The image shows the front cover and spine of an old book. The cover is decorated with a marbled pattern of dark, irregular spots on a lighter background. The spine is bound in a dark, textured material, possibly cloth or leather, and features a small, rectangular white label near the bottom. The label has a thin black border and contains the number '13' printed in a simple, black font. The book shows signs of age, with some wear and discoloration, particularly at the corners and along the edges of the cover.

13

15813

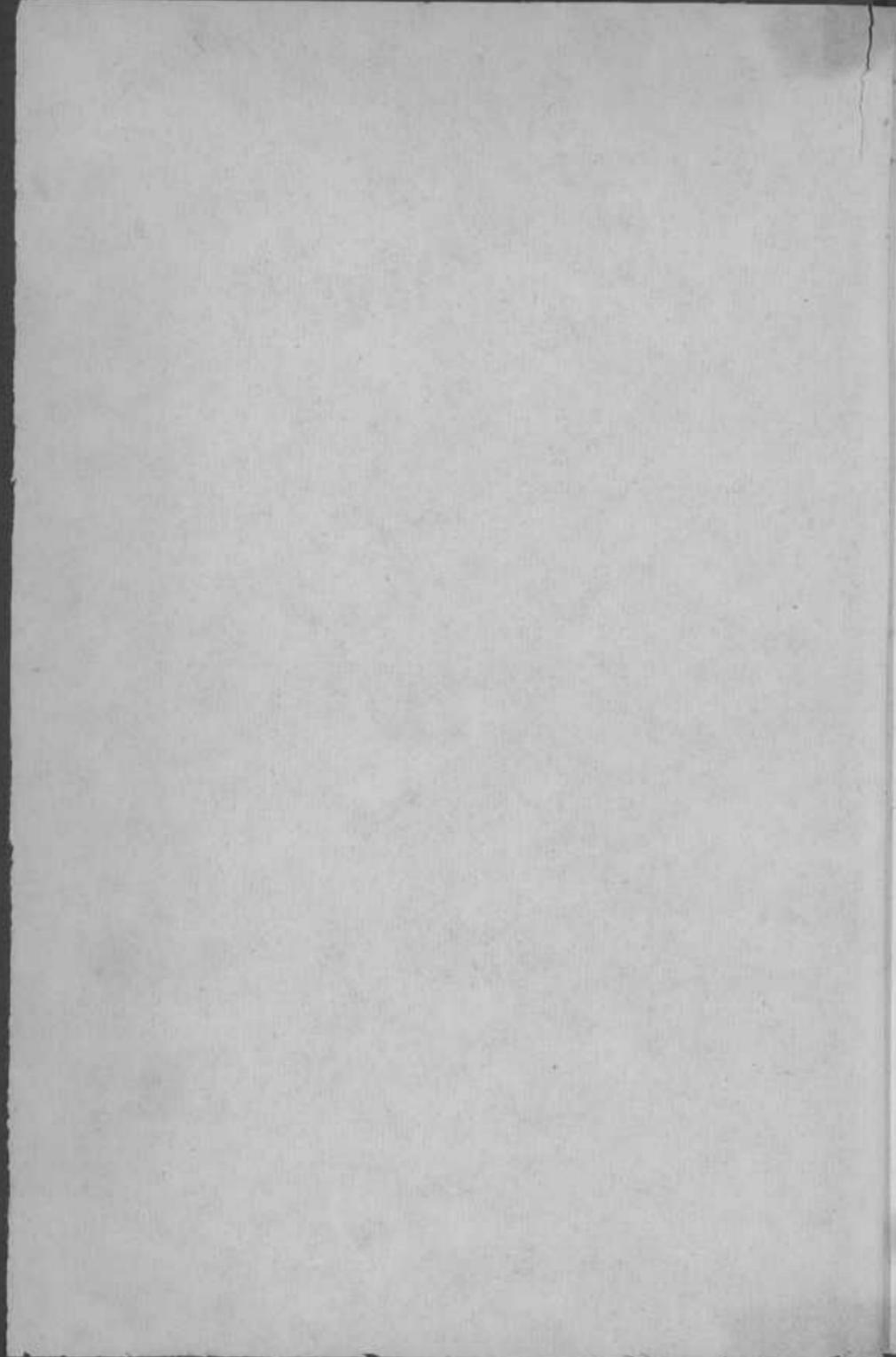
~~1617~~

16-074

251

MANUAL

DEL RELOJERO



MANUAL
DEL RELOJERO

Es propiedad de los Editores, y se perseguirá ante
la ley al que la reimprima.

Rosang Bouret



ENCICLOPEDIA HISPANO-AMERICANA

MANUAL
DEL RELOJERO

EN QUE SE TRATA
DE TODAS CLASES DE RELOJES Y PÉNDULOS
CON LOS ADELANTOS DE LA CIENCIA

POR

D. FAUSTINO BASTUS



PARIS
LIBRERIA DE ROSA Y BOURET

1864

THE HISTORY OF THE
REIGN OF
HENRY THE SEVENTH

BY
JAMES HANCOCK



LONDON:
PRINTED BY RICHARD CLAY AND COMPANY,
BUNGAY, SUFFOLK.

INTRODUCCION

« Entre las inmensas y maravillosas creaciones de la mecánica, el *arte de medir el tiempo por medio de los relojes*, ha dicho Fernando Berthoud, ocupa el primer rango, ya por su utilidad, como por la estensa variedad de sus invenciones y genio de sus descubrimientos. »

La ciencia del movimiento, que así la llama el autor citado, ha sido el estudio predilecto y continuo de todos los pueblos y edades. Cuatrocientos años antes de nuestra era, el célebre filósofo *Platon*, discípulo de *Socrates*, inventó el reloj nocturno, que era una especie de clepsidra ó reloj de agua que indicaba las horas de la noche por el sonido. Tal es el monumento mas antiguo que la historia registra en sus anales.

aunque es de presumir que se remonte á épocas mas remotas, envueltas en la nebulosa bruma de las edades primitivas.

El tiempo, el espacio, esas dos ideas tan simples y sin embargo tan inconmensurables, han sido y son el espíritu humano. Medir al uno, abarcar al otro; hé aqui los problemas siempre presentes al genio del hombre, el que si bien se ha mostrado hasta ahora inferior á su alta pretension, revela no obstante por su constancia en acariciarlos y por los esfuerzos practicados para resolverlos, la nobleza de su demanda y la sublimidad de sus aspiraciones.

No es la relojería, como vulgarmente se cree, el arte industrial de fabricar relojes sin conocer el mecanismo y juego de sus movimientos, estas son unicamente las funciones del obrero. El que arregla una máquina segun leyes invariables, empleando para ello los medios mas sencillos y duraderos, es un hombre de ciencia; el que perfecciona ó inventa, es un genio. Tiene pues este arte mas importancia de la que se le dá, y exige para su completo desempeño profundos conocimientos de ciencias naturales y exactas. ¡Tal vez algun dia salga de sus talleres á sor-

prender al mundo la resolucion de uno de los problemas mas atrevidos de la mecánica moderna : el *movimiento continuo!*

Hasta Huighens, célebre matemático que enriqueció el arte, ó mas bien dicho, le creó de nuevo por la aplicacion del *péndulo* á los relojes que reguló sus movimientos, puede considerarse á la relojería como un arte mecánico; empero desde que este sabio llamó en auxilio de sus descubrimientos á la geometria y á la mecánica, le convirtió en ciencia donde la mano de obra no es mas que lo accesorio, siendo lo principal el conocimiento de la teoria del movimiento, que comprende lo que la geometria, el cálculo, la mecánica y la fisica poseen de mas sublime. Hacer funcionar, dar vida, digamoslo así, á la materia inerte, obligándola á marchar con la regularidad y exactitud que requieren las crecientes necesidades de los hombres, no pudo ser desde esta época la obra del artista mecánico, sino de la ciencia y del genio.

La gran precision con que dividen el tiempo los relojes de péndulo ha dado lugar á excelentes observaciones, aplicando á las máquinas las divisiones que usan los astrónomos en sus cálculos. Así, la revolucion

diaria del sol, dividida al principio en 24 partes, se ejecuta ahora en 86,400 segundos, que se pueden contar con suma facilidad. Desde la primera invencion de los relojes de ruedas dentadas, se han imaginado diferentes mecanismos: tales son el despertador, los que marcan los dias del mes, los años, los cuartos y fases de la luna, la puesta del sol, los años bisiestos, etc. Pero entre todas estas adiciones, merecen especial mencion dos muy ingeniosas y útiles; la primera es la *Repeticion*, máquina que sirve para saber á cada instante del dia ó de la noche las horas y los cuartos: la segunda es la invencion de los relojes de *Ecuacion*. Para conocer el mérito de estas obras, hay que saber que segun las observaciones astronómicas, las revoluciones diarias del sol no se verifican todos los dias en el mismo tiempo, sino que es mayor en ciertos dias del año y menor en otros. Ahora bien; como el tiempo medido por los relojes es uniforme, no pueden seguir naturalmente los desvios del sol, y ha tenido que imaginarse un mecanismo por el cual, interin la aguja del minuterero gira uniformemente, otra de la misma especie sigue las variaciones de dicho astro. Tales son los relojes de ecuacion.

Otras de las mas bellas máquinas que ha producido la relojería, son las *Esferas movientes* y los *Planisferios*. Llámase *Esfera moviente* una máquina dispuesta de tal modo, que indica é imita á cada instante la situacion de los planetas en el cielo, el lugar del sol, el movimiento de la luna, los eclipses, etc.

La esfera moviente no es invencion moderna, puesto que Arquimedes que floreció há dos mil años y Posidonio que vivió en tiempo de Ciceron, construyeron máquinas que imitaban los movimientos de los astros.

Diferencianse los *Planisferios* de las *Esferas* en que las revoluciones de los planetas se marcan en un mismo plano por aberturas praticadas en el cuadrante, bajo las que giran las ruedas que representan los movimientos celestes.

Seria prolijo enumerar aqui el gran número de inventos que han enriquecido á la relojería, baste decir que en estos últimos tiempos se han hecho á dicho arte aplicaciones felices de la electricidad, de ese agente invisible y misterioso, y que no obstante obedece sumiso á la inteligencia humana.

Fundados, pues, en las consideraciones precedentes, vamos á exponer con brevedad, pero de una

manera clara y precisa, toda la teoría de la construcción de los relojes, describiendo las partes de que se componen y acompañando sus dibujos intercalados en el texto para mejor conocimiento de ellas. Así el principiante, llegado á la inteligencia de las máquinas, se formará una idea clara de sus principios y podrá facilmente pasar á la práctica.

Por muy esencial que sea estudiar los principios del arte y acostumbrarse á ejecutar con precision, todavía no es bastante: la relojería no se posee con tener conocimientos generales, que solo pueden aplicarse á máquinas existentes, ú otras semejantes; para inventar medios desconocidos y componer máquinas nuevas, no son suficientes las reglas, se necesita ese metéoro intelectual, llamado *genio*, que es un don de la naturaleza á muy pocos concedido. El que tenga la fortuna de unirle á la ciencia, ese astro esplendente que el hombre ha conquistado á fuerza de años y trabajos nunca interrumpidos, no podrá menos de componer bellas cosas.

MANUAL

DEL RELOJERO

CAPITULO PRIMERO

De la division del tiempo; tiempo verdadero ó aparente;
medio ó uniforme.

La relojería es la ciencia de componer máquinas para medir el tiempo. Antes de pasar á describir el mecanismo de las obras de relojería, creemos á propósito dar una idea general de como se divide el tiempo naturalmente, lo cual ha servido de tipo para la construccion de los aparatos horarios.

El movimiento del sol, centro de nuestro sistema planetario, sirve para medir el tiempo, porque es el que se observa mejor y con mas facilidad; explicaremos como se divide el tiempo de las revoluciones solares.

El instante en que llega el sol á su mayor altura sobre el horizonte (por su revolucion diaria,) se

llama *Mediodia*. El tiempo que pasa de uno á otro mediodia, se dice *Dia Astronómico ó Polar*. El dia se divide en 24 partes iguales llamadas *Horas*.

La Hora se divide en 60 partes llamadas *Minutos*, y estos en otras 60 denominados *Segundos*. Y así sucesivamente. Un dia está pues compuesto de 1,440 minutos ó de 86,400 segundos; la hora de 3,600 segundos, etc.

Todos los dias del año no son de igual duracion, porque el sol emplea unas veces mas y otras menos en llegar á su mayor altura sobre nuestro horizonte. Su movimiento es desigual, como es fácil conven-erse de ello, tomando un buen péndulo de segundos de movimiento uniforme y de tal modo arreglado, que puesto con el sol un dia cualquiera, marque exactamente sus 24 horas; al cabo de un año el mediodia del péndulo se encontrará con el del sol, pero sucederá que en los otros dias lo marcará antes ó despues. Ahora bien; puesto que el movimiento del péndulo se supone uniforme, es claro que la diferencia reside en las variaciones del sol. Por esta razon se han visto obligados los astrónomos á inventar dias de igual duracion ó de 86,400 segundos, que son medios proporcionales entre el mas largo y el mas corto de los solares desiguales; son exactamente la 365 parte de la duracion de un año comun.

Se llama *tiempo medio ó igual* el reducido á la

igualdad por el péndulo comparado, como acabamos de decir.

El tiempo marcado por los Meridianos y cuadrantes bien contruidos, es el *verdadero*. Llámase tambien *aparente*, porque el sol es quien lo muestra, aparentando dar todos los dias una vuelta al rededor de la tierra, aunque realmente esta es la que girando sobre su eje, presenta sucesivamente á aquel todos los puntos de su superficie.

Ecuacion del Tiempo ó de los *Relojes* es la diferencia que hay entre el mediodia del sol y el del péndulo, es decir, del tiempo verdadero al medio.

Vamos á explicar, segun los astrónomos, las causas de las variaciones del Sol.

