo negativo de la pila.

Se arregla enseguida el cronógrafo en la forma explicada, empezando por la segunda corriente y logrado se procede á su verificación.

Para hacer esta operación, se coloca la barra p (*figs. 51 y 52*) suspendida del electro-imán B y se ve si su parte inferior está en contacto con la chapa K: si así no sucediese se hace la coincidencia por medio del tornillo g . Se atornilla por com-

pleto el tornillo b' y se suspende el disyuntor D provisto de su peso suplementario o ; se destornilla lentamente el núcleo b' hasta el preciso momento en que caiga el disyuntor, se le quita entonces el tubo de sobrecarga y ya está el aparato en disposición de funcionar.

Corregida la fuerza magnética del electro-imán B y arreglado el cronógrafo, se oprime el botón F de éste, para que la corriente pase por el segundo circuito; se suspende el disyuntor y cuando deje de oscilar se rompe el circuito del electro-imán B, haciendo presión en el muelle q del interruptor E; con esta operación el disyuntor D caerá y al mismo tiempo el cronógrafo se pone en marcha, y así continuará hasta que se efectúe el choque de la cabeza de D con la chapa k del platillo de detención, que al descender interrumpirá el contacto con los topes l y se romperá la corriente del segundo circuito del cronógrafo, con lo cual la aguja se detendrá; el tiempo por ésta marcado debe ser de $\frac{1}{10}$ de segundo. Repitiendo varias veces la experiencia se tendrá la certidumbre de que el cronógrafo funciona normalmente.

Si la graduación marcada por la aguja no fuese de $\frac{1}{10}$ de segundo, se modificará la tensión del muelle L en la forma ya explicada (57).

62. El segundo objeto del aparato verificador es, como se ha indicado, la medición de tiempos que excedan en $\frac{1}{10}$ de segundo á aquéllos que pueden ser registrados por el cronógrafo sólo.

Para lograr tal medida se establecen los circuitos expresados en la *figura 55*, ó sea; el segundo circuito como si se fuese á operar sólo con el cronógrafo, el circuito del electro-imán B pasa por los topes m y m' del aparato y, por último, el circuito del primer blanco pasa por e y e' activando el electro-imán que sostiene al disyuntor.

Preparados los circuitos y hecha la presión en el botón F, se hace el disparo; el proyectil al pasar por el primer marco, rompe el circuito del disyuntor, que caerá sobre el platillo de detención, con lo cual se pondrá en marcha la aguja: al romper el segundo circuito se detiene; leída la graduación se le aumenta $\frac{1}{10}$ de segundo y esta suma será la duración de las experiencias. Con los cronógrafos Schmidt construídos después de 1896, se pueden medir hasta 0,2 de segundo: intercalando el aparato verificador pueden obtenerse valores de $0''{,}3$ de segundo.

63. Combinando el cronógrafo y verificador puede obtenerse con gran exactitud tiempos menores $\frac{3}{100}$ de segundo. En efecto, colocando los circuitos en la forma expuesta en la *figura 56*, al verificarse la experiencia y pasar el proyectil por el primer marco se pone en marcha el volante, cuando atraviere el segundo se interrumpe el circuito del disyuntor que, al chocar contra el platillo, rompe el segundo circuito del cronógrafo deteniéndose entonces la aguja: leída la graduación se tendrá el tiempo verdadero aumentando en $\frac{1}{10}$ que será preciso restarle para obtener aquél. Este procedimiento está indicado por la medida de tiempos menores que $0''{,}03$, para cuyo valor la graduación es muy pequeña.

VENTAJAS É INCONVENIENTES DEL CRONÓGRAFO SCHMIDT

64. Innegables son las grandes ventajas que presenta el cronógrafo Schmidt sobre todos los construídos y empleados hasta el presente y aunque no está exento de las imperfecciones inherentes á toda obra humana, no es aventurada aseveración el decir que su empleo es indiscutible en la mayoría de los casos, basta examinar con detenimiento todas sus condiciones para convencerse de la veracidad de nuestro aserto.

Sus dimensiones exiguas y su peso de 5 kilogramos escasos, le hacen sumamente portátil y cómodo para su manejo, sin que por tales propiedades sea poco preciso, puesto que da la medida de las velocidades con mucha aproximación.

No exige lugar apropiado para su instalación, pudiendo estar cerca ó lejos de la pieza que dispara, pues ni la trepidación ni el rebuzo de los gases, le causan perjuicio ni altera la marcha de la aguja.

Puede estar en cualesquiera posición: ya horizontal, ya vertical, ni su movilidad es necesaria, por lo cual puede emplearse á bordo de los barcos; no necesitando tampoco soporte especial, pudiendo servir cualquier objeto para sostenerlo.

Es sumamente sencillo su manejo y en sus medidas no influyen para nada el modo de operar del que hace la experiencia, leyéndose con facilidad el tiempo transcurrido ó directamente la velocidad cuando la distancia de los marcos sea de 50 metros.

El aparato no puede funcionar hasta que quiera el operador, por lo cual se evitan las observaciones falsas; ni las mayores ó menores resistencias de los circuitos exteriores pueden modificar la fuerza magnética de los electroimanes, debido al empleo de los rheostatos.

65 Al lado de las inmejorables propiedades anteriores, presenta defectos fundamentales, que, sin embargo, son corregibles.

Establecido el cronógrafo sobre el principio de los cronómetros y éstos á su vez sobre la fuerza elástica de un muelle, se comprende bien que su fundamento es poco estable pues los cambios de temperatura, el mayor ó menor grado de humedad, el tiempo transcurrido y otras mil causas modificarán constantemente la fuerza é intensidad del motor, siendo por tanto necesario el empleo del verificador al empezar toda experiencia, para corregirlo y arreglarlo, sin cuyo requisito no se podrá te-

ner confianza en la observación. La graduación experimental del círculo de cada aparato y el uso constante del verificador, modifican y atenúan este inconveniente, en forma que, efectuando todas las correcciones con grande escurpulosidad, las mediciones obtenidas tienen tal grado de aproximación que pueden considerarse como exactas.

Otra causa de error, fácilmente remediable, es la imperfección de los rheostatos, pues el arreglar á mano la intensidad de las corrientes, es bastante expuesto á equivocaciones por mucha práctica que tenga el operador; un tornillo micrométrico que moviese las correderas de aquéllos evitaría este defecto.

66 Comparado el cronógrafo Schmidt con el Le Boulengé modificado por M. Bregér, las ventajas que éste presente sobre aquél, son los de su fundamento establecido sobre una de las leyes de la naturaleza, y como tal inmutable, cual es la de caída de los graves, además, su rheostato perfeccionado y su disyuntor de inercia, le hacen ser sumamente aproximado en sus mediciones, por esto creemos que para las experiencias hechas en instalaciones fijas conviene desde luego el Bregér; mas para emplearlo en las baterías provisionales establecidas, ora en las más altas mesetas, ora en los valles más profundos, así como para examinar las propiedades de las pólvoras, ya en las cumbres de las montañas, como en las mismas orillas del mar, ó sobre la cubierta de un buque, no cabe duda de que el cronógrafo Schmidt es insustituible, pues el peso del aparato unido á los 30 kg. que, próximamente, pesan las dos cajas que llevan las ocho pilas, necesarias para establecer los circuitos y su exactitud en las medidas, le hacen ser, como decimos al principio, un aparato ideal.

Cuando se emplea en el campo, las mismas cajas de las pilas le sirven de soporte y se dispone el conjunto en la forma indicada en la *figura 57*; las dos cajas que contienen las bate-

rías de pilas, se colocan la una sobre la otra, éstas van forradas convenientemente á fin de mantener las pilas á una temperatura constante; sobre las cajas se pone el cronógrafo y á la derecha y suspendido de un gancho que lleva la caja superior va el verificador, con su peso en la parte inferior para que tome la posición vertical, de este modo pueden establecerse los circuitos que correspondan á las mediciones ó experiencias que se hayan de verificar.

67 Si se establece la comparación con los demás cronógrafos presenta indudablemente ventajas sobre ellos, pues además de su gran facilidad en el transporte y mayor comodidad en las lecturas, se obtienen las medidas de los tiempos y, por tanto, de velocidades con toda aproximación deseada.

Por último, mirado el cronógrafo Schmidt desde el punto de vista económico, es también muy ventajoso, pues el coste de los diferentes modelos construídos con todos los aparatos necesarios para su manejo, no es tampoco excesivo.



VI

Manómetro Rodman

PARTES DE QUE SE COMPONE

68 Por medio de este aparato se miden las presiones que se desarrollan en el interior de las piezas; pertenece al grupo de los que oponen á la presión una fuerza de intensidad conocida, es decir, que se funda en el método *estático*, y el esfuerzo conocido que se opone á la presión es la resistencia al cizallamiento de un cilindro de cobre muy puro: consiste este aparato en un punzón de acero fundido y templado, alojado dentro de un grano ó estuche del mismo metal: el cual puede fijarse á la pieza ó ponerse en el interior del ánima; dentro del estuche y, en contacto con el corte del punzón, se coloca un disco de cobre muy puro, manteniéndose dicho contacto por medio de un yunque, que es el mismo fondo del grano ó estuche en el aparato móvil. Al actuar los gases del explosivo sobre el vástago de la cuchilla, la obligan á penetrar en el disco de cobre hasta el momento en que el esfuerzo del cizallamiento equilibre la presión de la pólvora, quedando el esfuerzo conocido por las dimensiones de la incisión practicada.

Aun cuando se emplea también el aparato fijo para medir presiones, como sólo puede usarse en piezas preparadas al

efecto y en esencia no difiere en nada del móvil, únicamente se tratará de este que, por otra parte, es el reglamentario en nuestras Fábricas y Escuela de tiro.

DESCRIPCIÓN

69 Se compone de un vaso de acero A de paredes muy resistentes, cuyo hueco interior presenta una parte lisa con fondo plano (*fig. 58, lám. VI*) y otra roscada de algo mayor diámetro y se cierra por el tapón roscado B, cuya cabeza de mayor diámetro lleva dos entalladuras ó muescas para atornillarlo y destornillarlo por medio de una llave; con igual objeto lleva el vaso en la parte exterior y en la base, otras dos muescas ó entalladuras que permiten fijarlo sobre un banco.

El tapón B va atravesado en toda su longitud por una canal cilíndrica: una arandela de cobre *a a'* sirve para hacer la obturación.

El *disco registrador* M es un cilindro de cobre muy puro y homogéneo, de poca altura y cuya base tiene un poco menor diámetro que el fondo del vaso ó estuche sobre que se apoya sirviéndole de yunque; sobre la cara superior descansa la cuchilla C de acero fundido y templado cuidadosamente, es de forma piramidal, de base romboédrica, cuya diagonal mayor es muy prolongada (*fig. 59*), cortada por dos planos paralelos al que pasa por el vértice y la diagonal mayor, y por dos superficies cilíndricas prolongación de la exterior del émbolo E sobre que descansa; este émbolo ó cabeza es de un diámetro muy poco menor que el de la parte lisa del vaso A, de modo que entra á rozamiento muy suave; á la cabeza va unido el vástago F', que penetra de igual modo en la canal de B, la cual se cierra por la cápsula *o* de latón, que se llama *cápsula obturatriz*, y que tie-

ne por objeto impedir, por la expansión de sus bordes, que los gases de la combustión de la pólvora ó explosivo penetren en el interior.

CÓMO SE OPERA CON EL MANÓMETRO

70. Para operar con este aparato se limpian y se engrasan previamente cada una de sus partes; se coloca en el fondo del vaso ó estuche un disco, sobre éste se pone la cuchilla, se atornilla el tapón roscado; operación que se hace sujetando el estuche en el banco y con la llave se aprieta fuertemente el tapón con lo cual la arandela de cobre *a a* se apretará fuertemente é impedirá que, al efectuarse la experiencia, puedan penetrar los gases por esta parte, se coloca la cápsula obturatriz y, por medio de un mazo y un botador, se comprimen sus bordes y se pone una gota de sebo ó grasa encima; dispuesto el aparato de esta manera, se coloca en el fondo del cartucho, de tal modo que ocupe el centro de la base de él, si la toma de fuego es lateral, y si ésta es central se coloca muy próximo á aquél.

La operación de colocar el aparato en el fondo del saquete no ofrece dificultad si son las pólvoras irregulares; pero si las pólvoras son prismáticas entónces habrá que quitar algunos granos, que después de formado el cartucho se deben colocar; en los cartuchos metálicos y para pólvoras sin humo, como éstas ocupan poco espacio y van encerradas en saquetes de muy pequeñas dimensiones, se coloca sencillamente en el interior, procurando solamente que la cápsula obturatriz quede en la parte superior.

Dispuesto el aparato y colocado en la carga, se efectúa el disparo y se procede á recogerlo, lo cual á veces es fácil, cuando queda casi siempre en el interior del ánima, ó adheridos al

mismo cierre, ó en la misma recámara, otros en la mitad y algunos fuera de la pieza y á pocos pasos de ella; sólo como caso excepcional y si la colocación no ha sido buena, puede ser proyectado á grande distancia: esto es lo general; una vez recogido se limpia perfectamente, operación sencilla si estaba bien engrasado, se colocá en la chapa fija al banco, se encajan las enalladuras del estuche en la mortaja de la chapa y por medio de la llave se destórnila el tapón roscado; se saca la cuchilla y volviendo el vaso se extrae el disco registrador; éste llevará impresa en una de sus bases una incisión romboidal (*fig.^a 59*) *a b c d*, cuyas dimensiones darán á conocer las presiones desarrolladas en el interior de la boca de fuego.

Para medir la presión, como la incisión y por lo tanto las diagonales del rombo impreso están en razón directa de aquella, pues á medida que aumente, la sección será mayor; bastará medir una de las diagonales y se ha elegido la mayor, por quedar más perfectamente determinada, y sin que sus extremos experimenten deformación alguna por la fuerza viva originada, como consecuencia de la manera de efectuarse la presión.

FORMA MÁS CONVENIENTE DE LA CUCHILLA

71. Como de la mayor limpieza de la incisión depende la mayor exactitud en la determinación de las presiones, habrá que hacer un estudio detenido de la forma más conveniente de la cuchilla.

Si la cuchilla afectase la forma de punzón ó de cuña, penetraría con mayor facilidad y los bordes de la incisión serían más limpios, pero la penetración sería muy grande y los discos tendrían que tener demasiada altura.

Si, afectando la forma de cuña, el ángulo de las dos caras va aumentando, la profundidad va disminuyendo y presentan los trazos de la incisión mayor deformación, por otra parte, como los costados de la cuña son planos, la incisión por la parte correspondiente á ellos está más deformada; y, por tanto, no se podrán determinar con exactitud las dimensiones de la incisión y, como consecuencia, saber la presión que la ha producido.

De todas estas consideraciones se dedujo: que la forma más conveniente es lo que tiene, pues siendo la base romboidal, se aproxima mucho á la de cuña, es decir, que presenta mayor facilidad á la penetración y las aristas correspondientes á la diagonal mayor formarán un ángulo grande, con lo cual el trazo será mayor y permitirá mejor su medida.

Según las experiencias de la casa Krupp, el ángulo de 160° para valor del ángulo obtuso y el de 55° para el agudo, es el que reúne mejores condiciones: estas inclinaciones tienen las cuchillas de los aparatos por nosotros empleados.

COMPÁS PARA MEDIR INCISIONES

72 Para medir la amplitud de la diagonal mayor, se usa un compás especial llamado de *medir incisiones*; se compone (*figura 60*) de una columnita *a s* que sostiene, por la abrazadera *G*, la lente *L* que puede girar alrededor del eje *o*; en el extremo *s* sostiene un brazo acodado *s'* que lleva el tornillo *T* para sujetar los discos contra una caja *H* fija invariablemente al expresado brazo *s*.

Dentro de la caja *H* puede moverse á cola de milano, la regla *M M* graduada en mm. por su borde inferior; en la parte de la izquierda lleva un brazo ó talón en escuadra *c* y por de-

bajo otro brazo l que sostiene un tornillo b de coincidencia, cuya tuerca va fija en la parte inferior de la caja H.

Sobre la caja va la corredera N N', con un nonio en el borde inferior que aprecia décimas de mm.; esta corredera lleva en su parte superior un tornillo fijo, cuya tuerca d es una pieza móvil entre las quijadas de una abrazadera $d f$, que puede fijarse en una posición cualquiera por medio de un tornillo de presión e ; en el lado opuesto, ó sea en la parte izquierda, lleva un talón ó escuadra c' que sostiene la reglilla r , que puede girar alrededor de un eje que lleva en su extremo.

Para medir con este compás la incisión practicada en un disco, se coloca, con el auxilio de la lente, el cero del nonio en correspondencia con una división de la regla que indique la longitud aproximada á la mitad de la diagonal mayor de la incisión; se pone el disco D sobre dos pilarillos que lleva la caja H por la parte posterior y frente al tornillo T; se baja la reglilla r y se hace coincidir con la diagonal mayor de la incisión, para lo que se empleará la lente, y hecha esta coincidencia se sujeta el disco por medio del tornillo T; procédese después á la coincidencia del borde de latón c' con la otra diagonal, para ésto se fija la abrazadera $d e$ por el tornillo e y se efectúa la exacta coincidencia por la tuerca d , que hará moverse al tornillo fijo á la corredera del nonio; conseguido lo anterior, se aproxima el talón c por medio del tornillo b , al vértice de la diagonal haciéndose la coincidencia; leída la graduación de la regla, tendremos la longitud de la mitad de la diagonal y por consiguiente su longitud total.

Se mide solo media diagonal, porque así se tienen tres puntos no situados en línea recta y la coincidencia del talón del nonio es más exacta, evitándose por lo tanto errores; si se invierte la posición del disco y se mide la otra media diagonal, estando bien hecha la primera operación dará el mismo valor,

si fuese diferente se tomaría el promedio; como el error que se comete en una sola lectura es menor que una décima, este mismo error será el que se cometa al tomar el promedio, luego conviene efectuar la doble operación para que el error no pase de este límite, como sucedería haciendo una sola medición.

Aun cuando solo sea aproximadamente, pueden apreciarse fracciones de las décimas, es decir, centésimas de milímetro, pero ésto sólo puede hacerse teniendo mucha práctica en las mediciones.

Una vez medida la diagonal mayor de la incisión, para conocer la presión, hacemos uso de la tabla IV, en la que á la derecha de los diversos valores de las presiones, variando de 100 ks., están las longitudes en mm. y centésimas de milímetros de las incisiones impresas con dichas presiones, de modo que buscando la longitud medida en la columna de incisiones y viendo la presión correspondiente en ella tendremos la buscada; si la incisión medida no está exactamente en la tabla se toma la más próxima, si no se desea mucha exactitud, y sinó se interpola admitiendo proporcionalidad.

La disposición de la tabla es la siguiente: la primera columna va encabezada con la palabra *presión*, expresadas en kg. por centímetro cuadrado; la segunda lleva la palabra *incisión* y están expresadas en milímetros; comprende la tabla las presiones de 100 á 3.600, variando de ciento en ciento; la menor incisión es de 4,22 mm. que corresponde á 100 kg. y la mayor es de 22,78 que corresponden á 3.600.

En vez de tabla se construye una curva gráfica tomando como abscisas (*fig.^a 61*) las presiones y como ordenadas las incisiones, teniendo con ésto las facilidades de poder determinar todas las presiones sin necesidad de interpolaciones; pues bastará tomar con un compás, y con arreglo á escala, la magnitud correspondiente á la nueva incisión y llevada á la parte de

curva comprendida entre las incisiones mayor ó menor que la nueva, midiendo la abscisa correspondiente tendremos la presión; si la curva se hace en papel cuadrículado, es mucho más rápida la operación.

BALANZA DE CONTRASTE

73. Los valores de la tabla y de la curva se han determinado experimentalmente por medio de la *balanza de contraste*, que consta: de una *barra* sujeta por uno de sus extremos, llevando en el otro suspendido un platillo; de un *soporte* correspondiente á la superficie fija de apoyo; de un *porta-disco* que sirve á la vez de guía al vástago de la cuchilla y del *tornillo de suspensión* con su tuerca fija.

El todo descansa sobre una mesa de hierro, sujeta por cuatro tornillos á un fuerte sillar de grandes dimensiones y sólidamente cimentado.

La *barra* (*fig.^a 62*) B es de hierro dulce la sección rectangular y lleva tres ejes de acero perpendiculares *c*, *d* y *e* á las caras laterales; los ejes *c* y *d* sirven para apoyar la barra en el soporte *s*, en las dos posiciones que puede tomar para obtener pequeñas ó grandes incisiones; el tercero *e* sirve para la suspensión del platillo; todos estos ejes afectan la forma indicada en la (*fig.^a 63*); dos planchuelas de acero *f* encastradas á cola de milano en la cara inferior, sirven para que sobre ellas se apoye el extremo del vástago *m* que lleva la cuchilla.

El centro de gravedad, que corresponde al punto medio de la barra, va marcado en ella y la vertical que por él pasa atraviesa la segunda planchuela, que no se ve en la figura.

El *soporte* *s* también de hierro, se sujeta á la mesa M por medio de una tuerca atornillada al filete *n*; en la parte superior

lleva una mortaja K, en la cual existe perfectamente ajustado un casquillo *i* de acero, sujeto por el tornillo *l*; la cara superior es la superficie fija de apoyo de los ejes antes citados. La mortaja tiene la forma de cruz para poder sacar y correr la barra B, de modo que pueda sostener á los ejes *c* y *d*, según convenga.

El *porta-disco*, consta de la base, en la cual se colocan los discos en un alojamiento á propósito I del estuche *a*, en donde se mueve á rozamiento suave el vástago *m* porta-cuchilla, entrando el de ésta en la canal cilíndrica *o* que aquél lleva practicada en su interior: una ranura que lleva á lo largo de una de sus generatrices y en la que penetra el extremo de un tornillo *t* fijo al porta-disco, impide el movimiento giratorio. Termina el vástago, por su parte superior, en una arista redondeada, que es la que se apoya sobre las planchuelas *f*; esta disposición hace que se transmita mejor la presión y no haya entorpecimiento en el movimiento giratorio y descendente de la barra.

Para sostener la barra, cuando no haya de actuar sobre el vástago porta-cuchilla, se emplea el *tornillo de suspensión* D' que se compone del soporte S' donde se aloja la tuerca T', que puede girar sin salir de su alojamiento en virtud de una canal circular y un tornillo *r* cuyo extremo penetra en aquélla; lleva la tuerca para su manejo cuatro manivelas *n*; el tornillo T con cabeza esférica puede subir ó bajar en virtud del movimiento de la tuerca.

El platillo para suspender los pesos, así como la forma de la mesa M, basta la simple inspección de la figura para formarse idea cabal.

74. Conocido el aparato, veamos cómo se opera: se eligen los discos registradores de cobre muy puro y homogéneo, pues tienen que ofrecer la misma resistencia á la penetración de la

cuchilla, para que se obtengan, en igualdad de circunstancias, la misma longitud para las incisiones. Como en el comercio, aun cuando el cobre sea puro no es muy homogéneo, se someten las caras de los discos á cinco golpes de martillo, que pesa 10 kg. y que cae desde una altura de 1,10 m.

Se suspende la barra B por medio del tornillo de suspensión, se coloca en el vástago porta-cuchilla la misma del aparato, para el cual se construye la tabla ó la curva; se pone un disco en el porta-disco y en el platillo de la balanza los pesos que corresponde á la presión que se desea contrastar, y cuyos pesos se determinan por medio de la ecuación de equilibrio de la barra, que no es más que una palanca de segundo género, y que si representamos por Q la resistencia (*fig.^a 64*) y por P la potencia, se tendrá $\frac{P}{Q} = \frac{BC}{AC}$, de donde $Q = \frac{AC}{BC} P$;

como la relación $\frac{AC}{BC}$ es conocida en las dos posiciones de la barra, bastará multiplicar su valor por el de P para obtener la presión ejercida en el disco; como AC es mayor que BC se comprende que con poco peso en el platillo, se pueden hacer incisiones correspondientes á presiones muy grandes.

Ya dispuesta la balanza en la forma dicha, se hace descender lentamente el tornillo de suspensión hasta que la barra esté libre, que entonces se apoyará en el vástago, y la cuchilla penetrará en el disco; se deja en esta disposición un cierto tiempo, que según las experiencias de Sevilla conviene sea de medio minuto y transcurrido se vuelve á suspender la barra; se retira el vástago y cuchilla, se aprieta el tornillo *t* para que no descienda después de extraer el disco y pueda aquélla deformarse; se mide la amplitud de la incisión, por medio del compás, y como el valor de la presión es conocido por la relación anterior, podremos ya poner estos valores en la tabla ó trazar

la ordenada y abscisa correspondiente: del mismo modo se encuentran los demás valores.

Hay otro procedimiento para determinar la presión que corresponde á una incisión obtenida sobre el disco en una experiencia: consiste en colocar el disco ya cizallado en el portadisco de la balanza y el vástago con la misma cuchilla que produjo la incisión; se hace descender la barra de modo que la cuchilla venga á colocarse en la misma incisión que en la experiencia hizo; llegado el momento que se apoye, se la deja en completa libertad y se empiezan á echar pesos en el platillo hasta que empieza la barra á descender y por el número de pesos colocados hasta este momento, deduciremos la presión: este método, como vemos, es muy expuesto á cometer grandes errores por la dificultad de precisar el momento en que la barra empieza á descender.

OBSERVACIONES

75. El manómetro Rodman, cuya descripción y manejo acabamos de exponer, presenta incuestionables ventajas, si bien los inconvenientes hay que tenerlos en cuenta: puede colocarse en cualquiera pieza; no exige más cuidado que un perfecto engrasado y una esmerada limpieza, para que todas sus partes se conserven en perfecto ajuste, es muy sencillo y resistente y, por lo tanto, su manejo no ofrece dificultad; en nada se modifican las condiciones del tiro, pudiéndose emplear uno ó varios aparatos, aun haciendo á la vez otra clase de experiencias; y, por último, que verificado el disparo y recogido el disco, reemplazándole por otro, queda en disposición de operar de nuevo.

El principal inconveniente es la falta de exactitud en la

medida de las incisiones, debido á que la cuchilla no penetra en los discos sin fuerza viva, sino al contrario, con lo cual la incisión hecha por aquélla tiene mayor base, á igualdad de altura, que la que hubiese hecho la cuchilla por medio de la *balanza de contraste*; esta diferencia disminuye hácia el vértice y de aquí el que se tome la diagonal mayor para determinar las presiones.

Esta fuerza viva adquirida por la cuchilla, es debida á la manera rápida con que obran los gases de la combustión de la carga, fenómeno que se verifica en unas centésimas de segundo.

A pesar del inconveniente anterior, se ha empleado y se emplea, habiendo permitido apreciar fenómenos muy importantes relacionados con los adelantos de la artillería y muy particularmente sobre la necesidad de emplear pólvoras muy lentas en las piezas de grandes calibres.



VII

Manómetro Crusher

DESCRIPCIÓN Y MANERA DE OPERAR

76 Para evitar, en parte, los errores del manómetro anterior, tanto de la fuerza viva como de la forma y dimensiones de la incisión, por ser ésta variable según se verifique en la pieza ó en la balanza de contraste, el capitán Noble ideó el manómetro de aplastamiento que da la presión, por el que experimenta un cilindro de cobre muy puro; verificando el contraste, sometiendo á esfuerzos de compresión regulares y crecientes cilindros de cobre de dimensiones determinadas y observando las deformaciones sufridas.

Lo mismo que en el manómetro Rodman, se emplean dos clases de aparatos; unos que se pueden atornillar en las piezas de prueba y otros que pueden colocarse libremente en el ánima: como la disposición interior es la misma en ambos, únicamente se describe el aparato móvil.

Un grano A (*fig.^a 66, lám. VI*), de acero, de la misma forma del Rodman, está lo mismo que aquél cerrado por el tapón roscado P, llevando uno y otro, sus muescas correspondientes; en el interior de la canal del tapón roscado entra, á rozamiento suave, el vástago del compresor E, que se apoya en el cilin-

dro H, de cobre, de menor base que altura y que se mantiene centrado por el anillo de caucho *c c*; se cierra por la cápsula obturatriz *o* de latón.

La manera de operar es sumamente sencilla: después de estar perfectamente limpio y engrasado se coloca el anillo en el cilindro, se introduce en la caja ó estuche A de modo que quede bien apoyado en el fondo (que hace las veces de yunque), se pone el compresor, cuya cabeza en algunos aparatos tiene cuatro canales, por si penetrasen gases en el interior que no den lugar á error por el exceso de presión que pudieran comunicarle; se atornilla fuertemente el tapón, valiéndose del banco y de la llave, y se coloca la cápsula obturatriz, que se ajusta perfectamente por medio de un recalador de acero y un mazo y se engrasa todo el aparato; los modernos van forrados de cobre.

Armado el aparato se introduce en el cartucho, con las precauciones ya dichas al tratar del manómetro anterior, se hace el disparo y se recoge; se destornilla, y extraído el cilindro H, se procede á medir el aplastamiento experimentado.

COMPÁS PARA MEDIR ESPESORES

77 Esta operación se hace por medio de un *compás de medir aplastamientos*, hecho en nuestra Fábrica de Trubía (1); pueden emplearse otros compases: en la Escuela Central de Tiro (2), emplean uno inglés sumamente cómodo y sencillo, pero ninguno tiene tanta aproximación como el empleado en

(1) Hoy se construyen en el Laboratorio los denominados Palmer y cuya descripción está en el apéndice, así como el de tambor (alemán) que es el por nosotros usado.

(2) Su descripción va al final.

nuestra Fábrica, y del que existen dos ejemplares aquí en la Escuela Práctica.

Se compone de la base circular M N (*fig.^a 67*) sobre la que descansa el aparato; formando cuerpo con ella va el brazo acodado A B c que sostiene la tuerca c, abierta á lo largo de una generatriz, con dos orejetas, que se pueden aproximar ó separar por medio del tornillo t; la parte superior de esta tuerca es á la vez tornillo en donde se atornilla la tuerca D, que tiene dos muescas para manejarla con la llave; y la tuerca D que forma parte del limbo E F, en el cual va una lámina embutida, dividida en cien partes: en algunos, la graduación va directamente trazada sobre el mismo limbo.

El nonio, cuando lo tiene, va en el platillo C H, que en su centro tiene una ventana cuadrada, y forma cuerpo con el cilindro P Q terminado en la parte superior por una superficie cónica: dentro de este cilindro puede enchufarse el s s hueco, abierto por la parte inferior y cerrado por la superior y en cuya parte ó fondo hay también practicada una ventana cuadrada; en la parte exterior lleva este cilindro una graduación en milímetros, estando el cero en la parte superior; el tubo s s tiende constantemente á desenchufarse del P Q por la acción del muelle r, que es de alambre.

Sobre una arista que tiene el cilindro s s descansa una arandela de gamuza e; la pieza d, con dos muescas en el exterior, va sostenida por uno ó dos filetes que lleva en su base la cabeza T, que tiene la forma exterior indicada en la figura y en la interior afecta la forma cilíndrica, abierta por la parte superior y sólo deja una abertura cilíndrica de poco diámetro en la inferior; dentro va el muelle r', de acero de mucha resistencia; sobre éste descansa el anillo f para hacerlo independiente de la tapa g, que lleva practicada una tuerca en su centro y tiene dos rebajos para poderla atornillar.

Atraviesa el aparato desde la tuerca $c c$, el vástago $m n n'$ m' , que está fileteado en la parte $m n$ para poderlo atornillar en la tuerca $c c$; la parte $n n'$ es un prisma de base cuadrada; en n' afecta la forma troncocónica, después cilíndrica y, por último, roscada en el extremo superior m' y en cuya rosca se atornilla la tapa g .

La base y parte del brazo acodado tienen practicada una tuerca en la que se aloja el tornillo K , sobre el cual se coloca el cilindro cuya altura se trata de medir. Los pasos de los tornillos $m n$ y K , son de un milímetro.

La manera de funcionar este compás, es la siguiente: el vástago se atornilla en su tuerca, aumentándose el rozamiento por medio del tornillo t de la tuerca $c c$, se introduce en el platillo $E F$ por la abertura cuadrada, se coloca el muelle r y se enchufan los cilindros $P Q$ y $s s$, pasando el vástago por la ventana cuadrada que éste lleva; se coloca la rodaja ó arandela de gamuza e , encima va la cabeza T , que lleva atornillada la pieza d , pasando el vástago por la canal cilíndrica de la cabeza; atraviesa el muelle r' , la pieza f y se atornilla á la tapa g ; al atornillarse ésta comprime al muelle de la cabeza, presión que transmitida al exterior, hace que se origine un rozamiento entre la parte superior del cilindro $s s$ y la arandela e , rozamiento que una vez fija la tapa g se puede graduar por medio de la tuerca d ; este rozamiento hace que al girar la cabeza arrastre al cilindro $s s$, el que, con su ventana cuadrada, hace girar el vástago mientras no haya esfuerzo mayor que vencer.

MEDIDA DE LOS APLASTAMIENTOS

78 Para hacer las medidas, se empieza por hacer la coincidencia de los ceros, es decir, que marcando el borde del cilindro $P Q$ el cero de la graduación que lleva el $s s$, el cero del

nonio coincida con el del limbo y, al mismo tiempo, que al extremo m del vástago esté en contacto con el plano superior del tornillo K; para verificar esta coincidencia, en el caso de que no existiese, se empieza por colocar el tornillo K de modo que quede á nivel de la meseta $a b$; enseguida se baja el vástago hasta que se efectúa el contacto, lo cual se conocerá porque la cabeza T queda loca en virtud de la forma en que se verifica el movimiento; se separa la tuerca D' de la D, valiéndose de la llave que se apoya en las muescas que aquélla lleva; como queda libre la tuerca del limbo, se subirá ó bajará hasta tanto que el borde del cilindro P Q, así como el cero del nonio, estén en sus referencias; conseguido ésto, se atornilla fuertemente la tuerca D' contra la D, con lo que ésta quedará perfectamente fija.

Se gradúa á continuación el rozamiento entre la cabeza T y el cilindro $s s$, para lo cual se coloca un papel entre m y K, y verificado el contacto, se observará si hay alguna huella de presión en el papel; si así sucediese, indicará que era grande el rozamiento y se disminuye girando convenientemente la pieza d ; y obtenido el rozamiento debido, se aprieta fuertemente contra ella la pieza d' .

Arreglado el rozamiento, ya está el aparato en disposición de verificar la operación: para ello, se pone el cilindro registrador sobre la meseta $a b$, se hace descender el vástago por medio de la cabeza T, verificado el contacto, no podrá avanzar más el tornillo $m n$, se leen los milímetros en el cilindro $s s$ y las fracciones en el limbo, que como está dividido en cien partes y el nonio en diez, se podrá apreciar hasta milésimas de milímetros.

Yendo después á la tabla V, previamente calculada, y buscando en la columna de compresiones la que en el cilindro se ha experimentado (que puede determinarse por conocerse la altura primitiva del cilindro) y viendo en la misma línea el va-

lor correspondiente de la presión en la columna encabezada con la palabra *presión*, tendremos el valor de ésta en kg. por cm^2 ; si la compresión no estuviese exactamente contenida en la tabla, al valor de las presiones le sucederá lo mismo, procediéndose entonces á la interpolación.

Para no tener necesidad de interpolar puede hacerse también un diagrama, que ofrece mayor comodidad en su manejo y mayor precisión, verificándose la operación de medir una presión correspondiente á una compresión dada, de la misma manera dicha al tratar del manómetro anterior.

CONSTRUCCIÓN DE LA TABLA DE COMPRESIONES

79. Para construir tanto la tabla como la curva, se puede hacer uso de la balanza de contraste explicada para el aparato Rodman, poniendo en el porta-disco los cilindros y por los pesos sucesivos que se colocan en el platillo, se tendrá conocimiento de la presión correspondiente á la compresión experimentada.

La balanza ó máquina de comprimir los cilindros de cobre empleada en la fábrica de Trubia está representada en la (*fig.^a 70*) y se compone de una basa de fundición LL que sostiene el soporte S, el *aparato de compresión* S_1 y la *barra en escuadra* S_2 .

El soporte S (*figs. 70 y 71*) lleva los cojinetes *o* del eje de giro de la palanca AB, el cual, á fin de disminuir los rozamientos es de forma prismática triangular, apoyándose por una de sus aristas. La barra AB, lleva una graduación para fracciones de 10 kg. y un peso P' , que puede correr á lo largo de aquélla, con su mango *a* para manejarlo y su muelle *l* para fijarlo en su posición; además del eje, alrededor del cual puede girar,

lleva en su extremo B otro prisma m que entra en el marco M N y en el otro extremo A otro eje del cual pende la varilla articulada v fileteada en la parte inferior, en donde se atornilla la tuerca t_1 . En esta varilla se ponen los pesos P, en forma de discos, con una ranura radical para poderlos colocar; llevan en su superficie una inscripción con el número de kilogramos que pueden equilibrar: como los hay de 100, 200 y 500 kg. y la graduación de la palanca varía de 10 en 10, se podrán hacer todas las medidas de presiones cuyas diferencias sean 10 de kg. Próxima á la graduación de 100 kg. atraviesa la palanca por una ventana rectangular del brazo $M_1 N_1$ de la barra en escuadra S_2 , y entre aquélla y el extremo A, lleva sujeta la pieza x con un índice y un contacto de platino r .

El aparato de compresión S_1 comprende, el cilindro K abierto por uno de sus extremos y por el otro termina al exterior en una punta que encaja en un alojamiento practicado en la palanca de tercer género D E, que gira alrededor de un eje e_1 que lleva en el extremo E en unos cojinetes fijos á la basa; por el extremo D, provisto de su cuchilla ó prisma n penetra y se apoya en el marco M N y lleva también su varilla v' en la que se ponen los pesos P_1 . En el interior de K se pone el cilindro de cobre d que se ha de comprimir, debiendo quedar bien centrado lo cual se consigue por medio de un anillo de goma ó caucho; sobre el cilindro se apoya el émbolo compresor H, de acero, terminado exteriormente en la misma forma que el cilindro K y sobre él actúa el extremo del husillo h movido por la tuerca loca C, la que á su vez adquiere movimiento por el piñón C, rápida ó lentamente según que se muevan, respectivamente, los manubrios M'' y M' pues el M'' obra directamente sobre el piñón y el segundo lo hace por el engranaje helicoidal p y el cónico e y e' .

La barra en escuadra S_2 situada en la parte superior de la

basa, está sostenida por la armadura K_1 ; se dobla en ángulo recto en su extremo formando el brazo $M_1 N_1$, con su rectángulo α' vaciado en su centro por donde hemos dicho pasa la palanca $A B$ y para que éste no se deteriore lleva la pieza de madera m : en la parte superior del brazo $M_1 N_1$ va el índice i' y el contacto de platino r' el que está directamente en comunicación con la caja F ; en donde hay una ó dos de pilas y un timbre, por medio del hilo $\alpha \alpha'$ convenientemente aislado del resto de la balanza.