El dia natural ó solar no es medido propiamente por una revolucion completa de la Tierra sobre su eje, sino por el tiempo que pasa interin el plano de un Meridiano (1) que ha llegado bajo el sol, vuelve segunda vez efecto de la revolucion de la tierra. Pues bien; si la tierra no tuviese otros movimientos que el de rotacion al rededor de su eje, todos los dias serian exactamente iguales y tendrian por medida

(1) Entiéndese por Meridiano un Plano que corta á la tierra por sus Polos, y pasa por el centro del Sol cuando este astro está en su mayor elevacion del lugar en que se supone el plano; cada lugar de la tierra posee su Meridiano.

el tiempo de la revolucion del Ecuador terrestre (1); pero no es así, porque mientras la tierra gira al rededor de su eje, avanza al mismo tiempo en su orbita (2); de modo que cuando un Meridiano que ha

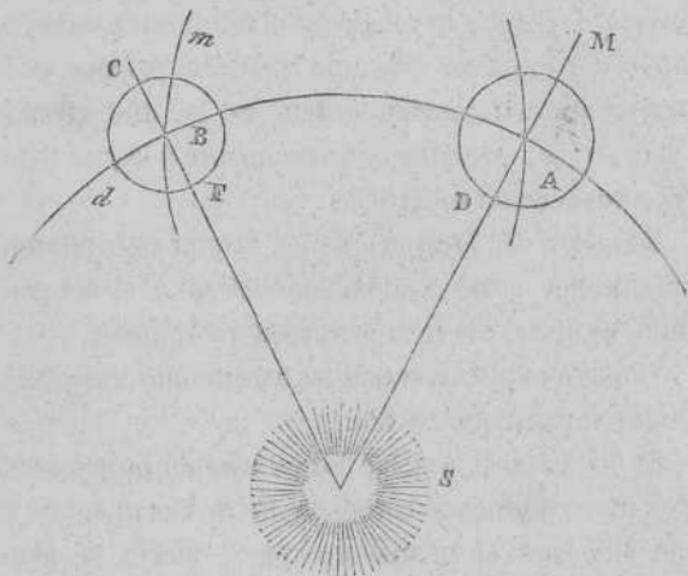


Fig. 1.

pasado por el centro del sol, completa una revolucion, ya no se halla precisamente dirigido á este último.

(1) El Ecuador es un gran círculo equidistante de los dos polos de la Tierra, la que divide por consiguiente en dos partes iguales; su plano es perpendicular al eje de la Tierra.

(2) La orbita de la Tierra es el camino que traza en el cielo girando al rededor del Sol por su revolucion anual. Es lo mismo que la Eclíptica.

Sea (fig 1^a) S el sol y A B una porcion de la Eclíptica. Supongamos que la línea M D representa un meridiano cualquiera, cuyo plano prolongado pasa por el centro del sol cuando la tierra esté en A. Imaginemos en seguida que la tierra avanza en su orbita y, que haciendo una revolucion al rededor de su eje, llega á B; en cuyo caso el Meridiano M D se encontrará en una posicion *m d* paralela á la primera; por consiguiente en esta nueva situacion no pasará por el centro del sol, y los pueblos que estén allí colocados no tendrán aun mediodia: para ello es preciso que el Meridiano *dm* ejecute un movimiento angular y describa el ángulo *d B f*, á fin de que su plano pueda pasar por el sol. Los dias solares son pues mas largos que el tiempo de una revolucion de la tierra sobre su eje.

Sin embargo, si los planos de todos los Meridianos fuesen perpendiculares al de la orbita terrestre, y la tierra recorriese su orbita con un movimiento uniforme, el ángulo *d B f* seria igual al B S A, y los arcos *df* y A B semejantes; por consiguiente el intervalo de un mediodia á otro seria siempre el mismo, puesto que el arco A B y el angulo B *d f* tendrian los mismos grados, todos los dias solares serian iguales y el tiempo medio idéntico al verdadero.

Pero las cosas pasan de otra manera, porque la tierra no tiene un movimiento uniforme en su orbita;

cuando está mas distante del sol, describe un arco mas pequeño y al contrario en el mismo tiempo (1). Ademas los planos de los Meridianos no son perpendiculares á la Eclíptica, sino al Ecuador; y esta sola razon, independientemente de la desigualdad del movimiento de la tierra, debe hacer los días desiguales, porque la Eclíptica forma con el Ecuador un ángulo proximamente de 23° y $1/2$. Si se divide la Eclíptica en muchos arcos iguales que representen el camino (supuesto uniforme) del sol durante cada día, y por los polos del mundo y por los puntos de division se hacen pasar Meridianos celestes, los arcos del Ecuador, comprendidos entre dichos Meridianos, no serán iguales entre si como los de la Eclíptica; por consiguiente la distancia entre el instante en que el sol pasa por un Meridiano y el momento en que vuelve al mismo al día siguiente, no puede ser igual para todos los días del año.

Hemos sustituido hasta aquí al movimiento real de la tierra con el aparente del sol, que produce el mismo efecto y es mas inteligible para dar á comprender el fenómeno.

(1) Esta desigualdad del movimiento de la tierra es causada por la escentricidad de la orbita que describe al rededor del sol.

Aun suponiendo que el sol se moviese uniformemente en la Eclíptica, todavía este movimiento no podría representarse por el intervalo de uno á otro mediodia. Pero el sol no se mueve con uniformidad en su orbita, lo que unido á la inclinacion del Ecuador, forma las desigualdades que se notan en su movimiento ; desigualdades que constituyen la *Ecuacion del tiempo*.

CAPITULO II

Idea general de una máquina propia para medir el tiempo.

Si se suspende un cuerpo cualquiera a (fig. 2) á un hilo, y se le separa de la vertical v acercándole hácia X , y despues se le abandona á si mismo, la accion de la gravedad le hará descender en v , y por la velocidad adquirida subirá al lado opuesto á la misma altura de la que habia descendido, continuando asi de derecha á izquierda y al contrario, efecto de la gravedad unida á la propiedad que todo cuerpo tiene de conservar su estado, ya de reposo ó movimiento, cuando una causa estraña no viene á turbarle.

Se llama *Péndulo* un cuerpo a suspendido de un punto fijo y dispuesto á moverse al rededor de este último.

Vibracion ú *Oscilacion* es el movimiento que ejecuta el Péndulo de derecha á izquierda y al contrario.

Puesto un Péndulo de este modo en movimiento, debería continuar perpetuamente, si la tirantez del hilo y la resistencia del aire, que hace el oficio de una especie de frotador, no lo disminuyera poco á

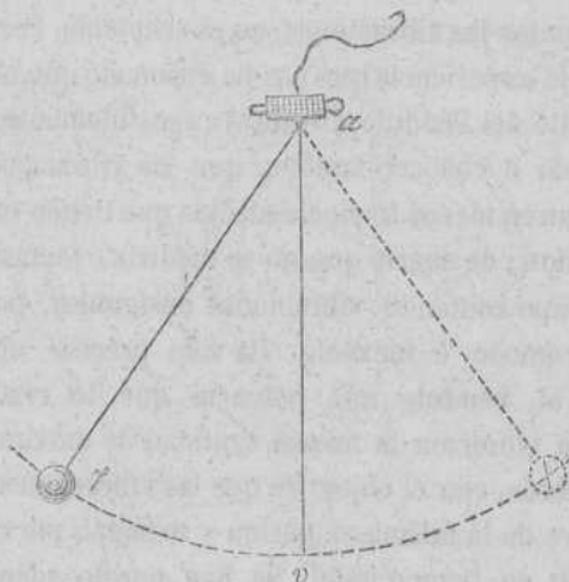


Fig. 2.

poco. Si se cuentan pues cierto número de vibraciones (1), podrán servir para medir el tiempo; por-

(1) Suponemos aquí que no se conoce ninguna máquina que pueda medir el tiempo, y que se ignora también cual debe ser la longitud de un Péndulo para dar en una hora un número determinado de vibraciones. En este caso sería preciso contarlas, pero como la teoría es muy conocida, no hay necesidad de tal operación. No obstante, dedicaremos algunas líneas á dar á conocer las leyes que rigen el Péndulo.

que si hace 100 vibraciones en una hora, hará 200 en dos, 2400 en 24 horas, y así sucesivamente; pero como por este medio no podrian conocerse las partes (1) del tiempo, sino estando siempre á la vista para contar las vibraciones, no es aceptable. Por otra parte, la experiencia que nos ha enseñado que el movimiento del Péndulo disminuye sensiblemente, nos ha dado á conocer tambien que las vibraciones se ejecutan en menos tiempo á medida que tienen menor extension; de suerte que no se mediria exactamente el tiempo contando vibraciones desiguales, porque es incómodo é inexacto. Ha sido preciso aplicar junto al Péndulo una potencia que le restituya en toda vibracion la misma cantidad de movimiento que pierde, con el objeto de que las vibraciones sean siempre de la misma extension y se hagan por consiguiente en tiempo igual. Se han puesto ademas á sus inmediaciones piezas que comunican con él, y hacen el oficio de *Contador*.

Describiremos la disposicion sencilla de una máquina que produzca á la vez estos dos efectos.

Supongamos que se ata á un anillo de hierro *a b* (fig. 3^a) un cuerpo A, y que la parte B del anillo sea movable bajo el ángulo del cuchillo á cuyo alre-

(1) En realidad el tiempo no tiene partes; pero hay que expresarlo así, única manera de entendernos.

dedor puede moverse el cuerpo A, como si estuviese suspendido de un hilo. Supongamos ademas que se

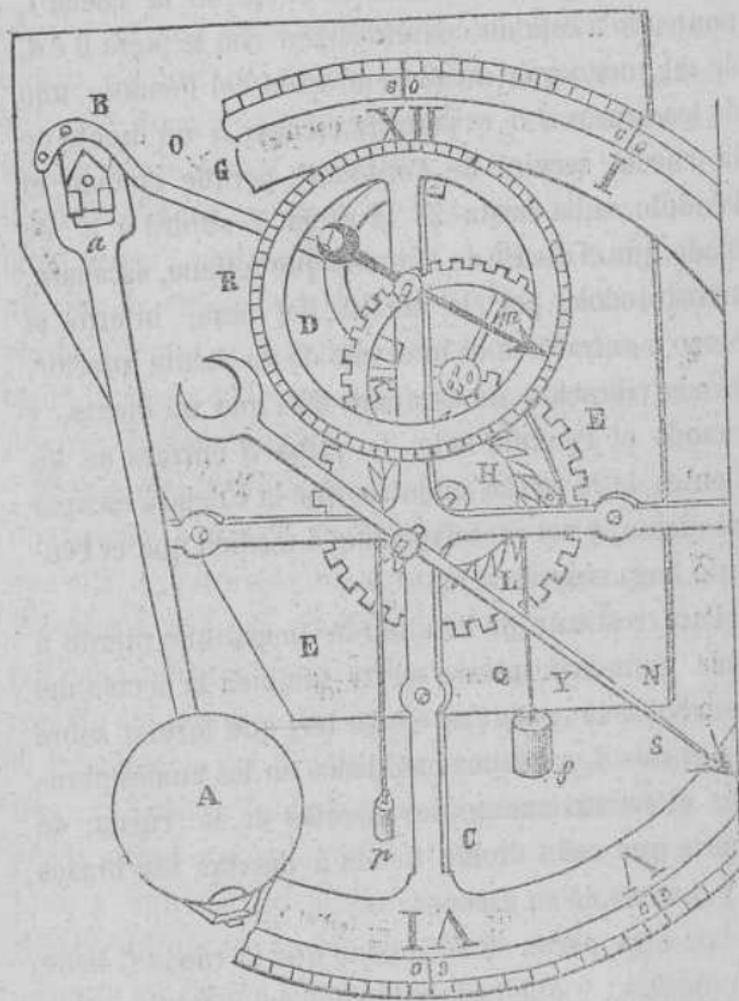


Fig. 3.

fija en B un brazo *B. c. d.* con dos birolas *c. d.*, colocando cerca de él una rueda dentada *l* que puede girar sobre sí misma. Si en esta situación se ata un peso de un hilo enrollado en el eje de la rueda *l*, poniendo á esta en comunicacion con la pieza *B e d.*, de tal modo que á cada vibracion del Péndulo uno de los brazos *d* ó *c* permita escapar á un diente de la rueda, servirá de *Contador*; porque cuando el Péndulo suba hasta *Z*, la rama *d* subirá á *d*; de modo que el diente de la rueda que retiene, escapará, arrastrándola por la accion del peso, interin el brazo *c* entrará en el intervalo de un diente inferior, á cada vibracion no escapará mas que un diente, y cuando el Péndulo baje, la rama *d* entrará en los dientes de la rueda, mientras que la *c* dejará escapar un diente, y así sucesivamente á medida que el Péndulo haga sus vibraciones.

Para restituir al Péndulo la fuerza que pierde á cada vibracion, puede servir tambien la accion del peso sobre la rueda; al efecto hay que formar sobre los brazos *d, c.* planos inclinados en los cuales obrarán alternativamente los dientes de la rueda, de suerte que cada diente tienda á desviar los brazos *c* y *d* antes de su escape.

Por otra parte, si se supone que la rueda *C* tiene 60 dientes, y que cada vibracion del Péndulo se verifica en un segundo, la revolucion de la rueda: era

de 120 vibraciones del Péndulo ; porque cuando un diente *c* ha comunicado su fuerza al brazo *c*, escapa, y continua girando á medida que los demas dientes obran sucesivamente sobre cada brazo ; llegado á *d*, obra á su vez sobre el brazo *d*, vibra el Péndulo, escapa y continuando en su giro, actua de nuevo en *c* ; de manera que á cada vuelta de la rueda, un mismo diente ejerce su accion dos veces sobre el Péndulo. Todos los dientes de la rueda producen igual efecto ; por consiguiente el Péndulo hace un número de vibraciones doble del de los dientes de la rueda. Ademas, siendo cada vibracion de un segundo tarda la rueda 120 segundos ó dos minutos en hacer una revolucion completa.

Si se coloca sobre el eje prolongado de esta rueda una *aguja* ó índice *m*, que gire al mismo tiempo que ella, y se divide un círculo ó cuadrante *R* en 120 partes, la aguja marcará los segundos á su paso por cada division, y su revolucion indicará que han corrido dos minutos. Tal es la máquina que mantiene el movimiento del Péndulo y que posee su *Contador*. Empero como la velocidad de las revoluciones de la rueda exige que se enrolle al eje muchas veces el hilo, y aun asi no pueden saberse las partes del tiempo sino de dos en dos minutos, á menos de estar siempre en frente del reloj para contar el número de revoluciones de la rueda, es necesario añadir

algunas otras piezas que eviten este embarazo, y que vamos á describir para conocimiento exacto de las partes de que se componen.

Una rueda D con un peso para hacerla girar, y cuyos dientes obran sobre los de otra rueda pequeña *e*, fija al eje de la rueda C : si suponemos que la primera tiene 108 dientes, que es número regular, y la segunda 6, en este caso la D empleará diez y ocho veces mas tiempo en dar una vuelta que la C; porque cada diente de aquella hará avanzar otro de la *e*; así la C tarda dos minutos en dar una vuelta, y la D 56.

Se llaman *Piñones* las pequeñas ruedas cuyos dientes engranan en los de una mayor. El piñon pertenece á la rueda en cuyo eje se fija. La rueda *e* es el *piñon de la C*.

No siendo bastante la adicion de la rueda D para obtener una revolucion lenta que marque las horas, y girando en sentido contrario de la C, es preciso aun poner otra E con 120 dientes, que engrane en los de un piñon *f*, fijo al eje de la rueda D; dicho piñon tendrá 6 dientes, y, segun lo que hemos manifestado antes, hará 20 revoluciones por una de la rueda E. Ahora bien; la rueda D tarda 36 minutos en hacer una revolucion, y por consiguiente la E tardará veinte veces 36, ó 720 minutos, (que son 12 horas), en ejecutar lo mismo. Poniendo á esta última

por el eje prolongado una aguja S y trazando en la placa GG, alrededor del eje, dos círculos concéntricos uno de los cuales se divida en 720 partes de 60 en 60, y el otro en 12, el paso de la aguja por las divisiones del primero indicará los minutos, y por las del segundo las horas.

En fin, adaptando al eje de la rueda E una polea H de fondo erizado de puntas que detengan la cuerda Y, enrollada sobre esta última, la acción del peso P sobre dicha cuerda arrastrará á la polea y por consecuencia á la rueda E; esta comunicará á la pequeña rueda *f* su fuerza que se trasmite por medio de otras ruedas D, e, C, hasta el Péndulo; de modo que una vez esté en movimiento, lo continuará, y las ruedas marcarán, por sus revoluciones, las partes de tiempo dividido por aquel.

Este aparato es uno de los mas sencillos que se pueden obtener para medir el tiempo por horas, minutos y segundos. Porque es una propiedad del Péndulo el que sus vibraciones de la misma extension sean siempre de igual duracion; mas como la acción del peso P es constantemente el mismo, ya obre cuando está á mayor altura que la polea, ó ya á 10 ó 20 piés debajo, es evidente que su gravedad es siempre la misma, é imprime igual fuerza á las ruedas, cualquiera que sea su situacion. No hay mas diferencia que el peso de la cuerda, la que alargán-

dose á medida que descende el peso, aumenta la gravedad de este; pero es tan pequeña esta diferencia, que no se hace caso de ella: así pues, la rueda C transmitirá siempre sensiblemente la misma fuerza, el Péndulo describirá los mismos arcos y las vibraciones serán de igual duracion.

Una vez descendido el peso, para subirle con facilidad, se construye la polea H de la manera siguiente: se ata á la rueda E una pieza K llamada *palanca* con un tornillo sobre cuyo eje pueda girar.

Al lado de la polea y sobre su eje se fija una rueda L dentada como se ve en la figura, que se llama rueda catalina. Tambien se ata sobre la rueda E un resorte M que, apoyándose en la palanca K, le obligará á entrar en los dientes de la rueda L, siempre que al girar escapen bajo la palanca. Llámase este mecanismo *encliquetage*. Cuando se quiera subir el peso P, se tira hácia abajo del peso *p* cuya cuerda hará retrogradar á la polea, efecto que permite la palanca K; porque los lados inclinados de los dientes de la rueda L desviarán á aquel sucesivamente, el que por la accion del resorte M caerá siempre entre los dos; al cesar de subir el peso P, su gravedad arrastrará á la polea H; pero los lados rectos de los dientes de la rueda L se apoyarán contra la palanca K, por cuya razon no podrá girar la polea sin arrastrar consigo á la rueda E.

Determinada así la disposición de esta máquina, se fija á la placa N O el sosten del Péndulo. Dicha placa se ata al muro de la pared con dos escarpías, y á distancia de dos pulgadas del suelo; la placa ó cuadrante G G por medio de dos *postes* ó piláres G G. Las dos placas, paralelas entre sí, forman la *Caja*, en la cual se colocan las ruedas D, E, C, y sus piñones. Los ejes de estas ruedas terminan en otros mas pequeños, que entran por agujeros hechos en las dos placas, de modo que giren libremente sobre sí mismas dichas ruedas.

Hemos presentado este mecanismo con el único objeto de dar á conocer á primera vista las piezas que se necesitan para medir el tiempo, así como la precision de multiplicar las partes de un aparato horario, sacrificando la sencillez á la regularidad de su marcha; lo que justifica la disposición actual de los Péndulos, y prueba que no se pueden reducir las piezas de una máquina sin aumentar sus defectos. No es esto decir que la máquina descrita carezca de ellos; al contrario, es muy fácil conocer que al fin de cada vibracion, el peso ó motor descende un poco y se detiene un instante; como tambien que las agujas giran á saltos pequeños; inconvenientes que quitan la uniformidad á uno y otro movimiento, puesto que hay momentos de reposo. Puédesse observar ademas que el Péndulo no recorre todas las par-

tes del arco que describe con igual velocidad, siguiendo en esto las leyes de los cuerpos que bajan y suben por planos inclinados; pero nada de ello estorba á la marcha de la máquina, porque las vibraciones del Péndulo tienen la misma extension y por consiguiente son siempre isocronas ó de igual duracion.

Nos resta que manifestar que, para que la máquina descrita produzca su efecto, ha de estar fija é invariable la placa N O; porque el menor movimiento en cualquier sentido desordenaría la vibracion del Péndulo y aun detendría su movimiento, metiendo demasiado uno ú otro brazo de la pieza de escape en los dientes de la rueda C; cuya fuerza seria en este caso incapaz de desviarle. Esto nos demuestra que el Péndulo no sirve de regulador en una máquina sujeta á movimientos, no pudiendo por lo tanto aplicarse á relojes portatiles como los de bolsillo. Despues diremos el regulador que se le ha sustituido.

Si el Péndulo no puede servir de regulador á una máquina portatil, tampoco un peso podrá obrar uniformemente sobre las ruedas, sino en el único caso en que esté fijo el aparato ó marche siempre uniforme en la misma linea recta ó plano horizontal; porque cualquiera otro movimiento que se imprima á los cuerpos de la máquina, aumentaria, disminuiría, ó

destruiria la accion del peso, segun fuese dicho movimiento de abajo arriba ó al contrario, y segun tambien las desigualdades de los diferentes grados de velocidad.

Conocido ya practicamente un aparato para medir el tiempo, pasemos á dar algunas sucintas explicaciones acerca de la tecnologia del arte, describiendo tambien con brevedad el mecanismo de un reloj.

Se da en general el nombre de *reloj* á una máquina cualquiera que divide el tiempo en partes iguales, dando á conocer estas divisiones. Hácense de diferentes dimensiones, á fin de apropiaries á los diversos usos de la vida, y se les distingue con varios nombres segun el empleo á que se destinan. Estos son : 1º relojes de bolsillo ; 2º los de pared, que se llaman *péndulos* ; 3º los destinados al servicio público, que se ponen en sitios elevados para que puedan verse á distancias considerables ; 4º relojes *marinos* ó *de longitudes* ; 5º los *eléctricos*, colocados en los faroles del alumbrado público ó en cualquiera otra parte tambien, y que funcionan por medio de la electricidad conducida por un alambre.

« El mecanismo de un reloj, dice el ya citado Fernando Berthoud, se compone de muchas partes igualmente importantes, y que, por su íntima correspondencia, aseguran la medida exacta del tiempo. Son : 1º el regulador ; 2º el escape ; 3º el rodage ; 4º el

motor; 5º el aparato compuesto de garfio, palanca y resorte; 6º y último el cuadrante y las agujas que marcan el tiempo medido por el reloj.

» El regulador, añade, es la parte mas importante del reloj, el verdadero instrumento de la medida del tiempo; el que por sus oscilaciones, sus pesos iguales y precipitados, divide el tiempo, modera la velocidad de las ruedas, cuyas funciones son las de contar sus pasos; y por un doble efecto del escape, estas ruedas por su accion sobre él, transmiten al regulador la fuerza del motor á fin de mantener su movimiento oscilatorio, que los frotamientos y la resistencia del aire tienden de continuo á destruir. »

Escape, es un efecto que imprime al péndulo la fuerza necesaria para mantener el movimiento.

Rodage, es un sistema de ruedas y piñones, cuyo oficio es producir cierto movimiento.

Se llama *motor* ó *agente* á un peso ó resorte que mueva una máquina.

Engranamiento, es el efecto de encajar unas ruedas en otras.

El cuadrante y las agujas no necesitan definirse.

CAPITULO III

I

De los relojes de bolsillo.

Dos sistemas de construcción dividen hoy á los relojeros en la ejecución de los relojes de bolsillo. El mas antiguo, que está aun en vigor y se usa por la mayor parte de los artistas, se distingue por una caja compuesta de dos platinas, sostenidas á una distancia determinada por cuatro columnas igualmente elevadas, entre las cuales están encerradas las ruedas y todas las demas piezas.

Este sistema ha sido perfeccionado notablemente por Fernando Berthoud, quien en su *Ensayo sobre la Relojería*, tomo II, pag 347 á 429, nada ha dejado que desear respecto á su perfecta ejecución. En seguida le describiremos detalladamente.

El segundo sistema, del que hablaremos despues, pertenece al célebre Breguet que suprimió una de las platinas y por consiguiente las columnas que for-

maban la caja, sin otras simplificaciones que diremos al tratar de su sistema.

Nos parece inútil el advertir que solo hablamos aquí de los relojes comunes ; mas adelante tendremos ocasion de describir los de repeticion.

II

Relojes de bolsillo segun el antiguo sistema, perfeccionado por Fernando Berthoud.

Las modificaciones que este hábil relojero hizo en la construccion de los relojes de rueda de engranamiento, fueron el fruto de sus constantes observaciones dirigidas por un estudio profundo de las ciencias mecánicas. Prefirió el escape de rueda engranada, porque creia que produce gran movimiento en el balancin y poco frotamiento. No es este el lugar oportuno para discutir esta opinion, solo diremos que la experiencia ha probado que el escape fijo tiene mas exactitud y regularidad que aquel, y que han sido inútiles las tentativas practicadas para hacer isocrono al primero. Veamos entretanto el reloj perfeccionado por Fernando Berthoud.

Las figuras 4 y 5 representan las dos superficies del calibre. La primera demuestra el interior de la caja y la parte superior de la pequeña platina ; la

segunda, la disposicion de las piezas que deben hallarse en la gran platina, ó debajo del cuadrante.

El calibre que se quiere copiar se pone sobre la placa ya preparada y que debe ser una copia exacta de aquel, los agujeros uno sobre otro, y á fin de que las dos piezas no cambien de posicion, se les sujeta con un tornillo, perpendicular á las superficies.



Fig. 4.

Los círculos se trazan bien, despues de separar las placas, usando un compas que tenga las puntas perpendiculares á la superficie trazada. El tambor *a* está colocado junto á la espoleta *b*, por cuyo medio tiene toda la altura de la caja, el resorte es mas ancho y como está situado mas bajo que el tambor, queda menos expuesto á vacilar sobre su eje.

La gran rueda media *e* se halla en el centro; la pequeña *d* y la *f* á continuacion. Por el centro del balancin *g* y el de la rueda *f* se traza una recta *i*, que indica el sitio del piñon de la rueda de engrane, y otra *i, h* perpendicular á la primera. Esta última representa parte de la potencia que debe ocupar el espacio entre la línea y el tambor. Tal es el aparato interno de la caja.

Las demas piezas, trazadas son : 1.º el puente de la espoleta *m*; 2.º la canaladura *n* con su rastrillo; y 3.º la rueda *o*.

La otra superficie (fig 5ª) demuestra las piezas que

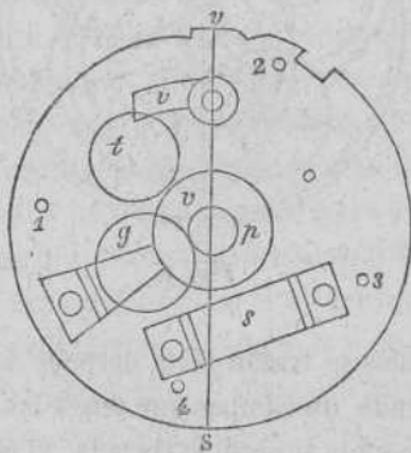


Fig. 5.

están bajo el cuadrante: 1.º la pieza donde se fija la aguja de los minutos *p*; 2.º la rueda de retorno *g* con

su puente; 3° la del cuadrante r ; 4° el puente s que recibe los ejes de la pequeña rueda media y los de la de engrane; 5° la rueda catalina del tambor t , que mantiene tirante el resorte por medio de la mosa ó palanca v ; 6° los agujeros 1, 2, 3 y 4 que marcan los sitios de los pilares é columnas.

Daremos á conocer las ventajas que presenta este calibre.

La fig 6ª, en la que Berthoud colocó todas las partes en línea recta y cuyas platinas están agujereadas por el centro, nos facilitarán su comprension.

La gran platina ó platina de las columnas A, A, está encerrada en un trozo grueso de laton. Al rededor hay una falsa chopa a, a , y una muesca b, b , á fin de que descansa en el borde de la caja. Por el centro, y al lado de la chapa se halla una fuerte chiragra, cuyo uso diremos despues. La platina ha de tener milímetro y medio de grueso (una línea.)

La pequeña platina debe ser un poco mas delgada.

Al rededor de la gran platina se practica una concavidad, en lá que ha de entrar todo el espesor de la gran rueda media B, dejando ademas un claro para que no frote. La chiragra c, c , sirve para hacer otra concavidad profunda con el espacio suficiente para la gran rueda media, á la que se deja un tubo bastante largo, cuyo objeto es alejar de ella y del piñon

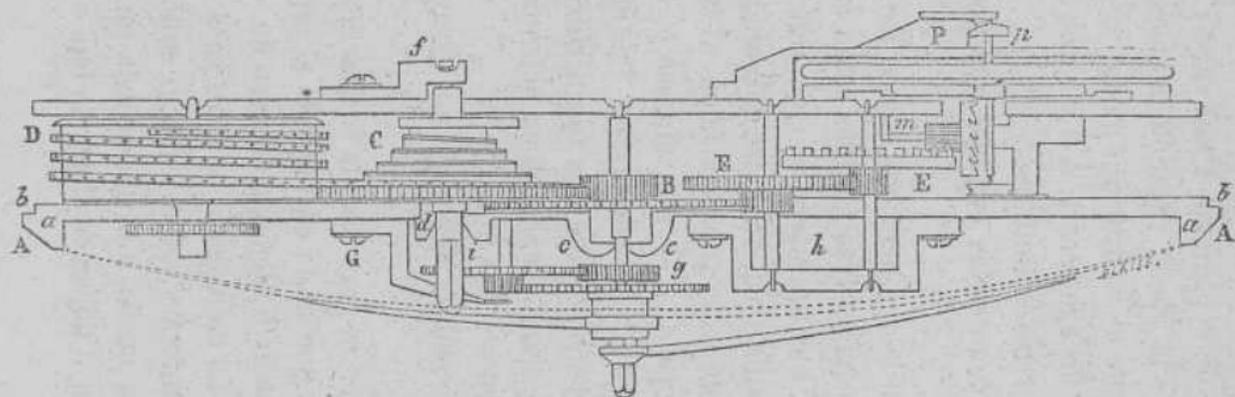


Fig. 6.

del centro el aceite que se pone en el reservatorio practicado en dicha chiragra al lado del cuadrante.