La manera de funcionar es muy sencilla: enganchada la palanca $A B$ con la $D E$ por el marco $M N$ y no poniendo pesos en las varillas v y con el peso P' marcando el cero, ambas deben quedar horizontal; ésta será la comprobación para saber que la balanza puede funcionar. Se pone el cilindro de cobre en el K , y sobre él el émbolo H y el conjunto se pone encima y en sitio ya marcado de la palanca $D E$, bajando por medio del manubrio M'' el husillo h hasta que el alojamiento cónico de su extremidad inferior penetre ó se apoye sobre el exterior del émbolo.

Se colocan los pesos P_1 y P convenientes para la presión que se trata de efectuar y con el mismo objeto se corre el P' ; en esta disposición empezará á comprimirse el cilindro moviendo el manubrio M , cuyo brazo de palanca puede aumentarse corriéndole á un lado y á otro v fijándolo en su posición por una chaveta que penetra los ojales 1, 2, ... que aquél lleva. Al girar el manubrio M por el engranaje helicoidal, girará el eje N' que á su vez moverá por un engranaje cónico el eje del piñón C_1 y éste hará descender al husillo h , el cual empujando al émbolo H comprimirá al cilindro.

Mientras se efectúa la compresión, la palanca $A B$ tendrá su extremo A más bajo que el B , colocándose en la posición horizontal cuando llegue la compresión al límite marcado por los pesos; en este momento se ponen los contactos r y r' en

unión y suena el timbre, cesando entonces de mover el manubrio M por haberse terminado la operación; moviendo ahora el manubrio M", volverá á descender el brazo A y se podrá retirar fácilmente el cilindro K y por tanto el de cobre medido éste con el compás de medir aplastamientos, se tendrá, restando de la altura primitiva la nueva la compresión experimentada correspondiente á la presión; de este modo, y por mediciones sucesivas, se puede formar la tabla y curva de compresiones.

TEORÍA DE LA BALANZA

80. Los pesos que se colocan en la varilla v , y se ha dicho que llevan en su superficie un número que expresa en kilogramos la presión que comunican al cilindro de cobre, pero su peso real es mucho menor siendo fácil deducir el que le corresponde.

En efecto, sean A B y D E (*fig.^a 72*) las dos palancas articuladas á la varilla rígida M N y cuyos puntos de apoyo son o y o' ; sean P la potencia y Q la resistencia. La ecuación de equilibrio será, para la palanca D E

$$P_2 \times c o' = Q \times d o', \text{ de donde } P_2 = Q \times \frac{d o'}{c o'};$$

la correspondiente á la A B, es

$$P \times a o = P_2 \times b o \text{ de la cual } P = P_2 \times \frac{b o}{a o}$$

y substituyendo en vez de P_2 su valor, resulta

$$P = Q \times \frac{d o'}{c o'} \times \frac{b o}{a o} \quad [8]$$

que es la ecuación general de equilibrio y por medio de la cual se podrá determinar los diferentes valores de los pesos. Como

las relaciones $\frac{d o'}{c o'}$ y $\frac{b o'}{a o}$ son constantes para la balanza dando valores sucesivos á q se tendrán los de P .

Supongamos, por ejemplo, que se quiere determinar el peso de uno de los discos que corresponden á una presión de 100 kilogramos. El valor de Q será 100 kg. y como en la máquina $d o' = 100$ mm. $c o' = 500$ $\frac{m m}{k g}$ $b o = 80$ mm. y $a o = 1000$ milímetros las relaciones $\frac{d o'}{c o'}$ y $\frac{b o}{a o}$ tendrán, respectivamente, por valores 0,2 y 0,08, y el de P será

$$P = 100 \times 0,2 \times 0,08 = 1,600 \text{ kg.}$$

y así es en efecto.

Para los discos que representan 200 kg. y 500 kg., no hay necesidad de efectuar el cálculo pues serán respectivamente, 2 ó 5 veces mayores que el obtenido para P .

De un modo análogo se hace el cálculo de P' , conocida la graduación de la regla, ó bien se determina ésta si se fija de antemano el valor de P' .

CILINDROS REGISTRADORES

81 Los cilindros registradores deben ser de cobre muy puro y homogéneo; con estas condiciones la deformación es muy regular y los cilindros después de verificada la experiencia afectan la forma de un barril (*fig. 69*) cuyas bases son perfectamente circulares: en la figura, H representa el cilindro antes de la deformación H' después de deformado.

Se extraen del centro de una chapa de cobre rojo batido en frío, para que la materia sea homogénea, cortando primero prismas de base cuadrada, que después se tornean y tracen para formar los cilindros, que se terminan á lima para ajustar-

los á las dimensiones debidas: se comprueban después admitiendo una tolerancia de 0,01 mm. y se les somete á una presión prévia de 1000 kg. desechándose los que hayan sufrido un aplastamiento mayor que el correspondiente al promedio. Con todas estas operaciones se logra que los cilindros sean muy homogéneos, mas para emplearlos será preciso medirlos antes para conocer el aplastamiento inicial.

La altura de los cilindros es muy distinta según se emplee el aparato número 1 ó el número 2, aunque sus dimensiones nunca pasan de 10 mm. en la base y 15 mm. de altura; en la fábrica de Trubia para cada aparato dan la tabla correspondiente y su curva, cuyo trazado se hace en la forma siguiente:

Se traza en un papel cuadrículado al mismo sistema coordinado ortogonal y sobre él se toman como abcisas las presiones y por ordenadas los aplastamientos. Se toman tres cilindros, se pone en la balanza los pesos necesarios para obtener una presión de 1050 kg. y se los somete á esta compresión: medida ésta y hallado el promedio, éste será el valor de la compresión para 50 kg. Aumentando la presión de 50 en 50 kg. se tendrán nuevos aplastamientos, cuyos respectivos valores llevados al sistema coordinado darán una serie de puntos que uniéndolos entre sí, por una línea, se obtendrá el monograma de los aplastamientos; para simplificar se hace la reducción indicada en la *figura 73*, que permite encontrar muy cómodamente los resultados.

MANÓMETRO CRUSHER PARA FUSILES.

82. Dadas las reducidas dimensiones de los fusiles, no pueden emplearse en ellos aparatos movibles, y se usan los fijos, pero de una forma especial indicada en la (*fig. 74*) están

formados por un cilindro A soldado al mismo cañón del fusil F á la altura de la recámara: atraviésalo el émbolo D, que penetra en un taladro practicado en el cañón, que corresponde al mismo borde del cartucho: el émbolo lleva por un extremo la cabeza ó platillo *a b*, en donde se apoya el cilindro de cobre H, y por el otro extremo en la cápsula obturatriz *o* sujeta por un tornillo. En la parte superior del cilindro A se ajornilla la pieza B muy resistente, que sirve de yunque.

La manera de funcionar con este manómetro es bastante fácil, pues se reduce á colocar el cilindro H y apretar la pieza B; efectuar el disparo y medir la compresión: los resultados obtenidos son muy poco precisos.

COMPARACIÓN CON EL RODMAN

83. Aunque se suprimen algunos de los errores que dijimos tenía el aparato Rodman, también se expresó que no eran exactas las mediciones hechas, puesto que éstas se hacen por comparación con las deducidas por medio de la balanza de contraste ú otra máquina cualquiera de probar metales, y la manera de obrar ó ejercer la presión es bastante distinta; así como también, que teniendo que recorrer el compresor un cierto camino, igual á la compresión experimentada en el cilindro, adquirirá una cierta fuerza viva y por lo tanto la compresión será mayor que la verdadera.

Para evitar uno y otro inconveniente ideó Clavarino la modificación siguiente en el crusher.

CRUSHER MODIFICADO POR CLAVARINO

84. Si en vez de colocar en el crusher cilindros que experimenten una deformación, colocamos cilindros que no se deformen, es evidente que se suprimen las dos principales causas de error cuales son: la fuerza viva y el error debido al contraste.

Consta el aparato de un grano de acero *C* (*fig.^a 75*) que puede atornillarse al cierre de la pieza; este grano, que lleva una cavidad cilíndrica en su interior, se cierra por el tapón *t* que tiene una canal por donde pasa, á rozamiento suave, el vástago del compresor *A* cuya cabeza tiene un diámetro algo menor que el de la cavidad en que se aloja; la clavija *p* situada en el fondo sirve para sostener y centrar el disco de prueba *c*: un muelle hace que el compresor esté en efecto contacto con la cara anterior del disco.

Para evitar que puedan penetrar los gases, entre el grano y la pieza se coloca el anillo de cobre *m n*, y el *d c* entre el tapón y el grano, así como la cápsula obturatriz *o* en la canal del vástago; mas por si penetrasen en el interior los gases de la combustión, tanto el vástago como la cabeza del compresor, llevan, cuatro canales, para facilitar la expulsión de ellos, por la canal de servicio *H*.

Los discos de prueba son de cobre, aunque en algunos casos se emplean otros metales para no aumentar ó disminuir demasiado las dimensiones del aparato, pues se necesitan cilindros de diferentes diámetros, y si la presión es pequeña, empleando el cobre sus dimensiones serían reducidas; siendo el diámetro muy grande, cuando aquéllas sean superiores.

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS CILINDROS

85. Dependiendo la resistencia de un cilindro de la mayor masa y no conviniendo que varíe la altura, esta condición se cumplirá aumentando el diámetro: luego lo primero que conviene encontrar es el diámetro necesario, para que no haya deformación bajo la presión presumible que se va á experimentar.

Llamemos D el diámetro que se busca, d al del vástago, p la presión sobre la base de éste y q la que transmite el émbolo al disco, podemos establecer la siguiente proporción:

$$\frac{P}{q} = \frac{\pi D^2}{4} : \frac{\pi d^2}{4} \text{ ó bien } \frac{P}{q} = \frac{D^2}{d^2},$$

puesto que las presiones transmitidas están en razón inversa de las superficies sobre que se ejercen; de esta expresión deduciremos el valor del diámetro.

$$D = d \sqrt{\frac{P}{q}};$$

si suponemos que d tenga un valor tal que la superficie del vástago, sobre la que se ejerce la presión, sea de un centímetro cuadrado, y lo tomamos como unidad, entonces el valor de D , será:

$$D = \sqrt{\frac{P}{q}} \quad [9]$$

estando también expresados p y q en kg. por cm^2 .

86. Aun cuando d no corresponda al valor de un cm^2 de la sección del vástago, puede también elegirse por unidad, así,

tanto en este caso como en el anterior, obtenido el valor de la relación $\sqrt{\frac{P}{q}}$ bastará multiplicarla por d para obtener en centímetros el verdadero valor de D .

En la fórmula [9] tenemos que determinar el valor de q , ó sea, el esfuerzo límite que no produce deformación apreciable en el cobre ó metal que se emplea; es decir, hay que encontrar el límite de elasticidad y éste será el valor que tomamos para q ; empleando el mismo cobre que en el aparato sin modificar, el límite del esfuerzo que puede resistir sin sufrir deformación, es de 500 kg. por cm^2 y éste será el valor que tomaremos para q .

Fijado el valor de q , dando sucesivos valores á p se puede formar una tabla, en la que, al lado de las presiones, aparecen los valores de D .

La tabla dada por Clavarino, tomando para valor de q , 500 kg. por cm^2 , y dando á p valores crecientes de 100 en 100 á partir de 1.000 hasta 3.000, es como sigue:

P. Kg.	D. mm.	P. Kg.	D. mm.	P. Kg.	D. mm.
1,000	14,13	1,700	18,44	2,400	21,91
1,100	14,83	1,800	18,97	2,500	22,36
1,200	15,49	1,900	19,49	2,600	22,80
1,300	16,12	2,000	20,00	2,700	23,24
1,400	16,73	2,100	20,49	2,800	23,66
1,500	17,32	2,200	20,98	2,900	24,08
1,600	17,89	2,300	21,45	3,000	24,49

En cuanto á la altura del disco, ha de ser tal que nunca haya temor á la flexión; de modo que según la tabla, debe ser menor de 14,13; se han empleado discos de 12 mm. de altura, con lo cual no hay temor de que se flexen.

MODO DE OPERAR

87 Para operar con este aparato, después de perfectamente engrasado y ajustadas todas sus partes, se elijen discos que tengan una resistencia un poco mayor que la presión que se presume han de soportar, presión, que si la experiencia se hace con exactitud, debe determinarse por las fórmulas encontradas en balística interior; por la canal H, se ponen y ajustan los cilindros en su posición central y se verifica la experiencia; se extraen y, por medio de un compás de espesores, se examina cuidadosamente si han sufrido deformación, no sólo en su contorno sino también en su altura; si no la hubiesen sufrido, indicaría que la presión era igual ó menor que la experimentada y para comprobarlo se coloca otro cilindro de resistencia inferior y efectuada nuevamente la experiencia, por los efectos causados sobre él, vendremos en conocimiento de si la presión era la acusada por el disco anterior ó era inferior; de este modo llegaremos á determinar la presión, colocando discos sucesivos de resistencias variables.

Como las presiones correspondientes á los diferentes diámetros de los discos, varían de 100 en 100 kg. el error que se puede cometer será como máximo 100 kg. por cm^2 , no llegando en general á ese valor, puesto que de la formación observada puede deducirse un valor intermedio, tanto más aproximado, cuanto mayor práctica se tenga en el manejo del aparato.

Así por ejemplo, si la presión presumible ó calculada previamente vale 1.200 kg. por cm^2 , se busca el cilindro correspondiente á esta presión y se coloca en el aparato; efectuado el disparo, se examina si ha sufrido deformación, pudiendo suceder que la tenga ó que no haya sufrido deformación alguna: en



el primer caso, se coloca el disco correspondiente á la presión 1.500 que indudablemente ya no sufrirá deformación; por consiguiente, la presión medida estará comprendida entre 1.200 y 1.500, luego tomando una ú otra se cometerá un error en más ó en menos de 100 kg. por cm^2 , si la deformación del disco correspondiente á 1.200 fuese grande, indicaría que estaba más próximo á 1.500 que á 1.200, luego tomando 1.250 ó 1.300 cometeremos un error menor que 50 kg. por cm^2 .

Si no sufre deformación el disco correspondiente á 1.200, se coloca el disco que corresponde al valor de la presión inmediatamente inferior y se observa si ha sufrido mucha deformación, en cuyo caso tomando 1.250 kg. como valor de la presión se cometerá muy poco error; si sufre poca deformación ó ninguna, se procede como en el caso anterior.

Para facilitar la operación, los discos contrastados llevan en la superficie convexa, escrito el número que indica el valor de la presión que pueden resistir sin deformarse.

Este aparato da con mucha exactitud las medidas de las presiones, por existir mayor igualdad entre los efectos debidos á los gases y los producidos por las máquinas de prueba; no hay temor de que la fuerza viva pueda introducir causas de error, por no existir camino recorrido: desaparecen los errores debido á la medición, puesto que las deformaciones experimentadas aparecen á simple vista, y por último, como la altura es siempre menor que el diámetro de la base, no se corre el riesgo de que haya flexión; el único inconveniente de este aparato es la necesidad de tener que efectuar por lo menos dos disparos para obtener la medida de la presión.



VIII

Manómetro registrador de Mata

PRELIMINARES

88. Uno de los problemas más importantes de la *Balística experimental*, es la determinación de las presiones máximas y sucesivas que se desarrollan en el interior de las bocas de fuego en el momento del disparo, pues conocidas aquéllas, lo serían también las leyes del movimiento del proyectil y las del retroceso de las armas.

Teóricamente se encuentra en balística interior, la curva que representa las presiones ejercidas sobre el culote del proyectil, así como también la fórmula que las relaciona con las que se ejercen sobre el fondo de la recámara; pero la comprobación experimental no se ha podido llegar á obtener de una manera completa, ni con los Crusher ó Rodman, ni por la medición del tiempo que tarda el proyectil en pasar por dos ó más puntos del ánima.

El nuevo *Manómetro registrador* del Sr. Mata, lo mismo que el primitivo resuelve el problema citado, puesto que registra de una manera gráfica las presiones desarrolladas en cada

momento, obteniéndose una curva que, después de transformada, resulta idéntica á la calculada.

89. Como el manómetro se coloca en el fondo del ánima, las presiones que se registran serán las correspondientes en cada momento á dicho lugar, pero éstas se relacionan con las que sufre el proyectil por la fórmula.

$$P = p \left(1 + \frac{m}{2m'} \right)$$

luego para obtener el valor de p habrá que dividir el de P por el valor $A = \left(1 + \frac{m}{2m'} \right)$, constante para cada carga. Ahora bien, la curva $o a b c$ (*fig.^a 76, lám. VIII*), representación de la obtenida por el aparato, da en sus ordenadas el valor de P para cada recorrido; por lo tanto no ofrecerá dificultad el obtener la curva $o a' b' c'$ de las presiones p .

Este modo de encontrar la ley de las presiones que experimenta el proyectil, ofrece la notable particularidad de dar á conocer la fuerza viva remanente de los gases de la carga, en el momento que el proyectil abandona la pieza, y cuyo trabajo tiende á modificar la que hemos llamado *velocidad inicial*, puesto que el área comprendida entre la curva $o a b c$, el eje de abscisas y la ordenada $c x$ correspondiente á la boca de la pieza, representa el trabajo total efectuado por los gases y el área $o a' b' c' x$ expresa el que se necesita para comunicar al proyectil la velocidad teórica inicial; luego el área comprendida entre las dos curvas, será expresión gráfica del trabajo que podrían todavía efectuar los gases, y, por tanto, se podrá conocer la fuerza viva remanente.

DESCRIPCIÓN

90. Como las presiones son registradas sobre un cilindro animado de un movimiento de rotación, cuya velocidad sea proporcional á la que lleva el proyectil en cada momento, el aparato comprenderá dos mecanismos: uno destinado á convertir el movimiento de traslación en otro de rotación; y otro que registra las presiones producidas en cada momento.

Ambos mecanismos están colocados dentro del estuche cilíndrico A (*fig.^a 77*) de acero cromado y de gruesas paredes, que está dividido en dos compartimientos por medio de un diafragma D abierto en su centro y de cuyo diafragma forma también parte el cilindro C, cuya cavidad inferior es de sección elíptica y va cerrada por el tapón roscado E. El estuche se cierra por sus extremos con las tapas roscadas B y F, que tienen sus correspondientes muescas *m* y *m'* para poderlas atornillar: en su parte central tienen las canales cilíndricas *n* y *n'* que las atraviesan en todo su espesor.

En el compartimiento superior se aloja el mecanismo destinado á obtener el movimiento circular similar del proyectil y comprende el *husillo a* de acero muy duro, á doble filete de sección rectangular y con una inclinación de $62^{\circ} 26'$; la parte extriada se extiende solamente en la mitad de su longitud, siendo cilíndrica la otra mitad, que penetra á rozamiento suave en la canal *n* de la tapa B y termina en la copa expansiva *e*; en el extremo opuesto tiene la cabeza *d* de la misma sección y de dimensiones un poco menores que la inferior del cilindro C que le sirve de guía.

Sobre la parte roscada del husillo se atornilla la tuerca *f*, que lleva en su parte superior é inferior dos muñones *e* y *e'* cu-

yas respectivas muñoneras están practicadas una en la tapa B y otra en la cara superior del diafragma D, la tuerca *f*, lleva atornillado en su exterior el cilindro registrador *h*, cuya parte superior de mayor espesor va picada, para poderlo ajustar á mano en su posición; la parte inferior va cubierta con una capa homogénea de negro de humo, para que se puedan grabar las huellas del estilete del aparato registrador.

Éste se compone del *propulsor k* con su vástago independiente *v* formado de dos cuerpos cilíndricos de diferentes diámetros, que se aloja en la cavidad *n'* de la tapa F y termina en la copa expansiva *c'*, que lo mismo que la *c*, tiene por objeto impedir que los gases penetren en el interior del aparato. Unida invariablemente al propulsor, va la caja cilíndrica H (*figs. 78 y 79*) cuya pared, dividida en cuatro partes, tiene su espesor variable desde la base al borde ó parte superior. En las partes libres *p* y *q*, penetran los nervios *p'* y *q'* (*figs. 80 y 81*) que el estuche A lleva en su interior é impiden que el propulsor pueda girar en su movimiento ascendente; en la parte libre *s* se coloca el estilete *i* (*fig.^a 82*) sujeto á la parte inferior del propulsor; es de forma triangular y se dobla ligeramente en la parte del vértice, el que presenta dos puntas. El estilete pasa por la ventana *o* del diafragma (*fig.^a 77*) y se puede apoyar sobre el cilindro registrador por medio del tornillo *t*.

Entre el cilindro C y la superficie interior de A, se aloja el fuerte muelle de acero *z*, de sección rectangular, que se apoya en el diafragma por su parte superior y en el propulsor por la inferior.

MANERA DE OPERAR

91 El aparato funciona del modo siguiente: los gases actúan sobre la copa expansiva *c* del vástago del propulsor y, vencida la resistencia del muelle *z*, hacen avanzar el estilete *i*; al mismo tiempo ejercen también su acción sobre la copa *c* del husillo, al que obligan á moverse, y como la disposición de su cabeza *d* no le permite girar, la tuerca *f* se verá precisada á efectuar dicho movimiento, por lo cual el cilindro registrador presentará los distintos elementos de su superficie á la acción del estilete, cuyas señales quedarán grabadas sobre el negro de humo; estas señales afectarán la forma de una línea continua, puesto que el apoyo del estilete sobre el cilindro registrador es constante, en virtud de la presión ejercida sobre aquél por el tornillo *t*.

Para operar se desarma el aparato empezando por quitar el tornillo *t*, para que el estilete quede libre y pueda pasar sin dificultad por el taladro del diafragma. Se destornilla la tapa *F* y se sacan el propulsor, el tapón *E*, el muelle *z* y el husillo, al que se le obliga á salir de su alojamiento por medio de un botador apropiado. Se quita la tapa *B* y se extrae la tuerca *f*: se limpian y engrasan todas sus partes, examinando cuidadosamente las puntas del estilete y la elasticidad del muelle; se introduce la tuerca con su cilindro registrador cubierto de negro de humo y se atornilla fuertemente la tapa *B*; se introduce después por la parte inferior del husillo y se le empuja con un botador de cobre, hasta que ocupe su posición inicial, ó sea, apoyando su cabeza sobre la pared inferior del diafragma, esta operación permitirá conocer la mayor ó menor facilidad del movimiento giratorio de la tuerca; colocado el husillo se in-

vierte el aparato, se coloca el tapón E, el muelle z y se introduce el propulsor de modo que el estilete pueda pasar por la ventana ó taladro del diafragma y al mismo tiempo que los nervios-guías p' y q' penetren en las partes libres p y q de la caja H; se pone el vástago en su alojamiento de la tapa F y se atorquilla fuertemente ésta. Últimamente se aprieta el tornillo t y ya se tiene el aparato en disposición de operar.

Dispuesto el aparato de la manera que acabamos de indicar, se le pone en la recámara de las piezas, en la forma ya explicada para los demás manómetros y se efectúa el disparo: recogido el aparato y limpio exteriormente, se afloja el tornillo t , se quita la tapa B y se extrae la tuerca f , y sobre la parte ahumada del cilindro registrador se destacarán las curvas trazadas por las puntas del estilete. Separado el cilindro de la tuerca y fijo el negro de humo por medio de un barníz transparente, se procede á la lectura de las coordenadas de la curva, que representan, respectivamente, en una cierta escala, las presiones y los recorridos del proyectil en el interior del ánima.

92 La curva registrada, es semejante á la deducida teóricamente para representar las presiones, puesto que si éstas crecen rápidamente hasta obtener el máximo valor y después decrecen lentamente, el propulsor, y, por consiguiente, el estilete, efectuará sus movimientos de avance y retroceso del mismo modo: no sucede lo propio con el movimiento del husillo, porque al hacer girar la tuerca tiene que vencer previamente su inercia, y el ángulo girado en el primer momento será muy pequeño, pero á medida que avance el husillo crece la velocidad angular y adquiere, por último, un rápido movimiento de rotación cuando quede enteramente libre, es decir, que el movimiento que toma la tuerca se verifica de una manera inversa al del estilete; luego la curva trazada, lo mismo que de las presiones, presentará su punto de máxima cerca del origen y

después decrecerá lentamente hasta que el propulsor quede en reposo.

Debido á las vibraciones del estilote, las líneas descritas por sus puntas presentan una forma ondulada, indicadas la *figura 83*, y como la de presiones no presenta dicha particularidad, es necesario modificarla y para ellos se unen con un trazado continuo los diferentes puntos de inflexión y la nueva curva obtenida será la que se tome como representación gráfica de las presiones.

Para medir las que corresponden á los diversos recorridos, se refiere la curva á un sistema coordenado cuyo eje de abscisas sea el de recorridos y el de ordenadas el de presiones: el aparato da el primero, pues el estilote marca sobre el cilindro registrador una circunferencia al final del movimiento; en cuanto al segundo no es preciso su trazado, porque el aparato de lectura mide directamente las ordenadas.

93. Las escalas en que se dan las presiones y los recorridos dependen de la elasticidad del muelle z , del diámetro del cilindro más delgado del vástago v , del paso y forma del filete del husillo y del desarrollo de la superficie del cilindro registrador. Un estudio detenido de las resistencias originadas al funcionar cada una de las partes citadas dará, en cada caso, las relaciones pedidas.

En el manómetro que se describe, la compresión del muelle z , es tal, que se disminuye su longitud en 5 mm. para una presión en la pieza de 5000 kgs. por cm^2 : la sección del menor cilindro del vástago, es la treintaava parte de la resistencia del muelle en las unidades kgs. por mm^2 : los caminos recorridos sobre la superficie del cilindro registrador y en sentido perpendicular á su eje, están relacionados con los del proyectil por la expresión

$$\Sigma = A \frac{m}{R} \cdot k \cdot x$$

en la que Σ representa los espacios recorridos sobre la superficie del cilindro registrador, R el radio exterior de éste, α la sección del ánima, A y m los valores ya dichos, x los recorridos del proyectil y k una constante, dependiente de los datos de construcción de la tuerca y del husillo, cuyo valor se deduce de la expresión.

$$k = \frac{\alpha'}{m'} \frac{r - f r' \tan \Theta}{\tan(\Theta + \varphi) \varphi + f \frac{r}{r'}}$$

representando α' la sección del vástago, m' la masa de la tuerca con su cilindro, r el radio menor del husillo, r' la mitad de la mayor dimensión de la cabeza de éste, r'' el radio medio de los muñones de la tuerca; f el rozamiento, φ el ángulo de rozamiento y $\Theta = 62^\circ 26'$ la inclinación media de la hélice del husillo.

De todo lo expuesto se deduce, que la escala para la lectura de las presiones, será:

$$\frac{P}{K} = l \text{ mm.} \quad [10]$$

siendo $K = 600$ kg. y l la compresión medida; y la correspondiente á los recorridos es

$$\frac{x}{K_1} = \Sigma \quad [11]$$

representando por K_1 el valor abstracto de la relación

$$\frac{1}{A \frac{m}{\alpha} R \cdot k} > 1.$$

APARATO DE LECTURA

94 Como el acortamiento de la longitud del muelle z es de 1 mm. por cada 600 kg. por cm^2 de presión, resulta, que para las máximas presiones que se desarrollan en las piezas y que no pasan de 3.000 kg. por cm^2 , el máximo acortamiento no llegará á 5 mm.; por lo tanto, la curva de presiones se encontrará registrada sobre una zona del cilindro que no llegará á dicha altura, y como para cada décima de milímetro corresponden 60 kg., el aparato de lectura debe apreciar, por lo menos, dicha fracción. Según se verá se aprecian hasta medias décimas, ó sean fracciones de 30 kg., lo que ya es suficiente en la práctica.

Consta el aparato de dos soportes S y S' (*fig.^a 84*) de bronce, que forman cuerpo con la base AB , también del mismo metal: sobre los montantes y en dos mortajas rectangulares, se coloca la caja de acero CD , sujeta á aquéllos por los cuatro tornillos, también de acero, a, a' y a_1, a'_1 y dentro de la cual resbala á cola de milano la regla EF , que lleva el brazo H en escuadra, sobre el que se atornilla la pieza M en cuyo interior (*figs. 84, lám. VIII y lám. IX*) va también atornillado el punzón bc , que tiene su parte superior de sección cuadrada, para poderlo manejar, y termina en la inferior en una punta muy fina.

La regla EF puede moverse á lo largo de la caja CD por medio de un tornillo de acero N , que penetra en la tuerca N' (*fig.^a 86*) practicada en el interior de aquélla; el tornillo puede girar solamente en virtud del resalte d , que penetra en una canal cilíndrica ef practicada por mitad en la pieza R y en la caja CD . El tornillo termina al exterior en una parte de sección cuadrada h que sirve para unirlo á la cabeza P de bronce. La regla lleva además en su cara superior una graduación de 0 á

20 mm. (*fig.^a 84, lám. VIII*) y sobre la caja va trazado el nonio que aprecia décimas.

95 Los dos montantes S y S' (*fig.^a 85, lám. IX*) sostienen un eje X Y de acero, que se compone de cuatro cuerpos de diferentes diámetros: el 1.^o, más grueso, tiene una parte roscada del mismo calibre y paso que la tuerca de los cilindros registradores y sirve para sostenerlos en las lecturas; el segundo cuerpo es cilíndrico en toda su longitud y pasa por una ventana circular del montante S y por el interior del tambor I sujeto á aquél por tres tornillos t . En el tercer cuerpo se atornilla la pieza G formada por dos partes cilíndricas de diferente diámetro, atravesando después el montante S' y, por último, en el cuarto cuerpo se atornilla la rueda O del engranaje helicoidal, que sirve para darle el movimiento de rotación. Tanto el tambor G como la rueda O , quedan fijos en su posición por medio de las chavetas n y n' .

Sobre la superficie exterior de la parte cilíndrica de mayor diámetro de la pieza G (*fig.^a 84, lám. IX*), va una graduación en mm. de 0 á 70, por ser éste último valor el que corresponde á su desarrollo, y sobre el tambor I se traza el nonio que aprecia décimas.

En la parte exterior del montante S' van las piezas s y s' (*figs. 84 y 87*); la primera encaja en una mortaja y queda invariablemente unida por medio del tornillo t' y la segunda forma cuerpo con aquél. Ambas piezas sirven de cojinetes al eje m m' del husillo l que tiene los resaltes m y m' para ocupar siempre la misma posición y termina en la parte h' de sección cuadrangular para colocar la cabeza P' , que sirve para manejarlo.

MODO DE EFECTUAR LAS LECTURAS

96 Para efectuar las lecturas se atornilla el cilindro registrador, se hace coincidir la punta *c* del punzón con el punto de la curva cuyas coordenadas se desean medir y se anota la graduación de la regla; se mueve el tornillo P, hasta que el punzón llegue al eje de abscisas, ó sea, hasta la circunferencia que el estilete marca en el último momento; se leen los milímetros y décimas de milímetro que marca la graduación, la diferencia entre las dos lecturas dará el valor de la ordenada: para obtener el valor de la abscisa, se anota la graduación del tambor G y, moviendo al tornillo P', se lleva el estilete al origen: la diferencia entre la nueva lectura y la anotada será la abscisa buscada.

Esta operación es general para cualquier punto, mas si se trata de reproducir la curva de presiones, se simplifica notablemente la operación empezando por el origen, á cuyo fin se coloca el cilindro registrador de modo que estando el punzón apoyado en dicho punto coincidan los ceros de los nonios y de las graduaciones: conseguido ésto, se gira el eje por medio del tornillo P', hasta que el punzón esté, aproximadamente, á la altura del primer punto de inflexión y, hecha la coincidencia exacta por el tornillo P, se anotan sobre un sistema coordinado, previamente construído, las dos graduaciones; se lleva después el punzón al segundo punto de inflexión y lo mismo que anteriormente se leen las dos graduaciones y se trasladan al gráfico y así se continúa hasta el recorrido máximo que con antelación se habrá traducido á la escala del cilindro: unidos los puntos anotados por medio de una línea trazada apoyando una regla flexible en el mayor número de puntos, se tendrá la curva de presiones sobre el fondo de la recámara.

Al pasar de un punto á otro, aun cuando el cilindro debe estar barnizado, es conveniente levantar la punta del estilete para que no raye la superficie de aquél. Debe también emplearse para las coincidencias y las lecturas una lente, por cuyo medio se pueden apreciar con mucha exactitud medias décimas ó sean presiones de 30 kg. por cm^2 .

Cuando se anotan gráficamente las lecturas, conviene que la curva obtenida sea lo más clara posible, y para ello las escalas adoptadas no deben ser inferiores á $\frac{40}{1}$ para las presiones y á $\frac{10}{1}$ para los recorridos, con las cuales se obtiene todo el desarrollo sobre una tira del papel de 2 dm. de altura por 7 dm. de longitud.

La segunda transformación se hará en la escala más apropiada al caso que se estudia y lo mismo con respecto á la tercera, ó sea, al obtener la curva de las presiones que actúan sobre el culote del proyectil, y advertiremos de paso que al hacer el cálculo teórico de aquéllas, debe descontarse del volumen de la recámara el correspondiente al manómetro empleado: para el manómetro descrito dicho volumen es de 158 cm^3 .



IX

Velocímetro



EXPERIENCIAS QUE PUEDEN EFECTUARSE

CON ESTE APARATO

97 Es un aparato destinado á relacionar los tiempos con los espacios recorridos y, por consiguiente, á conocer la ley del movimiento de un cuerpo.

Hay diversos géneros de velocímetros: el que se va á describir y estudiar es el *Velocímetro con diapasón y con registradores eléctricos*: aunque tiene diversas aplicaciones, su principal objeto es determinar la ley de retroceso de las piezas.

Consta de una cinta de acero de bastante longitud, cubierta de una ligera capa de negro de humo y sobre la cual quedan marcadas las vibraciones de un diapasón, activado eléctricamente por medio de una pluma de acero que lleva en uno de sus brazos: si se pone (*fig.^a 88, lám. IX*) en movimiento la cinta en el retroceso de la pieza y se activa el diapasón, quedará inscrita sobre aquélla la ley del movimiento, puesto que el camino recorrido se tiene en la parte de cinta arrastrada y el tiempo en el número de oscilaciones del diapasón préviamente contrastado.

El diapasón describe una sinusóide (*fig.^a 89*), cuyas ramas

son de igual amplitud pero más ó menos abiertas, según la velocidad de la cinta: si antes de activar el diapasón se ha trazado la señal recta $a l$ haciendo la tracción de la cinta á mano, tendremos el eje de la sinusóide que servirá para separar sus ramas; cada una de éstas $a b c$, $c d e$, etc., determinará sobre el eje, las magnitudes $a c$, $c e$, etc., que serán los recorridos correspondientes al tiempo invertido por la pluma del diapasón en pasar de a á b y de b á c , de c á d y de d á e , etc., es decir, al tiempo que dura dos medias vibraciones; y como el total de ellas en la unidad de tiempo es conocido, también lo será el que corresponde á media oscilación; midiendo, pues, $a c$, $c e$, como el tiempo se conoce, queda fijada la ley del retroceso.

Es más conveniente tomar para el recorrido, el espacio $a e$ correspondiente á una doble vibración, pues si bien lo anteriormente dicho es exacto cuando $a l$ sea el eje de la sinusóide, como ésto puede no ocurrir en la práctica, al tomar el espacio $a c$ como el verdadero, se comete un error tanto mayor, cuanto más separado se encuentre el eje de aquélla de la línea trazada, error que será por defecto para una de las ramas y por exceso para la otra (como puede verse trazando una paralela á la $a l$, que corte las ramas y observando las magnitudes comprendidas por ellas), tomando, pues, $a e$, se obtiene más exactitud por compensarse en parte los errores.

Conocidos los espacios recorridos en cada uno de los elementos de tiempo, podemos conocer la velocidad, que, como sabemos, será la tangente de la curva que relaciona los espacios con los tiempos (curva que se trazará, como se explica en Balística interior), relacionando de igual modo las velocidades con los tiempos, se tendrá la curva de aceleraciones, es decir, la del movimiento.

Además de estudiar la ley del retroceso de las piezas, sirve para relacionar los fenómenos interiores de las bocas de fuego

con aquél movimiento, precisándose el momento en que tiene lugar.

Con este aparato se ha podido comprobar que el movimiento de la pieza y el del proyectil son simultáneos, y, por consiguiente, que para estudiar el movimiento del proyectil en el interior de las piezas, puede aplicarse el primer teorema general de Mecánica.

Para verificar esta experiencia, se une la cinta á la pieza y se establece un circuito que, pasando por uno de los registradores del velocímetro, esté dispuesto de tal modo, que se interrumpa en el momento preciso que el proyectil salga por la boca de la pieza; se efectúa el disparo, y se observarán distanciados al trozo origen del registrador con el nuevamente efectuado; lo que no sucedería si la pieza no empezase su movimiento antes de la salida del proyectil.

Tiene también aplicación como cronógrafo, dándose el tiempo en que se verifica el fenómeno que se estudia por el número de oscilaciones del diapasón, moviéndose en este caso la cinta á mano ó por otro medio cualquiera y estableciendo las corrientes por los registradores, para que éstos marquen las señales en los momentos deseados; se pueden, por lo tanto, efectuar todas las experiencias explicadas para aquéllos.

DESCRIPCIÓN DEL VELOCÍMETRO

98 El aparato (*fig.^a 90*) se compone de una base de madera A D sobre la cual va fija una lámina metálica C C, que lleva las dos reglas B B sujetas por tornillos *t* que pasan por las ranuras *n* y se atornillan á unas tuercas movibles, colocadas debajo de la lámina C C; con esta disposición se puede aumentar ó disminuir la distancia entre las reglas.

Por entre éstas y sirviendo de guías, pasa la cinta ó *banda receptora*, que es de acero muy flexible, tiene bastante longitud (*fig.^a 94*) y en uno de los extremos lleva un taladro para poder enganchar la pinza del tornillo *f*, unida á la varilla *D* que termina en la pieza *g*, donde lleva un ojal para poder sujetar la cinta al cuerpo cuyo movimiento se trata de estudiar.

Sobre la lámina *C C* (*fig.^a 90*) van fijos con tornillos los soportes *a*, *b*, *c* y *d*, que sostienen dos ejes perpendiculares á las reglas-guías; estos ejes penetran en los cojinetes abiertos en aquéllas, teniendo los *b* y *d* los tornillos *n'* que sirven, por la disposición en que tienen sus tuercas, para aumentar el rozamiento de los ejes en sus cojinetes.

El eje *E*, sostiene la armadura del diapasón, á cuyo fin lleva ésta un taladro cilíndrico con dos orejetas que se pueden acercar ó separar por medio del tornillo *e'*.

La armadura sostiene al diapasón *E₁* (*fig.^a 92*), que lleva uno de sus brazos armado de una pluma ó estilete *p* dos electroimanes *e₁* y *e'₁* que entretienen las vibraciones del diapasón, pueden acercarse ó separarse á las ramas de éste por medio de los tres tornillos colocados en *a* y *a'*; la pluma *p'*, fija á la pieza *c'*, puede tener movimiento lateral por medio de un tornillo, movido por una llave que se puede poner en el cuadradillo *c'₁*; por último, el tornillo *o* permite hacer que el apoyo de los estiletes sobre la cinta, sea el preciso para que el trazo resulte claro y fino.

El eje *F*, cuyos soportes pueden moverse en las ranuras *s'*, sirve para sostener los registradores, que pueden ser hasta cinco; estos registradores son del sistema Marcel-Daprez, ya explicados al tratar del cronógrafo de caída de Sebert; lleva un mango *h* para establecer ó quitar el contacto y un tornillo *o'* para que la pluma de los estiletes, roce con mucha suavidad sobre la cinta ó banda receptora.

Fijas á la base A D, van las piezas metálicas (*fig.^a 90*) x é y que llevan dos prensas, las cuales pueden ponerse en contacto por la manivela q que tiene un botón de marfil para su manejo; estas piezas en unión de la prensa z , sirven para establecer el circuito del diapasón; otras cinco prensas 1, 2, 3, 4 y 5, corresponden á los cinco registradores que se pueden montar en el eje F.

Para poderse emplear el aparato como cronógrafo lleva la pieza g con dos prensas y la i con otras dos; además lleva en la base A D (*figs. 90 y 91*) practicadas en su espesor y en dirección paralela á las reglas B, dos cajas prismáticas de sección cuadrada, en las que penetran las varillas metálicas M y N que pueden fijarse en cualquiera posición por medio de dos tornillos a_1 b_1 que terminan al exterior, en el cuadradillo a_1 para su manejo con una llave.

Estas reglas están partidas y se unen sus dos partes por un enchufe á rozamiento: terminan en los bornes j para sostener los hilos; la regla M lleva en un costado la pieza K de marfil y la N la pieza r de mayor longitud y también de marfil; unen las reglas la corredera M_1 M_2 , formada de una sustancia aisladora, que lleva las dos prensas m y m' , y los muelles m_1 y m'_1 que constantemente se apoyan en las caras laterales de las reglas.

El diapasón hemos dicho que estaba activado eléctricamente; ésto permite mucha mayor regularidad que si no lo estuviese y, convenientemente arreglado, hace que en todos los momentos de la experiencia la amplitud de las oscilaciones sea la misma; la disposición de los electroimanes y de las corrientes (*fig.^a 93*) es la que sigue: desde la pila viene al tornillo b' sobre el que se apoya el muelle b'' unido á una de las ramas del diapasón, pasa por éste y su armadura al botón b'_1 unido por un hilo á uno de los electroimanes; puesto en comunicación con el otro electroimán, de aquí la corriente llega al borne b''' y de aquí

vuelve á la pila; establecida la corriente, se imantan los electroimanes, atraen las ramas del diapasón y se interrumpe la corriente por dejar de apoyarse el muelle b'' sobre el tornillo b' ; cesarán los electroimanes de atraer á las ramas del diapasón y éstos oscilarán, con lo cual se repite el fenómeno; se comprende pues que serán constantes las vibraciones del diapasón.

Conocido al detalle el velocímetro, estudiemos su manera de operar según sus diversos servicios.

MANEJO DEL APARATO COMO VELOCÍMETRO

99 Cuando sólo se desee conocer la velocidad del retroceso de una pieza, se coloca el aparato á la inmediación de la pieza sobre una mesa que tiene dos largos brazos con rodillos para sostener la cinta ó banda receptora; se coloca ésta entre las reglas guías y se aproximan hasta que no haya mucho rozamiento, fijándose éstas por sus tornillos; la cinta debe de estar cubierta de negro de humo, de modo que la capa por él formada sea de poco espesor y además muy uniforme; se sujeta la varilla D , á una de las partes de la pieza (generalmente á un muñón); se activa el diapasón, apoyando la manivela q sobre la pieza y , y se procede á la corrección de la amplitud de las vibraciones; esta operación es muy delicada y debe hacerse con mucho cuidado y detenimiento: como la cinta está cubierta de negro de humo, el estilete del diapasón, al vibrar, describirá un trazo, tanto más ancho cuanto más amplitud tenga la oscilación de las ramas; si es pequeña, dará más vibraciones y podrán registrarse los fenómenos observados con mayor aproximación de tiempo; pero tiene el inconveniente de no resultar muy claros los trazos ó uniones de las ramas de la curva con su eje.

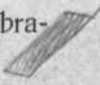
Si las oscilaciones son muy amplias, los trazos ó intersec-

ciones serán muy claros, pero las aproximaciones de los tiempos serán menores, por ser menor el número de oscilaciones: para regularizar la vibración, van los electroimanes montados sobre unas armaduras que permiten acercarlos ó separarlos por medio de un tornillo *a* (*fig.^a 90*); colocados los electroimanes en la posición conveniente, se fijan, para lo cual basta apretar los tornillos *a'* que llevan sus tuercas practicadas en las reglas *a'' a''* y tienen su punto de apoyo sobre los costados del marco que sostiene los electroimanes; al girar los tornillos *a'* hacen retroceder á la regla *a'' a''* la cual apoyándose en la cabeza del tornillo *a*, originará un rozamiento fuerte que impedirá el que éste se pueda mover.

Se procede á continuación al arreglo de la presión del muelle *b''* (*fig. 93*) sobre el contacto *b'*, para lo cual se puede éste mover por medio de una llave, así como retirando ó acercando el tornillo *t* (que tiene en su extremo una sustancia aisladora) se graduará la oscilación del muelle *b'* y se evita su vibración, lo que sería causa de errores.

Todos los tornillos de que hemos hecho mención, llevan en sus extremos unos cuadradillos para poder ser manejados y movidos por medio de una llave.

Arreglada la amplitud de la oscilación se determina el número de vibraciones por segundo: esta operación se hace por contraste con otro diapason registrado, bien por el sonido ó bien valiéndonos del cronógrafo de caída; para ésto, se arma el diapason que se quiere registrar en el brazo del peso, se hace vibrar á mano ó mejor automáticamente; se deja el peso en libertad, éste caerá y el estilete del diapason describirá, sobre las reglas cubiertas de negro de humo, una sinusóide; por la altura de caída conoceremos el tiempo y por las ramas de la sinusóide el número de las vibraciones en él verificadas, dividiendo el número de éstas por el tiempo, conoceremos el número de vibra-



ciones por segundo; repetida la operación haciendo que sea diferente la amplitud de la oscilación, quedará relacionado el número de vibraciones en la unidad de tiempo con la amplitud.

Se procede á la coincidencia del trazo hecho por la pluma del diapasón y el que deja la fija p de la armadura, para lo que se interrumpe el contacto de q con y , y se hace tracción de la cinta, sobre la que se marcarán dos trazos; si no hay exacta coincidencia, en cuyo caso se mueve el tornillo c' , y por tanteos sucesivos se logrará que las dos señales se confundan; de este modo, al oscilar el diapasón, el trazo recto marcado por la pluma p será el eje de simetría de la sinusóide.

Como el trazo debe ser muy limpio y fino, se tiene que graduar la presión de las plumas sobre la cinta, operación que se hace subiendo ó bajando el tornillo o que se apoya sobre la lámina C del aparato y cuya tuerca ya hemos dicho que va fija á la armadura del diapasón: conseguido que el trazo reúna las condiciones dichas, se aprietan muy fuertemente los tornillos n' del cojinete y el e' de la armadura del diapasón y ya se puede verificar la experiencia.

Hecho el disparo, la cinta será arrastrada por la pieza en su movimiento de retroceso, la punta fija p trazará la recta $m n$ (*fig.ª 94*) el estilete del diapasón trazará la sinuóside, muy próximas las ramas en el origen, más separadas después para volver á estar más unidas al final: recogida la cinta, se la barniza, para que no se deformen los trazos en la medición y una vez seco el barniz, se procede á determinar el número de vibraciones así como las distancias entre una y otra, operación que se ejecuta por medio de la máquina de medir.

MÁQUINA DE MEDIR

100 Esta máquina (*fig.^a. 95, lám. X*) se compone de dos soportes de fundición *s s* sujetos por tornillos á una base de madera; sobre estos soportes está colocado el banco ó mesa *R R*, sobre la que se sujeta por medio de los cuatro tornillos *L* una regla que lleva dos botones *b b* para poderla manejar, y que puede colocarse en varias posiciones por medio de los tornillos *L* que tienen diversos alojamientos ó tuercas practicadas en la mesa: ésta lleva uno de sus bordes en escuadra y el otro perfectamente liso.

Paralelamente á esta mesa y en la parte superior de los soportes, va otra *R' R'* sujeta por cuatro tornillos; en su centro lleva un tornillo micrométrico de 1 mm. de paso *t' t'*, cuyos cojinetes están fijos en la regla; en el extremo de la derecha lleva el tambor *T'*, de gran radio y dividida en superficie en 100 partes; de modo que se pueden apreciar centésimas de mm. y aún más, pues la separación entre las divisiones es bastante para poderse apreciar á simple vista décimas; un índice fijo al cojinete nos permite efectuar las lecturas; para mover el tornillo lleva dos manivelas *m m*.

La regla lleva una graduación en milímetros desde cero hasta 520.

Perpendicular á esta regla va otra *B* montada en un carrillo ó corredera que puede moverse por medio del tornillo *t'* á cuyo fin va unida á una tuerca practicada en la pieza *K*, que puede engranarse ó desengranarse á voluntad, levantando el peso *A*; esta pieza *K* lleva un índice para poder leer los milímetros recorridos.

La regla *B* va montada sobre una tuerca que tiene movimien-

to en virtud del tornillo t'' de 1 mm. de paso; lleva también una graduación desde 0 hasta 140 mm.: montado perpendicularmente va el microscópio M cuyo retículo está formado por dos hilos perpendiculares, colocados de modo que uno de ellos sea perfectamente paralelo al borde de la regla R R.

El tornillo t'' se puede mover por medio de la manivela m'' , y lleva también el tambor T dividido su contorno en 100 partes; lo referencia s trazada en la corredera permite la lectura de los milímetros que ha avanzado la regla B y otro índice fijo en el cojinete del tornillo t'' , las centésimas de aquella magnitud.

Para efectuar la medida, se levanta la regla L L y se coloca la cinta sobre la mesa R R, de modo que su canto exterior coincida exactamente con el de la mesa; se lleva el carrillo al extremo y se aproxima el microscópio hasta que el hilo paralelo coincida con el eje de la sinusóide, se corre lentamente para cerciorarnos de que la regla está bien colocada, en cuyo caso apretando los tornillos L L queda fija y en disposición de medirse la magnitud de los trazos.

Llevado el microscópio al origen, se hace coincidir la intersección de los dos hilos con la intersección de la sinusóide y su eje de simetría y se anotan las graduaciones de la regla y del tambor; se mueve el tornillo lentamente hasta buscar la segunda intersección; verificada la lectura, por diferencia con la anterior, tendremos conocida la distancia ó camino recorrido en el primer elemento de tiempo. Las demás lecturas se verifican de igual manera y por el procedimiento explicado (97) conoceremos la ley del movimiento.

EMPLEO DEL VELOCÍMETRO COMO CRONÓGRAFO

101 Para emplear el velocímetro como cronógrafo, se montan sobre el eje F (*fig.^a 90, lám. IX*) el número de registradores necesarios al de señales que se hayan de marcar; la cinta es movida á mano, dando el diapasón en las inflexiones de la curva trazada, el tiempo transcurrido entre señales y como los fenómenos á registrar se verifican en poco espacio de tiempo, es preciso dar automáticamente fuego á la pieza.

Para ésto lleva el aparato la pieza *g* en la que se lee «Fuego» que sirve para comunicarlo por el mismo movimiento de la cinta, á cuyo fin, puesta una de sus prensas en comunicación con la pila y la otra con la regla N por medio de un hilo de suficiente longitud que viene á sujetarse en la prensa *j*; la corredera $M_1 M_2$, se coloca de modo que su frotador m_1 se apoye en la regla aisladora *r*; de su prensa *m* parte un reóforo al estopín eléctrico y de éste vuelve á la pila: mientras el aparato esté dispuesto en la forma anterior no habrá corriente, pero si hacemos la tracción de la cinta y en su movimiento arrastra la corredera, llegará un momento en que el frotador se apoyará sobre la misma regla, con lo cual, restablecida la corriente, se verificará la inflamación del estopín.

Hecho el disparo, el proyectil cortará sucesivamente varios circuitos que puestos en relación con los registradores, dará lugar á que sus estiletos marquen una señal; medida la distancia entre señales y llevada esta distancia sobre la sinusóide del diapasón, á partir del origen, contados el número de vibraciones comprendidos entre aquéllas, se tendrá el tiempo para cada uno de los registradores, obteniéndose por diferencia el que tarda el proyectil en cortar dos circuitos consecutivos y

como el espacio es conocido, se puede, por tanto, determinar la velocidad.

102 Para verificar los registradores y arreglar la desimantación, lleva el aparato la varilla M con su pieza aisladora K; de modo que estableciendo un sólo circuito en todos los registradores empleados, cuyo circuito se hace pasar por la regla y la corredera á la pila, cuando, haciendo tracción en la cinta, el frotador *m*, pase por K, se interrumpirá la corriente y todos los registradores marcarán una señal, y al volver á establecerse volverán á marcar otra; ambas serán trazos rectos si la operación se hace despacio; repetida la operación de prisa (*fig.^a 94, lámina IX*) se ve que no están á la misma altura y siendo diferente en cada uno se procederá á su arreglo en la misma forma explicada en el cronógrafo de caída de Sebert.

Las precauciones y arreglos de aparato se harán lo mismo que cuando se operaba como velocímetro y la disposición de las varillas N y M debe ser tal, que la pieza K esté enfrente de la tercera parte de la longitud de *r* y ésta dispuesta á muy poca distancia de su alojamiento; lo primero tiene por objeto el que antes de efectuarse el disparo vuelva á verificarse una disyunción para saber los errores con que operamos y lo segundo para que haya más espacio recorrido antes de que se desenchufen las dos partes de la regla.

103 Para determinar la velocidad del proyectil entre dos puntos, se colocan los marcos-blancos (*fig.^a 96, lám. X*) y cada uno de ellos se pone en comunicación con un registrador; se establece el circuito de dar fuego y se hace tracción de la cinta; se verifica el fenómeno de la inflamación, el proyectil pasa por el primer marco, al romper la corriente se hace una señal y al pasar por el segundo se hace la otra; barnizada la cinta y seco el barníz, se hace uso de la máquina de medir y se mide la distancia entre el origen y la señal, teniendo cuidado de co-

locar el cruce de los hilos del retículo en el mismo punto en que se inicia el rasgo; se verifica lo mismo con el otro trazo; llevando ahora estas magnitudes sobre la sinusóide, se conocerá el número de vibraciones que á cada una corresponde y, por lo tanto, el tiempo que cada estilete ha estado atraído también lo será: restando del mayor valor el menor, se determinará el tiempo que el proyectil tardó en producir la interrupción de las corrientes y como el espacio es dado, se conocerá la velocidad.

OBSERVACIONES SOBRE LA MANERA DE OPERAR

104 Para efectuar la experiencia se ha indicado que se hace la tracción de la cinta á mano; mas para efectuarla de este modo es preciso tener gran práctica, para que la cinta pase por las ranuras de las reglas-guías sin rozamiento ni sacudidas violentas que harían aumentar la presión de las plumillas ó estiletos de los registradores; por tales razones se efectúa la tracción automáticamente por medio de un peso, que cae libremente, unido á la cinta por un cordón ó cable metálico que pasa por un sistema de poleas, colocadas sobre los brazos de la mesa que sostiene al velocímetro y dispuesta en forma que la cinta permanezca horizontal en todo su movimiento.

En la medida del retroceso de las piezas de campaña, se ha de procurar que la cinta esté perfectamente paralela al eje de la pieza y á la misma altura del punto de enganche, así como también que aquéllas estén sobre explanadas horizontales, limitándose el retroceso y se pondrá una pantalla entre la pieza y el aparato para que los gases no borren los trazos marcados ni estropeen el aparato; con estos requisitos se obtienen sinusóides muy claras. Si se trata de medir el retroceso de las pie-

zas de sitio y plaza, como aquél es limitado, únicamente se tendrá cuidado de que los gases no puedan actuar sobre el aparato,

A fin de que los electroimanes del diapasón no adquieran demasiada fuerza magnética que modificaría la regularidad de sus vibraciones, no debe funcionar sino en el momento preciso, interrumpiéndose su circuito al terminarse la experiencia.

La exactitud en este aparato es muy grande; porque las vibraciones del diapasón pueden pasar de 1000 por segundo y la máquina de dividir puede apreciar centésimas de mm. que corresponde á una duración de $0'',0000002$ con la velocidad de retroceso de cinco metros; pero como generalmente esta velocidad es mucho menor, se puede admitir que la precisión es de $0'',000001$ y como la de los registradores no llega á $0' 00002$ podemos admitir esta precisión.



X

Proyectil registrador de Sebert

OBJETO DE ESTA CLASE DE APARATOS

105 Para conocer con exactitud la variación de la velocidad motivada por la resistencia del aire, ó por la que opone un medio resistente en que haya de penetrar, así como también para conocer la verdadera presión que se ejerce en el culote, independientemente de la que se obtiene tomando en cuenta el rayado, se emplean unos proyectiles especiales llamados *registradores*, que llevan en su interior una barra con una ó más de sus caras cubiertas de negro de humo y en las que un diapasón movable deja impresas unas señales, que con auxilio del cálculo dan á conocer la ley del movimiento.

Aun cuando existen diversas clases de proyectiles registradores destinados al estudio del movimiento en el interior del ánima, en el interior de un medio resistente y otros que á la vez sirven para ambos estudios, sólo se tratará del *proyectil registrador de Sebert*, que determina la ley del movimiento del proyectil en el interior de las piezas, pues bastan algunas observaciones para tener perfecta idea del modo de operar con los demás.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTIL REGISTRADOR

106. La forma exterior de este aparato, es la de un proyectil ordinario con ligeras modificaciones en su ojiva; es de acero con sus paredes A A (*fig.ª 97, lám. X*) muy resistentes, cerrado por su parte superior por el tapón roscado *t* y por la inferior por el *t'* y tanto uno como otro llevan en su interior y en su centro, unos alojamientos tronco-cónicos en donde penetran los muñones que la barra B lleva en sus extremos.

La barra B (*figs. 97 y 98*) se la denomina *barra receptora*, es de acero y en forma de doble T; en su interior lleva una canal cilíndrica, alojamiento del vástago *h h'*: éste tiene unidos y en opuesta dirección los apéndices ó resaltes *h o* y *h' o'*, que sobresalen al exterior de la barra por unas ranuras horizontales abiertas en la misma; esta disposición permite un movimiento angular al vástago. La barra lleva en su parte inferior un apoyo de igual forma que el hueco interior del tapón *t'* y dos muelles *m* y *m'*, para aminorar, en la parte más baja, el movimiento relativo de las correderas y evitar el choque.

Las correderas son dos C y C', montadas sobre cada una de las caras de la barra, llevan los diapasones D y D' cuyos brazos están separados por dos cuñas *i* é *i'* fijas en la parte superior de aquéllas; la corredera C está además sostenida por el apéndice *o h* del vástago central.

Paralelamente á la barra va en el interior el tubo cilíndrico *b b* (*figs. 97 y 99*), que tiene en su parte inferior las vueltas de tornillo *s s* para fijarlo en la tuerca abierta por mitad en el tapón *t* y en la pared del proyectil, en la superior lleva el taladro *m''* en donde penetra el extremo del tornillo *g* que impide el que pueda girar. En el interior se mueve, á rozamiento sua-

ve, el vástago $a a'$, mediante la acción de los gases de la pólvora, y para impedir el que éstos penetren se coloca la cápsula obturatriz t'' : el vástago sostiene al peso $C'' C''$, de forma especial, que pasa por las ranuras laterales del tubo y que tiene por objeto aumentar el peso del vástago para que su movimiento sea más lento; para registrar su movimiento, va fijo al tubo $b b$ un diapasón D'' , cuyas ramas están separadas por una cuña i'' fija al vástago; un chaflán que éste lleva en casi toda su longitud, permite registrar las vibraciones del diapasón, cuando se recubre de negro de humo.

MANERA DE RELACIONAR LOS DIAGRAMAS

107. La disposición de la barra con sus dos muñones tronco-cónicos, que entran con bastante holgura en sus cojinetes, le permite en virtud de su inercia, no participar del movimiento giratorio del proyectil.

Cubiertas de negro de humo las caras de la barra y armado el diapasón D en su cuña i'' , al iniciarse el movimiento de traslación del proyectil tenderá por su inercia, á permanecer fijo, pero como aquél avanza, la cuña i' dejará en libertad á las ramas del diapasón, éste vibrará y los estiletos que aquéllas llevan marcarán una sinusóide α (*fig.^a 100*), sobre el negro de humo de las caras. Cuando el diapasón D llegue á chocar con el apéndice $h' o'$, en virtud de una superficie inclinada que lleva la corredera en su parte inferior, le hará girar y, por lo tanto, también girará el apéndice $h o$ que sostenía á la corredera C , que una vez libre se desprenderá de la cuña i , con lo que las ramas del diapasón D vibrarán y sus estiletos trazarán otra sinusóide β sobre las caras de la barra (*fig.^a 101*).

La correderas C y C' al llegar al final de su camino quedan sujetas por los muelles m y m' , para evitar el que pudiesen avanzar y confundir los trazos marcados.

Si previamente se han trazado los ejes de las sinusóides (operación que se hace antes de colocar la barra, dejando resbalar las correderas sin que sus diapasones vibren), en los trazos registrados tendremos el tiempo y en su verdadera magnitud el camino recorrido, por ser el movimiento relativo de los registradores con relación al del proyectil el mismo, pero en sentido inverso al absoluto de éste.

Conocidos el espacio y el tiempo tendremos la ley del movimiento para un recorrido igual á la magnitud de la barra menos la altura de la corredera; ésta será la ley registrada por el diapason D'; en cuanto al diapason D, como al quedar en libertad está animado de la misma velocidad que lleva el proyectil, descenderá al principio lentamente, de modo que los espacios comprendidos entre las ramas de la sinusóide no será el recorrido por el proyectil en aquél momento, sino otro menor; por lo tanto, al trazar la curva de aceleraciones no estaría en perfecta consonancia con la del primero, de la que en realidad debe ser continuación.

Para relacionar los dos diagramas de las curvas de aceleraciones, tenemos como dato la velocidad inicial del segundo diapason, que es la misma que lleva el primero al llegar al final de su recorrido y es conocida por estar ya trazada la curva de aceleraciones del diapason D'; ahora bien, el espacio x , recorrido por el proyectil, relativamente á la corredera C, al fin de un cierto tiempo t (espacio y tiempo que son conocidos por la sinusóide trazada por el diapason D), es la diferencia entre el espacio X, recorrido realmente por el proyectil y el espacio x' que el diapason D recorrería con movimiento uniforme en el mismo espacio de tiempo t y que tendrá por valor $x' = v' t$,

siendo v' la velocidad inicial del segundo diapasón; se tendrá por lo tanto,

$$x = X - x' \text{ de donde } X = x + x' = x + v' t. \quad [12]$$

De este modo, con los dos diagramas se ha podido formar una sólo curva, que corresponde á un recorrido real de 1,62 metros, en las experiencias hechas con proyectiles de 24 cm.

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL VÁSTAGO Y MASA AUXILIAR

108 Al verificarse la combustión de la carga, los gases actúan sobre toda la superficie de la base del aparato, por lo tanto el vástago $a a'$ recibirá también su acción; como su movimiento es independiente del resto del proyectil, avanzará en su camino más rápidamente que éste y con tanta mayor velocidad cuanto menos peso tenga; será, pues, preciso calcular la masa adicional C de modo que la velocidad sea tal, que se registre el mayor espacio posible.

Si representamos por p el peso del proyectil y por s la superficie que recibe la impulsión de los gases, el peso por unidad de superficie será $\frac{p}{s}$ del mismo modo si llamamos p' al peso del vástago y masa adicional y s' la superficie expuesta á la presión, $\frac{p'}{s'}$ será el peso por unidad de sección del vástago. Comparando estos valores, vemos que á medida que $\frac{p}{s}$ se aproxime á $\frac{p'}{s'}$ la velocidad del proyectil y la del vástago también se aproximarán; si $\frac{p}{s}$ es menor que $\frac{p'}{s'}$ la velocidad del

proyectil será mayor que la del vástago; luego aumentando convenientemente la sección de aa' y aumentando el peso de C'' el movimiento de la masa móvil se podrá hacer tan lento como se quiera.

Al verificarse el disparo se moverá el vástago con mayor velocidad que el proyectil, pero á medida que éste venza los rozamientos va creciendo su velocidad con mucha rapidez; por consiguiente, llegará un momento en que tenga la misma velocidad que aquél: á partir de aquí, el movimiento relativo del vástago será retardado con respecto al del proyectil. El diapasón D'' se desprenderá de la cuña i'' al iniciarse el movimiento y su estilete marcará sobre el chaflán de aa'' , una sinusóide; cuando la velocidad del vástago sea igual á la del proyectil, marcará un trazo y, por último, cuando empiece á decrecer volverá á trazar otra sinusóide en sentido contrario á la primera y perfectamente separada de ella; estas sinusóides, si previamente se ha trazado su eje moviendo el vástago sin que vibren las ramas del diapasón, darán á conocer la ley del movimiento de la masa libre que será, despreciando los pequeños rozamientos, la misma del proyectil sino tuviese que penetrar en las rayas y vencer las demás resistencias.

RESISTENCIAS PASIVAS QUE SE OPONEN AL MOVIMIENTO DEL PROYECTIL

109 Para encontrar el valor de todas las resistencias pasivas que se oponen al movimiento de traslación del proyectil, se tendrá presente que la presión total ejercida sobre él, tiene que vencer no solamente su inercia, sino también los rozamientos debidos al rayado, la resistencia del aire, la presión atmosférica y en algunos casos la acción de la gravedad: se deduce,

pues, que el esfuerzo que determina el movimiento del proyectil, se debe considerar descompuesto en dos partes: una destinada á vencer su inercia, que tendrá por valor $m \frac{dv}{dt}$; y otra que será absorbida por todas las resistencias, que representaremos por Q_1 , y cuyo valor se trata de fijar.

Si P es la presión por unidad, la total ejercida sobre el culote del proyectil será $P \times \pi r^2$, representando por r el semicilindro, y su valor se deducirá de la expresión

$$P \times \pi r^2 = m \frac{dv}{dt} + Q_1$$

de donde

$$P = \frac{1}{\pi r^2} \left(m \frac{dv}{dt} + Q_1 \right), \quad [13]$$

en la que m es la masa del proyectil y $\frac{dv}{dt}$ la aceleración deducida por el diagrama de la barra.

Sobre la base del vástago $a a'$, la presión total que actúa será, $P \times \pi r'^2$, siendo r' el radio de la sección, y tendrá por valor, $m' \frac{dv'}{dt}$, puesto que se han considerado sus rozamientos muy pequeños y sólo tendrá que vencerse la inercia; así, pues,

$$P \times \pi r'^2 = m' \frac{dv'}{dt} \quad [14]$$

en cuya expresión m' es la masa del vástago y peso auxiliar y $\frac{dv'}{dt}$ su aceleración, que se deduce del diagrama trazado por el diapason D'' , relacionando el movimiento de $a a'$ con el del proyectil. En efecto si x' es el espacio recorrido por el vástago al final de un cierto tiempo t y X el correspondiente al proyectil en el mismo tiempo, el espacio real que recorre el vástago será, representándolo por x_1 ,

$$x_1 = X + x' \quad [15]$$

puesto que el espacio registrado por el diagrama del vástago, es siempre la diferencia que existe entre el que se registra en la barra del proyectil y el recorrido real de aquél: sustituyendo en la fórmula anterior el valor de X obtenido por la fórmula [12], y el de x' conocido por el diagrama trazado sobre el mismo vástago, el de x_1 quedará determinado y relacionado ahora con el tiempo, medido por las vibraciones del diapason, se hallará, finalmente, el valor de la aceleración $\frac{dv'}{dt}$.

Como la presión por unidad P es la misma, los valores deducidos por las fórmulas [15] y [14] tendrán que ser idénticos y, por lo tanto,

$$\frac{1}{\pi r^2} \left(m \frac{dv}{dt} + Q_1 \right) = \frac{1}{\pi r'^2} m' \frac{dv'}{dt}$$

de la que se obtiene

$$Q_1 = \frac{r^2}{r'^2} m' \frac{dv'}{dt} - m \frac{dv}{dt} \quad [16]$$

expresión por la cual se podrá obtener el valor de las resistencias pasivas que se oponen al movimiento del proyectil, en el interior de las piezas rayadas.

OBSERVACIONES

110. Para el manejo de este aparato deben estar perfectamente engrasadas todas sus partes, para evitar en cuanto sea posible los rozamientos, y se deben contrastar los diapasones para conocer el tiempo que corresponde á cada vibración, dedicando especial atención á los estiletos ó plumas de acero que aquellos llevan, cuidando de que los D y D' lleven cada uno

dos, para que las sinusóides trazadas sean gemelas y puedan servir de comprobación. La presión ejercida por los estiletos sobre la barra deber ser muy suave y la capa de negro de humo muy ligera, para que los trazos resulten muy finos.

Si en vez de ir las correderas en la parte superior de la barra, se colocan invertidas al final de la misma y, además, se sujetan de tal modo (por medio de un pasador de alambre) que sólo puedan quedar en libertad al chocar el proyectil ó penetrar en un medio resistente, se podrá estudiar el movimiento final de la trayectoria; el diapasón, en virtud de la inercia, seguirá animado de la misma velocidad que traía el proyectil mientras que éste la irá perdiendo; por lo tanto, aquél marchará sobre la barra y su estilete registrará el movimiento; el movimiento registrado será mayor que la longitud del proyectil, aun en el caso de emplear solamente una corredera, puesto que ésta va animada de la misma velocidad que el proyectil, y al efectuarse el choque y perder velocidad aquélla conservará la remanente, por lo cual en el movimiento relativo los espacios recorridos por la corredera serán la diferencia entre el real del proyectil y el que aquélla habría recorrido con movimiento uniforme.

Por último, si se colocan las dos correderas una en la parte superior y otra en la inferior, se podrán registrar á la vez los movimientos del proyectil, al principio y al final de la trayectoria.

Si en el proyectil registrador de velocidades remanentes se coloca una corredera de tal modo, que al menor retardo del proyectil avance sobre la barra, se podrá determinar el momento preciso en que la velocidad empieza á disminuir.

Experiencias verificadas de este modo han evidenciado, que la disminución de la velocidad tiene lugar bastante lejos de la boca de la pieza, lo cual prueba que los gases siguen actuando sobre el proyectil un espacio bastante grande.

Las experiencias á que nos referimos, hechas con dos proyectiles de 24 cm. disparados con cargas de 28 kg., pesando la corredera móvil 7,245 kg., con 36 cm. de recorrido y diapasón que daba 1.590 vibraciones por segundo, demostraron que á los 52,60 m. empezaba el movimiento retardado del proyectil.



XI

Norma para efectuar las experiencias

CONSIDERACIONES GENERALES

111 Explicados los principales aparatos, elementos indispensables de la Balística experimental, falta exponer la norma ó pauta que debe seguirse para efectuar las experiencias, pues de la mayor atención y cuidado puesto en la ejecución y del detenido y previo cálculo teórico efectuado, dependerá la exactitud y garantía de los resultados obtenidos.

Toda experiencia debe, pues, considerarse descompuesta en tres partes:

a). Trabajo preliminar de gabinete, para tener conocimiento de los resultados que arroja la teoría; se hará con gran esmero, revisando concienzudamente los cálculos, á fin de cerciorarse de la verdad de los valores encontrados.

b). Experiencia propiamente dicha, ejecutada con los aparatos colocados en estación siguiendo exactamente las reglas establecidas, para evitar, en cuanto posible sea, los errores inherentes al operador;

c). Cálculo de comprobación para examinar la bondad de las observaciones y poder obtener valores medios que, dentro de la probabilidad de los errores, se puedan considerar como

muy aproximados á los ciertos; se compararán después los resultados prácticos con los teóricos, con objeto de deducir las consecuencias pertinentes á las experiencias efectuadas.

MEDICIÓN DE VELOCIDADES

112 Aun cuando todos los cronógrafos y el velocímetro pueden ser empleados para la medición de velocidades, los casi exclusivamente en uso son: el cronógrafo Le Boulengé modificado por Bregér y el moderno de Schmidt.

Las tres partes que se han considerado en toda experiencia serán las siguientes:

a) En los aparatos fundados en la ley de caída de los cuerpos, se empezará por calcular la aceleración de la gravedad que corresponde al sitio en que se opera, valiéndose al efecto de la fórmula

$$g = g_1 (1 - 0,0^2259 \times \cos 2 \lambda) (1 - 0,0^8314 \times z),$$

en la cual $g_1 = 9,8061$ m. es el valor de la aceleración de la gravedad sobre el nivel del mar y á una latitud de 45° , λ representa la latitud del lugar de la experiencia y z la altitud de dicho lugar.

Así por ejemplo, aquí en Segovia según los datos de su Estación Meteorológica los valores de z y λ son

$$\text{altitud} = 1.005 \text{ m.}$$

$$\text{latitud} = 40^\circ - 57' - 3'' ,6$$

que aproximadamente pueden considerarse como 1.000 m. y 41° respectivamente.

Cálculo de g

$$\left. \begin{array}{l} z = 1000 \text{ m.} \\ \lambda = 41^\circ \end{array} \right\}$$

$$\log 0,0^2259 = \overline{3}, 413300$$

$$\log \cos^2 \lambda = \overline{1}, 143555$$

$$\overline{4}, 556855 \quad \text{antilog} = 0,0^356048$$

$$1 - 0,0^356048 = 0,96963952$$

$$0,0^3314 \times z = 0,0^5314 \quad \gg \quad 1 - 0,0^5314 = 0,99999686$$

$$\log 9,8061 = 0,991496$$

$$\log 0,99964 = \overline{1}, 999843$$

$$\log 0,99999 = \overline{1}, 999996$$

$$\log g = 0,991335 \quad \gg \quad g = 9,8025$$

Con este valor de g el del tiempo t , error de disyunción, será

$$\log 2 h = \overline{1}, 543881$$

$$\log g = \underline{0,991335}$$

$$\log t^2 = \overline{2}, 352546$$

$$\log t = \overline{1}, 176273 \quad \gg \quad t = 0'', 150062$$

Como los valores encontrados para g y t difieren poco, respectivamente, de 9,8 m. y 0'',15, que con los adoptados en la Escuela Central de Tiro, se han tomado para esta localidad estos últimos valores.

Se encuentra después la velocidad inicial de la pieza que se vaya á emplear, por la expresión

$$V = \frac{a}{w m} l \quad \text{ó bien} \quad V^2 = \frac{2\omega f}{m} \log. \left(1 + \frac{X}{x_0} \right) - D v_1^2.$$

conocidas por Balística interior, y con arreglo á este valor se fija la distancia á que se deben colocar los marcos-blancos, que no debe exceder de la décima parte de la velocidad y cuando ésta sea superior á 500 m. se establecerán aquellos á 50 m.,

no sólo para evitar la mayor curvatura de las trayectorias, sino además, para que la pérdida de velocidad que experimente el proyectil al pasar de un marco á otro, no sea excesiva. Si las piezas empleadas son de tiro curvo, la distancia que debe existir entre los marcos se obtendrá, multiplicando la deducida por la regla anterior por el coseno del ángulo de elevación. Cuando la velocidad calculada sea inferior á la que dá el aparato de lecturas, se obtendrá el límite máximo de la distancia comprendida entre los marcos, por la fórmula (5).

b) Para efectuar la experiencia, se colocan los marcos á la distancia calculada, sobre todo cuando las trayectorias de las piezas sean rasantes; se establecen los circuitos, asegurándose de que están bien los contactos y clavijas, y se templan los hilos. El aparato se pone en estación lejos de las piezas, reconociendo el conjuntor en el cronógrafo modificado, para cerciorarse de que sus contactos están bien limpios, así como de la fuerza de su muelle, con la misma escrupulosidad se hará el reconocimiento de los demás contactos y prensas y después de este exámen se efectúan las demás operaciones y correcciones que se han explicado. Establecida la pieza á la distancia conveniente del 1.^{er} blanco, se procede á efectuar la experiencia.

El número de series y el de disparos de cada serie dependerá de la mayor ó menor confianza que se tenga en los elementos de tiro: como término medio, el número de disparos de cada serie no debe ser inferior á 10, para que haya cierta compensación entre los errores accidentales, y tampoco debe ser superior á 20, para la mayor comodidad en la determinación de los valores medios: en cuanto al número de series debe ser siempre el mayor posible, para aumentar el grado de aproximación de los valores medios obtenidos.

En un estado apropiado, y en el que se indica lugar y día de la experiencia, pieza ó piezas con que se opera, carga y

proyectil empleados, velocidad inicial calculada, distancia entre los marcos-blancos y la que existe desde la boca de la pieza al 1.^{er} marco, se anotan el número de la serie y el del disparo, la velocidad que da el aparato de lectura y la altura de caída para cada uno de aquéllos: el estado debe tener, además, una casilla de observaciones para hacer mención de las particularidades que pudieran presentarse en alguno de los disparos.

c). Reunidos los datos prácticos se toman los promedios que corresponden á cada serie tanto de los valores de la velocidad como de las alturas; con el valor medio de éstas se calcula la velocidad, que debe ser igual al valor medio de ésta si se tiene mucha práctica en las lecturas, y sino lo fuesen, se tomará como promedio el calculado; se reduce la velocidad hallada de este modo á la distancia existente entre los blancos, por medio de la fórmula 3], y de este modo se tienen los diferentes valores medios de cada serie.

A estos valores medios se les puede aplicar los principios del cálculo de probabilidades si se quiere mucha exactitud, pues así se conocerá el grado de confianza ó módulo de presión del medio aritmético de los valores medios hallados: si los valores medios de cada serie se diferencian muy poco entre sí, se tomará solamente la media aritmética de todos ellos y el valor así encontrado, se tomará como el correspondiente á la velocidad que lleva el proyectil en el punto medio de la distancia que existe entre los marcos-blancos.