Ocultá de este modo en el espesor de la platina la gran rueda media B, queda la espoleta C con su rueda á la altura de la caja, y se consigue una cadena muy sólida. El tambor D, colocado al lado de la gran rueda, está igualmente á la misma altura, por cuyo medio se obtiene un resorte mas ancho, y por consiguiente mas fuerte y sólido, aunque mas delgado. Se debe alejar tambien el aceite de la espoleta C y del eje superior.

Por medio del puente H, que el autor ha colocado bajo el cuadrante y al que dió toda la elevacion que pudo, consiguió una gran longitud en los piés inferiores de la pequeña rueda media E y de la perpendicular F, y colocando el plano de aquella entre los de la grande y esta última, resolvió un problema importante de mecánica. Dispuso tan perfectamente estas tres ruedas, que la presion ejercida por ellas sobre sus respectivos piñones se opera casi en el centro de la longitud de los tubos entre los dos ejes, distribuyéndose los frotamientos con igualdad entre estos últimos.

Antes de esta dichosa disposicion, la pequeña rueda media entraba demasiado en la gran platina, y su eje inferior se ponía, casi sin tubo, en una pieza que atravesaba la concavidad: la gran rueda media se

colocaba en la gran platina, sin hueco alguno, lo que disminuía el espacio para la espoleta y el tambor. Los piñones de la grande y pequeña rueda media raramente estaban al abrigo del aceite que llenaba sus aspas; lo mismo acontecía á la rueda de retorno G (fig. 5) que, frotando sobre la gran platina, se apoderaba muchas veces del aceite puesto en el eje de la gran rueda media y aumentaba los frotamientos de la máquina.

En la nueva construcción (fig. 6), estando la pieza *g* mas elevada á causa de la chiragra C, C, obliga á la rueda *i* á elevarse como ella; su piñon tiene un tubo mas largo cuyo eje gira en la platina, interin el otro eje lo verifica en un puente C. Al poner el tubo *m* de la rueda de union perpendicular al de la rueda F consiguió la doble ventaja de tener un tubo mas corto, y mas fácil de girar, obteniendo un enlace mas perfecto en el rodage.

El autor perfeccionó tambien las dos piezas en las que giran los dos ejes de la varilla del balancin, con otras muchas modificaciones que no referimos y que pueden verse en su *Ensayo sobre la Relojeria*, tomo primero.

Nos resta que hablar del número de los dientes de las ruedas y aspas de los piñones fijado por Fernando Berthoud para los relojes comunes y de segundos, llamados *trotadores*.

Reloj comun.

	Dientes de las r.	Aspas de los piñ.	Vueltas en 1 h.
Rueda de espoleta.	54	12	1
Gran rueda media.	60	6	10
Pequeña rueda media.	48	6	80
Rueda perpendicular.	45	6	600
Rueda de engrane.	13		

Nota. Las líneas inclinadas que van de un número á otro, indican los piñones en los que las ruedas correspondientes engranan para obligarlas á hacer sus revoluciones.

La rueda de engrane hace, como se ve, 600 vueltas por hora, mientras que la gran rueda media no dá mas que una. Pero como la primera tiene 13 dientes y cada uno de estos produce dos vibraciones, multiplicando 600 por 26, el doble de 13, se obtiene 15,600, número de vibraciones que dá el balancin en una hora. La experiencia ha enseñado que para que un reloj marche con regularidad, se necesita que dé por hora de 17,300 á 17,400 vibraciones. Esta regla es la que hoy se observa.

Relojes de segundos.

En esta construccion no hay mas que cambiar el

número de los dientes de las ruedas y el de las aspas de los piñones como sigue:

	Dientes de las r.	Aspas de los piñ.	Vueltas en 1 h.
Rueda de espoleta.	54	12	1
Gran rueda media.	60	8	7
Pequeña rueda media.	48	6	60
Rueda perpendicular.	48	5	480 1/2
Rueda de engrane.	15		

Teniendo la rueda de engrane 15 dientes, obliga al balancin á dar 30 vibraciones por cada una de sus vueltas, y por consiguiente 14,400 vibraciones en una hora ó 4 por segundo; de suerte que prolongando el eje de la rueda perpendicular, que dá 60 vueltas por hora, ó una por minuto, y colocando una agujita ligera sobre dicho eje, esta última marcará los segundos divididos en cuatro partes. Esta disposicion, en la que la aguja marca los segundos por varios movimientos, ha hecho dar á estos relojes el nombre de *trotadores*.

El número 54, indicado por Berthoud para los dientes de la rueda de espoleta, engranando en un piñon de 12, tiene algunos inconvenientes y por esta razon no ha sido adoptado por los relojeros, que dan 60 dientes á la primera y 10 aspas al piñon, combinacion que no cambia el calibre, facilita el dar nada mas que cinco vueltas á la espoleta y el reloj puede andar 30 horas sin darle cuerda.

La descripción que vamos á hacer de los relojes modernos, completará el conocimiento de las manipulaciones que emplean los buenos artistas en la construcción de todas estas ingeniosas máquinas.

Relojes segun el sistema Bréguet.

Los relojes construidos segun este sistema, difieren esencialmente de los que hemos descrito, en su calibre, en que no se usa mas que la gran platina, sin columnas, supliendo con puentes á la pequeña platina. Su rodage no es tampoco de espoleta, y su escape es ordinariamente de cilindros de su invencion.

Los relojes llamados á lo semi-Bréguet están construidos lo mismo que los anteriores, diferenciándose unicamente en la forma del puente que sostiene el tambor. Describiremos ambas cosas.

La fig. 7^a representa el calibre de su magnitud natural. Vese en A el tambor que tiene 80 dientes, en B la gran rueda media con 64, y 10 aspas su piñon; la pequeña rueda media E tiene como la perpendicular D 60 dientes y 8 aspas con sus piñones respectivos: la rueda de cilindro E tiene 15 dientes, su piñon 6 aspas.

F manifiesta le magnitud del balancin.

Por la disposicion dada á este aparato y el número de dientes y aspas de los piñones, es fácil conven-

cerse que un reloj de esta clase ejecutará 18, 000 vibraciones por hora. Todos los relojeros de Génova y

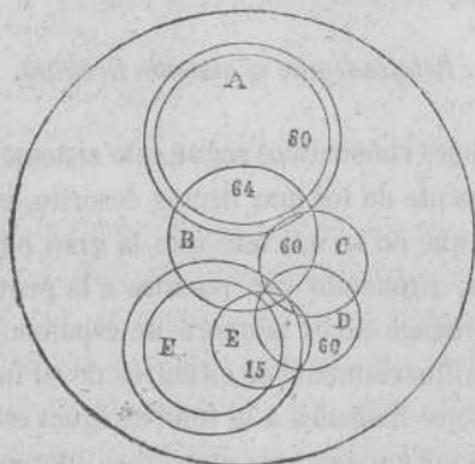


Fig. 7.

Suiza han adoptado este sistema con ligeras modificaciones.

La figura 8ª indica en escala mayor que la 7ª este sistema con el objeto de dar á conocer mejor todas las partes del reloj.

El movimiento se vé en esta figura sobre la cara de la platina opuesta al cuadrante; porque, como ya hemos dicho, en este sistema de relojes no hay mas que una platina.

La platina A tiene al rededor de la circunferencia

un pequeño espacio por el que descansa en la caja, con la cual se fija á tornillo.

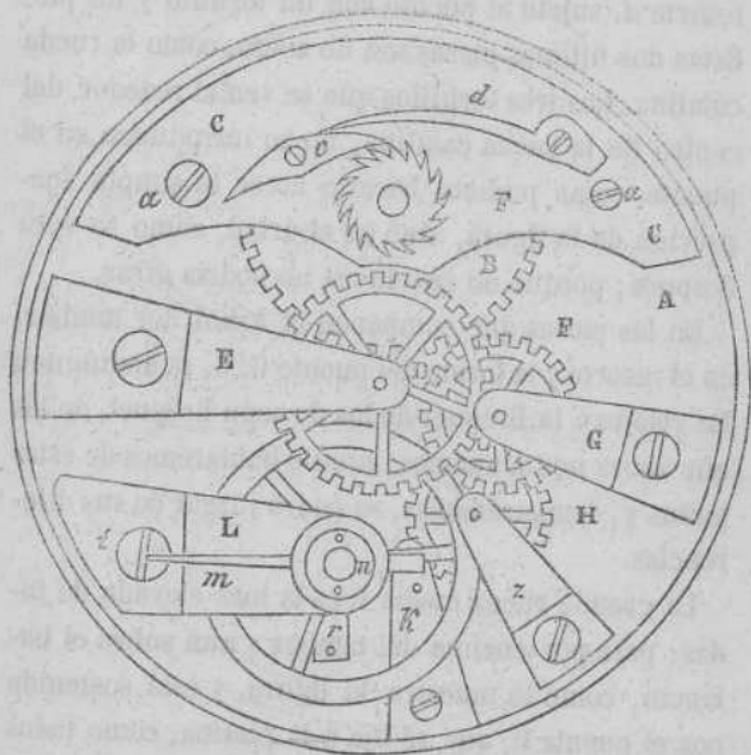


Fig. 8.

El tambor B, del que no se vé mas que una parte, porque el resto está oculto por el puente C, C, tiene 80 dientes en su circunferencia. El puente C, C está fijo á la platina A con dos fuertes tornillos *a, a*, y dos pies. Sobre dicho puente se vé una rueda catalina *b*,

de acero, una palanca C, llamada *maza* ó *pilon*, movable sobre un tornillo acanalado continuamente empujado contra los dientes de la rueda catalina por el resorte *d*, sujeto al puente con un tornillo y un pié. Estas dos últimas piezas son de acero, como la rueda catalina. Los tres tornillos que se ven al rededor del centro de la rueda catalina, no se introducen en el puente, como pudiera hacerlo creer la simple inspeccion de la figura, sino en el árbol, como se verá despues; porque no siendo asi no podria girar.

En las piezas que componen el árbol del tambor, en el resorte y la forma del puente C, C, se distinguen los relojes á la Bréguet de los de semi-Bréguet, de los que ahora nos ocupamos; pronto hablaremos de estas piezas y, comparándolas, se podrá juzgar de sus diferencias.

La grande rueda media D es la mas elevada de todas; pasa por encima del tambor y aun sobre el balancin, como lo muestra la figura, y está sostenida por el puente E, que se fija á la platina, como todos los demas, por medio de un fuerte tornillo y tres piés.

La pequeña rueda media F, sostenida por el puente G, está colocada debajo de la anterior y del balancin.

La rueda perpendicular H, sostenida por el puente *z*, atraviesa la platina por una abertura que se vé en la figura 9 en M, y va á terminar en una concavidad

practicada en la pieza N, sujeta á la cara de la platina con dos tornillos y dos piés.

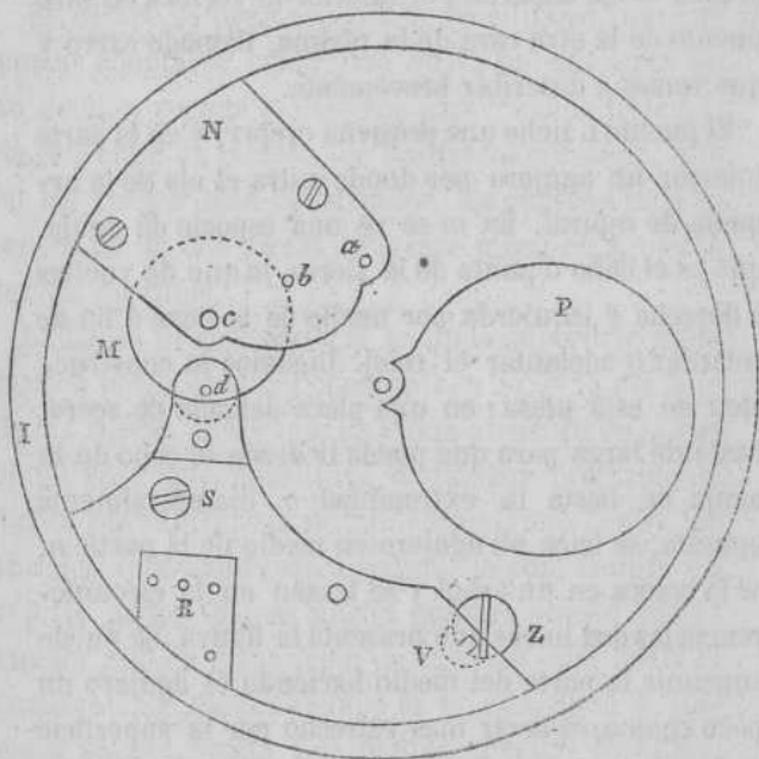


Fig. 9.

La rueda del cilindro, oculta en la figura por el puente *k*, que la sostiene, y por el balancin, tiene uno de sus ejes girando en el puente *k*, y el otro en la pieza *n*, que está en la otra superficie de la platina,

y que sirve para recibir al mismo tiempo los ejes inferiores de las dos ruedas F y H.

La pieza L recibe el eje superior del balancin y en él gira el eje superior, el inferior lo verifica en otro puente de la otra cara de la platina, llamado carro y que vamos á describir brevemente.

El puente L tiene una pequeña oreja *r*, y en la parte inferior un agujero por donde entra el eje de la armella de espiral. En *m* se vé una especie de aguja, que es el cabo ó punta de la sierra, la que dá vueltas á derecha é izquierda por medio de la llave á fin de retardar ó adelantar el reloj. Digamos la construcción de esta pieza: en una placa delgada de acero, bastante larga para que pueda ir desde el cabo de la aguja *m*, hasta la extremidad *o*, diametralmente opuesta, se hace un agujero en medio de la parte *n*, se la coloca en un árbol y se trazan en la circunferencia las dos líneas que presenta la figura. Se puede suprimir la parte del medio haciendo el agujero un poco cónico, es decir mas estrecho por la superficie destinada á apoyarse sobre la pieza L, y mas ancha al exterior, El resto se lima segun la forma indicada por la figura, ajustando sobre el todo una pequeña pieza de acero *n*, cónica en el sentido inverso del agujero de la sierra y fija á la pieza *n* en el centro de la sierra con dos tornillos; en cuyo caso esta última puede girar suavemente al rededor de la pieza *n*.

La oreja *o*, que está en el cabo de la sierra, tiene debajo dos clavijas, distantes entre sí un milímetro, por las que pasa la primera revolucion del espiral.

El escape es ordinariamente de cilindro, aunque puede adoptarse cualquiera otro; no entremos en su detalle, porque lo dejamos para cuando tratemos de esta clase de piezas. Nos limitaremos á decir, que en los relojes bien contruidos, los cuatro ejes á lo menos de las dos piezas de escape giran en agujeros hechos en rubis.

La figura 8ª representa la segunda superficie de la platina por el lado del cuadrante, y la 7ª la del lado de las ruedas. Obsérvase en P una abertura en la que el cilindro que constituye el tambor propiamente dicho, puede girar sin frotamiento alguno contra las paredes de la expresada abertura, lo cual facilita un resorte motor lo mas ancho posible, puesto que el tambor está en disposicion de elevarse casi hasta el cuadrante. Al mismo tiempo se vé una pieza N, llamada *punte*, sujeta á la platina con dos tornillos, la que recibe en *a* el eje de la pequeña rueda media; en *b*, el de la rueda perpendicular, y en *c*, el de la de escape. Dicha pieza está adelgazada por la parte inferior, con el objeto de no dejar al laton sino el grueso necesario relativamente á la longitud de los ejes.

Tambien se vé, en la figura 8, una segunda pieza

O, llamada *carro*, que tiene hácia el centro de su longitud una parte saliente R, del grueso de la platina, y que entra en una muesca de la misma forma practicada en esta última, llegando hasta la otra superficie; no ajusta exactamente para que la pieza pueda tomar un movimiento pequeño á derecha ó á izquierda de tres ó cuatro grados á lo mas; pronto veremos la utilidad de esta construccion. El carro se fija con el tornillo.

La pieza L (fig. 8) no está sujeta por el tornillo *t* á la platina, sino á la parte R del carro O (fig. 9), y por tres pies que alli se indican. En *d* y sobre el mismo carro vese el sitio del eje del cilindro. Ahora se comprenderá facilmente que si las dos piezas se ajustan con exactitud y ademas se fija el carro O en la platina con el tornillo *s*, el punto *d*, donde se halla el eje inferior del balancin, describirá un pequeño arco de círculo al rededor del punto *s*, por cuyo medio podrá acercarse ó alejarse el cilindro del centro *c* de la rueda, y al mismo tiempo rectificar cuando se quiera el escape, si uno conoce que al colocar las dos piezas que le componen, cometió algun error.

Para obviar este inconveniente, se introduce en la platina un tornillo de cabeza ancha F, con su muesca *v*, en la que encaja un clavo de acero fijo al extremo del carro; de manera que dándole una pequeña

vuelta con el desarmador á derecha ó á izquierda se imprime al cilindro un movimiento que le aproxima ó aleja suficientemente de la rueda; cuando el escape está fijo, se pone una señal en la platina, y se aprieta el tornillo *t*, en cuyo caso el escape queda irrevocablemente fijo.

La figura 9 dará una idea de la estructura del árbol del tambor de los relojes á la semi-Bréguet. Todo el tronco desde *a* hasta *b*, y la placa circular *d*, es de una sola pieza. El tambor está comprendido con su tapadera en la altura *c*, hácia cuyo centro se vé un agujero. Sobre la parte *c*, cilíndrica, se pone otro cilindro *M*, de igual diámetro al tercio del de el interior del tambor; en dicha pieza gira el resorte motor. Pero como estas dos piezas deben estar sólida é invariablemente fijadas, se atraviesan los dos agujeros á la vez, despues de ajustar con exactitud una pieza sobre otra, lo cual se ejecuta con un clavo de acero que debe sobresalir por un lado, con el objeto de poner un gancho capaz de retener perfectamente el resorte. Como el tambor ha de frotar contra la placa *d*, y este frotamiento seria excesivo si tuviese todo el diámetro de la pieza, se la hace de plano inclinado, de modo que no pueda apoyarse mas que en una extension suficiente para su solidez, y pequeña á la vez para que el frotamiento sea todo lo menos posible.

Sobre el árbol del tambor *a b* (fig. 9) se pone una especie de rodela *f*, de cierto grueso, ajustándola, por cima de la rueda catalina *g*, sujeta con tres tornillos á dicha rodela, como se observa en B (fig. 7).

En las figuras 10, 11, 12, 13, 14 y 15, se ven los detalles del puente á la Bréguet y la estructura de su árbol de tambor.

La figura 10 demuestra el puente visto por la parte superior, y montado todo con su resorte, palanca, etc.

La figura 11 hace ver el mismo puente por la parte inferior, pero sin el resorte que está separadamente al lado (fig. 12).

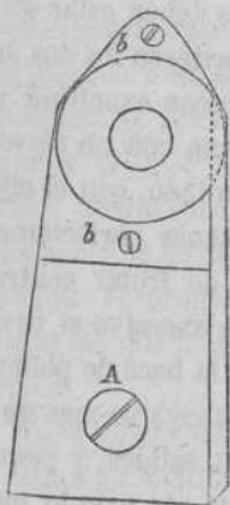


Fig. 10.

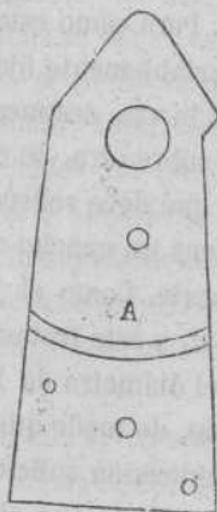


Fig. 11.



Fig. 12.

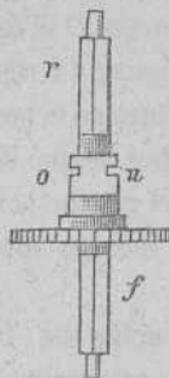


Fig. 13.

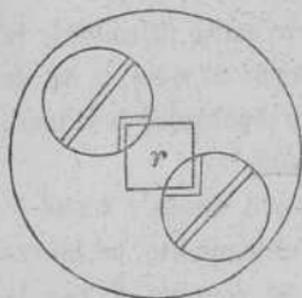


Fig. 14.

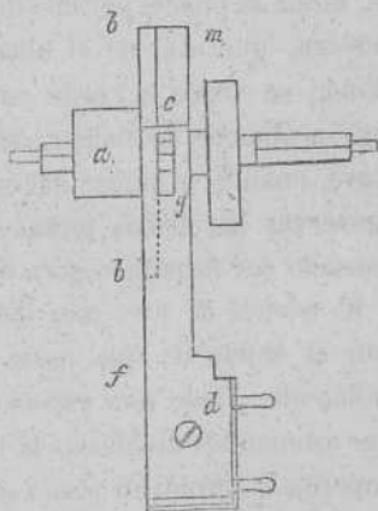


Fig. 15.

La 13 manifiesta el árbol del tambor de perfil, y al lado, en *g*, la rueda catalina vista de cara.

La figura 14 representa, en escala cuadrupla, la estructura de la pieza de acero que aumenta el grueso del árbol segun las proporciones requeridas, y que tiene el gancho para sostener el resorte. Las mismas letras indican idénticos objetos en todas estas figuras.

El puente (fig. 10) no es de una pieza; se compone del puente propiamente dicho, cuyo grueso se puede considerar en la parte superior *b, b* (fig. 15), dividida en tres partes iguales: una *m*, que forma una sola pieza con el puente; la segunda *b, b*, con un cañon *a*, unida al puente por dos tornillos *b, b* (fig. 10); la tercera, que está en el hueco de la parte maciza, donde se coloca la rueda catalina. El cañon *a*, de que acabamos de hablar, sirve para introducir la llave, cuando se quiere dar cuerda al reloj, á fin de preservar las demas piezas de cualquier accidente causado por torpeza ó poca maña.

El resorte *d, c* es mas delgado desde *f* hasta *c*, con el objeto de que posea unicamente la fuerza suficiente. Tiene una especie de ventana *g*, por la que asoman los dientes de la rueda catalina. La parte superior *c* forma un plano inclinado, que entra en los dientes de la espresada rueda y les impide retrogradar. Dicho resorte está fijo en el grueso del

punte por un tornillo y dos piés, como lo muestra la figura 12.

El árbol del tambor (fig. 13) es de acero y de una sola pieza, comprendida la rueda catalina *s*, que se vé de cara al lado en *g*. La parte *o*, *n* es cuadrada; lo demas es redondo á excepcion de los dos tubos *p* y *r* que tambien son cuadrados. Sobre los dos ángulos opuestos de la misma diagonal hay dos pequeñas muescas *o*, *n*, en las que se pone un cilindro de acero, de igual diámetro al tercio del de el interior del tambor. La figura 14, de doble escala que las demas, dará á conocer esta estructura. En el prolongamiento de la diagonal del cuadrado *r*, que está en el centro, se practica un agujero á cada lado y á la misma distancia de los dos ángulos; en los dos agujeros se introducen bien dos tornillos de cabeza chata, los que tienen una muesca en ángulo recto, suficiente para dejar paso al cuadrado. Hecho esto, se les dá á los tornillos un cuarto de vuelta, en cuyo caso se introducen en las muescas *o*, *n*, sirviendo de llave, y el conjunto queda perfectamente sólido. La pieza representada en la figura 14 tiene el gancho con el resorte motor en el centro.

En estos dos sistemas se ha adoptado una construccion particular para la pieza de los minutos. En vez de horadar el piñon, que, en el antiguo sistema, se coloca á frotamiento sobre el tubo prolongado del

eje de la gran rueda media, aqui es todo lo contrario: el piñon de la gran rueda media está taladrado en su eje de una á otra punta, reemplazando la pieza de los minutos con un piñon grueso, cuyo tubo inferior entra en el agujero practicado en dicho piñon á frotamiento suave, pero bastante fuerte sin embargo para que sea arrastrado como lo era la referida pieza; el tubo lleva el eje de la mencionada rueda. Por este medio se consigue que el tubo superior del piñon que la reemplaza sea mas pequeño, y los cañones de las ruedas, que han de girar sobre él, experimenten menos frotamiento (1).

Nos hemos extendido demasiado en estos pormenores, porque creemos importante el conocimiento de todo el mecanismo de los sistemas Bréguet y semi-Bréguet, que fueron un paso mas en el progreso del arte, el cual tiende siempre á armonizar la sencillez con la estabilidad y fijeza.

(1) Todos los detalles relativos á los sistemas Bréguet y semi-Bréguet, los hemos tomado de la *Guia de los Obreros de MM. Seb. Le Normand y Janvier*, edicion corregida y aumentada por Magnier.

CAPITULO IV

I

Nocion general de la repeticion.

Vamos á dar una idea de este mecanismo ingenioso, que es casi idéntico para toda clase de relojes (1).

Llámanse relojes de repeticion á los que dan la hora y los cuartos marcados por las agujas en el cuadrante. Difieren de los sencillos ó comunes, que hemos descrito, en que tienen una segunda rueda y piezas de acero denominadas *cuadraturas*, porque están ordinariamente colocadas bajo el cuadrante. Estas piezas, cuando no son solicitadas por el gatillo á entrar en movimiento, ocupan un lugar determinado que no abandonan jamás. Sus funciones son absolutamente independientes de las del movimiento

(1) Cuando empleamos la palabra reloj, es unicamente para significar los portatiles ó de bolsillo. Sin embargo, lo que vamos á decir, es aplicable tambien á los péndulos ó relojes de pared.

del rodage; de manera que el movimiento marca la division del tiempo como un reloj sencillo. En el instante que se introduce el gatillo en el interior de la caja sube el resorte del pequeño rodage y le pone en movimiento. No obstante, este rodage no moverá ninguna pieza de la cuadratura y por consiguiente el reloj no dará la hora, si no se le introduce bien hasta que se oiga un pequeño ruido. Entonces salen de su inercia las referidas piezas, y mientras que el pequeño rodage se ocupa en volverlas á su sitio primitivo, encuentran á los martillos á quienes obliga á dar sobre un timbre, ó resorte de acero que hace sus funciones, tantos golpes sencillos ó dobles como horas y cuartos marcan las agujas. La figura 16 demuestra las disposiciones de estas piezas.

Hoy se encuentra en el comercio de relojeria dos sistemas de cuadraturas, como hay los dos de construccion que hemos narrado. Darémos á conocer el rodage de repeticion y despues dirémos algo de los dos sistemas.

Se compone el rodage de repeticion de cinco ruedas é igual número de piñones. Está colocado sobre el borde de la gran platina en el espacio comprendido entre la rueda perpendicular y el tambor. El efecto de este rodage es regularizar el intervalo de cada golpe.

La primera rueda, que tambien se llama gran rueda

de campana, tiene una palanca y un pequeño resorte sobre el que obra una rueda catalina que forma parte



Fig. 16.

del árbol ó eje de aquella, constituyendo un aparato completo que cede al girar el eje en sentido inverso del ejecutado por la rueda para imprimir al rodage

el movimiento. El árbol de esta gran rueda sirve al mismo tiempo de árbol del tambor que dirige al pequeño resorte que la anima. Dicho resorte, enrollado en espiral como el del movimiento, está colocado en un tambor fijo á la pequeña platina por dos tornillos. Hé aquí el número de ruedas y piñones:

	Dient. de las r.	Aspas de los p.	Revolucion.
Gran rueda.	42	6	1
Segunda rueda.	36	6	7
Tercera rueda.	33	6	42
Cuarta rueda.	30	6	231
Quinta rueda.	25	6	1.155
Piñon ó volante.	"	"	4.812 1/2

El eje de la gran rueda de campana, independientemente de la rueda catalina, tiene otra destinada á mover el martillo grande. Esta última se divide comunmente en 24 partes iguales, de las que se quita despues la mitad á fin de no dejar mas que 12, que dan 12 golpes. Dividiendo por 24 el número 4812 1/2, que expresa el de las vueltas que ejecuta el volante interin la gran rueda dá una, se tendrá por cociente 200 1/2, número de vueltas que hará dicho volante á cada martillazo.

Dos martillos de acero fundido se colocan en el interior y sobre el borde de la caja. Están montados solidamente en un eje de acero templado que termina en dos ejes giratorios en la pequeña y gran platina,

donde se prolongan como despues veremos. El mango del martillo grande se halla entre la rueda perpendicular (1) y la de la campana, y su cuerpo pasa bajo la primera, dejando á la cabeza la altura que permite el rodage para obtener la mayor masa posible. La figura 17 demuestra el gran martillo.