Es preciso ahora reducir la velocidad anterior á la boca de la pieza, lo cual se hará, bien siguiendo los procedimientos que se expresan en Balística exterior ó bien empleando la fórmula práctica del Sr. Ollero.

$$V - v_x = \frac{x}{C} K \cdot v_x^2$$

en la cual: v_x es la velocidad encontrada; C el coeficiente balístico natural cuyo valor es $\frac{p}{1000a^2}$, representando p el peso del proyectil en kg. y a el diámetro en metros; V es la velocidad en la boca de la pieza; x la distancia que hay entre esta y el punto medio de la existente entre los marcos; y , por último, K es una constante variable con la velocidad.

Reducida la velocidad á la boca de la pieza, se compara su valor con el de la inicial calculada, y de la mayor ó menor diferencia que entre las dos haya, se sacarán las consecuencias que con antelación se habían tratado de deducir.

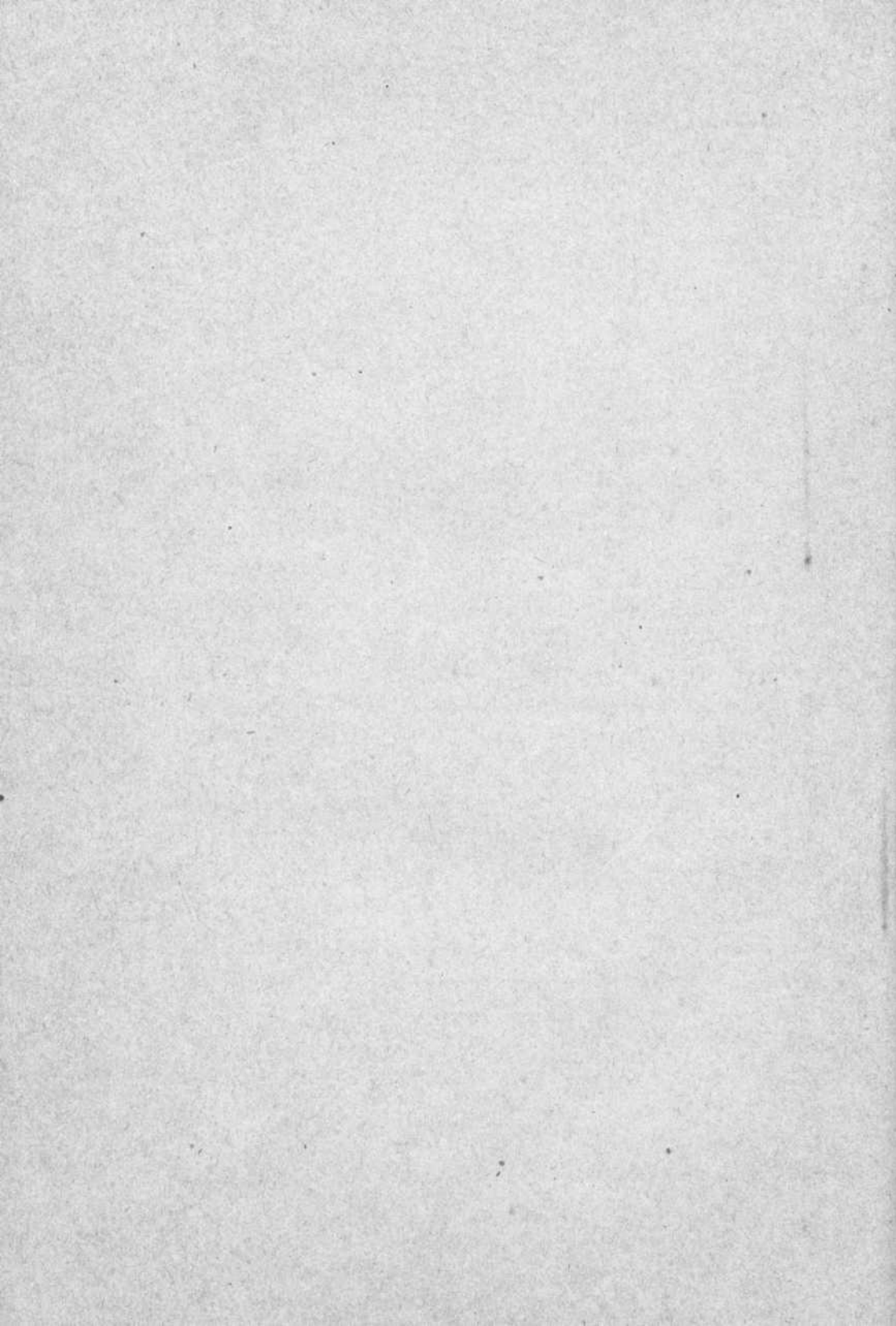
MEDIDAS DE PRESIONES

113. Para efectuar la medida de las presiones, se emplean, como se ha dicho, los manómetros, pudiéndose también usar el velocímetro y los cronógrafos, midiendo la velocidad de retroceso y después, por el cálculo, deducir las presiones desarrolladas, pero los aparatos verdaderamente prácticos son los manómetros.

De las tres partes de la experiencia, la primera requiere más detención, pues debe calcularse la presión, no en el fondo de la recámara, sino sobre la sección á que queda la cápsula obturatriz, cálculo que sólo debe hacerse cuando se desee muchísima exactitud; en la generalidad de los casos, basta saber cuál es la presión máxima.

La segunda y tercera parte no ofrece dificultad; y en cuanto á las conclusiones de las experiencias, dependerán del problema que en cada caso se trata de resolver.

APÉNDICE



I

Interruptores electro-acústicos

FUNDAMENTO

114 Se sabe por física que el sonido en el aire se propaga por ondas elementales esféricas concéntricas, con una velocidad de 331 m. próximamente, que difiere muy poco de la que el aire adquiere al penetrar en el vacío: el radio de cada onda elemental, en un momento dado, se obtendrá, por consiguiente, multiplicando la velocidad, que representaremos por v_s , por el tiempo, así, llamando á dicho radio ρ , se tiene

$$\rho = v_s \cdot t.$$

Es también un hecho comprobado que los proyectiles animados de velocidades superiores á la del sonido, producen, en su movimiento á través de las capas atmosféricas, un sonido característico, debido según unos á la vibración de su materia y según otros se verifica al precipitarse el aire en el vacío que aquellos van dejando tras de sí.

Si la velocidad del proyectil es menor ó igual á la del sonido se producen también vibraciones de las moléculas del

aire y, aunque no tan claramente como en el caso anterior, se conoce el paso del proyectil cuando se está en las inmediaciones de su trayectoria.

115 Sea AB la trayectoria de un proyectil (*fi.^a 102, lámina XI*) animado de la velocidad V y sea P la posición del observador; todo sonido emitido en A tardará en llegar al observador el tiempo $\frac{AP}{v_s}$, así como el del emitido en B será $\frac{BP}{v_s}$; si se supone que A y B están muy próximos, para que el sonido emitido en B llegase al observador al mismo tiempo que el correspondiente al A , se tiene que verificar la igualdad

$$\frac{AP}{v_s} = \frac{BP}{v_s} + \frac{AB}{V} \quad \text{ó bien} \quad \frac{AB}{V} = \frac{AP - BP}{v_s} \quad [17]$$

y puesto que siempre se tiene que

$$AB > AP - BP$$

para que la igualdad [17] pueda establecerse es necesario que $V > v_s$; se deduce, pues, que para velocidades del proyectil iguales ó menores que la del sonido el paso por cada uno de los puntos de su trayectoria queda bien definido, pero como el sonido es de pequeña intensidad á las vibraciones de las capas de aire les sucederá lo mismo, por lo cual serían preciso aparatos registradores muy sensibles y colocados muy próximos alrecorrido del proyectil para acusar su paso.

Si se verifica la igualdad [17], ó lo que es lo mismo, si $V > v_s$, como al observador colocado en P llegan los sonidos emitidos en A y en B al mismo tiempo, es necesario fijar de un modo analítico la posición del punto A , llamado *centro sonoro* del punto P .

Si representamos por t el tiempo que el proyectil tarda en llegar al punto A , el tiempo total que tarda en percibir el soni-

do el observador situado en P será $t + \frac{AP}{v_s}$; este tiempo tiene que ser un mínimo para el primer sonido que debe llegar á dicho punto, por lo tanto, se debe cumplir la condición

$$1 + \frac{1}{v_s} \frac{d(AP)}{dt} = 0$$

ó bien que

$$\frac{d(AP)}{dt} = -v_s. \quad [18]$$

Supuesto el punto B muy próximo al A, es evidente que

$$d(AP) = -AB \cos \lambda = -V \cdot \cos \lambda dt$$

y llevando este valor á la fórmula [18] se encuentra

$$\cos \lambda = \frac{v_s}{V}$$

por medio de cuya relación se podrá determinar la posición del punto P para cada uno de la trayectoria.

Por esta última expresión se ve también que cuanto mayor sea V el $\cos \lambda$ disminuirá, por lo cual, el máximo valor de λ corresponderá al máximo que puede tomar V; el máximo de la velocidad corresponde como es sabido á la boca de la pieza, pero como los gases acompañan al proyectil durante un cierto espacio, el valor máximo que se debe tomar para V será la que aquél lleva cuando los gases dejan de obrar. Estas consideraciones permiten fijar de una manera aproximada la mínima distancia de P á la boca de la pieza.

Si se considerase la trayectoria horizontal, λ será la inclinación de la AP y la posición del punto P se determinará con mayor facilidad.

116 Si λ fuese conocido, la fórmula que se estudia daría el valor de V, que es la que lleva el proyectil en el punto A, se presenta pues el problema de encontrar el valor de λ .

Sean P y P' dos puntos á los que corresponden los centros sonoros A y B (*fig.^a 103*) y supongámosles lo suficientemente próximos para que la trayectoria entre A y B sea rectilínea.

Si en P y P' se colocan dos interruptores eléctrico-acústicos en comunicación con un cronógrafo, se conocerá experimentalmente el tiempo que tarda en pasar el proyectil desde A á B, pero como el interruptor situado en P funciona cuando la onda sonora llegue á él y en cuyo instante la onda elemental corta al plano de tiro según la recta Pp, es evidente que el tiempo registrado por el cronógrafo es el que tarda el sonido en recorrer la distancia pP' cuyo valor es

$$t = \frac{pP'}{v_s} = \frac{PP' \cos(\lambda - \Theta)}{v_s}$$

por medio de cuya expresión se puede conocer el valor de λ , una vez que el de Θ haya sido determinado; si se suponen que el A y B están sobre una misma horizontal, entonces $\Theta = 0$, por lo tanto, se tendrá

$$\cos \lambda = \frac{t v_s}{PP'} = \frac{v_s}{V}$$

lo cual prueba que la velocidad V medida con el cronógrafo es la media de las que adquiere el proyectil entre A y B.

Se deduce de aquí, que la medición de velocidades con interruptores acústicos se efectúa de un modo análogo al explicado cuando se emplean marcos blancos, disponiéndose aquellos en el plano de tiro, separados entre sí 50 m., ó menos, y colocando el primero á una distancia conveniente de la boca de la pieza para que funcione por la onda sonora.

Pueden también situarse los interruptores en un plano paralelo al de tiro y á la altura de la trayectoria, lo que siempre es más difícil que la primera disposición.

El primer interruptor se puede también colocar cerca de la

boca de la pieza, pero como en este caso más bien obra por la expansión de los gases de la pólvora que por la vibración del aire, el tiempo registrado no debe considerarse como el verdadero aunque ciertamente se diferencia poco de él.

DESCRIPCIÓN DE LOS INTERRUPTORES

117 El interruptor electro-acústico se compone en líneas generales de un tambor metálico $A B C D$ (*fig.^a 104*) de sección parabólica con un chaflán plano $B C$ en la parte inferior, en el que se apoya el martillo mn mediante un muelle ó un contrapeso ligero: el conjunto vá encerrado en una caja de madera M .

La corriente se establece por el contacto entre el martillo y el tambor, uniendo uno de los extremos del circuito á la parte metálica y otro al extremo n del martillo, de este modo al vibrar la parte $B C$, por la acción de la onda sonora, comunicará sus vibraciones al martillo el cual se separará y se romperá momentáneamente el circuito.

Otra modelo es el indicado en la figura 105, que está formado por una caja de madera K , cerrada por la tapa d en cuyo centro tiene una abertura troncocónica l , la que á su vez se cierra por la parte interior por medio de un disco metálico p , que puede girar alrededor del eje o fijo á la pieza A . En esta se sujeta el muelle b , que obliga al disco p á cerrar constantemente la abertura l , y cuya tensión se puede modificar por medio del tornillo f : la pieza l invariablemente unida al disco lleva el tornillo s para establecer el contacto con la pieza c fija también á la tapa.

Las dos prensas k' y k'' situadas en una pieza de ebonita se comunican la primera con la pieza a y la segunda con la c , y cuando la tapa d está cerrada, tanto la pieza a como la c se

comunican con el condensador g , cuya finalidad es hacer que la extra-corriente de apertura al funcionar el interruptor sea lo más pequeña posible.

Su modo de funcionar es análoga al aparato anterior, puesto que al chocar la onda sonora con la chapa p se rompe el contacto en c , el tiempo indispensable para que el cronógrafo funcione, restableciéndose enseguida mediante la acción del muelle f , cuya acción debe graduarse para que la separación de contacto sea muy pequeña.

Finalmente, la cara posterior de la caja tiene mayores dimensiones que la tapa, para poderla adaptar á un soporte en el caso de que los interruptores se coloquen en un plano paralelo al de tiro y á la altura de la trayectoria.

118 Las ventajas del empleo de los interruptores que se acaban de explicar sobre los marcos blancos son muy notables, puesto que el cierre de los circuitos se verifica automáticamente por lo cual se gana mucho tiempo y se facilita la ejecución de las experiencias; pero la mayor ventaja que presentan es la menor resistencia que oponen al paso de la corriente, y en que la intensidad de la extra-corriente de apertura puede considerarse como nula, sobre todo en los del último modelo, en los que, el tiempo que tardan en desmagnetarse tanto el electro-imán del cronógrafo como el del registrador y, en general, los electroimanes con los que se pongan en comunicación se disminuye extraordinariamente, por lo tanto, la sensibilidad de los aparatos es mayor.

Al lado de estas incuestionables ventajas, presenta el inconveniente de su buena orientación, puesto que la manera de funcionar será distinta para cada disparo por la variabilidad de la trayectoria, sobre todo cuando los interruptores se colocan en un plano paralelo al de tiro, atenuándose en este caso los errores que se puedan cometer, empleando dobles interrup-

tores situados á la misma altura de la trayectoria, pero á distinto lado del plano de tiro, del que estarán separados próximamente un metro.

119 Cuando se trate de medir velocidades con los fusiles, pueden emplearse dos interruptores ó uno sólo y los blancos eléctricos ya descritos ú otros análogos, como los de interruptores de inercia empleados en nuestras fábricas nacionales, disponiendo el primero de modo que la boca del arma quede frente al centro de la abertura ó tambor y separada de éstas un decímetro, pudiendo colocarse los interruptores, bien por debajo ó bien lateralmente; pudiéndose conocer el error que se comete por medio de la experiencia.

Pueden también emplearse dobles interruptores, los que según se ha dicho, se dispondrán simétricamente con relación al plano de tiro: para valor de la velocidad se puede tomar el medio aritmético de los dos obtenidos, ó bien, el que se deduce de igualar la suma de los productos de la velocidad real por cada una de las obtenidas al doble producto de éstas, lo que tiene la ventaja de corregirse en parte los errores de dirección de la trayectoria.



II

Cronógrafo Schmidt con contador de segundos

120 El fundamento de este cronógrafo es el mismo que el del cronógrafo sencillo ya descrito: va como aquél dispuesto dentro de una caja y en la platina el volante se monta de igual modo así como el muelle en hélice circular D, (*fig.^a 105*), el electro-imán B, armaduras K y K', contactos *k* y *u* y muelle L; la disposición del electroimán C, que actúa sobre la armadura *d* del volante, es radial y en la forma que se indica en la figura para dejar espacio en donde colocar el electroimán A que obra sobre la palanca que mueve el volante del contador de segundos; los interruptores G y H son en todo análogos al único que tiene el cronógrafo sencillo.

Al exterior lleva un limbo con tres graduaciones, una interior en tinta roja que da las velocidades desde 1000 á 200 m. cuando los marcos-blancos estén separados entre sí 50 m., la segunda en negro, lo mismo que la tercera, comprende desde 0 á 250 milésimas de segundo, y la última, en sentido inverso, abarca desde 250 á 500 milésimas de segundo, de modo que el 0 y el 500 se corresponden; indicándose la graduación sobre la que se ha de efectuar la lectura el índice I' unido invariable-

mente á la palanca *b* sobre la que acciona la aguja I cuando llegue al límite de su recorrido ó sea á la graduación 250.

Sobre la platina y por encima del limbo, van los rheostatos G_1 y G_2 que corresponden al primer circuito, graduándose la intensidad de la fuerza electro-magnética de C y A por medio de G_1 , modificándose después la del C por el G_2 .

Debajo del limbo y á la derecha va el contador de segundos correspondiendo cada división á un cuarto de segundo, y el rheostato G_3 que gradúa la corriente del electroimán B.

Las pilas empleadas en este aparato son idénticas á las ya descritas.

ESTABLECIMIENTO Y ARREGLO DE LAS CORRIENTES

121 El establecimiento y arreglo de las corrientes en este aparato deben hacerse con sumo cuidado, no debiendo dar principio á las experiencias hasta tener la seguridad de que el cronógrafo funciona con regularidad.

Dos son los circuitos del primer blanco; uno entre el marco blanco y el rheostato G_2 , llamado *corriente de armar*, y otro entre la pila y el G_1 al que se denomina *corriente de entretenimiento*. Para el 2.º marco blanco, se establece un sólo circuito entre el rheostato G_3 , la pila y el marco.

El arreglo se empieza por el segundo circuito, colocando la corredera del rheostato G_3 á la derecha y en contacto con O_1 y la llave de la prensa O en el contacto O_3 ; asegurado el operador del que el circuito exterior está bien establecido, se oprime el botón G , y sin dejar de hacer presión sobre él se mueve la corredera hácia la izquierda; como la corriente interior es desde O_1 al electroimán B del que sale por *k* al contacto G y de éste á la bobina de resistencia I_1 de la cual va al O_3 , resulta que estando la corredera en su posición extrema de la derecha

la corriente tiene que atravesar toda la resistencia que presenta la barra de grafito, además de la que le opone la bobina, por lo cual la fuerza del electroimán B será muy pequeña y no podrá atraer á las armaduras K y K'; así, pues, á medida que la corredera se vaya aproximando hácia la izquierda, llegará un momento en que las armaduras sean atraídas, lo que se conocerá porque la aguja I se vuelve libre; verificado lo anterior la segunda corriente está arreglada y llevando la llave de la prensa O al contacto O₂ se está en disposición de operar. Si la corredera llegase á su límite sin que la aguja I quedase libre, es prueba de que el número de pilas empleadas no son suficientes y se aumentarán elementos hasta lograr el que la aguja se vuelva libre.

Se gradúa después la corriente de entretenimiento, y para ello se lleva la corredera del rheostato G₁ á la izquierda, así como la llave de la prensa M al contacto m₃, se dispone la llave de la N entre los dos contactos n₂ y n₃, y como al pasar la llave de la prensa O del contacto O₃ al O₂ se rompió el segundo circuito para restablecerlo y dejar libre á la aguja se oprime el botón G con lo cual se cierra aquél; logrado lo anterior por medio del botón g, que lleva el cristal que tapa el limbo, se transporta la aguja á la posición *cero* y, oprimiendo el botón H, si las pilas son las suficientes, debe permanecer en dicha posición una vez que se haya retirado el botón g. La corriente interior en este momento es, polo positivo de la pila á la prensa M, contacto m₃, bobina de resistencia I, contacto m₂, botón H, electroimanes A y C, contacto m₁, parte metálica del reostato, corredera y prensa M'; si se mueve la corredera hacia la derecha se va introduciendo resistencia y llegará un momento en que el electroimán C no tendrá suficiente fuerza para atraer á la armadura del volante y la aguja quedará libre, en este momento se gira la llave de la prensa M al contacto m₂ y la

corriente está arreglada. Con este giro se ha suprimido la resistencia de I , por lo que la intensidad de los electroimanes A y C será la precisa para su buen funcionamiento cuando obren simultáneamente, lo que ocurrirá cuando el tiempo que se mide sea mayor de un cuarto de segundo, pero cuando C obre solo entonces su intensidad será mayor que la debida y debe corregirse; esto se logra por medio del rheostato G_2 , que corresponde á la corriente de armar.

Para el arreglo de ésta se establece el contacto de la llave N con n_3 , se lleva la corredera del reostato á la derecha, y por medio del botón g se transporta la aguja á la posición *ceró*, en donde debe permanecer al retirar el botón. La corriente, en este caso, pasa desde la pila á la prensa M, de aquí al contacto n_2 , bobina I_1 , contacto n_3 , prensa N, 1.^{er} marco, prensa N', corredera, parte metálica del rheostato G_2 , contacto n_4 , electroimán C, contacto m_4 , parte metálica del reostato G_4 , corredera, resistencia ds rheostato, prensa M' y pila, Si se mueve la corredera del reostato G_2 hacia la izquierda se aumenta la resistencia, luego cuando esta sea grande la intensidad de C será pequeña y llegará un momento en que la aguja quede libre, moviendo la llave N para que esté en contacto con n_2 , como se suprime la resistencia I_1 . el electroimán C tendrá ya fuerza suficiente para sostener á la aguja en su posición, y el aparato está en disposición de funcionar.

MEDIDA DE VELOCIDADES Y DE TIEMPOS MAYORES

QUE $\frac{1}{4}$ DE SEGUNDO

121 a) La medida de las velocidades, cuando la distancia entre los marcos ó interruptores es de 50 m., se efectúa de un modo idéntico al que se ha explicado al tratar del cronógrafo

sencillo, leyéndose la velocidad en la graduación interior que que va escrita en tinta encarnada y que comprende, como ya se ha dicho, desde 1000 á 200 metros: los tiempos correspondientes á estas velocidades se leen en la segunda graduación y que comprende desde 0 á $\frac{1}{4}$ de segundo, apreciándose milésimas de esta unidad.

En cada experiencia se tendrá siempre el cuidado de apretar el botón G para que la aguja quede libre, y entonces, por medio de *g*, y girando toda la armadura del cristal, que cierra el aparato por la parte exterior, se llevará á la posición *cero*, volviendo á girar toda la armadura para que la varilla que tiene el botón *g* no impida el que la aguja puede recorrer libremente toda la graduación.

b) Cuando se trate de medir tiempos mayores que un cuarto de segundo, después de verificado el aparato se lleva á *cero* el índice del contador de segundos, para lo cual se oprime, las veces que sea preciso, el botón H; de este modo se cierra el circuito del electroimán A, que atrae la palanca fiador que hace mover á la rueda dentada sobre que va montada la aguja índice del contador de segundos, estando calculado el número de dientes de modo que cada uno de ellos corresponda á un cuarto de segundo.

Puesto en *cero* el índice del contador, se efectúa la experiencia de manera que se rompa el 1.^{er} circuito para que la aguja quede libre, verificado lo cual, y en virtud de la elasticidad del muelle D, recorrer á toda la circunferencia hasta la graduación 250, en este instante tropieza con los extremos de los contactos *c* y *c'* que están debajo del puente que sostiene al eje de giro de la aguja y que por debajo de la platina están en comunicación con las dos láminas del interruptor H, por lo cual, se cerrará el circuito del electroimán A, y también el del electroimán C, obrando el primero sobre la armadura del contador

y el segundo sobre la pieza d que lleva el volante de la aguja que ahora estará muy cerca de su núcleo: al mismo tiempo la pequeña armadura que sostiene á la aguja empuja á la palanca b haciendo que el estilato ó índice I' marque la graduación exterior.

Como al cerrarse el circuito en c y c' la pieza d no llegó á estar en contacto con el núcleo del electroimán C pero si cerca de él, al atraerlo se volverá á romper el circuito, pero ya el muelle D. ha tomado fuerza, y en virtud de su elasticidad volverá en sentido contrario hasta ser detenida por los contactos c y c' , en cuyo momento se vuelven á activar los electroimanes A y C marcando el primero otra división, y dando fuerza al muelle el segundo, pues únicamente estando la aguja en cero, cuya graduación está algo separada del puente, es cuando la pieza d queda enfrente del núcleo de C, y por consiguiente queda fija la aguja. Al mismo tiempo que se cierra el contacto, la armadura de la aguja empuja nuevamente á la palanca b y el índice I' vuelve á marcar la segunda graduación.

Cuando se interrumpa el segundo circuito, la aguja se detendrá y el número exacto de cuartos de segundos se leerá en el contador y la fracción de esta unidad en la graduación que marque el índice I' , teniendo cuidado de restar de la lectura $\frac{1}{4}$ de segundo ó sea 250 milésimas, cuando el índice señale la graduación exterior, por ser ésta desde 250 á 500 y el $\frac{1}{4}$ de segundo ya está registrado en el contador.

Si el tiempo que se trata de medir es menor de $\frac{1}{2}$ segundo, entonces no hace falta el contador y la graduación total que marque el índice I' será la que corresponda al tiempo registrado.

122 Con este aparato se pueden comprobar las graduaciones de las espoletas de tiempos ó el invertido por el proyectil en recorrer su trayectoria y aprecia hasta dos diez milésimas; pueden, por tanto considerarse como de suma utilidad en todo polígono de experiencias balísticas.

III

Probeta Mauser

DESCRIPCIÓN

123 Para medir las presiones en la cartuchería Mauser, se emplea la probeta reglamentaria, modelo Mauser, modificada por la Fábrica de armas de Oviedo.

Está formada por un cañón Mauser (*fig.^a 107, lám. XII.*) bastante reforzado que se atornilla directamente á la pieza A B prismático rectangular, á la cual también se atornilla el cajón del mecanismo: éste es diferente del reglamentario pues carece de las muescas para el cargador, de las rampas de acceso de los cartuchos, de la boca del depósito y la canal guía del tetón izquierdo es más profunda que la del derecho.

El cerrojo también difiere del ordinario; tiene (*fig.^a 110*), una cabeza movable A con un tetón B en su parte izquierda, en ella va practicado un rebajo *a* para el alojamiento del culote del cartucho y éste queda fijo en su posición por medio del extractor *c* y del diente *b*, que penetra en una muesca practicada en el reborde del culote de aquél.

La pieza prismática A B, que tiene grabado en su cara superior el lema de la fábrica y el número de la probeta, lleva en el costado derecho el cilindro B que forma cuerpo con ella, es

hueco y roscado interiormente, cerrándose por la parte exterior con el tapón C y por la interior con el E.

El tapón C afecta la forma que se indica en la figura y tiene picada la parte D de la cabeza para su fácil manejo y en forma exagonal la *d* para poder emplear la llave de tuercas.

La pieza E, que cierra el fondo de la cavidad cilíndrica B, presenta una canal cilíndrica en su centro, que coincide exactamente con otra practicada en el mismo espesor del cañón; en esta canal, que en la parte opuesta al cañón afecta la forma de tronco de cono, se aloja á rozamiento suave el émbolo F, de acero, cuyo vástago es de una sola pieza cuando se traten de medir grandes presiones, pues para las normales ó que se aparten poco de ellas está formado de las dos partes *a* y *a'* unidas por un pasador, colocando en la unión la pieza de caucho *e*. La cabeza del émbolo es cilíndrica, llevando practicada en su contorno una canal para poderlo poner en su alojamiento por medio de una pinza apropiada; se une al vástago por una superficie cónica y como la base de éste tiene un rebajo cilíndrico para que se adapte á la superficie del ánima, dicha superficie cónica lleva el claflán *b* que al apoyarse sobre la pieza guía I, que se fija en un sitio por el tornillo *t*, obliga al émbolo á ocupar siempre la posición debida.

En la parte opuesta al cilindro B van practicados los rebajos necesarios para el alojamiento del fiador F' (*figs. 107 y 108*), que está formado por dos brazos invariablemente unidos y en doble escuadra, de los cuales el mayor presenta, como se ve en la figura, varios chaflanes y rebajos para colocarlo en su alojamiento que está practicada en todo el espesor de la pieza AB, perpendicularmente al eje del cañón y por debajo de él, terminando en la parte roscada del cilindro B; el brazo menor G es cilíndrico, tiene menor longitud y se aloja en un taladro que termina en la canal guía del tetón izquierdo. Un muelle M, cuya

tensión se da por la pieza H, fija por tornillos al exterior del prisma A B, actúa constantemente sobre el brazo mayor del fiador y le obliga á ocupar su posición.

El conjunto va montado sobre una pieza prismática de madera para poder colocar la probeta sobre un potro ó caballete, al que se asegura por medio de mordazas ó tornillos, y á fin de efectuar el disparo con las debidas precauciones, cuando se trate de medir presiones excesivas, el disparador es bastante largo y lleva un ojal en su extremo para enganchar una cuerda ó tirafrictor de longitud apropiada para precaver todo accidente.

Los elementos de puntería se reducen á una pieza soldada al cañón con una escotadura triangular en el sitio correspondiente al alza y un punto de mira en la boca.

Los cartuchos que se emplean son los corrientes, en los cuales se practica una abertura circular á una distancia del culote tal, que corresponda con el taladro del cañón, siendo su diámetro cinco décimas de milímetro mayor que el del vástago del émbolo (*fig.ª 109*), el taladro del cartucho se cierra interiormente por una lámina de caucho sin vulcanizar y por la parte exterior por un papel vegetal que sea delgado y resistente, el que se fija con una disolución de vidrio soluble. En el culote, y en la parte opuesta al taladro, tienen una entalladura para que en ella se aloje el diente del cerrojo.

Tanto la abertura lateral como la muesca del culote pueden practicarse en cualquier cartucho, pero en general, vienen ya preparados de la fábrica los que se han de emplear en las experiencias; cuando éstas tengan por objeto reconocer el estado de la pólvora de una cartuchería que lleve mucho tiempo almacenada, entonces tomando el tanto por ciento que marcan los reglamentos, se procede á su descarga y en cada uno de ellos se practica la entalladura ó muesca del culote de modo que ajuste bien en el diente del cerrojo; armado el car-

tucho en este se introduce en el cañón hasta que ocupe su posición de fuego y por medio de un estilete de acero muy fino, se marca sobre el cuerpo del cartucho el sitio del taladro que corresponde á la base del vástago; se saca el cartucho y se taladra con máquina á una dimensión menor terminando la operación á mano y con lima; se coloca el caucho y papel vegetal y se efectúa la carga cuando esté seco, dando á la bala el mismo engarce que tenía antes.

Los cilindros que se emplean son de cobre muy puro y homogéneo de 15 mm. de altura, por 10 mm. de diámetro, fabricados por la casa Krupp y tienen una presión previa de 1.500 kg. \times cm.², estando dispuesto que para las pruebas oficiales sean los cilindros del mismo año que en el que se efectúan las experiencias.

MANERA DE OPERAR

124 Engrasadas y limpias las diferentes partes que forman la probeta, se coloca el émbolo en su alojamiento, valiéndose de la tenaza ya dicha, se toma un cilindro y se mide colocándolo después provisto de una arandela de goma ó caucho en el hueco del tapón C; se atornilla éste en B hasta que la cabeza del émbolo esté en contacto con la base del cilindro de cobre, lo que se conocerá por el brazo G del fiador, pues éste, antes de apretar el tapón C, sobresale del fondo de la canal guía del tetón izquierdo y cuando el brazo mayor del fiador sea empujado por el borde del tapón C el menor G se irá retirando y únicamente desaparecerá en su alojamiento cuando el cilindro y el émbolo estén en íntimo contacto; esta disposición del fiador evita el que se pueda efectuar la experiencia sin que el tapón C esté asegurado.

Si los cartuchos no están cargados, se efectúa esta opera-

ción dando á la bala el engarce que se desee, se arma en el cerrojo y se introduce este en su alojamiento, y como la canal guía del tetón izquierdo es más profunda que la del derecho, el tetón de la cabeza móvil A penetrará en aquella, y al cerrar el cartucho ocupará la posición debida. Hecho el disparo, por medio de la llave de tuercas se quita el tapón C, se recoge el cilindro y se mide, y por la tabla de comprensiones que manda la fábrica con los cilindros se podrá conocer la presión registrada.

Como el diámetro del vástago del émbolo puede ser de 7,9 y 11'1 milímetros, si la tabla corresponde á un diámetro distinto del que tiene el vástago que se emplea, se deducirá la que corresponde á la experiencia, multiplicando la que da la tabla para la comprensión medida en el cilindro, por cuadrado de la relación entre el diámetro del émbolo con que se efectuó la presión prévia y el que tiene el de la experiencia, puesto que las presiones son proporcionales á las superficies.

Si las presiones viniesen expresadas en atmósferas se referirán á las unidades Kg. \times cm² multiplicando el número que dé la tabla por 1,0334 que es el valor de una atmósfera en dichas unidades.

Así, por ejemplo, operando con una probeta cuyo diámetro del vástago sea de 9 mm., se ha encontrado que la altura del cilindro después del disparo es de 13,005 mm., á la cual corresponde por la tabla VIII. calculada para un vástago de 11,1 milímetros, 2096,5 atm.; como la sección del primero es $\pi \frac{9^2}{4}$ y la del segundo $\pi \frac{11,1^2}{4^2}$, la presión real que ha experimentado el primero, será

$$P = 2096,5 \times \frac{11,1^2}{9^2} = 2096,5 \times 1,5201 = 3186,8 \text{ atm.}$$

y en las unidades $\text{kg.} \times \text{cm}^2$,

$$P = 3186,8 \times 1,033 = 3291,5.$$

En los polígonos de tiro, en que el número de experiencias sea considerable, se calcula previamente una tabla con las reducciones anteriores, y también deben emplearse dos probetas de las que una se tomará como de contraste.



IV

Manómetros para los compresores

DESCRIPCIÓN Y EMPLEO

125 Los crusher que se usan para medir las presiones en los compresores ó frenos hidráulicos tienen el mismo fundamento que los estudiados, pues los valores de los esfuerzos desarrollados se registran por los aplastamientos de un cilindro de plomo.

Están formados, en general, de un cuerpo A B (*fig.^a 111*) de acero y de pequeñas dimensiones, siendo de sección cuadrada en la parte A y cilíndrica y roscada en la parte B para atornillarlo en los compresores; la parte F también cilíndrica y de mayor diámetro que la B sirve de apoyo á la rodaja de cuero G que sirve para obturar la unión del aparato con el compresor.

Interiormente presenta tres partes cilíndricas de diferente diámetro; una E, fileteada, donde se ajusta el tapón yunque, otra D, de un diámetro mayor, que es el sitio destinado al cilindro registrador y, por último, la C donde se coloca el compresor de acero.

Para operar con este manómetro se ajusta fuertemente en la abertura practicada en el cuerpo de bomba del freno, y en el extremo opuesto al émbolo; se pone el cilindro, y después el

tapón; verificado el disparo se quita el tapón y se extrae el cilindro, y medida la altura para conocer la comprensión experimentada se conocerá la presión por medio de la tabla IX.

La altura de los cilindros se mide con el compás ya estudiado (76), que entre todos los corrientemente empleados es el que da con más claridad las centésimas de milímetro.

Hoy se emplea también el denominado *Palmer*, que aprecia centésimas y está formado por una base A (*fig.^a 112*) con un tornillo de corrección B y su doble escuadra C para sostener el cilindro superior ó cuerpo del compás, en este cilindro y sobre una generatriz lleva la graduación de 0 á 30 mm.: en el interior del cilindro va el tornillo D de 1 mm. de paso cuya cabeza está constituida por el cilindro E que enchufa en el cuerpo y en su borde inferior *a b*, de forma cónica, lleva una graduación de 0 á 100, para apreciar las centésimas de milímetro: termina el cilindro E, por su parte superior, en una pequeña cavidad troncocónica donde se alojan dos muelles G y G, de latón y de forma cónica, colocados según se ve en la figura y éstos se unen por medio del tornillo H á la cabeza F del compás, lográndose la unión de éste con el cilindro E por el rozamiento de los muelles: por esta disposición al estar en perfecto contacto la base *m* del tornillo D con el cilindro ó cuerpo que se trate de medir, la cabeza F al girar no arrastrará ya al cilindro E, si el rozamiento de los muelles está bien graduado.

Para medir los aplastamientos con el compás anterior se siguen las mismas reglas establecidas en el párrafo 77.



V

Compás de gran aproximación

PARTES QUE LO FORMAN

126 Este compás está constituido por un fuerte soporte de fundición A B C (*fig.*^a 113), al que se une por medio de cuatro tornillos la pieza D E F en doble escuadra.

En la parte superior de D se fija con dos tornillos el brazo de latón G H, sobre el que va grabada la inscripción *A & R. Hahn, Cassel*, que en su extremo H lleva un sector graduado en veinte partes, numeradas de 0 á 10 á partir del trazo medio; en la cara anterior del brazo se fija el índice K L, que puede girar alrededor del eje M y está solicitado hacia la parte superior, entre M y L, por el muelle de latón N.

Por el extremo K se apoya el lado menor de la palanca índice sobre el extremo del vástago P, que está colocada dentro de la pieza de acero Q, alojada en una cavidad ligeramente cónica hacia la parte inferior y que está practicada en todo el espesor de D y en dirección perpendicular á la base A B del compás: un tornillo *t* que penetra en una abertura elíptica de la pieza Q, impide el que ésta pueda sacarse de su alojamiento, aunque la permite moverse en una amplitud de medio milímetro. La tapa O, cierra la cavidad por la parte superior, dejando paso en su centro al vástago P.

El muelle de acero R, colocado alrededor de P, se apoya por la parte superior en el tapón O y por la inferior en la cabeza del vástago y obliga constantemente á la pieza Q á estar en su posición más baja.

En el brazo F de la doble escuadra va practicada una tuerca de un milímetro de paso, en dirección del eje del vástago, en donde se aloja el tornillo S y en sentido perpendicular á éste presenta la parte F otra canal de sección cilíndrica en la que se coloca la pieza de latón V, que en su parte media se encuentra taladrada y fileteada para dar paso al tornillo S; la pieza V tiene una parte *a* de mayor diámetro y en la cara opuesta una cavidad que sirve de tuerca al tornillo *s* que atraviesa la arandela O que cierra la abertura y sobre la que se apoya la cabeza *p* del tornillo anterior.

El tornillo S termina por su parte superior en una cara plana y por la inferior en un resalte *b*, una parte *c* y otra *d* fileteada; la parte *c* tiene fileteada una pequeña extensión para fijar la arandela *e*, otra cilíndrica lisa donde va la plancha *f* y otra de sección cuadrada donde se pone la arandela *m*. Termina la pieza S en otra parte de menor diámetro *d* donde se fija la tuerca T.