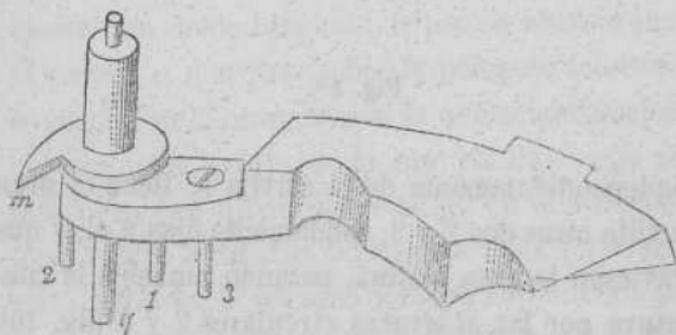


Fig. 17.

Sobre el mango de dicho martillo hay un cañon de acero que tiene en la caja una especie de diente *m* (puede verse en la figura 18), que engrana en la rueda de 12 dientes y le hace dar las horas. Este cañon tiene una clavija *J*, que pasa por la abertura circular 1 (fig. 16) para operar el efecto que pronto diremos. La clavija sirve tambien para mover el gran martillo

(1) Se llama perpendicular, porque sus dientes se hallan en dicha posicion respecto al plano del reloj.

cuando el diente *m* (fig. 17) está preso en los de la rueda de 12 dientes, cuya descripción hemos dado.

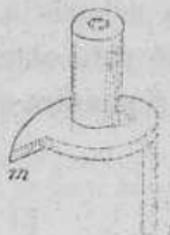


Fig. 18.

Independientemente de la clavija 1, tiene el gran martillo otras dos 2 y 3, solidamente fijas á él, y que atraviesan la gran platina, pasando ambas á la cuadratura por las aberturas circulares 2 y 3 (fig. 16), cuyo uso es el siguiente. La clavija 3 (fig. 17) está mas lejos del eje *g* del martillo, que la 2, y contra esta última obra, por el lado de la cuadratura, el resorte *g* (fig. 16). Este resorte fuerte, con su palanca larga, hace dar golpes al martillo y suenan las horas.

En el instante que dan los cuartos y las horas, el diente *m* (fig. 17 y 18) se pone boca abajo por el medio que indicaremos al describir la cuadratura. Este diente ya no engrana mas con los de la rueda catalina; la clavija I se aleja del martillo y por consiguiente no vuelven á encontrarse. Dan los cuartos por las piezas de la cuadratura que hay presas en

otro diente colocado bajo el cuadrante, y que, levantando poco el martillo, produce menos ruido.

Entendido esto, pasemos á describir *la cuadratura*. En la figura 16 están representadas todas las piezas en accion.

El *gatillo p*, al obrar sobre la *birola t* del registro C, impele á este hácia adelante. En este movimiento ejerce una doble funcion : 1^a por su brazo *a* tira de la cadena *c*, que pasa sobre la polea de retorno B y se enrolla en la otra polea A, la que se ajusta al árbol del pequeño resorte de la campanilla; tiene sobre esta polea un diente *d*, retenido en el eje por un tornillo que le impide salir de su sitio. En esta primera funcion, el registro obliga á la polea A á hacer una revolucion completa, cuando dan las 12 y 3 cuartos; 2^a por su segundo brazo *b*, se apoya el registro en el espiral E, cuyas diversas concavidades fijan el número de golpes que han de darse para indicar la hora marcada en el reloj.

El espiral E se fija con dos tornillos á la estrella D, que tiene 12 dientes sujetos por un resorte en forma de aspa S. A cada vuelta del minuter, empuja un diente de la espiral, es decir un diente por hora. Las expresadas piezas están en un tubo que hay al extremo de un tornillo F, que entra en la pieza de acero G llamada el *todo ó nada*. El extremo del tubo F entra en un agujero hecho en la platina, suficientemente

ancho para permitirle retroceder un poco, cuando la espiral sea empujada por el brazo *b*.

El *todo ó nada* G es una pieza importante, cuya construccion se debe conocer perfectamente, á fin de apreciar sus efectos que combinados con los de la pieza de los cuartos, para evitar errores, dán exactamente las horas y los cuartos indicados por las agujas, ó no dan absolutamente ningunos. Esto es lo que ha hecho darle el nombre que lleva (1).

El resorte G tiene su centro de movimiento en el punto J, sobre un tornillo semejante al F y que entra en un pequeño cañon remachado en la platina, á fin de elevarla á la altura conveniente. Por la otra extremidad descansa en una aguja atornillada *f*, que se introduce en la platina; atraviesa el grueso dicha aguja del resorte G, pasando por un agujero oblongo que permite á este último un pequeño movimiento hácia atras, impreso por el brazo *b* del registro. Terminada la presion, el *todo ó nada* vuelve á su primera posicion por el pequeño resorte *h*, que obra sobre la aguja *f*, en una muesca que tiene. La llave *j* impide al *todo ó nada* elevarse; el agujero K, hecho en esta pieza, sirve para dar paso al cuadrado de la espoleta á fin de facilitar el poder montar el reloj.

El extremo H tiene una forma un poco curva y ter-

(1) Le tout-ou-rien llaman los Franceses al resorte de una repeticion, que dá ó no la hora y los cuartos.

mina en el vértice de un ángulo agudo, sobre el que viene á colocarse el brazo *m* de la pieza de los cuartos durante su reposo.

La pieza de los cuartos *G* es de acero templado y su centro de movimiento está en *i*; consta 1º de tres dientes en cada extremo, cuyo objeto es dar dos golpes á cada cuarto; los tres dientes *J* obran sobre el alza del gran martillo, y los *L* sobre el del pequeño. Su brazo *o*, cuando el *m* descansa en la extremidad del *todo ó nada*, empuja la clavija *s* del gran martillo, y le impide quedar sujeto en la rueda de 12 dientes, colocada en el interior de la caja. Una clavijia *l*, fija en la pieza de los cuartos, sirve para enlazarla con la pieza *d*, la cual la vuelve á su estado de reposo.

Aunque no se emplean mas que dos martillos para dar las horas y cuartos, se obtiene el efecto de tres por medio de las clavijas 2 y 3 (fig. 17), fijas al gran martillo á distancias desiguales de su eje.

Hemos dicho que se encuentran hoy en el comercio dos sistemas de repeticiones; acabamos de describir el sistema antiguo perfeccionado por los mejores artistas, aunque no de la manera extensa que hubieramos deseado, en razon al poco espacio de que podemos disponer y á la indole de este trabajo. Nos resta que hablar del nuevo sistema conocido con la denominacion de *calibre á la Lepine*, autor á lo que parece de él.

Constan de las mismas piezas que hemos descrito antes, excepto la cadena *c* y la polea B que se suprimen. Lepine dió una nueva disposicion á todas las piezas de la cuadratura á fin de aproximar la polea A del registro, terminando á este por un arco de círculo de igual longitud á la circunferencia de dicha polea. Colocó estas dos piezas una contra otra para que el registro arrastrase á la polea á frotamiento duro.

Bréguet ha suprimido la cadena y las dos poleas en los que se enrollaban, cambiando la forma del registro, al que dió dientes que engranan en un piñon cuadrado puesto en el tubo del árbol del tambor del pequeño rodage; modificacion importante con la que se obtiene mas espacio en la cuadratura y se remedia uno de los accidentes notables de las repeticiones; el alargamiento de la cadena.

II

Despertadores.

Se llama *despertador*, un reloj que, además del mecanismo comun á todos, posee un pequeño rodage que, en un momento determinado, y por medio de un doble martillo que golpea sobre un timbre produce un ruido suficiente para despertar una ó muchas personas dormidas.

Las construcciones en esta clase de relojes, como en todos, se han multiplicado y variado hasta lo infinito. Las mas sencillas, tales como las describe Fernando Berthoud, tenian un pequeño cuadrante en el centro del cuadrante del reloj, que se obligaba á girar con la mano; pero era desagradable á la vista y difícil de colocar.

Lepaute, en su *Tratado de Relojeria*, describe la construccion generalmente adoptada, que es mucho mas elegante y segura que todas las demas. No podemos hacer otra cosa mejor que reproducirla.

La figura 19 muestra á rasgos las piezas que están bajo el cuadrante y que constituyen este género de aparatos. En ella se vé, á puntitos, las ruedas del movimiento, las del despertador, y su martillo.

La rueda A es la pieza que mueve al martillo F, G, con gran rapidez. El rodage que mueve la rueda A se compone de dos ruedas y dos piñones. La rueda G marcha por un tambor que encierra un gran resorte y la anima, engranando ademas en un piñon conducido por la rueda B, la que á su vez engrana en otro cuyo tubo se eleva bajo el cuadrante y lleva la rueda A. El mango del martillo F, G, para bajo el cuadrante y tiene en D una paleta cuadrada que engrana en los dientes de la rueda; posee ademas una horquilla que recibe entre sus dos puas un diente conducido por la pieza E, la que lleva otra paleta engranada igual-

mente en los dientes de la misma rueda A. Estas dos piezas forman entre sí una especie de escape de doble palanca.

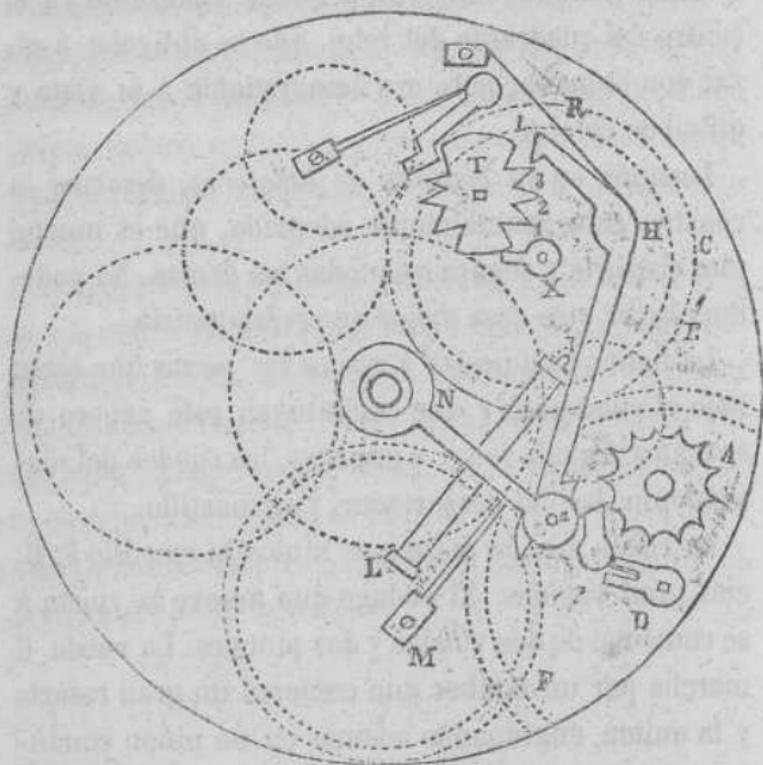


Fig. 19.

Cuando la rueda está libre, mueve alternativamente el martillo y este dá sobre el timbre; pero si el despertador no ha de funcionar, entónces el martillo queda sujeto al tornillo *a*, colocado perpendicularmente á su mango en la estremidad del fiador.

El fiador N , a es movable al rededor de un eje horizontal L , Y , de modo que, cuando su estremidad N tiene la libertad de bajar, el resorte K , M , que comprime siempre de abajo arriba, eleva la parte a , la que deja libre al tornillo y martillo.

Todo está reducido á comprender como la parte N del fiador puede descender á la hora en que ha de sonar el despertador, y porque á cualquiera otra no. Para ello, debemos tener presente que la rueda del cuadrante ó de las horas está colocada bajo la parte N del fiador el que se apoya en dicha rueda. Sobre el cuadrante y bajo la aguja de las horas Q , S (fig. 20)

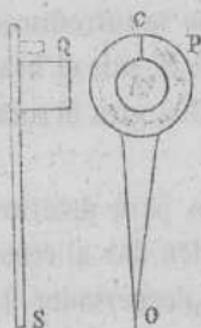


Fig. 20.

se halla la aguja del despertador P , O , entallada en c , y cuya muesca termina en plano inclinado hácia P . Esta aguja está fija al cuadrante, frotando suavemente, por una chapa. El cañon de la aguja de las

horas Q, S pasa sin frotar á través del agujero de la del despertador, y cuando se la va á introducir en el cañon de la rueda de las horas, se pone de modo que la clavija Q toque en el fondo de la muesca *c*. Siguese de esta disposicion que cuando gira, sube á lo largo del plano inclinado y arrastra consigo á la rueda del cuadrante.

Colocada la aguja del despertador P, O en la hora que se desea, la clavija Q, que tiene levantada la aguja del cuadrante, y por consecuencia el brazo N de la palanca N, *a* (fig. 19), se pasea en el plano de la aguja del despertador, pero en el instante que encuentra á la muesca *c*, la aguja de las horas y la rueda del cuadrante se introducen en la misma cantidad, baja el brazo N, sale el brazo *a*, se levanta el tornillo *a* del martillo, gira el rodage del despertador y suena el timbre.

El fiador F sirve para determinar el número de vueltas que se pueden dar al resorte contenido en el tambor, al subir el despertador. La paleta X, fija al eje del tambor, cuando se eleva el despertador, engancha sucesivamente los dientes 1, 2, 3, y á la última vuelta vienen á descansar en la parte plana y saliente 4.

El uso de la pieza R, H, V, es el de hacer cesar con prontitud y precision el movimiento del despertador. En efecto, cuando este principia á sonar, estando la

estremidad R de la pieza R, H, V, sobre la parte 4, la mas saliente del fiador, la otra estremidad V, queda separada de la clavija y no impide el movimiento del martillo; pero en el momento en que el resorte concluye de dar sus cinco vueltas y la paleta X esté dispuesta á descansar en X, la parte R caerá en la primera muesca, y la otra estremidad V, que tiene una pequeña abertura semi-circular para abarcar la clavija α , detendrá subitamente el martillo.

CAPITULO V

I

Del Péndulo.

Como hemos dicho precedentemente, el péndulo es la parte mas importante de un reloj, el verdadero instrumento de la medida del tiempo; el que por sus oscilaciones divide el tiempo y el que en union con el escape con quien está ligado, modera la velocidad de las ruedas que cuentan todos sus movimientos. Por un doble efecto del escape, estas mismas ruedas trasmiten al regulador la fuerza del motor y mantienen su movimiento oscilatorio, que la resistencia del aire y los frotamientos tienden de continuo á destruir.

Siendo pues tan esencial su estudio, reproducimos en este lugar las leyes del péndulo, adoptadas en las ciencias físicas; despues trataremos de la construccion de los relojes de pared. De este modo creemos

seguir un órden claro y metódico, dando á conocer primero la teoria y, sabida esta, la práctica del arte.

II

Teoria del Péndulo.

Usase el péndulo para determinar con exactitud la intensidad de la gravedad en los diferentes lugares de la Tierra; y bajo este punto de vista tiene una inmensa importancia, como despues veremos.

Otra aplicacion es la de los balancines de nuestros relojes, por la que es tambien interesante estudiarle en este manual.

Se distinguen dos clases de péndulos: el *simple* y el *compuesto*.

El péndulo simple, ó *mejor dicho ideal*, consistiria en un punto pesado, suspendido á un hilo inextensible, no pesado, que se moviese sin frotamiento alrededor de un punto fijo. Este péndulo es irrealizable; pero se pueden calcular las leyes de su movimiento si existiese.

El compuesto es un cuerpo susceptible de moverse alrededor de un eje horizontal. Sus formas y dimensiones varian mucho.

Antes de ocuparnos de las leyes del movimiento

pendular, examinaremos la naturaleza del movimiento de un péndulo simple.

Supongamos (fig. 21) un péndulo A B. Sabemos

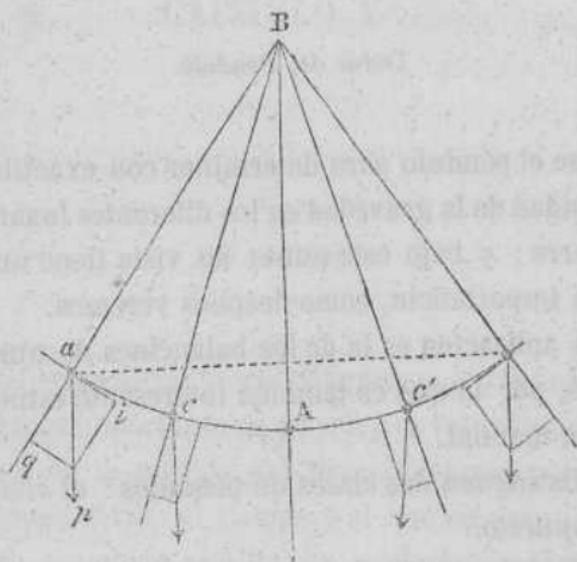


Fig. 21.

que estará en equilibrio cuando el hilo, al que se suspende el punto material, sea vertical; entónces la acción de la gravedad sobre este móvil será destruida por la resistencia del punto fijo al que está suspendido; pero, separándole de su posición de equilibrio y haciéndole tomar la dirección inclinada B a, y abandonándole á sí mismo, es evidente que no podrá per-

manecer en esta nueva situacion y descenderá para tomar su posicion primitiva, ejecutando al rededor idas y venidas que se llaman *oscilaciones*; las que, si se tratara de un péndulo simple, tendrian extensiones y duraciones iguales.

En efecto, la gravedad que obra sobre el punto material a es una fuerza vertical $a p$, que se puede descomponer en dos: una que obra en el sentido del prolongamiento $a q$ del hilo, destruida por la resistencia del punto fijo, y otra $a i$, que lo verifica segun la perpendicular á $B a$, conservando todo su efecto y arrastrando el móvil. Esta descomposicion de la gravedad puede hacerse en cada punto del arco descrito por el móvil, y examinando la figura se comprende que miéntras mas se aproxime el móvil á la vertical, mas disminuye la componente efectiva. Concibese tambien que a se moverá hasta A con un movimiento acelerado, no uniforme, ni uniformemente variado, porque la componente efectiva que le hace obrar, aunque disminuyendo siempre, le comunica no obstante una fuerza aceleratriz, que unida á las primeras impulsiones, aumentan su velocidad.

Llegado á A , aun cuando sea destruida completamente la gravedad que solicita al móvil, el péndulo, en virtud de la velocidad adquirida, subirá al otro lado. Entónces la gravedad obrará de nuevo sobre él, pero como fuerza que tiene por efecto disminuir su

velocidad. Subirá por el lado opuesto hasta una altura igual á la de que partió; despues bajará otra vez y ejecutará una segunda oscilacion enteramente semejante á la primera. Si se supone al péndulo en dos posiciones c c , equidistantes de la vertical $B A$, es claro que, en razon de la simetría de la figura, la componente aceleratriz del punto c tendrá igual intensidad que la retardatriz del c' . De aqui se deduce que interin dure el movimiento ascencional del péndulo, la gravedad quitará sucesivamente los acrecentamientos de velocidad que le comunicó miéntras su descenso.

Suponiendo al péndulo libre de todo frotamiento, en este caso las oscilaciones tendrian constantemente la misma duracion, igual estension, y se perpetuarian indefinidamente; pero haciendo el esperimento con un péndulo compuesto, es claro que se parará; lo que depende, por una parte, de la resistencia del aire, y por otra, del frotamiento de la parte superior del mismo péndulo.

Veamos ahora las leyes del movimiento pendular que acabamos de esponer; es decir, del péndulo simple.

Primera ley. — Las oscilaciones son isocronas. Entiéndese por esto que se verifican en el mismo tiempo, siendo su duracion independiente de su estension, siempre que esta no pase ciertos limites.

Segunda ley. — La duracion de las oscilaciones en un mismo lugar, para péndulos de diferentes longitudes, varian en razon de las raices cuadradas de sus longitudes. Asi, un péndulo cuatro veces mas largo que otro tarda dos veces mas tiempo en hacer una oscilacion, ó no hace mas que una, interin el otro dos; un péndulo nueve veces mas largo que otro tarda tres veces mas tiempo en ejecutar una oscilacion, ó no efectua mas que una interin el otro hace tres.

Tercera ley. — La duracion de la oscilacion está en razon inversa de la raiz cuadrada de la gravedad; es decir, que si la gravedad tiene 4, 9, 16.... veces mas intensidad, el péndulo oscilará 2, 3, 4.... veces mas veloz. Estas tres leyes están implicitamente encerra-

das en la fórmula siguiente: $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, en la cual t es el tiempo de una oscilacion, π la relacion 3,14159 de la circunferencia al diámetro, l la longitud del péndulo, y g la intensidad de la gravedad, t se espresa en segundos; l en metros.

Péndulo compuesto. — Lo que antecede es aplicable á un péndulo simple que oscilase en el vacio, pero si suponemos que lo ejecuta en el aire, la resistencia de este disminuira poco á poco la estension y concluiria por pararle.

Los péndulos compuestos que se usan en las cien-

cias y en las artes están generalmente formados de un tubo prismático ó cilindrico, al que se suspende un círculo de platina ó cobre, y que descansa en dos planos de acero ó agata.

Cuando está en movimiento un péndulo compuesto, la union que existe en todas las partes del aparato exige necesariamente que todas las moléculas, á cualquiera distancia que se hallen del eje de suspension, ejecuten sus oscilaciones en el mismo tiempo.

Luego, si (fig. 22) la molécula A, que está mas próxima al eje de suspension, fuese libre, oscilaria con mas velocidad que la B que se halla mas lejos. Empero á consecuencia de la intima union del sistema, la velocidad A disminuirá, la de B se acelerará, y entre estos dos puntos extremos habrá necesariamente uno C, cuyo movimiento ni será acelerado ni retardado. Este punto y todos los equidistantes al eje de rotacion oscilarán como si estuviesen libres. Se les llama *centro de oscilaciones*.

Síguese de aquí que un péndulo compuesto hace sus oscilaciones en el mismo tiempo que uno simple que tuviera por longitud la distancia del centro de suspension al de oscilacion.

Pero hay sin embargo una diferencia : no teniendo el simple, como ya lo hemos observado, ninguna resistencia que vencer, se moveria indefinidamente sin variar de estension ni duracion, miéntras que en uno

compuesto, el frotamiento del eje de suspension contra los sustentáculos, la resistencia del aire que está obligado á desalojar, gastan poco á poco su velocidad y lo vuelven al estado de reposo. Afortunadamente,



Fig. 22.

á pesar de la disminucion que sufre continuamente la estension de las oscilaciones del péndulo compuesto, su duracion, cuando estas oscilaciones son pequeñas, permanece constante. Esto se explica, porque la resistencia del aire y el frotamiento prolongan la semi-oscilacion descendente una cantidad igual á la que estas mismas causas disminuyen la ascendente. Queda la misma la duracion de la oscilacion total, y todas las leyes contenidas en la fórmula espuesta son aplicables al péndulo compuesto.

APLICACIONES.

1^a. *Medida de la intensidad de la gravedad.* — De la fórmula anterior deduce M. Pinaud el valor siguiente: $g = \frac{\pi^2 l}{t^2}$. — Bastará, pues, para calcular g , conocer la longitud del péndulo y el tiempo de una oscilacion. Estas medidas han sido tomadas en Paris con gran precision por Borda. Primero obtuvo la longitud l midiendo con aparatos micrométricos la distancia del eje de suspension al centro de oscilacion. Para conocer la duracion t de una oscilacion, hay que contar las oscilaciones que hace el péndulo en un tiempo dado, y dividir este tiempo espresado en segundos, por el número de oscilaciones. Mas como seria muy fastidioso contar los movimientos uno á uno, y por otra parte es fácil equivocarse, Borda eludió estos dos inconvenientes con el *método de las coincidencias*. Coloca el péndulo cerca de un reloj bien arreglado, cuyo balancin se mueve con mas velocidad ó lentitud que aquel. En un instante dado, pone en movimiento á los dos. A las primeras oscilaciones cesan de marchar, y al cabo de cierto tiempo se encuentran en coincidencia como cuando partieron. Entónces se pueden contar exactamente

las oscilaciones pendulares que se ejecutan en el intervalo de dos coincidencias. Este número será constante. De él se deduce el total de oscilaciones efectuadas en un tiempo marcado por el reloj, y por consiguiente la duracion de cada una de ellas. Este método es susceptible de una gran precision.

2^a. *Variacion de la gravedad con las latitudes.* — La intensidad de la gravedad en la superficie de la tierra varia con la latitud. Vá en aumento desde el ecuador á los polos. — Para probar este hecho, basta llevar sucesivamente un péndulo *invariable* á diferentes lugares del globo, y medir en cada uno de ellos el número de oscilaciones efectuadas en un tiempo dado. En efecto, segun la tercera ley que hemos enunciado, si la intensidad de la gravedad aumenta, la duracion de la oscilacion disminuye. Ahora bien; está generalmente reconocido por gran número de observaciones que un *mismo péndulo* oscila con mas lentitud en el ecuador que bajo las regiones polares, y que la oscilacion es mas y mas lenta á medida que uno se acerca á la línea equinocial.

Cuales son las causas de la disminucion de intensidad que marca el péndulo en la accion de la gravedad, marchando de los polos al ecuador? — Son dos: 1^a el aplanamiento del globo terrestre; 2^a la fuerza centrifuga.

La tierra es redonda en el ecuador y aplastada

hacia los polos. Segun los cálculos astronómicos, el radio del ecuador excede al del polo en 20.660 metros, cerca de 4 leguas $\frac{7}{10}$. Pues bien; es un principio de mecánica que la atraccion de una masa esférica ó esferoidal, sobre un punto colocado en su superficie, es la misma que si toda la masa atrayente estuviese reunida en su centro. Luego los puntos del ecuador, estando mas lejos del centro de atraccion terrestre que los de los polos, deben ser ménos atraídos, porque la gravedad decrece como aumenta el cuadrado de la distancia. La intensidad de la gravedad no es realmente constante sino á distancias muy pequeñas de la superficie del globo; cuando la distancia es comparable al radio terrestre, decrece la gravedad en la proporcion que hemos dicho, siendo muy sensible este decrecimiento en el vértice de las altas montañas.

En segundo lugar, la tierra gira sobre su eje en un dia; en cada círculo paralelo se desarrolla pues una fuerza centrifuga tanto mayor cuanto mas grande es el radio del paralelo; y puesto que el ecuador es el mayor de todos, la fuerza centrifuga tendrá allí su máximo. — Ademas, en el ecuador; la fuerza espresada está opuesta directamente á la accion de la gravedad, porque obra (fig. 23) segun la prolongacion del radio terrestre ó de la vertical. En los demas paralelos, la direccion de la fuerza centrifuga, que obra

segun la prolongacion de los radios de estos círculos, está tanto mas inclinada á la vertical cuanto mas cerca de los polos se halle el círculo. Solo una parte de estas fuerzas (la componente vertical) se emplea

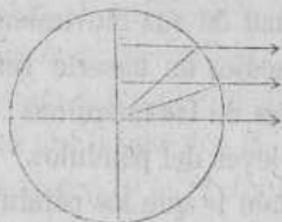


Fig. 23.

en este caso en combatir la gravedad, y es tanto ménor cuanto mayor sea la inclinacion.

En el polo es nula la fuerza centrifuga. Calcúlase que en el ecuador; si la tierra girase diez y siete veces mas veloz, seria igual la fuerza centrifuga á la gravedad y los cuerpos no pesarian.

No solo sirve el péndulo para demostrar que la gravedad decrece yendo de los polos al ecuador; sino tambien para determinar la ley de dicho decrecimiento, y por consecuencia el aplanamiento y figura del globo. Las leyes del movimiento pendular son muy importantes, porque tienen aplicacion á gran número de fenómenos fisicos.

El isocronismo de las oscilaciones del péndulo se

convierte en el instrumento mas exacto y precioso que se pudiera desear para medir el tiempo.

Galileo fué el primero que concibió la ingeniosa idea de medir el tiempo por las oscilaciones del péndulo; pero Huyghens le aplicó á los relojes para obtener la regularidad de sus movimientos; es decir, que inventó los medios de hacerle servir de moderador á los rodages de las máquinas; reasumiremos sucintamente las leyes del péndulo.

« Está demostrado 1º que los péndulos que describen arcos cualesquiera, concluyen sus vibraciones en tiempos que son entre si como las raices cuadradas de las longitudes de ellos;

2º Que las longitudes de los péndulos son entre sí como los cuadrados de los tiempos de las vibraciones de cada uno. Luego, miéntras mas largo sea el péndulo, mas tardará en ejecutar sus vibraciones; de modo que si las longitudes de dos péndulos son entre sí como 4 y 1, el tiempo de sus vibraciones será entre ellos como 2, raiz cuadrada de 4, y 1, raiz cuadrada de 1. De lo cual se deduce que, miéntras el péndulo 4 haga una vibracion, el otro ejecutará dos, y que si funcionan durante el mismo tiempo, el número de sus vibraciones será entre sí como uno es á dos, es decir, reciprocamente como las raices cuadradas de las longitudes.