La plancha *f*, está vaciada radialmente y forma cuerpo con el tambor XY, en cuya superficie exterior lleva practicada una canal helicoidal de pequeño paso por donde resbala el índice I, que se podemos ver á lo largo del cilindro guía B'D' que está atornillado el brazo A'B' fijo con dos tornillos á la parte F.

La superficie del tambor está cubierta de una ligera capa de plata para que se destaque bien la graduación que lleva en ella y que comprende desde 15'1 mm., que está en la parte superior, hasta 7'9' mm. que se lee en la inferior; cada una de las divisiones numeradas corresponde á una décima de mm. y van divididas, por trazos de diferente tamaño, en veinte partes, por

lo cual cada una de las divisiones más pequeñas corresponde á cinco milésimas.

MANERA DE EFECTUAR LAS MEDICIONES

127 Reconocido el aparato y engrasadas las partes Q, S y V, se procede á contrastar el compás, á este fin lleva un cilindro de acero de 15 mm. de altura, el cual se coloca en la cara superior del tornillo S, y aflojado el *s*, se gira el tambor hasta que la parte superior del cilindro se apoye sobre la cara inferior de la pieza Q.

Logrado lo anterior, se continúa lentamente al giro del tambor, con lo cual el cilindro empujará á la pieza Q, venciendo la resistencia del muelle R, cuya tensión no es muy grande á fin de evitar la deformación del cuerpo que se trata de medir: como el vástago se apoya directamente sobre la pieza Q al subir este empujará al brazo K del índice, por lo cual el extremo L se desplazará en su sector graduado, una división por cada 0,32 de milímetro de giro; siguiendo el movimiento se llevará el extremo L al trazo *zero*.

En esta disposición se aprieta fuertemente el tonillo *s*, con cuya operación la pieza V apretará del mismo modo al S contra su alojamiento y le impedirá moverse. Se destornilla entonces T una ó dos vueltas con lo que el tambor queda loco, y haciéndole girar se lleva el índice I hasta que el borde de la izquierda marque exactamente la división 15, en cuyo momento se apriete la tuerca T.

Se afloja finalmente el tornillo *s*, y ya se está en condiciones de operar, después de haber separado el cilindro de contraste.

Para efectuar una medición se coloca el cilindro sobre el

tornillo S, se gira el tambor por medio de la tuerca T, hasta que el índice L esté en el trazo *ceros*, se aprieta el tornillo s, y se efectúa la lectura, empezando por el primer número de tres cifras escrito á la izquierda del índice, que representan los milímetros y décimas de esta unidad, después se cuentan los trazos más largos y se tendrán las centésimas, luego la división pequeña, si la hay, y finalmente se procede á la lectura de las milésimas, y para ello, se gira con mucha lentitud el tambor hasta que el índice L marque una división por debajo del *ceros* y se ve si el extremo del índice I está en una división, si esto no ocurriese, se hace que el índice L señale dos divisiones, y si el I coincide con una división, se aumentarán á las milésimas ya anotada 4, pues cada división corresponde á dos milésimas. Si á la segunda división no corresponde división exacta en el tambor, se gira éste hasta que L marque una división por encima de *ceros* y se ve si el I coincide, si así no ocurre, se hace señalar á L dos divisiones y entonces si se verifica, se aumentará á las milésimas anotadas una milésima. Si tanto en un sentido como en otro no hubiese coincidencia es prueba de que el índice I está en medio de una de las divisiones, por lo tanto se aumentarán á las milésimas anotadas 2,5 milésimas. Así, por ejemplo, si el índice I está en α , el primer número de tres cifras es 14,0, después 5, y como hasta α hay todavía cuatro trazos las centésimas serán 9, y, por último, hecha la operación antes explicada no se verifica la coincidencia de los dos índices, por lo tanto I está en la mitad de una división de 5 milésimas, por lo cual la altura leída será 14,0925 mm.

Otro ejemplo: la lectura directa del aparato da 13,455 milímetros, se gira el tambor hasta que los dos índices marcan divisiones y se ve que el L marca dos y el I marca 13,395; como cada división del índice L vale 0,032 mm. las dos divisiones valdrán 0,064 mm., que sumados á 13,395 dan 13,459, que

es igual al valor que se obtendría sumando 0,004 á la primera lectura.

Esta disposición permite medir espesores muy pequeños, valiéndose para ello del cilindro de contraste, puesto que colocado este, y sobre él el objeto de pequeño espesor que se trate de medir, por ejemplo, un papel, al llevar el índice L á la referencia *ceró*, y anotada la lectura del índice I, restando esta de 15 se tendrá el espesor buscado.

128 Aunque los estados en que se anotan los resultados de las experiencias puedan afectar una forma cualquiera, hemos adoptado los siguientes como modelos, por ser análogos á los que se emplean en la Fábrica de pólvoras y explosivos de Granada.

La temperatura debe estar comprendida entre 15 y 20° C., durante las experiencias para no tomarla en consideración; cuando esto no se verifique se corrigen las velocidades en 0,1 por 100 por cada grado de diferencia y las presiones en 0,5 á 100.

Arma empleada.....
 Marcos blancos.....

Clase de pólvora.....
 Distancia entre los marcos.....

VELOCIDADES

Disparos	Cronógrafo número	Valor medio en el disparo.	Valor medio en la serie.	Error.	Error medio por 300.	Producto del error medio por 300.	Di-paros anormales.	NOTAS
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

Condiciones atmosféricas: Barómetro..... Termómetro..... Higrómetro..... Estado del cielo.....
 Condiciones físicas: Densidad..... Humedad..... Dimensiones.....
 Resultado corrigiendo la temperatura.....

Segovia..... de..... de.....

ACADEMIA DE ARTILLERÍA

(Estado núm. 2)

EXPERIENCIAS BALÍSTICAS



Arma empleada.....
Cruzier.....

Clase de pólvora.....
Tabla.....

PREISIONES

Disparos	Altura del cilindro antes	Altura del cilindro después.	Diferencia.	Presión por cm ²	Presión - media.	Error.	Error medio	Producto por 386.	Disparos anormales.	NOTAS
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Temperatura media.....
Resultado corrigiendo la temperatura.....

Segovia..... de..... de.....

T A B L A S



TABLA I

VALORES DE LAS RAÍCES CUADRADAS DE LAS ALTURAS
DE CAÍDA COMPRENDIDAS ENTRE 0 Y 520 MM. VA-
RIANDO DÉCIMA Á DÉCIMA DE MILÍMETRO

Página 12—Párrafo 6

Alturas mm.	VALORES DE LAS RAÍCES CUADRADAS									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	3163	4470	5478	6326	7071	7746	8367	8944	9487
1	1,0000	0488	0954	1402	1832	2247	2649	3038	3416	3784
2	1,4142	4491	4832	5166	5492	5811	6125	6432	6733	7029
3	1,7321	7607	7889	8166	8439	8708	8974	9235	9494	9748
4	2,0000	0249	0494	0736	0976	1213	1448	1680	1909	2136
5	2,2361	2583	2804	3022	3238	3452	3664	3875	4083	4290
6	2,4495	4698	4900	5100	5299	5495	5691	5884	6077	6268
7	2,6458	6646	6833	7019	7203	7386	7568	7749	7929	8107
8	2,8284	8461	8636	8810	8983	9155	9326	9496	9665	9833
9	3,0000	0166	0331	0496	0659	0822	0984	1145	1305	1464
10	3,1623	1777	1932	2086	2240	2395	2549	2703	2857	3012
11	3,3166	3314	3461	3609	3756	3904	4051	4199	4346	4494
12	3,4641	4783	4924	5066	5207	5349	5490	5632	5773	5915
13	3,6056	6192	6328	6464	6600	6737	6873	7009	7145	7281
14	3,7417	7548	7680	7811	7942	8074	8205	8336	8467	8599
15	3,8730	8857	8984	9111	9238	9365	9492	9619	9746	9873
16	4,0000	0123	0246	0369	0492	0616	0739	0862	0985	1108
17	4,1231	1351	1470	1590	1709	1829	1948	2068	2187	2307
18	4,2426	2542	2659	2775	2891	3008	3124	3240	3356	3473
19	4,3589	3702	3815	3929	4042	4155	4268	4381	4495	4608
20	4,4721	4832	4942	5053	5163	5274	5384	5495	5605	5716
21	4,5826	5934	6042	6149	6257	6365	6473	6581	6688	6796
22	4,6904	7009	7115	7220	7326	7431	7536	7642	7747	7853
23	4,7958	8061	8164	8268	8371	8474	8577	8680	8784	8887
24	4,8990	9091	9192	9293	9394	9495	9596	9697	9798	9899

Alturas mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	5,0000	0099	0198	0297	0396	0495	0594	0693	0792	0891
26	5,0990	1087	1184	1282	1379	1476	1573	1670	1768	1865
27	5,1962	2057	2153	2249	2343	2439	2534	2629	2724	2820
28	5,2915	3009	3102	3196	3290	3384	3477	3571	3665	3758
29	5,3852	3944	4036	4128	4220	4312	4405	4496	4588	4680
30	5,4772	4863	4953	5044	5134	5225	5316	5406	5497	5587
31	5,5678	5767	5856	5945	6035	6124	6213	6302	6391	6480
32	5,6569	6657	6744	6832	6920	7008	7095	7183	7271	7358
33	5,7446	7532	7619	7705	7792	7878	7964	8051	8137	8224
34	5,8310	8395	8480	8565	8651	8756	8820	8906	8990	9076
35	5,9161	9245	9329	9413	9497	9581	9664	9748	9832	9916
36	6,0000	0083	0166	0248	0331	0414	0497	0580	0662	0745
37	6,0828	0907	0985	1064	1142	1221	1300	1378	1457	1535
38	6,1644	1697	1781	1865	1948	2032	1116	1199	1283	1361
39	6,2450	2530	2609	2689	2768	2848	2928	3087	3087	3166
40	6,3246	3325	3403	3482	3561	3639	3718	3796	3875	3953
41	6,4031	4109	4186	4264	4341	4419	4497	4574	4652	4729
42	6,4807	4882	4963	5028	5119	5188	5275	5365	5398	5486
43	6,5574	5643	5720	5797	5873	5950	6026	6103	6179	6256
44	6,6332	6407	6482	6557	6632	6707	6782	6857	6932	7007
45	6,7082	7156	7230	7304	7378	7453	7527	7601	7675	7749
46	6,7823	7896	7900	8043	8116	8190	8263	8337	8410	8484
47	6,8557	8630	8702	8775	8847	8920	8992	9065	9137	9210
48	6,9282	9354	9426	9497	9569	9641	9713	9785	9856	9928
49	7,0000	0071	0142	0213	0284	0356	0427	0498	0569	0640
50	7,0711	0781	0852	0922	0992	1064	1133	1203	1273	1344
51	7,1414	1484	1553	1623	1693	1763	1832	1902	1972	2041
52	7,2111	2180	2249	2318	2387	2456	2525	2594	2663	2732
53	7,2801	2869	2938	3006	3075	3143	3211	3280	3348	3417
54	7,3485	3553	3620	3688	3756	3824	3891	3959	4027	4094
55	7,4162	4229	4296	4363	4431	4498	4565	4632	4698	4766
56	7,4833	4900	4966	5033	5099	5166	5232	5299	5365	5432
57	7,5498	5564	5630	5696	5762	5828	5894	5960	6026	6092
58	7,6158	6223	6289	6354	6419	6485	6550	6615	6680	6746
59	7,6811	6876	6941	7006	7071	7136	7200	7265	7330	7395
60	7,7460	7524	7588	7653	7717	7781	7845	7909	7974	8038
61	7,8102	8166	8230	8293	8357	8421	8475	8549	8612	8676
62	7,8740	8803	8867	8930	8993	9057	9120	9183	9246	9310
63	7,9373	9436	9498	9561	9624	9687	9749	9812	9875	9937
64	8,0000	0062	0125	0187	0249	0312	0374	0436	0498	0561

Alturas mm.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
65	8,0623	0385	0746	0808	0870	0932	0993	1055	1117	1175
66	8,1240	1301	1363	1424	1486	1547	1608	1670	1731	1793
67	8,1854	1915	1977	2036	2097	2158	2219	2280	2340	2401
68	8,2462	2522	2583	2643	2704	2764	2824	2885	2945	3006
69	8,3066	3126	3186	3246	3306	3366	3426	3486	3546	3606
70	8,3666	3726	3785	3845	3904	3964	4023	4083	4142	4202
71	8,4261	4320	4379	4439	4498	4557	4616	4675	4735	4794
72	8,4853	4912	4970	5029	5088	5146	5205	5264	5323	5382
73	8,5440	5498	5557	5615	5673	5732	5790	5848	5906	5965
74	8,6023	6081	6139	6197	6255	6313	6371	6429	6487	6554
75	8,6603	6660	6716	6773	6830	6886	6942	6999	7055	7112
76	8,7178	7235	7294	7350	7407	7464	7513	7578	7636	7693
77	8,7750	7807	7864	7920	7977	8034	8091	8148	8204	8261
78	8,8318	8374	8431	8487	8544	8600	8656	8713	8769	8826
79	8,8882	8938	8994	9050	9106	9163	9219	9275	9331	9387
80	8,9443	9499	9554	9610	9666	9722	9777	9833	9889	9944
81	9,0000	0055	0111	0166	0222	0277	0332	0389	0443	0499
82	9,0554	0609	0664	0719	0774	0829	0884	0939	0994	1049
83	9,1104	1159	1214	1268	1323	1378	1433	1488	1542	1597
84	9,1652	1706	1760	1815	1869	1924	1979	2032	2086	2141
85	9,2195	2249	2303	2357	2411	2466	2520	2574	2629	2682
86	9,2736	2790	2844	2897	2951	3005	3059	3113	3166	3220
87	9,3274	3327	3381	3434	3488	3541	3594	3647	3701	3755
88	9,3808	3861	3914	3968	4021	4074	4127	4180	4234	4287
89	9,4340	4393	4446	4498	4551	4604	4657	4710	4762	4815
90	9,4868	4921	4973	5026	5078	5131	5184	5236	5289	5341
91	9,5394	5446	5499	5551	5603	5656	5709	5760	5812	5865
92	9,5917	5969	6021	6073	6125	6177	6229	6281	6333	6385
93	9,6437	6489	6540	6592	6644	6696	6747	6799	6851	6902
94	9,6954	7005	7057	7108	7160	7211	7262	7314	7365	7417
95	9,7468	7519	7570	7622	7673	7724	7775	7826	7878	7929
96	9,7980	8031	8082	8133	8184	8235	8285	8336	8387	8438
97	9,8489	8540	8590	8641	8697	8742	8793	8843	8894	8944
98	9,8995	9045	9096	9146	9197	9247	9297	9348	9398	9449
99	9,9499	9549	9599	9649	9699	9750	9800	9850	9900	9950
100	10,0000	0050	0100	0150	0200	0250	0299	0349	0399	0449
101	10,0499	0549	0598	0648	0697	0747	0795	0846	0896	0945
102	10,0995	1044	1094	1143	1193	1242	1291	1341	1390	1440
103	10,1489	1538	1587	1636	1685	1755	1784	1833	1882	1631
104	10,1980	2029	2078	2127	2176	2225	2274	2323	2372	2421

Altura mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
105	10,2470	2519	2567	2616	2664	2713	2762	2810	2859	2977
106	10,2956	3004	3053	3101	3150	3199	3247	3296	3344	3393
107	10,3441	3489	3537	3585	3634	3682	3730	3778	3827	3875
108	10,3923	4971	4016	4067	4115	4163	4211	4259	4507	4355
109	10,4403	4451	4499	4546	4594	4642	4690	4738	4785	4833
110	10,4881	4929	4976	5024	5071	5119	5167	5214	5262	5309
111	10,5357	5404	5452	5499	5546	5594	5641	5688	5735	5783
112	10,5830	5877	5924	5971	6108	6066	6113	6160	6207	6254
113	10,6301	6348	6495	6442	6489	6536	6583	6630	6677	6724
114	10,6771	6818	6864	6911	6958	7005	7051	7098	7144	7191
115	10,7238	7284	7331	7377	7424	7471	7517	7564	7610	7657
116	10,7703	7749	7796	7842	7889	7935	7981	8028	8074	8121
117	10,8167	8213	8259	8305	8351	8396	8444	8490	8536	8582
118	10,8628	8674	8720	8766	8812	8857	8943	8. 49	8995	9041
119	10,9087	9132	9178	9224	9270	9316	9362	9408	9453	9499
120	10,9545	9591	9636	9682	9727	9773	9818	9864	9909	9955
121	11,0000	0045	0091	0136	0182	0227	0272	0318	0363	0409
122	11,0454	0499	0544	0589	0634	0680	0725	0770	0815	0860
123	11,0905	0950	0995	1040	1085	1130	1175	1220	1265	1310
124	11,1355	1400	1445	1489	1534	1579	1624	1669	1713	1758
125	11,1803	1848	1892	1937	1982	2026	2071	2115	2161	2205
126	11,2250	2294	2339	2383	2428	2472	2516	2561	2605	2650
127	11,2694	2738	2783	2827	2871	2915	2960	3004	3048	3093
128	11,3137	3181	3225	3269	3313	3358	3402	3446	3490	3534
129	11,3578	3622	3666	3710	3754	3798	3842	3886	3930	3974
130	11,4018	4062	4105	4149	4193	4237	4280	4324	4368	4411
131	11,4455	4498	4542	4586	4629	4673	4717	4760	4804	4847
132	11,4891	4934	4978	5022	5065	5109	5152	5196	5239	5283
133	11,5326	5369	5412	5456	5499	5442	5585	5628	5672	5715
134	11,5758	5801	5844	5888	5931	5974	6017	6060	6104	6147
135	11,6190	6232	6276	6319	6362	6405	6447	6390	6533	6576
136	11,6619	6662	6705	6747	6790	6833	6876	6919	6961	7004
137	11,7047	7089	7132	7175	7217	7260	7303	7345	7388	7430
138	11,7473	7516	7558	7601	7643	7686	7728	7771	7813	7856
139	11,7-98	7940	7983	8025	8068	8110	8152	8195	8237	8280
140	11,8322	8364	8406	8448	8490	8533	8575	8617	8659	8701
141	11,8743	8789	8827	8869	8911	8954	8996	9038	9080	9122
142	11,9164	9206	9248	9290	9332	9374	9415	9457	9499	9542
143	11,9583	9625	9666	9708	9750	9792	9833	9875	9917	9958
144	12,0000	0042	0083	0124	0166	0208	0250	0291	0333	0374

Alturas mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
145	12,0416	0457	0199	0540	0582	0623	0664	0706	0747	0789
146	12,0830	0871	0913	0954	0996	1037	1078	1120	1161	1203
147	12,1244	1285	1326	1367	1408	1450	1491	1532	1573	1614
148	12,1655	1696	1737	1778	1819	1861	1902	1943	1984	2025
149	12,2066	2107	2148	2188	2229	2270	2311	2352	2392	2433
150	12,2474	2515	2556	2596	2637	2678	2719	2760	2800	2841
151	12,2882	2923	2963	3004	3044	3085	3126	3166	3207	3247
152	12,3288	3229	3369	3410	3450	3491	3531	3572	3612	3653
153	12,3693	3733	3774	3814	3855	3895	3935	3976	4016	4057
154	12,4097	4137	4177	4218	4259	4298	4338	4378	4419	4459
155	12,4499	4539	4579	4619	4659	4700	4740	4780	4820	4860
156	12,4900	4940	4980	5020	5060	5100	5140	5180	5220	5260
157	12,5300	5340	5380	5419	5459	5499	5539	5579	5618	5658
158	12,5698	5738	5777	5817	5857	5896	5936	5976	6016	6055
159	12,6095	6135	6174	6214	6253	6293	6333	6372	6412	6451
160	12,6491	6531	6570	6610	6649	6689	6728	6768	6807	6847
161	12,6886	6925	6965	7004	7043	7083	7122	7161	7200	7240
162	12,7279	7318	7357	7397	7436	7475	7514	7553	7593	7632
163	12,7671	7710	7749	7788	7827	7867	7906	7945	7984	8023
164	12,8062	8101	8140	8179	8218	8257	8296	8335	8374	8413
165	12,8452	8491	8530	8569	8608	8646	8685	8724	8763	8802
166	12,8841	8880	8918	8957	8996	9035	9073	9112	9151	9189
167	12,9228	9267	9305	9344	9383	9422	9460	9499	9538	9576
168	12,9615	9654	9692	9731	9769	9808	9846	9886	9923	9962
169	13,0000	0038	0077	0115	0153	0192	0230	0269	0307	0346
170	13,0384	0422	0461	0499	0537	0576	0614	0652	0690	0729
171	13,0767	0805	0843	0882	0920	0958	0996	1034	1073	1111
172	13,1149	1187	1225	1263	1301	1339	1377	1415	1453	1491
173	13,1529	1567	1605	1643	1681	1719	1757	1795	1833	1871
174	13,1909	1947	1985	2023	2061	2099	2136	2174	2212	2250
175	13,2288	2326	2363	2401	2439	2477	2514	2552	2590	2627
176	13,2665	2703	2740	2779	2815	2853	2891	2928	2966	3003
177	13,3041	3079	3116	3154	3191	3229	3267	3304	3342	3379
178	13,3417	3454	3492	3529	3567	3604	3641	3679	3716	3754
179	13,3791	3828	3866	3903	3940	3978	4015	4052	4089	4127
180	13,4164	4201	4238	4276	4313	4450	4487	4524	4562	4600
181	13,4536	4573	4610	4647	4684	4722	4759	4796	4833	4870
182	13,4907	4944	4981	5018	5055	5092	5129	5166	5203	5240
183	13,5277	5314	5351	5388	5425	5462	5499	5536	5573	5610
184	13,5647	5684	5721	5757	5794	5831	5868	5905	5941	5978



Alturas mm.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
185	13,6015	6052	6088	6125	6162	6199	6235	6272	6309	6345
186	13,6382	6419	6455	6492	6528	6565	6602	6638	6675	6711
187	13,6748	6785	6821	6858	6894	6931	6967	7004	7040	7077
188	13,7113	7149	7186	7222	7259	7295	7331	7368	7404	7441
189	13,7477	7513	7550	7586	7622	7659	7695	7731	7767	7804
190	13,7840	7876	7912	7949	7985	8022	8058	8093	8130	8167
191	13,8203	8239	8275	8311	8347	8384	8420	8456	8492	8528
192	13,8564	8600	8636	8672	8708	8744	8780	8816	8852	8888
193	13,8924	8960	8996	9032	9068	9104	9140	9176	9212	9248
194	13,9284	9320	9356	9391	9427	9463	9499	9535	9570	9606
195	13,9642	9678	9714	9749	9785	9821	9857	9893	9928	9964
196	14,0000	0036	0071	0107	0143	0179	0214	0250	0286	0321
197	14,0357	0393	0428	0464	0499	0535	0570	0606	0641	0677
198	14,0712	0748	0783	0819	0854	0890	0925	0961	0996	1032
199	14,1067	1102	1138	1173	1209	1244	1279	1315	1350	1386
200	14,1421	1456	1492	1527	1562	1598	1633	1668	1703	1739
201	14,1774	1809	1845	1880	1915	1951	1986	2021	2056	2092
202	14,2127	2162	2197	2232	2267	2303	2338	2373	2408	2443
203	14,2478	2513	2548	2583	2618	2654	2689	2724	2759	2794
204	14,2829	2864	2899	2934	2969	3004	3038	3073	3108	3143
205	14,3178	3212	3248	3283	3318	3353	3387	3422	3457	3492
206	13,3527	3562	3597	3631	3666	3701	3736	3771	3805	3840
207	14,3875	3910	3944	3979	4014	4049	4083	4118	4153	4187
208	14,4222	4257	4291	4326	4360	4395	4430	4464	4499	4533
209	14,4568	4605	4637	4672	4706	4741	4776	4810	4845	4879
210	14,4914	4948	4983	5017	5052	5086	5120	5155	5189	5224
211	14,5258	5292	5327	5361	5396	5430	5464	5499	5533	5568
212	14,5602	5636	5671	5705	5739	5774	5808	5842	5876	5911
213	14,5945	5979	6013	6048	6082	6116	6150	6184	6219	6253
214	14,6287	6321	6355	6390	6424	6458	6492	6526	6561	6595
215	14,6629	6663	6697	6731	6765	6799	6833	6867	6901	6935
216	14,6969	7003	7037	7071	7105	7139	7173	7207	7241	7275
217	14,7309	7342	7377	7411	7445	7479	7512	7546	7580	7614
218	14,7648	7682	7716	7749	7783	7817	7851	7885	7918	7952
219	14,7986	8020	8054	8087	8121	8155	8189	8223	8256	8290
220	14,8324	8358	8391	8425	8459	8493	8526	8560	8594	8627
221	14,8661	8695	8728	8762	8795	8829	8863	8896	8930	8963
222	14,8997	9030	9064	9098	9131	9165	9198	9232	9265	9299
223	14,9332	9365	9399	9432	9466	9499	9532	9566	9599	9633
224	14,9666	9699	9733	9766	9800	9833	9866	9900	9933	9967

Altura- m.m.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
225	15,0000	0033	0066	0100	0133	0167	0200	0233	0266	0300
226	15,0333	0366	0399	0433	0466	0499	0532	0565	0599	0632
227	15,0665	0398	0731	0765	0798	0831	0864	0897	0931	0964
228	15,0997	1030	1063	1096	1129	1162	1195	1228	1261	1294
229	15,1327	1369	1393	1426	1459	1492	1526	1559	1592	1624
230	15,1658	1691	1724	1757	1790	1823	1855	1888	1921	1954
231	15,1987	2020	2053	2085	2118	2151	2184	2217	2249	2282
232	15,2315	2348	2381	2413	2446	2479	2512	2545	2577	2610
233	15,2643	2676	2709	2741	2774	2807	2840	2873	2905	2938
234	15,2971	3004	3036	3069	3101	3134	3167	3199	3232	3264
235	15,3297	3330	3262	3395	3427	3460	3493	3525	3558	3590
236	15,3623	3656	3688	3721	3753	3786	3818	3851	3883	3916
237	15,3948	3980	4013	4045	4078	4110	4142	4175	4207	4240
238	15,4272	4304	4337	4369	4402	4434	4466	4499	4531	4564
239	15,4596	4628	4661	4692	4725	4758	4790	4822	4854	4887
240	15,4919	4951	4984	5015	5048	5081	5113	5145	5177	5210
241	15,5242	5274	5306	5338	5370	5403	5435	5467	5499	5531
242	15,5263	5595	5627	5660	5692	5724	5756	5788	5821	5853
243	15,5885	5917	5949	5981	6013	6045	6077	6109	6141	6173
244	15,6205	6237	6269	6301	6333	6365	6397	6429	6461	6493
245	15,6525	6557	6589	6621	6653	6685	6716	6748	6780	6812
246	15,6844	6876	6908	6939	6971	7003	7035	7067	7098	7130
247	15,7162	7194	7226	7257	7289	7321	7353	7385	7416	7448
248	15,7480	7512	7543	7575	7607	7639	7670	7702	7734	7765
249	15,7797	7829	7860	7892	7924	7956	7987	8020	8051	8082
250	15,8114	8146	8177	8209	8240	8272	8304	8335	8367	8398
251	15,8430	8463	8493	8525	8556	8588	8619	8651	8682	8714
252	15,8745	8777	8808	8840	8871	8903	8934	8966	8997	9029
253	15,9060	9091	9123	9154	9186	9217	9248	9280	9311	9343
254	15,9374	9405	9437	9468	9499	9531	9562	9593	9624	9656
255	15,9687	9718	9750	9781	9812	9844	9875	9906	9937	9969
256	16,0000	0031	0062	0094	0125	0156	0187	0218	0250	0281
257	16,0312	0343	0374	0406	0437	0468	0499	0530	0562	0593
258	16,0624	0655	0686	0717	0748	0780	0811	0842	0873	0904
259	16,0935	0966	0997	1028	1059	1090	1121	1152	1183	1214
260	16,1245	1276	1307	1338	1369	1400	1431	1462	1493	1524
261	16,1555	1586	1617	1648	1679	1710	1740	1771	1802	1833
262	16,1864	1895	1926	1957	1988	2019	2049	2080	2111	2142
263	16,2173	2204	2235	2265	2296	2327	2358	2389	2419	2450
264	16,2481	2512	2542	2573	2604	2635	2665	2696	2727	2757

Alturas mm.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
265	16,2788	2819	2849	2880	2911	2942	2972	3003	3034	3064
266	16,3095	3126	3156	3187	3217	3248	3279	3309	3340	3370
267	16,3401	3432	3462	3493	3523	3554	3585	3615	3646	3676
268	16,3707	3738	3768	3799	3829	3860	3890	3921	3951	3982
269	16,4012	4042	4073	4104	4134	4165	4195	4226	4256	4287
270	16,4317	4347	4378	4408	4439	4469	4499	4530	4560	4591
271	16,4621	4651	4682	4712	4742	4773	4803	4833	4863	4894
272	16,4924	4954	4985	5015	5045	5076	5106	5136	5166	5197
273	16,5227	5257	5287	5318	5349	5378	5408	5438	5469	5499
274	16,5529	5559	5589	5620	5650	5680	5710	5740	5771	5801
275	16,5831	5861	5891	5921	5951	5982	6012	6042	6072	6102
276	16,6132	6162	6192	6222	6252	6283	6313	6343	6373	6403
277	16,6433	6463	6493	6523	6553	6583	6613	6643	6675	6703
278	16,6733	6763	6793	6823	6853	6883	6913	6943	6973	7003
279	16,7033	7063	7093	7123	7153	7183	7213	7243	7272	7302
280	16,7332	7362	7392	7422	7452	7482	7511	7541	7571	7601
281	16,7631	7661	7691	7720	7750	7780	7810	7840	7870	7900
282	16,7929	7959	7988	8018	8048	8078	8107	8137	8167	8196
283	16,8226	8256	8285	8315	8345	8375	8404	8434	8464	8493
284	16,8523	8553	8582	8612	8641	8671	8701	8730	8760	8789
285	16,8819	8849	8878	8908	8937	8967	8997	9026	9056	9085
286	16,9115	9144	9174	9204	9233	9263	9293	9322	9352	9381
287	16,9411	9441	9470	9500	9529	9559	9588	9618	9647	9677
288	16,9706	9735	9765	9794	9824	9853	9882	9912	9941	9971
289	17,0000	0029	0059	0088	0118	0147	0176	0206	0235	0265
290	17,0294	0323	0353	0382	0411	0441	0470	0499	0528	0558
291	17,0587	0616	0646	0675	0704	0734	0763	0792	0821	0851
292	17,0880	0909	0938	0968	0997	1026	1055	1084	1114	1143
293	17,1172	1201	1230	1260	1289	1318	1347	1376	1406	1435
294	17,1464	1493	1522	1552	1581	1610	1639	1668	1698	1727
295	17,1756	1785	1814	1843	1872	1902	1931	1960	1989	2018
296	17,2047	2076	2105	2134	2163	2192	2221	2250	2279	2308
297	17,2337	2366	2395	2424	2453	2482	2511	2540	2569	2598
298	17,2627	2656	2685	2714	2743	2772	2800	2829	2858	2887
299	17,2916	2945	2974	3003	3032	3061	3089	3118	3147	3176
300	17,3205	3234	3263	3292	3321	3350	3378	3407	3436	3465
301	17,3494	3522	3551	3580	3609	3638	3666	3695	3724	3752
302	17,3781	3810	3839	3867	3896	3925	3954	3983	4011	4040
303	17,4069	4098	4126	4155	4184	4213	4241	4270	4299	4327
304	17,4356	4385	4413	4442	4470	4499	4528	4556	4585	4613

Alturas mm.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
305	17,4642	4671	4699	4728	4757	4786	4814	4843	4872	4900
306	17,4929	4957	4986	5015	5043	5072	5100	5129	5157	5186
307	17,5214	5243	5271	5300	5328	5357	5385	5414	5442	5471
308	17,5499	5528	5556	5585	5613	5642	5670	5699	5727	5756
309	17,5784	5812	5841	5869	5898	5926	5954	5983	6011	6040
310	17,6068	6096	6125	6153	6182	6210	6238	6267	6295	6324
311	17,6352	6380	6409	6437	6465	6494	6522	6550	6578	6607
312	17,6635	6663	6792	6720	6748	6777	6805	6833	6861	6890
313	17,6918	6946	6974	7003	7031	7059	7087	7115	7144	7172
314	17,7200	7228	7256	7285	7313	7341	7369	7397	7426	7454
315	17,7482	7510	7538	7567	7595	7623	7651	7679	7708	7736
316	17,7764	7792	7820	7848	7876	7905	7933	7961	7989	8017
317	7,8045	8073	8101	8129	8157	8186	8214	8242	8270	8298
318	17,8326	8354	8382	8410	8438	8466	8494	8522	8550	8578
319	17,8606	8634	8662	8690	8718	8746	8773	8801	8829	8857
320	17,8885	8913	8941	8969	8997	9025	9053	9081	9109	9137
321	17,9165	9193	9221	9249	9277	9305	9332	9360	9388	9416
322	17,9444	9472	9500	9527	9555	9583	9611	9639	9666	9694
323	17,9722	9750	9778	9805	9833	9861	9889	9917	9944	9972
324	18,0000	0028	0056	0083	0111	0139	0167	0195	0222	0250
325	18,0278	0306	0333	0361	0389	0417	0444	0472	0500	0527
326	18,0555	0583	0610	0639	0665	0693	0721	0748	0776	0803
327	18,0831	0859	0886	0914	0942	0970	0997	1025	1053	1080
328	8,1108	1136	1163	1191	1218	1246	1274	1301	1329	1356
329	18,1384	1412	1439	1467	1494	1522	1549	1577	1604	1632
330	18,1659	1687	1714	1742	1769	1797	1824	1852	1879	1907
331	18,1934	1962	1989	2017	2044	2072	2099	2127	2154	2182
332	18,2209	2236	2264	2291	2319	2346	2373	2401	2428	2456
333	18,2483	2510	2538	2565	2593	2620	2647	2675	2702	2830
334	18,2757	2784	2812	2839	2866	2894	2921	2948	2975	3003
335	18,3030	3057	3085	3112	3139	3167	3194	3221	3248	3276
336	18,3303	3330	3358	3385	3412	3440	3467	3494	3521	3549
337	18,3576	3603	3630	3658	3685	3712	3739	3766	3794	3821
338	18,3848	3875	3902	3930	3957	3984	4011	4038	4066	4093
339	18,4120	4147	4174	4201	4228	4256	4283	4310	4337	4364
340	18,4391	4418	4445	4472	4499	4527	4554	4581	4608	4635
341	18,4662	4689	4716	4743	4770	4797	4824	4851	4878	4905
342	18,4932	4959	4986	5013	5040	5068	5095	5122	5149	5176
343	18,5203	5230	5257	5284	5311	5338	5364	5391	5418	5445
344	18,5472	5499	5526	5553	5580	5607	5634	5661	5688	5715

Alturas mm.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
345	18,5742	5769	5796	5823	5850	5877	5903	5930	5957	5984
346	18,6011	6038	6065	6091	6118	6145	6172	6199	6225	6252
347	18,6279	6306	6333	6360	6387	6414	6440	6467	6494	6521
348	18,6548	6575	6601	6628	6655	6682	6708	6735	6762	6788
349	18,6815	6842	6869	6895	6922	6949	6976	7003	7029	7056
350	18,7083	7110	7136	7163	7190	7217	7243	7270	7297	7323
351	18,7350	7377	7403	7430	7457	7484	7510	7537	7564	7590
352	18,7617	7644	7670	7697	7723	7750	7777	7803	7830	7856
353	18,7883	7910	7936	7963	7989	8016	8043	8069	8096	8122
354	18,8149	8176	8202	8229	8255	8282	8308	8335	8361	8388
355	18,8414	8441	8467	8494	8520	8547	8574	8600	8627	8653
356	18,8680	8706	8733	8759	8786	8812	8838	8865	8891	8918
357	18,8944	8971	8997	9024	9050	9077	9103	9130	9156	9183
358	18,9209	9235	9262	9288	9315	9341	9367	9394	9420	9447
359	18,9473	9499	9526	9552	9579	9605	9631	9658	9684	9711
360	18,9737	9763	9790	9816	9842	9869	9895	9921	9947	9974
361	19,0000	0026	0053	0079	0105	0132	0158	0184	0210	0237
362	19,0263	0289	0316	0342	0368	0395	0421	0447	0473	0500
363	19,0526	0552	0578	0605	0631	0657	0683	0709	0736	0762
364	19,0788	0814	0840	0867	0893	0919	0945	0971	0998	1024
365	19,1050	1076	1102	1128	1154	1180	1207	1233	1259	1285
366	19,1311	1337	1363	1389	1415	1442	1468	1494	1520	1546
367	19,1572	1598	1624	1650	1676	1703	1729	1755	1781	1807
368	19,1833	1859	1885	1911	1937	1964	1990	2016	2042	2068
369	19,2094	2120	2146	2172	2198	2224	2250	2276	2302	2328
370	19,2354	2380	2406	2432	2458	2484	2510	2536	2562	2588
371	19,2614	2640	2666	2692	2718	2744	2769	2795	2821	2847
372	19,2873	2899	2925	2951	2977	3003	3028	3054	3080	3106
373	19,3132	3157	3184	3210	3236	3262	3288	3314	3340	3366
374	19,3392	3418	3443	3469	3495	3521	3546	3572	3598	3623
375	19,3649	3675	3701	3726	3752	3778	3804	3830	3855	3881
376	19,3907	3933	3959	3984	4010	4036	4062	4088	4113	4139
377	19,4165	4191	4216	4242	4268	4294	4319	4344	4371	4396
378	19,4422	4448	4473	4499	4525	4551	4576	4602	4628	4653
379	19,4679	4705	4730	4756	4782	4808	4833	4859	4885	4910
380	19,4936	4962	4987	5013	5038	5064	5090	5115	5141	5166
381	19,5192	5218	5243	5269	5294	5320	5346	5371	5397	5422
382	19,5448	5474	5499	5525	5550	5576	5602	5627	5653	5678
383	19,5704	5730	5755	5781	5806	5832	5857	5883	5908	5934
384	19,5959	5984	6010	6036	6061	6087	6112	6138	6163	6189

Alturas mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
385	19,6214	6239	6265	6291	6316	6342	6367	6393	6418	6444
386	19,6469	6494	6520	6545	6571	6596	6621	6657	6672	6697
387	19,6723	6748	6774	6799	6825	6850	6875	6901	6926	6953
388	19,6977	7002	7028	7053	7075	7104	7129	7155	7180	7266
389	19,7231	7256	7282	7307	7332	7358	7393	7408	7443	7479
390	19,7484	7509	7535	7560	7585	7611	7636	7661	7686	7712
391	19,7737	7762	7788	7813	7838	7864	8889	7914	7939	7965
392	19,7990	8015	8040	8066	8091	8116	8141	8166	8192	82.7
393	19,8242	8267	8292	8318	8343	8368	8393	8418	8444	8569
394	19,8494	8519	8544	8570	8595	8620	8645	8670	8896	8721
395	19,8746	8771	8796	8821	8846	8872	8897	8922	8947	8972
396	19,8997	9022	9047	9073	9098	9123	9148	9173	9199	9224
397	19,9249	9274	9299	9324	9349	9374	9399	9424	9449	9474
398	19,9499	9524	9549	9574	9599	9625	9650	9675	9700	6725
399	19,9750	9775	9800	9825	9850	9875	9900	9925	9950	6975
400	20,0000	0025	0050	0075	0100	0125	0150	0175	0200	0225
401	20,0250	0275	0300	0325	0350	0375	0399	0424	0446	0474
402	20,0499	0524	0549	0574	0599	0624	9649	0674	0699	0724
403	20,0749	0774	0799	0824	0849	0874	0898	0923	0948	0973
404	20,0998	1023	1048	1072	1097	1122	1137	1172	1196	1221
405	20,1246	1271	1296	1320	1345	1370	1395	1420	1444	1469
406	20,1494	1519	1544	1568	1593	1618	1643	1668	1692	1717
407	20,1742	1767	1792	1816	1841	1862	1891	1916	1940	1065
408	20,1990	2015	2039	2064	2989	2114	2133	2163	2188	2212
409	20,2237	2262	2287	2311	2336	2361	2386	2411	2435	2470
410	20,2485	2510	2534	2559	2583	2608	2633	2657	2682	2706
411	20,2731	2756	2780	2805	2830	2855	2879	2904	2929	2953
412	20,2978	3003	3027	3052	3076	3101	5126	3150	3775	3199
413	20,3224	3249	3273	3298	3322	3347	3372	3396	3421	3445
414	20,3470	3495	3519	3544	3568	3593	3617	3642	3666	3691
415	20,3715	3740	3764	3789	3813	3838	3863	3887	3912	3936
416	20,3961	3986	4010	4035	4059	4084	4108	4133	4157	4182
417	20,4206	4230	4255	4279	4304	4328	4352	4377	4401	4426
418	20,4450	4475	4499	4524	4548	4573	4597	4622	4646	4671
419	20,4695	4719	4744	4768	4793	4817	4841	4866	4860	4915
420	20,4939	4963	4988	5012	5037	5061	0085	5110	5134	5159
421	20,5183	5207	5232	5256	5280	5305	5329	5353	5377	5402
422	20,5426	5450	5475	5499	5524	5548	5572	5597	5621	5646
423	20,5670	5694	5719	5743	4767	5792	5816	5840	5864	5889
424	20,5913	5937	5961	5986	6010	6034	6058	6082	6107	6131

Alturas mm.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
425	20,6155	6179	6204	6228	6252	6277	6301	6325	6349	6371
426	20,6398	6422	6446	6471	6495	6519	6543	6567	6592	6616
427	20,6640	6664	6688	6713	6737	6761	6785	6809	6834	6858
428	20,6882	6906	6930	6954	6978	7003	7027	7051	7075	7099
429	20,7123	7147	7171	7195	7219	7244	7268	7292	7316	7340
430	20,7364	7388	7412	7436	7460	7485	7509	7533	7557	7581
431	20,7605	7620	7653	7677	7701	7726	7750	7774	7798	7822
432	20,7846	7870	7894	7918	7942	7967	7991	8015	8039	8063
433	20,8087	8111	8135	8159	8183	8207	8231	8255	8279	8303
434	20,8327	8351	8375	8399	8423	8447	8471	8495	8519	8543
435	20,8567	8591	8615	8639	8663	8687	8710	8734	8758	8782
436	20,8806	8830	8854	8878	8902	8926	8949	8975	8997	9021
437	20,9045	9069	9093	9117	9141	9165	9188	9212	9236	9260
438	20,9284	9308	9332	9356	9380	9404	9427	9451	9475	9499
439	20,9523	9547	9571	9595	9619	9643	9666	9690	9714	9738
440	20,9762	9786	9810	9833	9857	9881	9905	9929	9952	9976
441	21,0000	0024	0048	0071	0095	0119	0143	0167	0190	0214
442	21,0238	0262	0286	0309	0333	0357	0381	0405	0428	0452
443	21,0476	0500	0523	0547	0571	0595	0618	0642	0666	0689
444	21,0713	0737	0760	0784	0808	0832	0855	0879	0903	0926
445	2,0950	0974	0997	1021	1045	1069	1092	1116	1140	1163
446	21,1187	1211	1234	1258	1282	1306	1329	1353	1377	1400
447	21,1424	1448	1471	1495	1518	1542	1566	1589	1613	1636
448	21,1660	1684	1707	1731	1754	1778	1802	1825	1849	1872
449	21,1896	1920	1943	1967	1990	2014	2038	2061	2085	2108
450	21,2132	2156	2179	2203	2226	2250	2274	2298	2321	2344
451	21,2368	2392	2415	2439	2462	2486	2509	2533	2556	2580
452	21,2603	2627	2650	2674	2697	2721	2744	2768	2791	2815
453	21,2838	2862	2885	2909	2932	2956	2979	3003	3026	3050
454	21,3073	3096	3120	3143	3167	3190	3213	3237	3260	3280
455	21,3307	3331	3354	3378	3401	3425	3448	3472	3495	3519
456	1,3542	3565	3589	3612	3636	3659	3682	3706	3729	3753
457	21,3776	3799	3823	3846	3869	3893	3916	3939	3962	3986
458	21,4009	4032	4056	4079	4103	4126	4149	4173	4196	4220
459	21,4243	4266	4290	4313	4336	4360	4383	4406	4429	4453
460	21,4476	4499	4523	4546	4569	4593	4616	4639	4662	4686
461	21,4709	4732	4756	4779	4802	4826	4849	4872	4895	4919
462	21,4942	4965	4988	5012	5035	5058	5081	5104	5128	5151
463	21,5174	5197	5221	5244	5267	5291	5314	5337	5360	5384
464	21,5407	5430	5453	5477	5500	5523	5546	5569	5593	5616

Altu- raa mm.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
465	21,5639	5662	5685	5708	5731	5755	5777	5801	5824	5847
466	21,5870	5893	5916	5940	5963	5986	6009	6032	6056	6079
467	21,6102	6125	6148	6171	6194	6218	6241	6264	6287	6310
468	21,6333	6356	6379	6402	6425	6449	6472	6495	6518	6541
469	21,6564	6587	6610	6633	6656	6680	6703	6726	6749	6772
470	21,6795	6818	6841	6864	6887	6910	6933	6956	6979	7002
471	21,7025	7048	7071	7094	7117	7141	7164	7187	7210	7233
472	21,7256	7279	7302	7325	7348	7371	7394	7417	7440	7463
473	21,7486	7509	7532	7555	7578	7601	7623	7646	7669	7692
474	21,7715	7738	7761	7784	7807	7830	7853	7876	7899	7922
475	21,7945	7968	7991	8014	8037	8060	8082	8105	8128	8151
476	21,8174	8197	8220	8243	8266	8289	8311	8334	8357	8380
477	21,8403	8426	8449	8472	8495	8518	8540	8563	8586	8609
478	21,8632	8655	8678	8701	8724	8747	8769	8792	8815	8838
479	21,8861	8884	8907	8929	8952	8975	8998	9021	9043	9066
480	21,9089	9112	9135	9157	9180	9203	9226	9249	9271	9294
481	21,9317	9340	9363	9385	9408	9431	9454	9477	9499	9522
482	21,9545	9568	9591	9613	9636	9659	9682	9705	9727	9750
483	21,9773	9796	9818	9841	9864	9887	9909	9932	9955	9977
484	22,0000	0023	0045	0068	0091	0114	0136	0159	0182	0204
485	22,0227	0250	0272	0295	0318	0341	0363	0386	0409	0431
486	22,0454	0477	0499	0522	0545	0568	0590	0613	0636	0658
487	22,0681	0704	0726	0749	0771	0794	0817	0839	0862	0884
488	22,0907	0930	0952	0975	0997	1020	1043	1065	1088	1110
489	22,1133	1156	1178	1201	1223	1246	1269	1291	1314	1336
490	22,1359	1382	1404	1427	1449	1472	1495	1517	1540	1562
491	22,1585	1608	1630	1653	1675	1698	1721	1743	1766	1788
492	22,1811	1834	1856	1879	1901	1924	1946	1969	1991	2014
493	22,2036	2059	2081	2104	2126	2149	2171	2194	2216	2239
494	22,2261	2284	2306	2329	2351	2374	2396	2419	2441	2464
495	22,2486	2509	2531	2554	2576	2599	2621	2644	2666	2689
496	22,2711	2733	2756	2778	2801	2823	2845	2868	2890	2913
497	22,2935	2957	2980	3002	3025	3047	3069	3092	3114	3137
498	22,3159	3181	3204	3226	3249	3271	3293	3316	3338	3361
499	22,3383	3405	3428	3450	3473	3495	3517	3540	3562	3585
500	22,3607	3629	3652	3674	3696	3719	3741	3763	3785	3808
501	22,3830	3852	3875	3897	3920	3942	3964	3987	4009	4032
502	22,4054	4076	4099	4121	4143	4166	4188	4210	4230	4255
503	22,4277	4299	4321	4344	4366	4388	4410	4432	4455	4477
504	22,4499	4521	4544	4566	4588	4611	4633	4655	4677	4700

Alturas mm.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
505	22,4722	4744	4766	4789	4811	4833	4855	4877	4900	4922
506	22,4944	4966	4989	5011	5033	5055	5078	5100	5122	5145
507	22,5167	5189	5211	5234	5256	5278	5300	5322	5345	5367
508	22,5389	5411	5433	5455	5477	5500	5522	5544	5566	5588
509	22,5610	5632	5654	5677	5699	5721	5743	5765	5788	5810
510	22,5832	5854	5876	5898	5920	5943	5965	5987	6009	6031
511	22,6053	6075	6097	6119	6141	6164	6186	6208	6230	6252
512	22,6274	6296	6318	6340	6362	6385	6407	6429	6451	6475
513	22,6495	6517	6539	6561	6583	6606	6628	6650	6672	6694
514	22,6716	6738	6760	6782	6804	6826	6848	6870	6892	6914
515	22,6946	6958	6980	7002	7024	7046	7068	7090	7112	7134
516	22,7156	7178	7200	7222	7244	7266	7288	7310	7332	7354
517	22,7376	7398	7420	7442	7464	7486	7508	7530	7552	7574
518	22,7596	7618	7640	7662	7684	7706	7728	7750	7772	7794
519	22,7816	7838	7860	7882	7904	7926	7947	7969	7991	8013
520	22,8035	8057	8079	8101	8123	8145	8166	8188	8210	8232

TABLA II

VELOCIDADES EXPRESADAS EN DECÍMETROS CORRES-
PONDIENTES Á UNA ALTURA DADA DE CAÍDA
DEL CRONÓMETRO

Página 12.—Párrafo 6.

Alturas en mm.	Velocidades para una distancia entre los marcos-blancos, de 30 M.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
180	7219	7210	7201	7192	7183	7174	7165	7155	7146	7137
181	7127	7119	7110	7102	7093	7084	7075	7066	7057	7048
182	7039	7030	7022	7013	7005	6996	6988	6979	6971	6962
183	6957	6945	6937	6928	6919	6911	6902	6894	6886	6877
184	6869	6861	6853	6845	6837	6829	6821	6812	6804	6796
185	6787	6779	6771	6763	6755	6748	6740	6732	6724	6716
186	6708	6700	6692	6684	6677	6669	6661	6653	6646	6638
187	6630	6623	6615	6607	6600	6592	6585	6577	6570	6562
188	6555	6548	6540	6533	6525	6518	6511	6503	6495	6488
189	6481	6474	6467	6460	6452	6445	6438	6430	6423	6416
190	6409	6402	6395	6388	6381	6374	6367	6360	6353	6346
191	6339	6332	6325	6318	6311	6304	6297	6291	6284	6277
192	6271	6264	6257	6250	6244	6237	6230	6224	6217	6210
193	6204	6178	6191	6185	6179	6173	6166	6159	6152	6146
194	6139	6133	6127	6121	6114	6108	6101	6095	6088	6081
195	6075	6068	6062	6055	6050	6044	6037	6031	6025	6019
196	6013	6007	6001	5995	5989	5983	5977	5971	5965	5959
197	5953	5947	5941	5935	5929	5923	5917	5911	5905	5899
198	5893	5887	5881	5876	5870	5864	5858	5852	5846	5841
199	5835	5829	5824	5818	5812	5806	5801	5795	5789	5785

Alturas en mm.	Velocidades para una distancia entre los marcos-blancos, de 30 M.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
200	5779	5773	5767	5761	5756	5750	5745	5739	5734	5728
201	5723	5717	5712	5706	5701	5695	5690	5685	5680	5674
202	5669	5663	5658	5652	5647	5642	5636	5631	5626	5620
203	5615	5610	5605	5599	5594	5589	5584	5578	5573	5568
204	5563	5558	5553	5547	5542	5537	5532	5527	5522	5517
205	5512	5507	5502	5497	5492	5487	5482	5477	5472	5467
206	5462	5457	5452	5447	5442	5437	5432	5428	5423	5418
207	5413	5408	5403	5398	5394	5389	5384	5379	5375	5370
208	5365	5360	5356	5351	5346	5341	5337	5332	5327	5322
209	5318	5313	5309	5304	5299	5295	5290	5286	5281	5276
210	5272	5267	5263	5258	5254	5249	5245	5240	5236	5231
211	5227	5222	5217	5213	5209	5204	5200	5196	5191	5187
212	5182	5178	5174	5170	5165	5160	5156	5152	5148	5143
213	5139	5135	5130	5126	5122	5117	5113	5109	5105	5100
214	096	5092	5088	5084	5079	5075	5071	5067	5063	5059
215	5054	5050	5046	5042	5038	5034	5030	5026	5021	5017
216	5013	5009	5005	5001	4997	4993	4989	4985	4981	4977
217	4973	4969	4965	4961	4957	4953	4949	4945	4941	4937
218	4933	4930	4926	4922	4918	4914	4910	4906	4902	4898
219	4895	4891	4887	4883	4879	4875	4871	4868	4864	4860
220	4856	4853	4849	4845	4841	4838	4834	4830	4826	4823
221	4819	4815	4811	4808	4804	4800	4797	4793	4789	4786
222	4782	4778	4775	4771	4767	4764	4760	4757	4753	4749
223	4746	4742	4739	4735	4731	4728	4724	4721	4717	4714
224	4710	4707	4703	4700	4696	4693	4689	4686	4682	4679
225	4675	4672	4668	4665	4661	4658	4655	4651	4648	4644
226	4641	4638	4634	4631	4627	4624	4621	4617	4614	4611
227	4607	4604	4600	4597	4594	4590	4587	4584	4580	4577
228	4574	4571	4567	4564	4561	4557	4554	4551	4548	4544
229	4541	4538	4535	4531	4528	4525	4522	4519	4515	4512
230	4509	4506	4503	4499	4496	4493	4490	4487	4484	4481
231	4478	4474	4471	4468	4465	4462	4458	4455	4452	4449
232	4446	4443	4440	4437	4434	4431	4428	4424	4421	4418
233	4415	4412	4409	4406	4403	4400	4397	4394	4391	4388
234	4385	4382	4379	4376	4373	4371	4368	4365	4362	4359

Alturas en mm.	Velocidades para una distancia entre los marcos-blancos, de 30 M.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
235	4356	4353	4350	4347	4344	4341	4338	4335	4332	4329
236	4326	4324	4321	4318	4315	4312	4309	4306	4303	4301
237	4298	4295	4292	4289	4286	4284	4281	4278	4255	4272
238	4269	4267	4264	4261	4258	4255	4253	4250	4247	4244
239	4241	4239	4236	4233	4230	4228	4225	4222	4219	4217
240	4211	4211	4209	4206	4203	4200	4198	4195	4192	4190
241	4187	4184	4181	4179	4176	4173	4171	4168	4165	4163
242	4160	4158	4155	4152	4150	4147	4144	4142	4139	4137
243	4134	4131	4129	4126	4123	4121	4118	4116	4113	4110
244	4108	4105	4103	4100	4098	4095	4093	4090	4088	4085
245	4083	4080	4077	4075	4072	4070	4067	4065	4062	4060
246	4057	4055	4052	4050	4047	4045	4042	4040	4037	4035
247	4033	4030	4028	4025	4023	4020	4018	4015	4013	4010
248	4008	4005	4003	4001	3998	3996	3993	3991	3989	3987
249	3984	3982	3979	3977	3974	3972	3970	3968	3965	3963
250	3960	3958	3955	3953	3950	3948	3946	3944	3941	3939
251	3937	3935	3932	3930	3928	3925	3923	3921	3918	3916
252	3911	3911	3909	3907	3905	3902	3900	3898	3895	3893
253	3891	3889	3887	3885	3882	3880	3877	3875	3873	3871
254	3868	3866	3864	3862	3859	3857	3855	3853	3851	3848
255	3846	3844	3842	3840	3837	3835	3833	3831	3829	3826
256	3824	3822	3820	3818	3816	3813	3811	3809	3807	3805
257	3803	3801	3798	3796	3794	3792	3790	3788	3786	3783
258	3781	3779	3777	3775	3773	3771	3769	3767	3765	3762
259	3760	3758	3756	3754	3752	3750	3748	3746	3744	3742
260	3740	3738	3735	3733	3731	3729	3727	3725	3723	3721
261	3719	3717	3715	3713	3711	3709	3707	3705	3703	3701
262	3699	3697	3695	3693	3691	3689	3687	3685	3683	3681
263	3679	3677	3675	3673	3671	3669	3667	3665	3663	3661
264	3659	3657	3655	3653	3651	3649	3647	3645	3643	3641
265	3639	3637	3636	3634	3632	3630	3628	3626	3624	3622
266	3620	3618	3617	3615	3613	3611	3609	3607	3605	3603
267	3601	3599	3598	3596	3594	3592	3590	3588	3586	3584
268	3583	3581	3579	3577	3575	3573	3571	3570	3568	3566
269	3564	3562	3560	3559	3557	3555	3553	3551	3549	3548

Alturas en m. m.	Velocidades para una distancia entre los marcos-blancos, de 30 M									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
270	3546	3544	3542	3540	3538	3537	3535	3533	3531	3529
271	3528	3526	3524	3522	3520	3519	3517	3515	3513	3512
272	3510	3508	3506	3504	3503	3501	3499	3497	3495	3494
273	3492	3490	3489	3487	3485	3483	3482	3480	3479	3477
274	3475	3476	3471	3469	3468	3466	3464	3463	3461	3459
275	3457	3456	3454	3452	3451	3449	3447	3445	3444	3442
276	3440	3439	3437	3435	3434	3432	3430	3428	3427	3425
277	3423	3422	3420	3418	3417	3415	3413	3412	3410	3408
278	3407	3405	3403	3402	3400	3399	3397	3395	3394	3392
279	3390	3389	3387	3385	3384	3382	3381	3379	3377	3376
280	3374	3372	3371	3369	3368	3366	3364	3363	3361	3360
281	3358	3356	3355	3353	3352	3350	3348	3347	3345	3344
282	3342	3340	3339	3337	3336	3334	3332	3331	3329	3328
283	3326	3325	3323	3322	3320	3318	3317	3315	3314	3312
284	3311	3309	3308	3306	3305	3303	3301	3300	3298	3296
285	3295	3293	3292	3291	3289	3288	3286	3285	3283	3282
286	3280	3279	3277	3276	3274	3273	3271	3269	3268	3267
287	3265	3264	3262	3261	3259	3258	3257	3255	3254	3252
288	3251	3249	3247	3246	3244	3243	3241	3240	3238	3237
289	3235	3234	3232	3231	3230	3228	3227	3225	3224	3223
290	3221	3220	3218	3217	3215	3214	3212	3211	3210	3208
291	3206	3205	3204	3202	3201	3199	3198	3196	3195	3194
292	3192	3191	3189	3188	3186	3185	3183	3182	3181	3179
293	3178	3176	3175	3174	3172	3171	3170	3168	3167	3165
294	3164	3163	3161	3160	3159	3157	3156	3154	3153	3152
295	3150	3149	3148	3146	3145	3143	3142	3141	3130	3138
296	3137	3136	3134	3133	3132	3130	3128	3127	3126	3124
297	3123	3122	3120	3119	3117	3116	3115	3113	3112	3111
298	3110	3108	3107	3106	3104	3103	3102	3100	3099	3097
299	3096	3094	3093	3092	3091	3090	3089	3088	3086	3085
300	3083	3082	3081	3079	3078	3077	3076	3076	3073	3072
301	3070	3069	3068	3066	3065	3064	3063	3061	3060	3059
302	3057	3056	3055	3054	3052	3051	3050	3048	3047	3046
303	3045	3043	3042	3041	3040	3038	3037	3036	3035	3033
304	3032	3031	3030	3028	3027	3026	3025	3023	3022	3021

Alturas en mm.	Velocidades para una distancia entre los marcos-blancos, de 30 M.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
305	3020	3018	3017	3016	3015	3013	3012	3011	3010	3008
306	3007	3006	3005	3004	3002	3001	3000	2999	2997	2996
307	2995	2994	2993	2991	2990	2989	2988	2988	2985	2984
308	2983	2982	2989	2979	2978	2977	2976	2975	2973	2972
309	2971	2970	2968	2967	2966	2965	2964	2962	2961	2960
310	2959	2958	2957	2955	2954	2953	2952	2951	2950	2948
311	2947	2946	2945	2944	2943	2941	2940	2939	2938	2937
312	2933	2934	2933	2932	2931	2930	2929	2927	2926	2925
313	2924	2923	2992	2921	2919	2918	2917	2916	2915	2914
314	2913	2911	2910	2908	2908	2907	2906	2904	2903	2902
315	2901	2900	2899	2898	2897	2896	2894	2893	2892	2891
316	2890	2889	2888	2887	2886	2884	2883	2882	2881	2880
317	2879	2878	2877	2876	2874	2873	2872	2871	2870	2869
318	2868	2867	2866	2865	2863	2862	2861	2860	2859	2858
319	2857	2856	2855	2854	2853	2851	2850	2849	2848	2847
320	2846	2845	2844	2843	2842	2841	2840	2839	2837	2836
321	2835	2834	2833	2832	2831	2830	2829	2828	2827	2826
322	2825	2824	2823	2822	2820	2819	2818	2817	2816	2815
323	2814	2813	2812	2811	2810	2809	2808	2807	2806	2805
324	2804	2803	2802	2801	2800	2799	2797	2796	2795	2794
325	2793	2792	2791	2790	2789	2788	2787	2786	2785	2784
326	2783	2782	2781	2780	2779	2778	2777	2776	2775	2774
327	2773	2772	2771	2770	2769	2768	2767	2766	2765	2764
328	2763	2762	2761	2760	2759	2758	2757	2756	2755	2754
329	2753	2752	2751	2750	2749	2748	2747	2746	2745	2744
330	2743	2742	2741	2740	2739	2738	2737	2736	2735	2734
331	2733	2732	2731	2730	2729	2728	2727	2726	2725	2724
332	2723	2722	2721	2721	2720	2719	2718	2717	2716	2715
333	2714	2713	2712	2711	2710	2709	2708	2707	2706	2705
334	2704	2703	2702	2701	2700	2699	2699	2698	2696	2695
335	2665	2694	2693	2692	2691	2690	2689	2688	2687	2686
336	2685	2684	2683	2683	2682	2681	2680	2679	2678	2677
337	2676	2675	2674	2673	2672	2671	2670	2670	2669	2668
338	2667	2666	2665	2664	2663	2662	2661	2660	2659	2659
339	2658	2657	2656	2655	2654	2653	2652	2651	2650	2649

Alturas en mm.	Velocidades para una distancia entre los marcos-blancos, de 30 M.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
340	2649	2648	2647	2646	2645	2644	2643	2642	2641	2640
341	2640	2639	2658	2637	2636	2635	2634	2633	2632	2631
342	2631	2630	2629	2628	2627	2626	2625	2624	2623	2623
343	2622	2621	2620	2619	2618	2617	2617	2616	2615	2614
344	2613	2612	2611	2610	2609	2609	2608	2607	2606	2605
345	2604	2603	2603	2602	2601	2600	2599	2598	2597	2597
346	2596	2595	2594	2593	2592	2591	2590	2589	2589	2588
347	2488	2586	2585	2584	2584	2483	2582	2581	2580	2580
348	2574	2578	2577	2576	2575	2575	2574	2573	2572	2571
349	2570	2569	2568	2567	2567	2566	2565	2564	2563	2562
350	2562	2561	2560	2559	2558	2557	2557	2556	2555	2554
351	2553	2552	2552	2551	2550	2549	2547	2548	2547	2546
352	2545	2544	2543	2543	2542	2541	2540	2539	2539	2538
353	2537	2536	2535	2534	2534	2533	2532	2531	2530	2530
354	2529	2528	2527	2526	2526	2525	2524	2523	2522	2521
355	2521	2520	2519	2518	2517	2517	2516	2515	2514	2513
356	2511	2512	2511	2510	2509	2509	2508	2507	2506	2506
357	2505	2504	2503	2502	2502	2501	2500	2499	2498	2498
358	2497	2496	2495	2495	2494	2493	2492	2491	2491	2490
359	2489	2488	2488	2487	2486	2485	2484	2484	2483	2482
360	2481	2481	2480	2479	2478	2477	2477	2476	2475	2474
361	2474	2473	2472	2471	2469	2470	2469	2468	2468	2467
362	2466	2465	2464	2464	2463	2462	2461	2461	2460	2459
363	2458	2458	2457	2456	2455	2455	2454	2453	2452	2452
364	2451	2450	2449	2449	2448	2447	2446	2446	2445	2444
365	2443	2443	2442	2441	2440	2440	2439	2438	2438	2437
366	2436	2435	2435	2434	2433	2432	2432	2431	2430	2429
367	2429	2428	2427	2426	2426	2425	2424	2424	2423	2422
368	2421	2421	2420	2419	2418	2418	2417	2416	2416	2415
369	2414	2413	2413	2412	2411	2411	2410	2409	2408	2408
370	2407	2406	2406	2405	2404	2403	2403	2402	2401	2400
371	2400	2399	2398	2398	2397	2396	2395	2395	2394	2393
372	2393	2392	2391	2391	2390	2389	2388	2388	2387	2386
373	2386	2385	2384	2384	2383	2382	2381	2381	2380	2379
374	2379	2378	2377	2377	2376	2375	2375	2374	2373	2373

Alturas en mm.	Velocidades para una distancia entre los marcos-blancos, de 30 M.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
375	2372	2371	2370	2370	2369	2368	2368	2367	2366	2366
376	2365	2364	2364	2363	2362	2361	2361	2360	2359	2359
377	2358	2357	2357	2356	2355	2355	2354	2353	2353	2352
378	2351	2351	2350	2349	2349	2348	2347	2346	2346	2345
379	2344	2344	2343	2342	2342	2341	2340	2340	2339	2338
380	2338	2337	2336	2336	2335	2334	2334	2333	2332	2332
381	2331	2330	2330	2329	2328	2328	2327	2327	2326	2325
382	2325	2324	2323	2323	2322	2321	2321	2320	2319	2319
383	2318	2317	2317	2316	2315	2315	2314	2313	2313	2312
384	2311	2311	2310	2310	2309	2308	2308	2307	2306	2306
385	2305	2304	2304	2303	2302	2302	2301	2301	2300	2299
386	2299	2298	2297	2297	2296	2295	2295	2294	2293	2293
387	2292	2292	2291	2290	2290	2289	2288	2288	2287	2286
388	2286	2285	2285	2284	2283	2283	2282	2281	2281	2280
389	2280	2279	2278	2278	2277	2276	2276	2275	2275	2274
390	2273	2273	2272	2271	2271	2270	2270	2269	2268	2268
391	2267	2267	2266	2265	2265	2264	2263	2263	2262	2262
392	2261	2260	2260	2259	2259	2258	2257	2257	2256	2255
393	2255	2254	2254	2253	2252	2252	2251	2251	2250	2249
394	2249	2248	2248	2247	2246	2246	2245	2245	2244	2243
395	2243	2242	2241	2241	2240	2240	2239	2238	2238	2237
396	2237	2236	2236	2235	2234	2234	2233	2233	2232	2231
397	2231	2230	2230	2229	2228	2228	2227	2227	2226	2225
398	2225	2224	2224	2223	2222	2222	2221	2221	2220	2220
399	2219	2218	2218	2217	2217	2216	2215	2215	2214	2214
400	2213	2213	2212	2211	2211	2210	2210	2209	2208	2208
401	2207	2207	2206	2206	2205	2204	2204	2203	2203	2202
402	2202	2201	2201	2200	2199	2199	2198	2198	2197	2196
403	2196	2195	2195	2194	2194	2193	2192	2192	2191	2191
404	2190	2190	2189	2188	2188	2187	2187	2186	2186	2185
405	2184	2184	2183	2183	2182	2182	2181	2181	2180	2179
406	2179	2178	2178	2177	2177	2176	2175	2175	2174	2174
407	2173	2173	2172	2172	2171	2170	2170	2169	2169	2168
408	2168	2167	2167	2166	2165	2165	2164	2164	2163	2163
409	2162	2162	2161	2161	2160	2159	2159	2158	2158	2157

Alturas en mm.	Velocidades para una distancia entre los marcos-blancos, de 30 M.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
410	2157	2156	2156	2155	2154	2154	2153	2153	2152	2152
411	2151	2151	2150	2149	2149	2148	2148	2147	2157	2156
412	2146	2145	2145	2144	2144	2143	2143	2142	2141	2141
413	2140	2140	2139	2139	2138	2138	2137	2137	2136	2136
314	2135	2135	2134	2133	2133	2132	2132	2131	2131	2130
415	2130	2129	2129	2128	2128	2127	2127	2126	2126	2125
416	2124	2124	2123	2123	2122	2122	2121	2121	2120	2120
417	2119	2119	2118	2118	2117	2117	2116	2116	2115	2115
418	2114	2114	2113	2113	2112	2112	2111	2111	2110	2109
419	2109	2108	2108	2107	2107	2106	2106	2105	2105	2104
420	2104	2103	2103	2102	2102	2101	2101	2100	2100	2099
421	2099	2098	2098	2097	2097	2096	2096	2095	2094	2094
422	2093	2093	2092	2092	2091	2091	2090	2090	2089	2089
423	2088	2088	2087	2087	2086	2086	2085	2085	2084	2084
424	2083	2083	2082	2082	2081	2081	2080	2080	2079	2079
425	2078	2078	2077	2077	2076	2076	2075	2075	2074	2074
426	2073	2073	2072	2072	2071	2071	2070	2070	2069	2069
427	2068	2068	2067	2067	2066	2066	2065	2065	2064	2064
428	2064	2063	2063	2062	2062	2061	2061	2060	2060	2059
429	2059	2058	2058	2057	2057	2056	2056	2055	2055	2054
430	2054	2053	2053	2052	2052	2051	2051	2050	2050	2049
431	2049	2048	2048	2047	2047	2047	2046	2046	2045	2045
432	2044	2044	2043	2043	2042	2042	2041	2041	2040	2040
433	2039	2039	2038	2038	2037	2037	2037	2036	2036	2035
434	2035	2034	2034	2033	2033	2032	2032	2031	2031	2030
435	2030	2029	2029	2028	2028	2028	2027	2027	2026	2026
436	2025	2025	2024	2024	2023	2023	2022	2022	2022	2021
437	2021	2020	2020	2019	2019	2018	2018	2017	2017	2016
438	2016	2015	2015	2015	2014	2014	2013	2013	2012	2012
439	2011	2011	2010	2010	2010	2009	2009	2008	2008	2007
440	2007	2006	2006	2005	2005	2004	2004	2004	2003	2003
441	2002	2002	2001	2001	2000	2000				

TABLA III

TIEMPOS CORRESPONDIENTES Á LAS ALTURAS DE CAÍDA

Altura en milímetros.	TIEMPOS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	0",00	0000	4575	6385	7820	9030					
	01					0096	1060	1946	2771	3545	
1		4278	4975	5641	6279	6894	7487	8060	8616	9156	9681
2	02	0192	0691	1178	1653	2119	2575	3022	3461	3891	4314
3		4730	5139	5541	5937	6327	6711	7090	7464	7833	8197
4		8556	8911	9261	9607	9950					
	03					0288	0623	0954	1281	1605	
5		1926	2244	2559	2870	3179	3485	3788	4088	4386	4681
6		4974	5264	5552	5937	6121	6402	6680	6957	7232	7505
7		7776	8045	8312	8577	8840	9102	9361	9619	9876	
	04										0131
8		0384	0636	0886	1134	1381	1627	1871	2114	2355	2595
9		2834	3071	3307	3542	3775	4007	4238	4468	4697	4924
10		5151	5376	5600	5823	6044	6265	6485	6704	6922	7139
11		7254	7569	7783	7996	8208	8420	8629	8838	9046	9253
12		9460	9666	9870							
	05				0074	0277	0480	0681	0882	1082	1281
13		1480	1677	1874	2070	2266	2460	2654	2847	3040	3232
14		3423	3613	3803	3992	4181	4368	4556	4742	4928	5113
15		5298	5482	5665	5848	6030	6212	6393	6574	6754	6933
16		7112	7290	7467	7644	7821	7997	8172	8347	8522	8696
17		8869	9042	9214	9386	9558	9729	9899			
	06								0069	0238	0407
18		0576	0744	0911	1078	1245	1411	1577	1742	1907	2072

Altura en milímetros.	TIEMPOS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
19	0",06	2236	2399	2562	2725	2887	3049	3211	3372	3533	3693
20		3852	4011	4170	4329	4488	4646	4803	4960	5117	5273
21		5429	5585	5740	5895	6049	6203	6357	6511	6664	6817
22		6969	7121	7273	7424	7575	7726	7876	8026	8176	8325
23		8474	8623	8771	8919	9067	9214	9361	9508	9655	9801
24		9947									
	07	0092	0237	0382	0527	0671	0815	0959	1103	1246	
25		1389	1532	1674	1816	1958	2100	2241	2382	2323	2663
26		2803	2943	3083	3222	3361	3500	3638	3776	3914	4052
27		4190	4327	4464	4601	4737	4873	5009	5145	5281	5416
28		5551	5686	5821	5955	6089	6223	6356	6489	6622	6755
29		6888	7021	7153	7285	7417	7549	7680	7811	7942	8073
30		8203	8333	8473	8593	8723	8852	8981	9110	9239	9367
31		9495	9623	9751	9879						
	08					0007	0134	0261	0388	0515	0642
32		0768	0894	1020	1145	1270	1396	1521	1646	1771	1896
33		2020	2144	2268	2392	2516	2639	2762	2885	3008	3131
34		3253	3375	3497	3619	3741	3863	3985	4106	4227	4348
35		4469	4590	4710	4830	4950	5070	5190	5310	5429	5548
36		5667	5786	5905	6024	6142	6260	6378	6496	6614	6762
37		6849	6966	7083	7200	7317	7434	7550	7666	7782	7898
38		8014	8130	8246	8361	8476	8591	8706	8821	8936	9051
39		9165	9279	9393	9507	9621	9735	9848	9961		
	09									0075	0188
40		0301	0414	0527	0639	0751	0863	0975	1087	1199	1311
41		1423	1534	1645	1756	1867	1978	2089	2200	2310	2420
42		2531	2641	2751	2861	2970	3080	3190	3299	3408	3517
43		3626	3735	3844	3952	4060	4168	4277	4385	4493	4601
44		4709	4816	4923	5030	5138	5245	5352	5459	5566	5672
45		5778	5885	5991	6097	6203	6309	6415	6521	6626	6731
46		6837	6942	7047	7152	7257	7362	7467	7571	7675	7779
47		7884	7988	8092	8196	8300	8403	8507	8610	8713	8816
48		8919	9022	9125	9228	9331	9434	9537	9639	9741	9843
49		9945									
	10	0046	0148	0249	0351	0452	0553	0655	0756	0858	
50		0959	1060	1160	1261	1361	1462	1562	1663	1763	1864
51		1964	2064	2163	2263	2362	2462	2561	2661	2760	2860
52		2959	3058	3156	3255	3353	3452	3550	3649	3747	3846
53		3944	4042	4139	4239	4334	4432	4530	4627	4725	4822

Altura en milímetros.	TIEMPOS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
54	0",10	4920	5017	5113	5210	5307	5404	5500	5597	5694	5790
55		5837	5983	6079	6175	6271	6368	6462	6558	6654	6750
56		6846	6941	7036	7131	7226	7321	7415	7510	7605	7700
57		7795	7889	7993	8088	8172	8266	8360	8454	8549	8643
58		8737	8830	8924	9017	9110	9204	9297	9390	9483	9577
59		9670	9763	9855	9948						
	11				0040	0133	0226	0318	0411	0503	
60		0596	0688	0780	0871	0963	1055	1147	1239	1330	1422
61		1514	1605	1696	1787	1878	1969	2060	2151	2242	2333
62		2424	2514	2605	2695	2785	2875	2966	3056	3146	3237
63		3327	3417	3506	3590	3685	3775	3865	3954	4044	4133
64		4223	4312	4401	4490	4579	4668	4756	4845	4934	5023
65		4112	5200	5288	5377	5465	5553	5641	5729	5818	5906
66		5994	6082	6169	6257	6344	6432	6519	6607	6694	6782
67		6869	6956	7043	7130	7217	7304	7390	7477	7564	7651
68		7738	7824	7911	7997	8083	8170	8256	8342	8428	8515
69		8601	8087	8772	8858	8943	9029	9115	9200	9286	9371
70		9457	9542	9627	9712	9797	9882	9967			
	12							0052	0137	0222	
71		0307	0392	0476	0561	0645	0730	0814	0899	0983	1068
72		1152	1236	1330	1403	1487	1571	1655	1739	1822	1906
73		1990	2073	2157	2240	2323	2407	2490	2573	2656	2740
74		2823	2906	2988	3071	3153	3236	3319	3401	3484	3566
75		3649	3731	3813	3896	3978	4060	4142	4224	4307	4389
76		4471	4553	4634	4716	4798	4880	4961	5043	5125	5206
77		5288	5369	5450	5531	5612	5694	5775	5856	5937	6018
78		6099	6180	6260	6341	6421	6502	6582	6663	6743	6824
79		6904	6984	7064	7144	7224	7305	7385	7465	7545	7625
80		7705	7785	7864	7944	8023	8103	8183	8262	8342	8421
81		8501	8580	8659	8738	8817	8896	8975	9054	9135	9212
82		9291	9370	9448	9527	9605	9684	9763	9841	9920	9998
83	13	0077	0155	0233	0312	0390	0468	0546	0624	0703	0781
84		0859	0937	1014	1092	1169	1247	1325	1402	1480	1557
85		1635	1712	1789	1867	1944	2021	2098	2175	2253	2330
86		2407	2484	2561	2637	2714	2791	2868	2945	3021	3098
87		3175	3251	3328	3401	3480	3557	3633	3709	3785	3862
88		3933	4014	4090	4166	4242	4318	4393	4469	4555	4621
89		4697	4773	4848	4924	4999	5075	5150	5226	5301	5377
90		5452	5527	5602	5677	5752	5827	5902	2977	6052	6127

Altura en milímetros.	TIEMPOS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
91	0",13	6202	6277	6351	6426	6500	6475	6650	6724	6799	6873
92		6948	7022	7097	7171	7245	7320	7394	7468	7542	7616
93		7691	7765	7839	7912	7986	8060	8134	8207	8281	8355
94		8429	8502	8576	8649	8723	8796	8869	8943	9016	9090
95		9163	9236	9309	9382	9455	9529	9602	9675	9748	9821
96		9894	9967								
	14		0039	0112	0185	0258	0330	0403	0476	0548	
97		0621	0693	0766	0838	0910	0983	1055	1127	1199	1272
98		1344	1416	1488	1560	1632	1704	1775	1847	1919	1991
99		2063	2135	2206	2278	2349	2421	2492	2564	2635	2707
100		2778	2849	2921	2992	3063	3135	3206	3277	3348	3420
101		3491	3562	3633	3703	3774	3845	3916	3987	4057	4128
102		4199	4270	4340	4411	4481	4552	4622	4693	4763	4834
103		4904	4974	5044	5115	5185	5255	5325	5395	5466	5536
104		5606	5676	5746	5816	5886	5956	6025	6095	6165	6235
105		6305	6374	6444	6513	6583	6652	6721	6791	6860	6930
106		6999	7068	7137	7207	7276	7345	7414	7483	7553	7622
107		7691	7760	7829	7897	7966	8035	8104	8173	8241	8310
108		8379	8448	8516	8585	8653	8722	8791	8859	8928	8996
109		9065	9133	9201	9270	9338	9406	9474	9542	9611	9679
110		9747	9819	9883	9951						
	15					0019	0087	0154	0222	0290	0358
111		0426	0494	0561	0629	0697	0765	0832	0900	0968	1035
112		1103	1170	1238	1305	1372	1440	1507	1574	1641	1709
113		1776	1843	1910	1977	2044	2111	2178	2245	2312	2379
114		2446	2513	2579	2646	2713	2780	2846	2913	2980	3046
115		3113	3179	3246	3312	3379	3445	3511	3578	3644	3711
116		3777	3843	3909	3975	4041	4108	4174	4240	4306	4372
117		4438	4504	4570	4636	4702	4768	4833	4899	4965	5031
118		5097	5163	5228	5294	5359	5425	5491	5556	5622	5687
119		5753	5818	5884	5949	6014	6080	6145	6210	6275	6341
120		6406	6471	6536	6601	6666	6731	6796	6861	6926	6991
121		7056	7121	7186	7250	7315	7380	7445	7510	7574	7639
122		7704	7769	7833	7898	7962	8027	8091	8156	8220	8285
123		8349	8413	8477	8542	8606	8670	8734	8798	8863	8927
124		8991	9055	9119	9183	9247	9311	9375	9439	9503	9567
125		9631	9695	9759	9822	9886	9950				
	16							0014	0078	0141	0205
126		0269	0332	0396	0459	0523	0586	0649	0713	0776	0840

Altura en
milímetros.

TIEMPOS

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
127	0",16 0903	0966	2029	1093	1156	1219	1282	1325	1409	1472
128		1535	1598	1661	1724	1787	1850	1913	1976	2039
129		2165	2228	2290	2353	2416	2479	2541	2604	2667
130		2792	2855	2917	2980	3042	3105	3167	3230	3292
131		3417	3479	3541	3604	3666	3728	3790	3852	3915
132		4039	4101	4163	4225	4287	4350	4412	4474	4536
133		4660	4722	4784	4845	4907	4969	5031	5093	5154
134		5278	5340	5401	5463	5524	5586	5648	5709	5771
135		5894	5955	6017	6075	6139	6201	6262	6324	6385
136		6507	6568	6629	6690	6751	6813	6874	6935	6996
137		7118	7179	7240	7301	7362	7423	7483	7544	7605
138		7727	7788	7848	7909	7969	8030	8091	8151	8212
139		8334	8394	8455	8515	8576	8636	8696	8757	8817
140		8938	8998	9058	9119	9176	9239	9299	9359	9420
141		9540	9600	9660	9720	9780	9840	9900	9960	
	17								0020	0080
142		0140	0200	0260	0319	0379	0439	0499	0559	0618
143		0738	0798	0857	0917	0976	1036	1096	1155	1215
144		1334	1393	1453	1512	1572	1631	1690	1750	1809
145		1928	1987	2046	2105	2164	2224	2283	2342	2401
146		2519	2578	2637	2696	2755	2814	2873	2932	2991
147		3109	3168	3227	3285	3344	3403	3462	3521	3579
148		3697	3756	3814	3873	3931	3990	4048	4107	4165
149		4282	4368	4399	4458	4516	4575	4633	4692	4750
150		4867	4925	4983	5042	5100	5158	5216	5274	5333
151		5449	5507	5565	5623	5681	5739	5797	5875	5913
152		6029	6087	6145	6202	6260	6318	6376	6434	6489
153		6607	6665	6722	6780	6837	6895	6953	7010	7068
154		7183	7240	7298	7355	7413	7470	7527	7585	7642
155		7757	7814	7872	7929	7986	8044	8101	8158	8215
156		8330	8387	8444	8501	8558	8616	8673	8730	8787
157		8901	8958	9015	9071	9128	9185	9242	9299	9355
158		9469	9526	9583	9639	9696	9753	9810	9867	9923
159	18	0037	0094	0150	0207	0263	0320	0376	0433	0489
160		0602	0658	0715	0671	0827	0884	0940	0996	1052
161		1165	1221	1277	1334	1390	1446	1502	1558	1615
162		1727	1783	1839	1895	1951	2007	2063	2119	2175
163		2287	2343	2399	2454	2510	2566	2622	2678	2723
164		2846	2902	2957	3013	3068	3124	3180	3235	3291

Altura en milímetros.	TIEMPOS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
165	0',18	3402	3458	3513	3569	3624	3680	3735	3791	3846	3902
166		3957	4012	4068	4123	4179	4234	4289	4345	4400	4456
167		4511	4566	4621	4676	4731	4787	4842	4897	4952	5007
168		5062	5117	5172	5227	5282	5337	5392	5447	5502	5557
169		5612	5667	5722	5776	5821	5886	5941	5996	6050	7105
170		6160	6215	6269	6324	6379	6434	6488	6543	6498	6652
171		6707	6762	6816	6871	6925	6980	7034	7089	7143	7198
172		7252	7306	7361	7415	7470	7524	7578	7633	7687	7742
173		7796	7850	7904	7959	8013	8067	2121	8175	8230	8284
174		8338	8392	8446	8500	8554	8608	8662	8716	8770	8824
175		8878	8932	8986	9040	9094	9146	9201	9255	9309	9363
176		9417	9471	9525	9578	9632	9686	9740	9794	9847	9901
177		9955									
	19		0009	0062	0116	0169	0223	0277	0330	0384	0437
178		0491	0544	0598	0651	0704	0758	0811	0864	0917	0971
179		1024	1077	1131	1184	1237	1291	1344	1397	1450	1504
180		1557	1610	1663	1717	1770	1823	1870	1929	1983	2036
181		2089	2142	2195	2248	2301	2354	2407	2460	2513	2566
182		2619	2672	2725	2777	2830	2883	2936	2989	3041	3094
183		3147	3200	3252	3305	3358	3411	3463	3516	3569	3621
184		3674	3727	3779	3832	3884	3937	3989	4042	4094	4147
185		4199	4252	4304	4357	4409	4462	4514	4567	4619	4672
186		4724	4776	4829	4881	4933	4986	5038	5090	5142	5195
187		5247	5299	5351	5403	5455	5508	5560	5612	5664	5716
188		5768	5820	5872	5924	5976	6028	6080	6132	6184	6236
189		6288	6340	6392	6443	6496	6548	6599	6651	6703	6755
190		6807	6859	6910	6962	7014	7066	7117	7169	7221	7272
191		7324	7376	7427	7479	7530	7582	7633	7685	7736	7788
192		7839	7891	7942	7994	8045	8097	8148	8200	8251	8303
193		8354	8405	8457	8508	8559	8611	8662	8713	8764	8816
194		8867	8918	8969	9021	9072	9123	9174	9225	9277	9328
195		9379	9430	9481	9532	9583	9634	9685	9736	9787	9838
196		9889	9940	9991							
	20				0042	0093	0144	0195	0246	0297	0348
197		0399	0450	0501	0551	0602	0653	0704	0755	0805	0856
198		0907	0958	1008	1059	1110	1161	1211	1262	1313	1365
199		1414	1465	1515	1566	1616	1667	1717	1768	1818	1869
200		1919	1969	2020	2070	2121	2171	2221	2272	2322	2375
201		2423	2473	2524	2574	2624	2675	2725	2775	2825	2876

Altura en milímetros.	TIEMPOS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
202	0',20	2926	2976	3026	3077	3127	3177	3227	3277	3328	3378
203		3428	3478	3528	3578	3628	3678	3728	3778	3828	3878
204		3928	3978	4028	4078	4128	4178	4228	3278	4328	4378
205		4428	4478	4528	4578	4626	4677	4727	4777	4826	4876
206		4926	4976	5025	5075	5124	5174	5224	5273	5323	5372
207		5422	5472	5521	5571	5620	5670	5720	5769	5819	5868
208		5918	5967	6017	6066	6116	6165	6214	6264	6313	6363
209		6412	6461	6511	6560	6610	6659	6708	6758	6807	6857
210		6906	6955	7004	7054	7103	7152	7201	7250	7300	7349
211		7398	7447	7496	7545	7594	7644	7693	7742	7791	7840
212		7889	7938	7987	8036	8085	8134	8182	8231	8280	8329
213		8378	8427	8476	8525	8574	8623	8671	8720	8769	8818
214		8867	8916	8965	9013	9062	9111	9160	9209	9257	9306
215		9355	9404	9452	9501	9549	9598	9647	9695	9744	9792
216		9841	9890	9938	9987						
	21					0035	0084	0132	0181	0229	0278
217		3026	0374	0432	0471	0520	0568	0616	0665	0713	0762
218		0810	0858	0907	0955	1003	1052	1100	1148	1196	1245
219		1293	1341	1389	1438	1486	1534	1582	1630	1679	1727
220		1775	1823	1871	1919	1967	2015	2063	2111	2159	2207
221		2255	2303	2351	2399	2447	2495	2543	2591	2639	2687
222		2735	2782	2831	2879	2927	2975	3022	3070	3118	3166
223		3214	3262	3309	3357	3405	3453	3500	3548	3596	3643
224		3691	3739	3786	3834	3882	3930	3977	4025	4073	4120
225		4168	4216	4263	4311	4358	4406	4453	4501	4548	4596
226		4642	4690	4738	4785	4833	4880	4927	4975	5022	5070
227		5117	5164	5212	5259	5307	5354	5401	5449	5496	5544
228		5591	5638	5685	5733	5780	5827	5874	5921	5969	6016
229		6063	6110	6157	6204	6251	6299	6346	6393	6440	6487
230		6534	6581	6628	6675	6722	6770	6817	6864	6911	6958
231		7005	7052	7099	7146	7193	7240	7286	7333	7380	7427
232		7474	7521	7568	7614	7661	7708	7755	7802	7848	7895
233		7942	7989	8035	8082	8129	8176	8222	8269	8316	8362
234		8409	8456	8502	8549	8595	8642	8689	8735	8782	8828
235		8875	8922	8968	9015	9061	9108	9155	9201	9248	9294
236		9341	9387	9431	9480	9527	9573	9619	9666	9712	9759
237		9805	9851	9898	9944	9990					
	22						0037	0083	0129	0175	0222
238		0268	0314	0360	0407	0453	0499	0545	0591	0638	0684

Altura en milímetros.	TIEMPOS									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
239	0",22 0730	0776	0822	0869	0815	0961	1007	1053	1100	1146
240	1192	1238	1284	1330	1376	1422	1468	1514	1560	1606
241	1652	1698	1744	1790	1836	1882	1926	1983	2019	2065
242	2111	2157	2203	2248	2294	2340	2386	2432	2477	2523
243	2569	2615	2661	2706	2752	2798	2844	2890	2935	2981
244	3027	3073	3118	3164	3210	3256	3301	3347	3393	3438
245	3484	3530	3575	3621	3666	3712	3757	3803	3848	3894
246	3939	3985	4030	4076	4121	4167	4212	4258	4303	4349
247	4394	4439	4485	4530	4576	4621	4666	4712	4757	4803
248	4848	4893	4939	4984	5029	5075	5120	5165	5210	5250
249	5301	5346	5391	5437	5472	5527	5572	5617	5663	5708
250	5753	5798	5843	5888	5933	5979	6024	6069	6114	6159
251	6204	6249	6294	6339	6384	6429	6474	6519	6564	6609
252	6654	6699	6745	6789	6834	6879	6923	6968	7013	7058
253	7103	7148	7193	7238	7283	7328	7372	7417	7462	7507
254	7552	7597	7651	7686	7731	7776	7820	7865	7910	7954
255	7999	8044	8088	8133	8178	8223	8267	8312	8357	8401
256	8446	8491	8535	8580	8624	8669	8713	8758	8802	8847
257	8891	8936	8980	9025	9069	9114	9158	9203	9247	9292
258	9336	9380	9425	9469	9514	9558	9602	9647	9691	9736
259	9780	9824	9869	9913	9957					
	23					0002	0046	0090	0134	0179
260	0223	0267	0312	0356	0400	0445	0489	0535	0577	0622
261	0666	0710	0754	0798	0842	0887	0931	0975	1019	1063
262	1107	1151	1195	1239	1283	1328	1372	1416	1460	1504
263	1548	1592	1636	1680	1724	1768	1812	1856	1900	1944
264	1988	2032	2076	2120	2164	2208	2251	2295	2339	2383
265	2427	2471	2515	2558	2602	2646	2690	2734	2777	2821
266	2865	2909	2952	2996	3040	3084	3127	3171	3215	3258
267	3302	3346	3389	3433	3476	3520	3564	3607	3651	3694
268	3738	3782	3825	3869	3912	3956	4000	4043	4087	4130
269	4174	4218	4261	4305	4348	4392	4435	4479	4522	4566
270	4609	4652	4696	4739	4783	4826	4869	4913	4956	5000
271	5043	5086	5130	5173	5216	5260	5303	5346	5393	5433
272	5476	5519	5563	5606	5649	5693	5736	5779	5826	5866
273	5909	5952	5995	6038	6081	6125	6168	6211	6254	6297
274	6340	6383	6426	6469	6512	6556	6599	6642	6685	6722
275	6771	6814	6857	6900	6943	6986	7029	7072	7115	7158
276	7201	7244	7287	7330	7373	7416	7459	7502	7545	7588

Altura en milímetros.	TIEMPOS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
277	0",23	7631	7674	7717	7759	7802	7845	2888	7931	7973	8016
278		8059	8102	8145	8187	8230	8273	6316	8359	8401	8444
279		8487	8530	8572	8615	8658	8701	8743	8786	8829	8871
280		8914	8957	8999	9032	9084	9127	9170	9212	9255	9297
281		9340	9383	9425	9468	9510	9553	9596	9638	9681	9723
282		9766	9809	9851	9894	9936	9979				
	24							0021	0064	0106	0149
283		0191	0233	0276	0318	0361	0403	0445	0488	0530	0573
284		0615	0657	0700	0742	0784	0827	0869	0911	0953	0996
285		1038	1080	1122	1165	1207	1249	1291	1333	1376	1418
286		1460	1502	1544	1587	1629	1671	1713	1755	1798	1840
287		1882	1924	1966	2008	2050	2093	2135	2177	2219	2261
288		2303	2345	2387	2429	2471	2513	2555	2597	2639	2681
289		2723	2765	2807	2849	2891	2933	2975	3017	3059	3101
290		3143	3185	3227	3269	3311	3353	3394	3436	3478	3520
291		3562	3604	3646	3687	3729	3771	3813	3855	3896	3938
292		3980	4022	4063	4105	4147	4189	4230	4272	4314	4355
293		4397	4439	4480	4522	4564	4606	4647	4689	4731	4772
294		4814	4856	4897	4939	4980	5022	5064	5105	5147	5188
295		5230	5272	5313	5355	5396	5438	5479	5521	5562	5604
296		5645	5687	5728	5760	5811	5853	5894	5936	5977	6019
297		6060	6101	6143	6184	6226	6267	6308	6350	6391	6433
298		6474	6515	6557	6598	6639	6681	6722	6763	6804	6846
299		6887	6928	6969	7011	7052	7093	7134	7175	7217	7258
300		7299	7340	7381	7423	7464	7505	7546	7587	7629	7670
301		7711	7752	7793	7834	7875	7917	7958	7999	8040	8081
302		8122	8163	8204	8245	8286	8328	8369	8410	8451	8492
303		8533	8574	8615	8656	8697	8738	8779	8820	8861	8902
304		8943	8984	9025	9066	9107	9148	9188	9229	9270	9311
305		9352	9393	9434	9474	9515	9556	9597	9638	9678	9719
306		9760	9801	9842	9882	9923	9964				
	25							0005	0046	0086	0127
307		0168	0209	0249	0290	0331	0372	0412	0453	0494	0534
308		0575	0616	0656	0697	0738	0779	0819	0860	0901	0941
309		0982	1023	1063	1104	1144	1185	1225	1266	1306	1347
310		1387	1428	1468	1509	1549	1590	1630	1671	1711	1752
311		1792	1833	1873	1914	1954	1995	2035	2076	2116	2157
312		2197	2237	2278	2318	2359	2399	2439	2480	2520	2561
313		2601	2641	2682	2722	2762	2803	2843	2883	2923	2964

Altura en milímetros.	TIEMPOS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
314	0",25	3004	3044	3085	3125	3165	3206	3246	3286	3326	3367
315		3407	3447	3487	3527	3567	3608	3648	3688	3728	3768
316		3808	3848	3888	3928	3968	4009	4049	4089	4129	4169
317		4209	4249	4289	4329	4369	4410	4450	4490	4530	4570
318		4610	4650	4690	4730	4770	4810	4850	4890	4930	4970
319		5010	5050	5090	5130	5170	5210	5249	5289	5329	5369
320		5409	5449	5489	5529	5569	5609	5648	5688	5728	5768
321		5808	5848	5888	5928	5968	6008	6047	6087	6127	6167
322		6207	6247	6286	6326	6366	6406	6445	6485	6525	6564
323		6604	6644	6703	6723	6763	6803	6842	6882	6922	6961
324		7001	7041	7080	7120	7160	7200	7239	7279	7319	7358
325		7398	7438	7477	7517	7556	7596	7635	7675	7714	7754
326		7793	7833	7872	7912	7951	7991	8030	8070	8109	8149
327		8188	8228	8267	8307	8346	8386	8425	8465	8504	8544
328		8583	8622	8662	8701	8741	8780	8819	8859	8898	8938
329		8977	9016	9056	9095	9134	9174	9213	9252	9291	9331
330		9370	9409	9449	9488	9527	9567	9606	9645	9684	9724
331		9763	9802	9841	9881	9920	9959	9999			
	26								0037	0077	0116
332		0155	0194	0233	0272	0311	0361	0390	0429	0468	0507
333		0546	0585	0624	0663	0702	0742	0781	0820	0859	0898
334		0937	0976	1015	1054	1093	1133	1172	1211	1250	1289
335		1328	1367	1406	1445	1484	1523	1561	1600	1639	1678
336		1717	1756	1795	1834	1873	1912	1950	1989	2028	2067
337		2106	2145	2184	2223	2262	2301	2339	2378	2417	2456
338		2495	2534	2573	2611	2650	2689	2728	2767	2805	2844
339		2883	2922	2960	2999	3038	3077	3115	3154	3193	3231
340		3270	3309	3347	3386	3425	3464	3502	3541	3580	3618
341		3657	3696	3734	3773	3812	3851	3889	3928	3967	4005
342		4044	4083	4121	4160	4198	4237	4275	4314	4352	4391
343		4429	4468	4506	4545	4583	4622	4660	4699	4737	4820
344		4811	4853	4891	4930	4968	5007	5045	5084	5122	5161
345		5199	5232	5271	5309	5348	5386	5424	5463	5501	5540
346		5583	5621	5660	5698	5737	5775	5813	5852	5890	5929
347		5967	6005	6044	6082	6120	6159	6197	6235	6273	6312
348		6350	6388	6426	6465	6503	6541	6579	6617	6656	6694
349		6732	6770	6808	6847	6885	6923	6961	6999	7038	7076
350		7114	7152	7190	7228	7266	7305	7343	7381	7429	7447
351		7495	7533	7571	7609	7647	7686	7724	7762	7800	7838

Altura en milímetros.	TIEMPOS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
352	0",26	7876	7914	7952	7990	8028	8066	8104	8142	8180	8218
353		8256	8294	8332	8370	8408	8446	8484	8522	8560	8598
354		8636	8674	8712	8750	8788	8826	8863	8901	8939	8977
355		9015	9053	9091	9129	9167	9205	9242	9280	9318	9356
356		9394	9432	9470	9507	9545	9583	9621	9659	9696	9734
357		9772	9810	9847	9885	9923	9961	9998			
	27								0036	0074	0111
358		0149	0187	0224	0262	0300	0338	0375	0413	0451	0488
359		0526	0564	0601	0639	0677	0715	0752	0790	0828	0865
360		0904	0941	0978	1016	1053	1091	1129	1166	1204	1241
361		1279	1317	1354	1392	1439	1467	1505	1542	1580	1617
362		1655	1693	1730	1768	1805	1843	1880	1918	1955	1993
363		2030	2067	2105	2142	2180	2217	2254	2292	2329	2367
364		2404	2441	2479	2516	2554	2591	2628	2666	2703	2741
365		2778	2815	2853	2890	2927	2965	3002	3039	3076	3114
366		3151	3188	3225	3263	3300	3338	3375	3412	3449	3487
367		3524	3561	3599	3636	3673	3711	3748	3785	3822	3860
368		3987	3934	3971	4009	4046	4083	4120	4157	4195	4232
369		4269	4306	4343	4380	4417	4455	4498	4529	4566	4603
370		4640	4677	4714	4751	4789	4826	4862	4900	4937	4974
371		5011	5048	5085	5122	5139	5176	5233	5270	5307	5344
372		5381	5418	5455	5492	5529	5566	5603	5640	5677	5714
373		5751	5788	5825	5862	5899	5936	5972	6009	6046	6083
374		6120	6157	6124	6231	6268	6305	6341	6378	6415	6452
375		6489	6526	6563	6600	6637	6674	6710	6747	6784	6821
376		6858	6895	6932	6968	7005	7042	7079	7116	7152	7189
377		7226	7263	7299	7336	7373	7410	7446	7483	7520	7556
378		7593	7630	7666	7703	7740	7777	7813	7850	7887	7923
379		7960	7997	8033	8070	8107	8144	8180	8217	8254	8290
380		8327	8364	8400	8437	8473	8510	8547	8583	8620	8656
381		8693	8730	8766	8803	8839	8876	8912	8949	8985	9022
382		9058	9095	9131	9168	9204	9241	9277	9314	9350	9387
383		9423	9460	9496	9533	9569	9606	9642	9679	9715	9752
384		9788	9824	9861	9897	9934	9970				
	28							0006	0043	0076	0116
385		0152	0188	0225	0260	0297	0334	0370	0406	0444	0479
386		0515	0551	0588	0624	0660	0696	0733	0769	0807	0842
387		0878	0914	0951	0987	1013	1059	1096	1132	1170	1205
388		1241	1277	1313	1350	1386	1422	1458	1494	1530	1567

Altura en milímetros.	TIEMPOS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
389	0",28	1603	1639	1675	1712	1748	1784	1820	1856	1893	1929
390		1965	2001	2037	2073	2109	2146	2182	2218	2254	2290
391		2326	2362	2398	2434	2470	2507	2543	2579	2615	2651
392		2687	2723	2759	2795	2831	2867	2903	2939	2975	3011
393		3047	3083	3119	3155	3191	3227	3263	3299	3335	3371
394		3407	3443	3479	3515	3551	3587	3623	3659	3695	3731
395		3767	3803	3839	3885	3911	3947	3982	4018	4054	4090
396		4126	4162	4198	4233	4269	4305	4341	4377	4412	4448
397		4484	4520	4556	4591	4627	4663	4699	4735	4770	4806
398		4842	4878	4914	4949	4985	5021	5057	5093	5128	5164
399		5200	5236	5271	5307	5343	5379	5414	5450	5486	5521
400		5557	5593	5628	5664	5700	5736	5771	5806	5843	5889
401		5814	5950	5985	6021	6056	6092	6128	6163	6199	6234
402		6270	6306	6341	6377	6392	6448	6484	6519	6555	6590
403		6626	6662	6697	6733	6768	6804	6839	6875	6910	6946
404		6981	7017	7052	7088	7123	7159	7194	7230	7265	7301
405		7336	7372	7407	7443	7478	7514	7549	7585	7620	7656
406		7691	7726	7762	7797	7833	7868	7903	7939	7974	8010
407		8045	8080	8116	8151	8187	8222	8257	8293	8328	8364
408		8399	8434	8470	8505	8540	8576	8611	8646	8681	8716
409		8752	8787	8823	8858	8893	8929	8964	8999	9033	9070
410		9105	9140	9175	9211	9246	9281	9316	9351	9387	9422
411		9456	9492	9527	9563	9598	9633	9668	9703	9739	9774
412		9809	9844	9879	9915	9950	9985				
	29							0020	0055	0091	0126
413		0161	0196	0231	0266	0301	0337	0372	0407	0442	0477
414		0512	0547	0582	0617	0652	0687	0722	0757	0792	0827
415		0862	0897	0932	0967	1002	1037	1072	1107	1142	1177
416		1212	1247	1282	1317	1352	1387	1422	1457	1492	1527
417		1562	1597	1632	1667	1702	1737	1771	1806	1841	1876
418		1911	1946	1981	2016	2051	2086	2120	2155	2190	2225
419		2260	2295	2330	2365	2400	2435	2469	2504	2539	2574
420		2609	2644	2679	2713	2738	2783	2818	2852	2887	2922
421		2957	2992	3027	3061	3096	3131	3166	3201	3235	3270
422		3305	3340	3374	3409	3444	3479	3513	3548	3583	3617
423		3652	3687	3721	3756	3791	3826	3860	3895	3930	3964
424		3999	4034	4068	4103	4138	4173	4207	4242	4277	4311
425		4346	4381	4415	4450	4484	4519	4554	4588	4623	4667
426		4692	4727	4761	4796	4830	4865	4899	4934	4968	5003

Altura en milímetros.	TIEMPOS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
427	0",29	5037	5072	5106	5141	5175	5210	5244	5279	5313	5348
428		5382	5417	5451	5486	5520	5555	5589	5624	5658	5693
429		5727	5762	5796	5831	5865	5900	5934	5969	6003	6038
430		6072	6106	6141	6175	6210	6244	6278	6313	6347	6382
431		6416	6450	6485	6519	6554	6588	6622	6657	6691	6726
432		6760	6794	6829	6873	6897	6932	6966	7000	7034	7069
433		7103	7137	7172	7216	7240	7275	7309	7343	7377	7412
434		7446	7450	7514	7549	7583	7617	7651	7685	7720	7754
435		7788	7822	7856	7891	7925	7959	7993	8027	8062	8096
436		8130	8164	8199	8233	8267	8301	8335	8369	8404	8438
437		8472	8506	8540	8574	8608	8643	8677	8711	8745	8779
438		8813	8847	8881	8915	8949	8984	9018	9052	9086	9120
439		9154	9188	9222	9256	9290	9325	9359	9393	9427	9461
440		9495	9529	9563	9597	9631	9665	9699	9733	9767	9801
441		9835	9869	9903	9937	9971					
	30						0005	0039	0073	0107	0141
442		0175	0209	0243	0277	0311	0345	0378	0412	0446	0480
443		0514	0548	0582	0616	0650	0684	0717	0751	0785	0819
444		0853	0887	0921	0955	0989	1023	1056	1090	1124	1158
445		1192	1226	1260	1293	1327	1361	1395	1429	1462	1496
446		1530	1564	1598	1631	1665	1699	1733	1767	1800	1834
447		1868	1902	1935	1969	2003	2037	2070	2104	2138	2171
448		2205	2239	2272	2306	2340	2374	2407	2441	2475	2508
449		2542	2576	2609	2643	2677	2711	2744	2778	2812	2845
450		2879	2913	2946	2980	3013	3047	3081	3114	3148	3181
451		3215	3249	3282	3316	3349	3383	3417	3450	3484	3517
452		3551	3585	3618	3652	3685	3719	3753	3786	3820	3853
453		3891	3925	3958	3992	4025	4059	4092	4125	4159	4193
454		4225	4259	4292	4326	4359	4393	4426	4460	4493	4527
455		4557	4590	4624	4657	4691	4724	4757	4791	4824	4858
456		4891	4924	4958	4991	5025	5058	5091	5125	5158	5192
457		5225	5258	5292	5325	5359	5392	5425	5459	5492	5526
458		5559	5592	5626	5659	5693	5726	5759	5793	5826	5860
459		5893	5926	5960	5993	6026	6060	6093	6126	6159	6193
460		6226	6259	6293	6326	6359	6393	6426	6459	6492	6526
461		6559	6592	6625	6659	6692	6725	6758	6791	6825	6858
462		6891	6924	6957	6991	7024	7057	7090	7123	7157	7190
463		7223	7256	7289	7323	7356	7389	7422	7455	7489	7522
464		7555	7588	7621	7654	7687	7721	7754	7787	7820	7853

Altura en milímetros.	TIEMPOS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
465	0',30	7886	7919	7952	7985	8018	8052	8085	8118	8151	8184
466		8217	8250	8283	8316	8349	8382	8415	8448	8481	8514
467		8547	8580	8613	8646	8679	8712	8745	8778	8811	8844
468		8877	8910	8943	8976	9009	9042	9075	9108	9141	9174
469		9207	9240	9273	9306	9339	9372	9405	9438	9471	9504
470		9537	9570	9603	9636	9669	9702	9734	9767	9800	9833
471		9866	9897	9932	9965	9998					
	31					0031	0063	0096	0129	0162	
472		0195	0228	0261	0293	0326	0359	0392	0425	0457	0490
473		0523	0556	0569	0621	0654	0687	0720	0753	0785	0818
474		0851	0883	0917	0949	0982	1015	1048	1081	1113	1146
475		1179	1212	1244	1277	1310	1343	1375	1408	1441	1473
476		1506	1539	1571	1604	1637	1670	1702	1735	1768	1800
477		1833	1866	1898	1931	1964	1997	2029	2062	2095	2127
478		2160	2193	2225	2258	2290	2323	2356	2388	2421	2453
479		2485	2519	2551	2584	2616	2649	2682	2714	2747	2779
480		2812	2844	2877	2910	2942	2975	3008	3040	3073	3105
481		3138	3171	3203	3236	3268	3301	3333	3366	3398	3431
482		3463	3496	3528	3561	3593	3626	3658	3691	3723	3756
483		3788	3821	3853	3886	3918	3951	3983	4016	4048	4081
484		4113	4143	4178	4210	4243	4275	4307	4340	4372	4405
485		4437	4463	4502	4534	4577	4599	4631	4664	4696	4729
486		4761	4793	4826	4858	4891	4923	4955	4988	5020	5053
487		5085	5117	5150	5182	5214	5247	5279	5311	5343	5376
488		5408	5440	5473	5505	5537	5570	5602	5634	5666	5699
489		5731	5763	5796	5828	5860	5893	5925	5957	5989	6022
490		6054	6086	6118	6151	6183	6215	6247	6279	6312	6344
491		6376	6408	6440	6473	6505	6537	6569	6601	6634	6666
492		6698	6730	6762	6895	6827	6859	6891	6923	6956	6988
493		7020	7052	7084	7116	7148	7181	7213	7245	7277	7309
494		7341	7373	7405	7437	7469	7502	7534	7566	7598	7630
495		7662	7694	7726	7758	7790	7824	7855	7887	7919	7951
496		7983	8013	8047	8079	8111	8143	8175	8207	8239	8271
497		8303	8335	8367	8399	8431	8463	8495	8527	8559	8591
498		8623	8655	8687	8719	8751	8783	8815	8847	8879	8911
499		8943	8975	9007	9039	9061	9103	9134	9166	9198	9230
500		9262	9294	9326	9358	9390	9442	9453	9485	9517	9545
501		9581	9613	9645	9677	9709	9740	9772	9804	9836	9868
502		9900	9932	9964	9996						

Altura en milímetros.	TIEMPOS									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
503	0",32				0028	0059	0991	0123	0155	0187
504		0219	0251	0283	0214	0346	0378	0410	0142	0473
505		0537	0569	0601	0632	0664	0699	0728	0769	0791
506		0855	0887	0618	0950	0982	1013	1045	1077	1109
507		1172	1204	1235	1267	1299	1330	1362	1394	1426
508		1489	1521	1552	1584	1616	1647	1679	1711	1743
509		1806	1838	1269	1901	1933	1964	1996	2028	2060
510		2123	2155	2186	2218	2249	2281	2313	2344	2376
511		2439	2471	2502	2534	2565	2597	2629	2660	2692
512		2755	2787	2818	2850	2881	2913	2945	2976	3008
513		3071	3102	3134	3163	3197	3228	3260	3291	3323
514		3386	3417	3449	3480	3512	3543	3575	3606	3638
515		3701	3732	3764	3795	3827	3858	3890	3921	3953
516		4016	4047	4079	4110	4142	4173	4205	4236	4268
517		4331	4362	4394	4425	4457	4488	4519	4551	4582
518		4645	4676	4708	4739	4771	4802	4833	4865	4896
519		4959	4990	5022	5053	5084	5115	5147	5178	5209
520		5272	5303	5335	5366	5397	5428	5460	5491	5522
521		5585	5316	5648	5679	5710	5741	5773	5804	5835

TABLA IV

PRESIONES QUE CORRESPONDEN Á LAS INCISIONES
 PRODUCIDAS POR LA CUCHILLA DEL
 MANÓMETRO RODMAN

Página 96—Párrafo 72

Incisiones mm	Presiones. Kg. cm ²	Incisiones. mm	Presiones. Kg. cm ²	Incisiones. mm	Presiones. Kg. cm ²	Incisiones. mm	Presiones. Kg. cm ²
4,22	100	12,79	1000	17,15	1900	20,40	2800
5,92	200	13,17	1100	17,58	2000	20,70	2900
7,14	300	13,84	1200	17,98	2100	21,03	3000
8,20	400	14,37	1300	18,38	2200	21,35	3100
9,14	500	14,85	1400	18,76	2300	21,65	3200
9,95	600	15,34	1500	19,09	2400	21,96	3300
10,67	700	15,82	1600	19,42	2500	22,22	3400
11,34	800	16,27	1700	19,78	2600	22,50	3500
12,02	900	19,72	1800	20,08	2700	22,78	3600

Compresiones mm.	PRESIONES kg. \times cm ²	Compresiones mm.	PRESIONES kg. \times cm ²	Compresiones mm.	PRESIONES kg. \times cm ²	Compresiones mm.	PRESIONES kg. \times cm ²
2,85	2310	3,65	2685	4,45	3170	3,25	3675
2,90	2335	3,70	2715	4,50	3200	5,30	3710
2,95	2365	3,75	2745	4,55	3230	5,35	3750
3,00	2385	3,80	2775	4,60	3260	5,40	3790
3,05	2405	3,85	2800	4,65	3285	5,45	3830
3,10	2425	3,90	2835	4,70	3315	5,50	3875
3,15	2450	3,95	2865	4,75	3340	5,55	3920
3,20	2470	4,00	2890	4,80	3370	5,60	3960
3,25	2495	4,05	2920	4,85	3400	5,65	4000
3,30	2515	4,10	2955	4,90	3435	5,70	4050
3,35	2535	4,15	2980	4,95	3465	5,75	4100
3,40	2560	4,20	3010	5,00	3490	5,80	4150
3,45	2585	4,25	3045	5,05	3520	5,85	4200
3,50	2610	4,30	3075	5,10	3560	5,90	4275
3,55	2630	3,35	3110	5,15	3595	5,95	4550
3,60	2660	4,40	3140	5,20	3635	6,00	4400

TABLA VI

PRESIONES CORRESPONDIENTES Á LAS COMPRESIONES
DEL «CRUSHER» NÚM. 1

Página 112 - Párrafo 81

Alturas — mm.	PRESIONES Kg. \times cm ²									
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
11,8	»	»	»	500	510	520	530	540	550	560
11,7	569	579	588	598	607	617	626	636	645	655
11,6	664	673	682	691	700	709	718	727	736	745
11,5	756	763	772	781	790	799	808	817	826	835
11,4	842	851	859	867	875	883	891	899	907	915
11,3	922	929	936	943	950	957	964	971	978	985
11,2	991	976	1004	1011	1017	1024	1031	1037	1044	1050
11,1	1056	1062	1068	1074	1080	1086	1092	1098	1104	1110
11,0	1116	1122	1128	1134	1140	1146	1152	1158	1164	1170
11,9	1176	1182	1188	1194	1200	1206	1212	1218	1224	1230
10,8	1236	1242	1248	1254	1260	1266	1272	1278	1284	1290
10,7	1296	1302	1308	1314	1320	1326	1332	1338	1344	1350
10,6	1355	1361	1366	1372	1377	1383	1388	1394	1399	1405
10,5	1410	1415	1420	1425	1430	1435	1440	1445	1450	1455
10,4	1460	1466	1471	1477	1482	1488	1493	1499	1504	1510
10,3	1515	1520	1525	1530	1535	1540	1545	1550	1555	1560
10,2	1565	1571	1577	1582	1588	1593	1599	1604	1619	1615
10,1	1620	1625	1630	1635	1640	1645	1650	1655	1660	1665
10,0	1670	1675	1680	1685	1690	1695	1700	1705	1710	1715
9,9	1720	1726	1731	1737	1742	1748	1753	1759	1764	1770

Alturas — mm.	PRESIONES Kg \times cm ²									
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
9,8	1775	1780	1785	1790	1795	1800	1805	1810	1815	1820
9,7	1825	1830	1835	1840	1845	1850	1855	1860	1865	1870
9,6	1875	1885	1886	1892	1897	1903	1908	1914	1919	1925
9,5	1930	1936	1941	1647	1952	1958	1963	1969	1974	1980
9,4	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
9,3	2035	2040	2045	2050	2055	2060	2065	2070	2075	2080
9,2	2085	2091	2096	2102	2107	2131	2118	2124	2129	2135
9,1	2140	2145	2150	2155	2160	2165	2170	2175	2180	2185
9,0	2190	2196	2201	2207	2212	2218	2223	2229	2231	2240
8,9	2245	2250	2255	2260	2265	2270	2275	2280	2285	2290
8,8	2295	2301	2306	2312	2317	2323	2328	2334	2339	2345
8,7	2350	2355	2360	2365	2370	2375	2380	2385	2390	2395
8,6	2400	2406	2411	2417	2422	2428	2433	2439	2444	2450
8,5	2455	2461	2466	2472	2477	2483	2488	2494	2499	2505
8,4	2510	2715	2520	2525	2530	2535	2540	2545	2550	2555
8,3	2560	2566	2571	2577	2532	2588	2593	2599	2604	2610
8,2	2616	2622	2628	2634	2640	2646	2652	2658	2664	2770
8,1	2674	2679	2683	2688	2692	2697	2701	2706	2710	2715
8,0	2720	2725	2730	2735	2740	2745	2750	2755	2760	2765
7,9	2770	2776	2781	2787	2792	2798	2803	2809	2814	2820
7,8	2825	2830	2835	2840	2845	2850	2855	2860	2865	2870
7,7	2875	2881	2886	2892	2897	2902	2908	2913	2916	2925
7,6	2930	2936	2941	2947	2952	2958	2963	2969	2974	2980
7,5	2986	2992	2998	3004	3010	3016	3022	3028	3034	3040
7,4	3046	3052	3058	3064	3070	3076	3082	3088	3094	3100
7,3	3106	3112	3118	3124	3130	3136	3142	3148	3156	3160
7,2	3166	3173	3179	3186	3192	3199	3205	3212	3218	3225
7,1	3231	3238	3244	3251	3257	3264	3270	3277	3283	3290
7,0	3269	3302	3308	3314	3320	3326	3332	3338	3344	3350
6,9	3358	3366	3374	3382	3390	3398	3406	3414	3422	3430
6,8	3437	3454	3451	3438	3465	3472	3479	3486	3493	3500
6,7	3508	3516	3524	3532	3540	3548	3556	3564	3572	3580
6,6	3589	3598	3607	3616	3634	3634	3643	3652	3661	3670
6,5	3679	3688	3697	3706	3715	3724	3733	3742	3751	3760
6,4	3770	3780	3790	3800	3810	3820	3830	3840	3850	3860

Alturas — mm.	PRESIONES Kg. × cm ²									
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
6,3	3870	3880	3890	3090	3910	3920	3930	3940	3950	3960
6,2	3971	3982	3993	4004	4015	4026	4037	4048	4059	4070
6,1	4080	4091	4101	4112	4122	4133	4143	4154	4164	4175
6,0	4186	4198	4209	4221	4232	4244	4255	4267	4278	4290
5,9	4301	4312	4323	4334	4345	4356	4367	4378	4389	4400
5,8	4410	4421	4431	4442	4452	4463	4473	4484	4494	4505
5,7	4516	4527	4538	4549	4560	4571	4582	4593	4604	4615
5,6	4626	4647	4648	4659	4670	4681	4692	4703	4714	4725
5,5	4735	4746	4756	4767	4777	4788	4798	4809	4819	4830
5,4	4841	4852	4863	4874	4885	4896	4907	4918	4929	4940
5,3	4952	4964	4976	4988	5000					

TABLA VII

PRESIONES CORRESPONDIENTES Á LAS COMPRESIONES
DEL «CRUSHER» NÚM. 2.

Página 112. — Párrafo 81.

Alturas. — mm.	PRESIONES Kg. \times cm. ²									
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
11,9	»	»	»	400	417	431	451	468	485	500
11,8	512	524	536	548	560	574	584	596	608	620
11,7	630	640	650	660	670	680	690	700	710	720
11,6	728	738	746	764	774	782	792	796	800	810
11,5	818	826	834	842	850	858	866	874	882	890
11,4	896	902	908	914	920	926	932	938	944	950
11,3	958	966	974	982	990	998	1006	1014	1022	1030
11,2	1036	1042	1048	1054	1060	1066	1072	1078	1084	1090
11,1	1096	1102	1108	1114	1120	1126	1132	1138	1144	1150
11,0	1158	1164	1172	1178	1184	1192	1198	1206	1212	1220
10,9	1224	1230	1234	1240	1244	1250	1254	1260	1264	1270
10,8	1276	1282	1288	1294	1300	1306	1312	1318	1324	1330
10,7	1335	1340	1345	1350	1355	1360	1365	1370	1375	1380
10,6	1386	1392	1398	1404	1410	1416	1422	1428	1434	1440
10,5	1445	1450	1455	1460	1465	1470	1475	1480	1485	1490
10,4	1495	1500	1505	1510	1515	1520	1525	1530	1535	1540
10,3	1546	1552	1558	1564	1570	1576	1582	1588	1594	1600
10,2	1605	1610	1615	1620	1625	1630	1635	1640	1645	1650
10,1	1655	1660	1665	1670	1675	1680	1685	1690	1695	1700
10,0	1705	1710	1715	1720	1725	1730	1735	1740	1775	1750

Alturas — mm.	PRESIONES Kg. \times cm ²									
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
9,9	1755	1760	1765	1770	1775	1780	1785	1790	1795	1800
9,8	1805	1810	1815	1820	1825	1830	1835	1840	1845	1850
9,7	1855	1860	1865	1870	1875	1880	1885	1890	1895	1900
9,6	1905	1910	1915	1920	1925	1930	1935	1940	1945	1950
9,5	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
9,4	2004	2008	2012	2016	2020	2024	2028	2032	2036	2040
9,3	2046	2050	2058	2064	2070	2076	2082	2088	2094	2100
9,2	2104	2108	2112	2116	2120	2124	2128	2132	2136	2140
9,1	2145	2150	2155	2160	2165	2170	2175	2180	2185	2190
9,0	2195	2200	2205	2210	2215	2220	2225	2230	2235	2240
8,9	2246	2252	2258	2264	2270	2276	2282	2288	2294	2300
8,8	2305	2310	2315	2320	2325	2330	2335	2340	2345	2350
8,7	2355	2360	2365	2370	2375	2380	2385	2390	2395	2400
8,6	2405	2410	2415	2420	2425	2430	2435	2440	2445	2450
8,5	2454	2458	2462	2466	2470	2474	2478	2482	2486	2490
8,4	2495	2500	2505	2510	2515	2520	2525	2530	2535	2540
8,3	2546	2552	2558	2564	2570	2576	2582	2588	2594	2600
8,2	2604	2608	2612	2616	2620	2624	2628	2632	2636	2640
8,1	2645	2650	2655	2660	2665	2670	2675	2680	2685	2690
8,0	2696	2702	2708	2714	2720	2726	2732	2738	2744	2750
7,9	2754	2758	2762	2766	2770	2774	2778	2782	2786	2790
7,8	2795	2800	2805	2810	2815	2820	2825	2830	2835	2840
7,7	2845	2850	2855	2860	2865	2870	2875	2880	2885	2890
7,6	2895	2900	2905	2910	2915	2920	2925	2930	2935	2940
7,5	2945	2950	2955	2960	2965	2970	2975	2980	2985	2990
7,4	2996	3002	3008	3014	3020	3026	3032	3038	3044	3050
7,3	3056	3062	3068	3074	3080	3086	3092	3098	3104	3110
7,2	3115	3120	3125	3130	3135	3140	3145	3150	3155	3160
7,1	3167	3174	3181	3188	3195	3202	3209	3216	3223	3230
7,0	3235	3240	3245	3250	3255	3260	3265	3270	3275	3280
6,9	3286	3292	3296	3304	3310	3316	3322	3328	3334	3340
6,8	3347	3354	3361	3368	3375	3382	3389	3396	3403	3410
6,7	3416	3422	3428	3434	3440	3446	3452	3458	3464	3470
6,6	3477	3484	3491	3498	3505	3512	3519	3526	3533	3540
6,5	3546	3552	3558	3564	3570	3576	3582	3588	3594	3600

Alturas — mm.	PRESIONES Kg. \times cm ²									
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
6,4	3607	3614	3621	3628	3635	3642	3649	3656	3663	3670
6,3	3678	3686	3694	3702	3710	3718	3726	3734	3742	3750
6,2	3757	3764	3771	3778	3785	3792	3799	3806	3813	3820
6,1	3828	3836	3844	3852	3860	3868	3876	3884	3892	3900
6,0	3908	3916	3924	3932	3940	3948	3956	3964	3972	3980
5,9	3990	4000	4010	4020	4030	4040	4050	4060	4070	4080
5,8	4090	4100	4110	4120	4130	4140	4150	4160	4170	4180
5,7	4190	4200	4210	4220	4230	4240	4250	4260	4270	4280
5,6	4290	4300	4310	4320	4330	4340	4250	4360	4370	4380
5,5	4391	4402	4413	4424	4435	4446	4457	4468	4479	4490
5,4	4501	4512	4523	4534	4545	4556	4567	4578	4589	4600
5,3	4611	4622	4643	4644	4655	4666	4677	4688	4699	4710
5,2	4722	4734	4746	4758	4770	4782	4794	4806	4818	4830
5,1	4842	4854	4866	4878	4890	4902	4914	4926	4938	4950
5,0	4963	4976	4989	5002	5015	5028	5041	5054	5067	5080
4,9	5094	5108	5122	5136	5150	5164	5178	5192	5206	5220
4,8	5234	5248	5262	5276	5290	5204	5318	5332	5346	5360
4,7	5375	5390	5405	5420	5435	5450	5465	5480	5495	5510
4,6	5526	5542	5558	5574	5590	5606	5622	5638	5654	5670
4,5	5687	5704	5721	5738	5755	5772	5789	5806	5823	5840
4,4	5858	5876	5894	5912	5930	5948	5966	5984	6002	6020
4,3	6038	6056	6074	6092	6110	6136	6156	6174	6192	6210
4,2	6222	6244	6266	6288	6311	6332	6354	6376	6398	6420
4,1	6443	6466	6489	6512	6535	6558	6571	6604	6627	6650
4,0	6676	6702	6728	6754	6780	6806	6832	6858	6884	6990
3,9	6987	6964	6991	7018	7045	7072	7099	7127	7154	7181
3,8	7209	7238	7267	7296	7325	7354	7383	7412	7441	7470
3,7	7501	7532	7573	7594	7625	7656	7681	7714	7745	7776
3,6	7817	7853	7890	7926	7963	8000				

Las tablas VI y VII están calculadas en el supuesto de ser de 12 mm. la altura de los cilindros, y aun pueden utilizarse sin error apreciable cuando tienen un exceso de 0,01 mm. ó defecto de la misma altura; pero si se quisiera prescindir de este insignificante error, bastaría tomar para el primer caso, de la altura final disminuída en 0,01 mm., y aumentada en el segundo caso.

TABLA VIII

PRESIONES CORRESPONDIENTES Á LOS CILINDROS DE COBRE
DE 15 X 10 KRUPP, PRESIÓN PREVIA DE 1500 K. CON
VÁSTAGO 11,1 DE LA PROBETA MAUSER
EXPERIENCIAS DE 31 AGOSTO 1901

Página 180—Párrafo 124

Altura de los cilindros después de la compresión mm	Presión atm.	Diferencia	Altura de los cilindros después de la compresión mm	Presión atm.	Diferencia	Altura de los cilindros después de la compresión mm	Presión atm.	Diferencia
14,90	465	120	13,70	1585	75	12,50	2450	70
14,80	585	115	13,60	1660	75	12,40	2520	65
14,70	700	105	13,50	1735	75	12,30	2585	65
14,60	805	100	13,40	1810	75	12,20	2650	65
14,50	905	95	13,30	1885	75	12,10	2715	60
14,40	1000	90	13,20	1960	70	12,00	2775	60
14,30	1090	85	13,10	2030	70	11,90	2835	60
14,20	1175	85	13,00	2100	70	11,80	2895	60
14,10	1260	85	12,90	2170	70	11,70	2955	60
14,00	1345	85	12,80	2240	70	11,60	3015	
13,90	1430	80	12,70	2310	70			
13,80	1510	75	12,60	2380	70			

TABLA IX

PRESIONES EN KGS., EN LOS COMPRESORES DE LOS MONTAJES,
CON CILINDROS DE PLOMO DE 13 MM. DE ALTURA
Y 7,98 MM. DE DIÁMETRO

Página 112—Párrafo 81

Alturas. — mm.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
11,9		50	52	54	56	58	60	61	62	63
11,8	65	66	67	68	70	71	72	73	74	75
11,7	76	76	77	78	79	80	80	81	82	82
11,6	83	83	84	84	85	85	86	86	87	88
11,5	88	89	89	90	90	90	91	91	92	92
11,4	92	93	93	94	94	95	95	96	96	96
11,3	97	97	97	98	98	98	99	99	99	100
11,2	100	100	101	101	102	102	102	102	103	103
11,1	103	103	104	104	104	105	105	105	105	106
11,0	106	106	106	107	107	107	108	108	108	108
10,9	109	109	109	109	110	110	110	110	111	111
10,8	111	112	112	112	113	113	113	114	114	114
10,7	114	115	115	115	116	116	116	116	117	117
10,6	117	118	118	118	118	119	119	119	119	120
10,5	120	120	120	121	121	121	122	122	122	123
10,4	123	123	124	124	124	124	125	125	125	126
10,3	126	126	126	127	127	127	127	128	128	128
10,2	129	129	129	130	130	130	130	131	131	131
10,1	132	132	132	133	133	133	134	134	134	134
10,0	135	135	135	135	136	136	136	137	137	137
9,9	138	138	138	139	139	139	139	140	140	140
9,8	140	141	141	141	141	142	142	142	143	143
9,7	143	143	144	144	145	145	145	145	146	146

Alturas. — mm	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
9,6	146	147	147	147	147	148	148	148	148	149
9,5	149	149	149	150	150	150	151	151	151	152
9,4	152	152	153	153	154	153	154	154	155	155
9,3	155	155	156	156	156	156	157	157	157	158
9,2	158	158	158	159	159	159	160	160	160	160
9,1	161	161	161	162	162	162	163	163	163	163
9,0	164	164	164	165	165	165	165	166	166	166
8,9	167	167	167	168	168	168	168	169	169	169
8,8	170	170	170	170	171	171	171	172	172	172
8,7	172	173	173	173	174	174	174	175	175	175
8,6	176	176	176	176	177	177	177	178	178	178
8,5	178	179	179	179	180	180	180	181	181	181
8,4	182	182	182	183	183	183	183	184	184	184
8,3	185	185	185	185	186	186	186	187	187	187
8,2	188	188	188	188	189	189	189	189	190	190
8,1	190	191	191	191	192	192	192	193	193	193
8,0	194	194	194	194	195	195	195	196	196	196
7,9	197	197	197	197	198	198	198	199	199	199
7,8	199	200	200	200	200	201	201	201	202	202
7,7	202	203	203	203	204	204	204	204	205	205
7,6	205	206	206	206	207	207	207	208	208	208
7,5	208	209	209	209	210	210	210	211	211	211
7,4	212	212	212	213	213	213	214	214	214	215
7,3	215	215	216	216	216	217	217	218	218	218
7,2	218	219	219	219	220	220	220	221	221	221

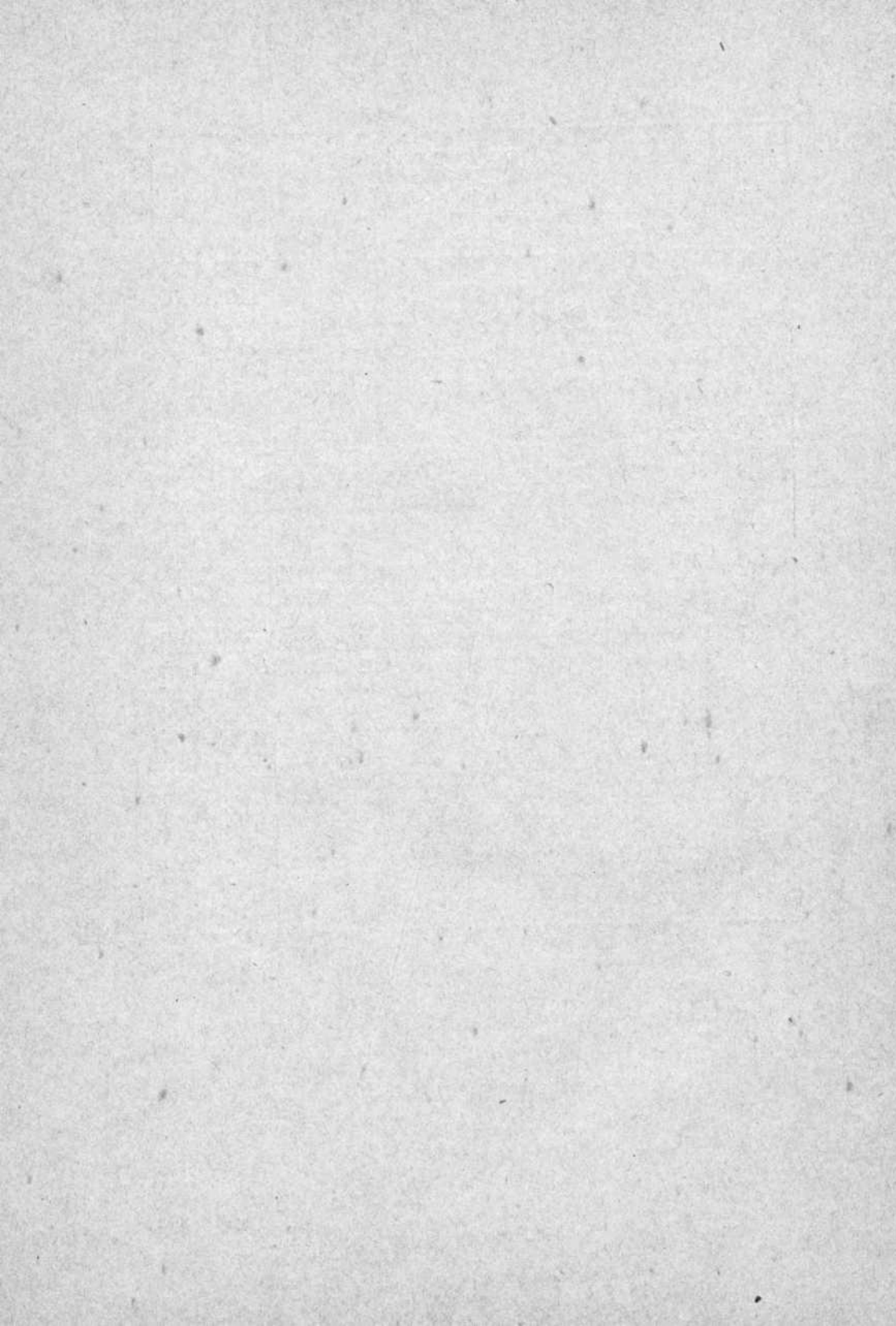
TABLA X

PRESIONES PARA CILINDROS DE COBRE DE 7 MM. DE ALTURA
Y 5'8 DE DIÁMETRO, CON 500 KG. DE PRESIÓN PREVIA.
EXPERIENCIAS DE 5 DE NOVIEMBRE DE 1905.

Página 112 Párrafo 81

Alturas — mm.	PRESIONES Kg. × cm ²									
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
7,0	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„
6,9	505	510	514	518	522	526	530	535	540	545
6,8	550	554	558	562	568	573	578	584	588	592
6,7	596	600	605	610	615	620	625	630	635	640
6,6	645	650	654	659	664	668	673	678	683	688
6,5	693	697	701	705	710	715	720	725	729	734
6,4	738	742	746	751	755	760	765	770	774	778
6,3	783	787	791	796	800	805	809	812	816	820
6,2	825	830	835	839	843	847	851	855	860	864
6,1	869	873	877	881	885	890	895	900	904	908
6,0	913	917	922	926	931	935	940	945	950	954
5,9	959	963	967	973	977	981	985	990	995	1000
5,7	1004	1008	1012	1016	1020	1025	1030	1034	1038	1043
5,7	1047	1051	1055	1060	1064	1068	1073	1077	1082	1086
5,6	1090	1095	1100	1105	1110	1114	1118	1123	1127	1131
5,5	1135	1140	1145	1150	1155	1160	1165	1169	1173	1177
5,4	1182	1187	1191	1196	1200	1205	1210	1215	1220	1224
5,3	1228	1232	1236	1240	1245	1250	1254	1258	1262	1265
5,2	1270	1275	1279	1283	1288	1292	1296	1301	1305	1310
5,1	1314	1318	1323	1327	1332	1336	1340	1345	1350	1355

Alturas — mm.	PRESIONES Kg. \times cm. ²									
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
5,0	1360	1365	1370	1375	1380	1385	1390	1395	1400	1405
4,9	1410	1415	1420	1425	1430	1435	1442	1448	1453	1458
4,8	1463	1468	1473	1478	1484	1490	1495	1500	1506	1513
4,7	1519	1525	1530	1536	1543	1550	1555	1561	1567	1575
4,6	1580	1586	1590	1595	1606	1612	1618	1625	1630	1636
4,5	1644	1650	1655	1661	1667	1674	1679	1685	1690	1696
4,4	1703	1706	1715	1720	1726	1732	1739	1745	1750	1755
4,3	1763	1770	1775	1781	1787	1794	1800	1808	1815	1821
4,2	1828	1834	1841	1850	1857	1864	1870	1876	1883	1890
4,1	1898	1905	1912	1919	1927	1935	1943	1950	1958	1965
4,0	1974	1982	1990	1999	2006	2014	2022	2030	2039	2048
3,9	2056	2065	2075	2085	2093	2100	2110	2120	2130	2140
3,8	2150	2160	2170	2180	2190	2200	2210	2220	2230	2240
3,7	2250	2260	2270	2280	2289	2298	2308	2319	2329	2340
3,6	2350	2360	2370	2380	2390	2400	2410	2420	2430	2440
3,5	2448	2455	2465	2475	2483	2493	2501	2510	2520	2530
3,4	2540	2549	2559	2570	2581	2592	2603	2614	2625	2635
3,3	2648	2661	2674	2686	2700	2710	2722	2736	2750	2761
3,2	2774	2788	2800	2812	2825	2839	2852	2865	2880	2895
3,1	2910	2925	2940	2954	2969	2986	3000	3017	3033	3050
3,0	3065	3083	3103	3120	3138	3155	3172	3185	3202	3219
2,9	3235	3250	3266	3282	3299	3315	3335	3351	3366	3378
2,8	3400	3416	3435	3454	3475	3500				



BIBLIOGRAFÍA.

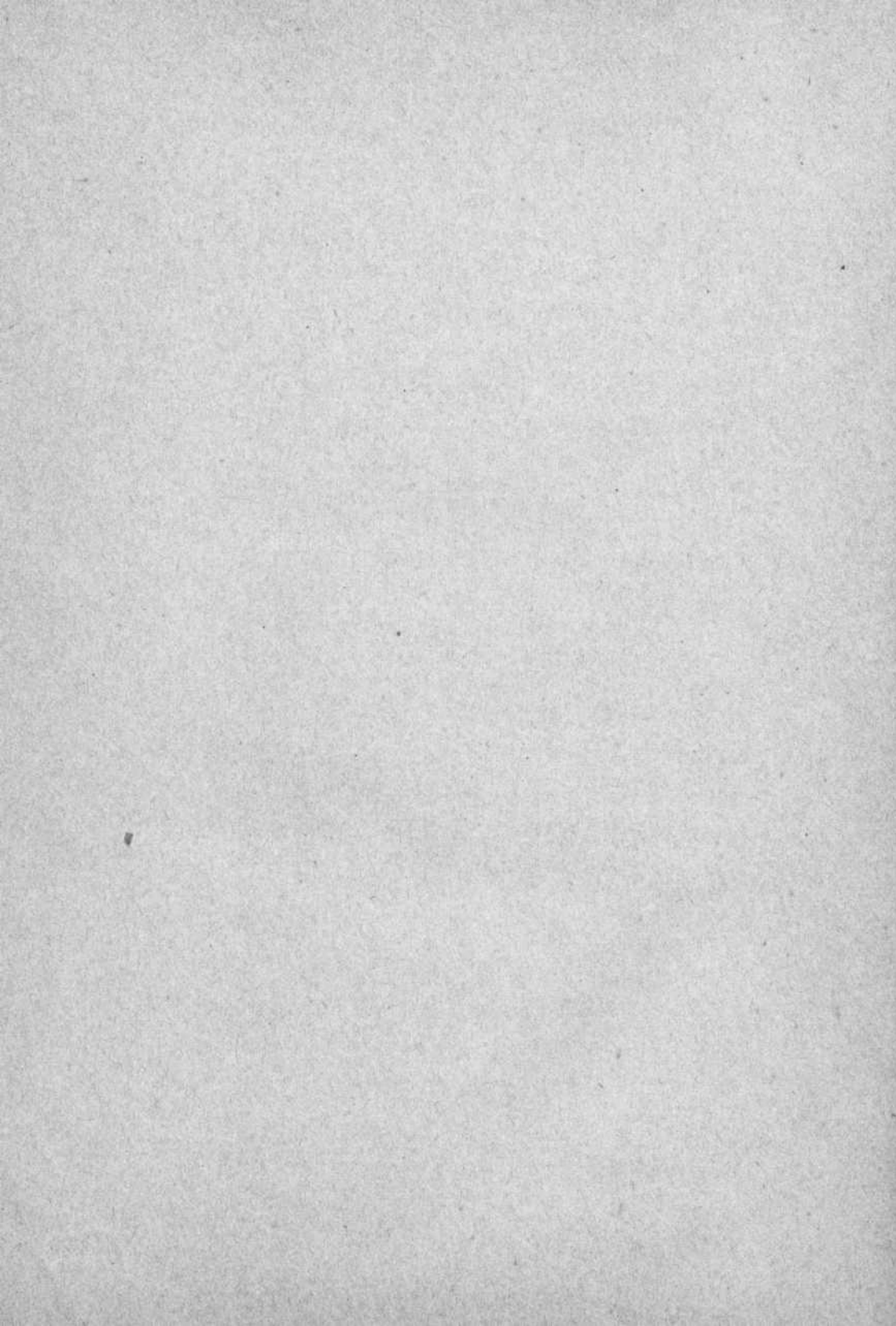


- Le Boulengé.**—*Description et emploi du chronographe Le Boulengé.*—Liege, 1877.
- Breger.**—*Cronographe Le Boulengé, modifié par M...*—*Mémoire descriptif et instruction sur l'emploi.*—Gävre, 1880.
- Bashforth.**—*Resistance of the air to the motion of projectiles.*—Cambridge, 1890.
- Sebert.**—*Notice sur de nouveaux appareils balistiques employés par le service de l'artillerie de la marine.*—Paris, 1881.
- Mathé.**—*Estudio sobre Aparatos Balísticos.*—*Memorial de Artillería, 1883 y 1884.*
- Mata.**—*Manómetro registrador de presiones en las piezas de artillería.*—Madrid, 1901.
- Schmidt.**—*Le chronographe Schmidt.*—*Appareil de réglage.*—Paris, 1902.
- Mattei.**—*Materiale d'artiglieria.*—Torino, 1895.



ERRATAS MÁS IMPORTANTES

Pág.	Línea	Dice	Léase
9	15	Para medir θ y θ'	Para medir θ y θ'
42	3	explicada (57)	explicada (58)
85	22	que la inferior	que la interior
121	26		
125	22	$\Sigma = A \frac{m}{m'} \cdot R \cdot k \cdot x$	$\Sigma = A \frac{m}{\alpha} \cdot R \cdot k \cdot x$
126	7	$k = \frac{\alpha'}{m'} \frac{r - f r' \text{ tang } \theta}{\text{tang } (\theta + \varphi) \varphi + f - \frac{r}{r'}}$	$k = \frac{\alpha'}{m'} \frac{r - f r' \text{ tang } \theta}{\text{tang } (\theta + \varphi) + f - \frac{r}{r'}}$
134	17	pluma ó estilete p	pluma ó estilete p :
139	24	tornillo t' á cuyo	tornillo t á cuyo
152	13	$\frac{1}{\pi r^2} \left(m \frac{d v}{d t} + Q_1 \right) \frac{1}{\pi r'^2} m' \frac{d v'}{d t}$	$\frac{1}{\pi r^2} \left(m \frac{d v}{d t} + Q_1 \right) = \frac{1}{\pi r'^2} m' \frac{d v'}{d t}$
157	9	$g = 9,8025$	$g = 9,80245$
157	21	$V = \frac{\alpha}{W m} l$	$V = \frac{\alpha}{w m} l$
164	11	$\frac{AB}{V} = \frac{AP - BP}{V_s}$	$\frac{AB}{V} = \frac{AP - BP}{\pi \frac{11,1^2}{4}}$
180	27		



ÍNDICE.

Prólogo V

Introducción

1. Definición y clasificación..... 1

I

Cronógrafo Le Boulengé

2. Fundamento.—3. Descripción del aparato.—4. Error de disyunción.—5. Cálculo de la disyunción.—6. Regla para medir las alturas de caída.—7. Marcos-bancos.—10. Arreglo del aparato.—12. Manera de operar.—13. Observaciones.—14. Medida de tiempos muy queños..... 5

II

Modificación del Cronógrafo Le Boulengé

20. Consideraciones sobre las causas de error del cronógrafo Le Boulengé.—24. Descripción del cronógrafo.—25. Arreglo del aparato y manera de operar.—27. Comparación con el de Boulengé.—28. Error de verticalidad..... 30

III

Cronógrafo Bashorthf

29. Objeto y descripción.—32. Estación del aparato—33. Establecimiento de los circuitos—35.

- Arreglo de las corrientes.—36. Manera de operar.—38. Medida de los tiempos..... 30

IV

Cronógrafo de caída de Sebert

42. Descripción,—45. Instalación y manejo.—46. Error debido á la desimantación de los electroimanes.—47. Modo de efectuar la operación. 60

V

Cronógrafo Schmidt

50. Partes de que se compone.—52. Cronógrafo.—54. Arreglo y manejo del cronógrafo.—58. Precisión del instrumento.—59. Aparato de arreglo ó verificador.—60. Descripción del aparato anterior.—61. Manera de operar.—64. Ventajas é inconvenientes del cronógrafo Schmidt. 72

VI

Manómetro Rodman

68. Partes de que se compone.—69. Descripción.—70. Cómo se opera con el manómetro.—71. Forma más conveniente de la cuchilla.—72. Compás para medir incisiones.—73. Balanza de contraste.—75. Observaciones..... 90

VII

Manómetro «Crusher»

76. Descripción y manera de operar.—77. Compás para medir espesores.—78. Medida de los aplastamientos.—79. Construcción de la tabla

- de compresiones—80. Teoría de la balanza.—
81. Cilindros registradores.—82. Manómetro
Crusher para fusiles.—85. Comparación con
el Rodman.—86. *Crusher* modificado por
Clavarino.—85. Cálculo del diámetro de los
cilindros.—87. Modo de operar..... 102

VIII

Manómetro registrador de Mata

88. Preliminares.—90. Descripción.—91. Manera
de operar.—94. Aparato de lectura.—96. Mo-
do de efectuar las lecturas. 119

IX

Velocímetro

97. Experiencias que pueden efectuarse con este
aparato.—98. Descripción del velocímetro.—
89. Manejo del aparato como velocímetro.—
100. Máquina de medir.—101. Empleo del
velocímetro como cronógrafo.—104. Observa-
ciones sobre la manera de operar..... 131

X

Proyectil registrador de Sebert

105. Objeto de esta clase de aparatos.—106. Des-
cripción del proyectil registrador.—107. Ma-
nera de relacionar los diagramas.—108. De-
terminación del peso del vástago y masa auxi-
liar.—109. Resistencias pasivas que se oponen
al movimiento del proyectil.—110. Observa-
ciones... .. 145

XI

Norma para efectuar las experiencias

111. Consideraciones generales.—112. Medición de velocidades.—113. Medida de presiones 155

APÉNDICE

I

Interruptores eléctrico-acústicos

114. Fundamento.—117. Descripción de los interruptores 163

II

Cronógrafo Schmidt con contador de segundos

120. Descripción.—121. Establecimiento y arreglo de las corrientes.—121. Medida de velocidades y de tiempos mayores que $\frac{1}{4}$ de segundo. 170

III

Probeta Mauser

123. Descripción.—124. Manera de operar 176

IV

Manómetros para los compresores

125. Descripción y empleo 182

V

Compás de gran aproximación

126. Partes que lo forman.—127. Manera de efectuar las mediciones 184

ESTADOS

Estado número 1.....	189
Estado número, 2..	190

TABLAS

I Valores de las raíces cuadradas de las alturas de caída comprendidos entre 0 y 520 mm. variando décima á décima de milímetro.....	193
II Velocidades expresadas en decímetros, correspondientes á una altura dada de caída del cronómetro, para un intervalo de 30 m. entre los marcos-blancos.....	207
III Tabla de tiempos correspondientes á las alturas de caída, comprendidos entre 0 y 520 mm. variando por décimas de milímetro	215
IV Presiones que corresponden á las incisiones producidas por la cuchilla del monómetro Rodman	230
V Presiones correspondientes á las compresiones del <i>Crusher</i> , para cilindros de 12×7,98 mm. sometidos á una presión previa de 1000 kgs...	231
VI Presiones correspondientes á las compresiones del <i>Crusher</i> número 1.....	233
VII Presiones correspondientes á las compresiones del <i>Crusher</i> número 2.....	236
VIII Presiones correspondientes á los cilindros de cobre de 15 × 10 Krupp, presión previa de 1500 k. con vástago de 11,1 de la probeta Mauser.=Experiencias de 31 de Agosto de 1901...	239
IX Presiones en kgs. en los compresores de los	

montajes, con cilindros de plomo de 13 mm. de altura y 7,98 mm. de diámetro.....	240
x Presiones para cilindros de cobre de 7 mm. de altura y 5'8 de diámetro, con 500 kg. de presión previa.—Experiencias de 5 Noviembre 1905...	242
Bibliografía.....	245
Fé de erratas.....	247



OBRAS DEL MISMO AUTOR



- **Apuntes sobre la resistencia del aire.**—Por esta obra ha sido recompensado el Autor con la cruz blanca de 1.^a clase del Mérito Militar. (R. O. de 19 de Septiembre de 1902.—D. O. núm. 290.)—2,25 pesetas.

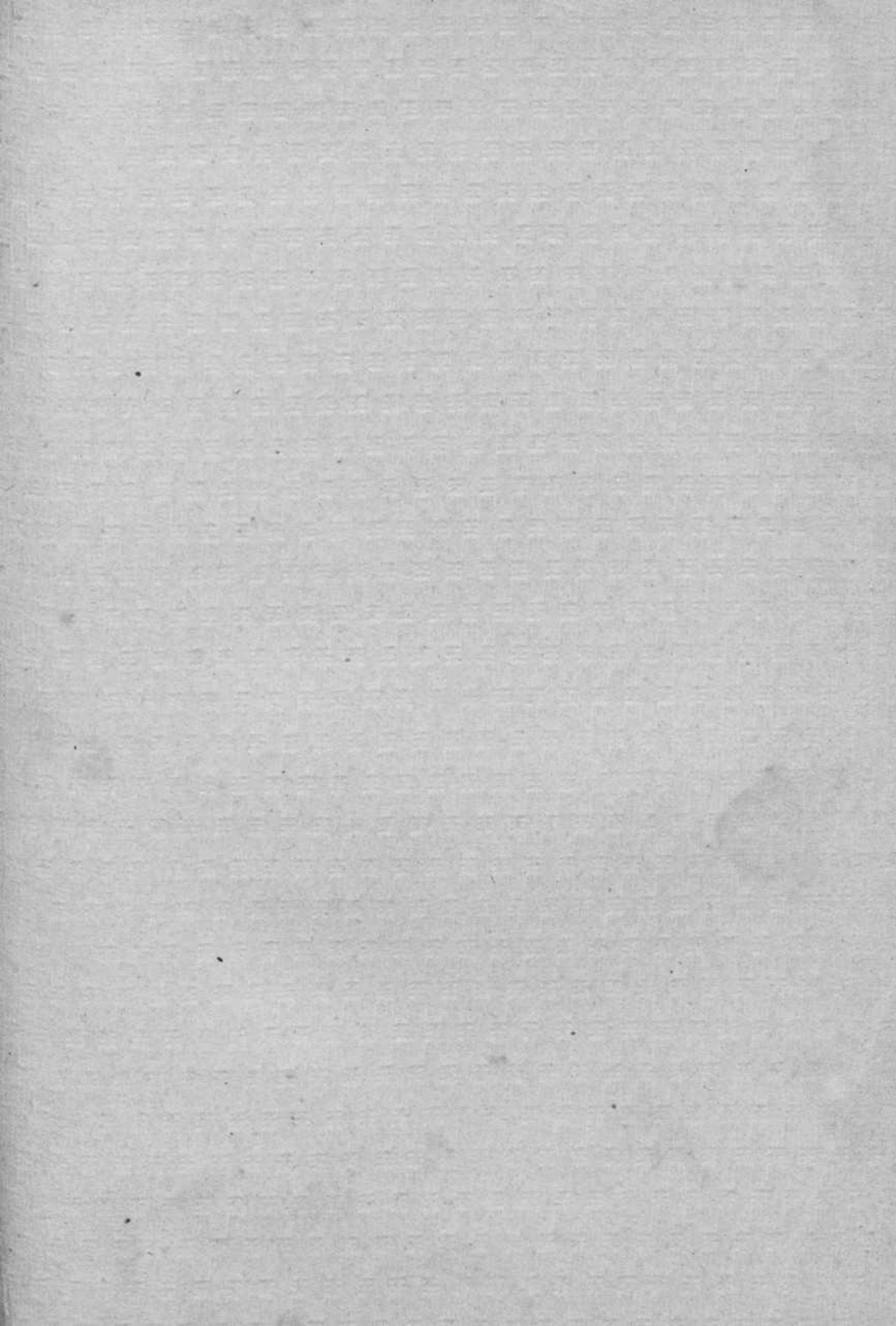
- **Notas de Balística exterior.**—Idem, idem.—Agotada.

- **Nociones de Balística de efectos.**—(2.^a edición).—Idem, idem.—5,50 pesetas.

- **Trazado del Material de Artillería.**—Obra completa con su Atlas.







Precio: 8,50 pesetas, Texto y Atlas

G 38107

G 38107

G 38107