Para economizar el tiempo y evitar cálculos que

no todos pueden hacer, trascribimos á continuacion, de la *Guia de los Obreros* de los ya citados MM. Seb. Le Normand y Janvier, una tabla que indica la longitud que debe tener un péndulo para dar en una hora el número de vibraciones determinadas por la composicion del rodage, y reciprocamente, para conocer tambien el número de vibraciones que debe hacer dar el rodage, segun la longitud dada del péndulo.

Esta tabla fué publicada por M. Francœur en el Diccionario tecnológico, y es preferible á cualquiera otra, dicen los espresados autores, porque se han asegurado de la exactitud de los cálculos de este sabio matemático.

Tabla de la longitud de un péndulo que dá un número determinado de oscilaciones por hora media, en el vacío, y segun un arco infinitamente pequeño.

NUMERO DE OSCILACIONES.	LONGITUD DEL PÉNDULO.	
	En líneas.	En milímetros.
3.600	440.359	999.827
3.700	417.07	940.83
3.800	393.41	871.96
3.900	373.39	846.81
4.000	356.83	805.00

NUMERO DE OSCILACIONES.	LONGITUD DEL PÉNDULO.	
	En líneas.	En milímetros.
4.100	339.66	766.30
4.200	323.68	730.46
4.300	308.80	696.59
4.400	294.92	665.29
4.500	281.96	636.03
4.600	269.83	608.70
4.700	258.47	583.07
4.800	247.82	559.03
4.900	237.80	536.44
5.000	228.39	515.20
5.100	219.52	491.19
5.200	211.15	476.33
5.300	203.26	458.53
5.400	195.80	441.70
5.500	188.75	425.79
5.600	182.07	410.71
5.700	175.74	396.43
5.800	169.73	382.00
5.900	164.02	370.01
6.000	158.60	357.78
6.100	153.44	346.14
6.200	148.53	335.07
6.300	143.86	324.51
6.400	139.40	314.45
6.500	135.14	304.85
6.600	131.08	295.68
6.700	127.19	286.92
6.800	123.48	278.55
6.900	119.93	270.53
7.000	116.52	262.80

NUMERO DE OSCILACIONES.	LONGITUD DEL PÉNDULO.	
	En líneas.	En milímetros.
7.100	113.26	233.50
7.200	110.14	218.46
7.300	107.14	211.70
7.400	104.27	205.21
7.500	101.53	208.98
7.600	98.85	222.99
7.700	95.30	217.24
7.800	93.85	211.70
7.900	91.49	206.38
8.000	89.21	201.25
8.100	87.02	196.31
8.200	84.92	191.55
8.300	82.88	186.96
8.400	80.91	182.34
8.500	79.03	178.27
8.600	77.20	174.14
8.700	75.42	170.17
8.800	73.73	166.32
8.900	72.08	162.61
9.000	70.49	159.01
9.100	68.95	155.54
9.200	67.46	152.17
9.300	66.02	148.92
9.400	64.62	145.77
9.500	63.26	142.71
9.600	61.85	139.76
9.700	60.68	136.89
9.800	59.45	134.11
9.900	58.25	131.42
10.000	57.10	128.80

NUMERO DE OSCILACIONES.	LONGITUD DEL PÉNDULO.	
	En líneas.	En milímetros.
10.100	55.97	121.41
10.200	54.88	119.08
10.300	53.82	116.83
10.400	52.79	114.63
10.500	51.79	112.50
10.600	50.82	110.43
10.700	49.97	108.41
10.800	48.95	106.45
10.900	48.06	104.54
11.000	47.19	102.68
11.100	46.34	100.87
11.200	45.52	99.11
11.300	44.74	97.39
11.400	43.93	95.72
11.500	43.17	94.09
11.600	42.43	92.50
11.700	41.71	90.95
11.800	41.01	89.44
11.900	40.32	
12.000	39.65	

Haremos observar, con el autor de esta tabla, que se ha de tener siempre presente: 1º que se han supuesto las oscilaciones infinitamente pequeñas y hechas en el vacío, habiéndose practicado las obser-

vaciones en Paris; 2º que al cambiar de latitud, varían las longitudes.

III

De los Péndulos ó relojes de pared.

Se llaman *péndulos* los relojes de aposentos, que antiguamente se colocaban en las paredes ó muros, y que hoy se ponen sobre las chimeneas, mesas, ó en cualquiera otra parte.

El movimiento de los relojes-péndulos está compuesto de dos sistemas de ruedas: uno sirve para medir el tiempo, otro para la campana. Algunas veces se añade otro rodage para los cuartos, independientemente del de las horas.

Dividiremos este artículo en tres párrafos, en los que trataremos: 1º de los *relojes-péndulos*, denominados *reguladores*; 2º de los *relojes-péndulos ordinarios*; 3º de los *péndulos* de repetición y de cuartos.

IV

De los Relojes. — Péndulos llamados reguladores.

Los relojeros tienen la costumbre de designar con el nombre de *reguladores* á los relojes de péndulo

largo de segundos, que marcan las horas, los minutos y los segundos con tres agujas ordinariamente concéntricas. No hay un relojero que carezca en su taller de una muestra de esta clase, que les sirve para arreglar y componer todos los que hace. Los reguladores, cuando se construyen con la delicadeza y cuidados que prescribe el arte, se llaman también relojes astronómicos.

El espacio de que podemos disponer no nos permite entrar en todos los detalles de la construcción de estos relojes, con tanta más razón cuanto que su estructura se diferencia bien poco de los péndulos ordinarios que vamos á describir. No obstante, como los péndulos datan casi del nacimiento de la relojería, pueden consultarse con fruto las obras clásicas del arte, y especialmente el *Ensayo sobre la Relojería* de Fernando Berthoud, que todos los relojeros deberían conocer.

V

De los relojes. — Péndulos ordinarios.

Los *relojes-péndulos* ordinarios ó de chimenea tienen generalmente dos sistemas de ruedas, y un péndulo ó balancin largo. La altura de la caja en la que se encierra el mecanismo determina la longitud

del péndulo y por esta razon el número de vibraciones que ha de dar el reloj por hora.

Son de resorte y andan por lo comun quince dias sin darles cuerda. La campanilla está movida tambien por un resorte encerrado en un tambor cuya rueda tiene 84 dientes. Dicha rueda engrana en un piñon de 12, conducido por una segunda rueda de 72 dientes; el árbol de esta última lleva sobre la pequeña platina la *rueda contadora ó caperuza* que tiene 12 muescas desiguales para fijar el número de golpes que debe dar el martillo, relativos á la hora marcada en el cuadrante. La segunda rueda de 72 dientes engrana en un piñon de 8 de la tercera rueda de 60, que se llama rueda de clavijas. Todas tienen diez clavijas á distancias convenientes ó iguales, destinadas á levantar el martillo. Hay otra rueda llamada de gatillo con 64 dientes, que dá una vuelta á cada martillazo y tiene una sola clavija para detener la campanilla. La rueda de gatillo, que tiene un piñon de 6, engrana en otro del mismo número que lleva la rueda siguiente, llamada de *descanso* con 48 dientes, la que engrana tambien en un piñon de 6 del volante.

Esta construccion está sujeta á algunos inconvenientes. Sucede con frecuencia que la campanilla dá una hora diferente de la marcador por las agujas, en cuyo caso es indispensable poner la aguja con la

hora dándole vueltas y deteniéndose de media en media hora. Pronto veremos como se ha remediado este defecto.

Estos péndulos son algunas veces de repeticion : entónces tienen un pequeño rodage mas análogo al de los relojes, y una cuadratura basada en los mismos principios. Un cordon enrollado en una polea colocada en el árbol del tambor del pequeño rodage de repeticion, sirve para montar el resorte.

VI

Relojes. — Péndulos con campanilla, de cuartos y de repeticion.

La figura 24 representa la cuadratura. Los dos registros A y B tienen el mismo centro en C. Veamos como se ajustan : el registro A tiene un eje en el cual está remachado, y dos mas, uno de los que gira en la platina, y el otro en un puente fijo á la misma platina con un buen tornillo de dos piés. Lleva 12 dientes en forma de sierra y poco profundos sobre la superficie convexa, é interiormente sobre la concava, otros 12 en rueda, pero mas salientes que los primeros.

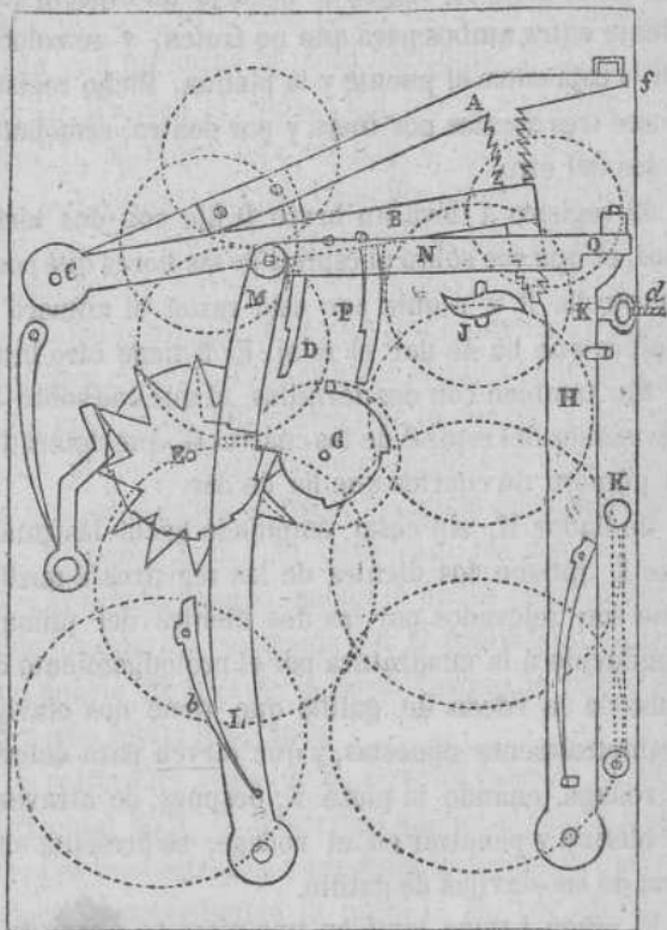


Fig. 24.

El registro B se apoya en un cañon de laton, cuyo agujero ajusta perfectamente con el tubo cilindrico del árbol del otro registro. Se deja un espacio suficiente entre ambos para que no froten, y se colocan en la caja entre el puente y la platina. Dicho registro posee tres dientes por fuera y por dentro, semejantes á los del otro.

El registro A lleva un brazo D fijo con dos tornillos, el que cae sobre el espiral de las horas que posee la estrella E y regula por esta razon el número de golpes que ha de dar el reloj. El B tiene otro brazo F fijo tambien con dos tornillos, el que cae sobre las divisiones del espiral de los cuartos G, que determina el número de cuartos que ha de dar.

Un fiador H, sin cesar empujado hácia las muescas I, retiene los dientes de los registros á medida que son relevados por los dos dientes del piñon J, conducido á la cuadratura por el prolongamiento del tubo de la rueda de gatillo que tiene dos clavijas diametralmente opuestas, y que sirven para detener el rodage, cuando la pieza K, despues de atravesar la platina y penetrar en el rodage, se presenta ante una de las clavijas de gatillo.

El piñon J tiene tambien una pieza en forma de S, cuyo uso es relevar al fiador, como vamos á ver.

La pieza L es el fiador principal que pone en movimiento toda la máquina. Su centro lo tiene en el

punto *a*, sobre un pequeño eje conducido por la platina y un puente. Está continuamente solicitado á moverse hácia adelante, es decir hácia *G*, por el esfuerzo del resorte *b*. Este fiador lleva, en el punto *M*, sujeta con un gozne la pieza horizontal *M, N, O*, que deja en libertad el rodaje del modo siguiente : la pieza *L, M*, posee una contera *c*, inclinada por el lado *L*, y cortada horizontalmente en la direccion del centro *G*. La rueda de los minutos, que pasa bajo el espiral de los cuartos *G*, tiene 4 clavijas, situadas en las cuatro estremidades de los dos diámetros perpendiculares entre sí. Tres de estas clavijas consecutivas están mas cerca del centro que la cuarta, y no empujan al fiador *H* sino lo necesario para dejar pasar las muesclas de los cuartos; la cuarta permite al fiador *L* ir mas lejos; en cuyo caso las dos muescas caen al mismo tiempo, suena la de las horas, interin la de los cuartos, sostenida por el espiral, no dá ningun cuarto despues de la hora. Veamos la diferencia para que repita los golpes.

Al retroceder el fiador *L*, arrastra consigo la pieza horizontal *M, N, O*. Obsérvase que en el punto *o* esta pieza es mas estrecha y presenta la forma de una escalera : retrocediendo la pieza *L, M*, por efecto de una de las cuatro clavijas, obliga á caer el arco *O* por delante de la parte superior del fiador *H*, y cuando ha pasado la clavija, el resorte *b* empuja la pierza *L*,

M, y por consecuencia la N, O, que hace retroceder al fiador H, deja libre el rodage y caen las muescas. Entónces los dientes J levantan á estas últimas, la pieza en P, que llevan, ejecuta lo mismo con la rama N, O, é impide que se enganche el fiador H, hasta que dán las horas y los cuartos; en cuyo caso el fiador H avanza cuanto puede, y la paleta K detiene el rodage. Tirando del cordon *d*, se desprenden las muescas, y el rodage de la campanilla dá primero las horas y luego los cuartos.

Concluido el curso de la muesca de las horas, y cuando se ha elevado todo lo posible, encuentra al extremo de la palanca *f*, que sujeta el martillo de los cuartos con las clavijas de la tercera rueda, para dar dos golpes á cada cuarto. Esta operacion se ejecuta de la manera siguiente :

La palanca *f, g, h*, fig. 25, movable sobre el punto *i*, detrás de la pequeña platina, se apoya por el punto *h*, sobre el extremo del eje *m* del martillo de los cuartos; el otro eje *l* viene á descansar por su punta en la cabeza del resorte K, de manera que cuando la muesca ó registro A está muy elevada, como la representa la figura 24, el brazo de la palanca *h* es empujado hácia adelante, el brazo *n* queda sujeto con las clavijas, y la pieza *p* mueve al martillo; pero en el momento que la espresada muesca cae, el resorte K rechaza á la pieza *p*, no la detienen

las clavijas, y el martillo de las horas dá un solo golpe á cada hora.

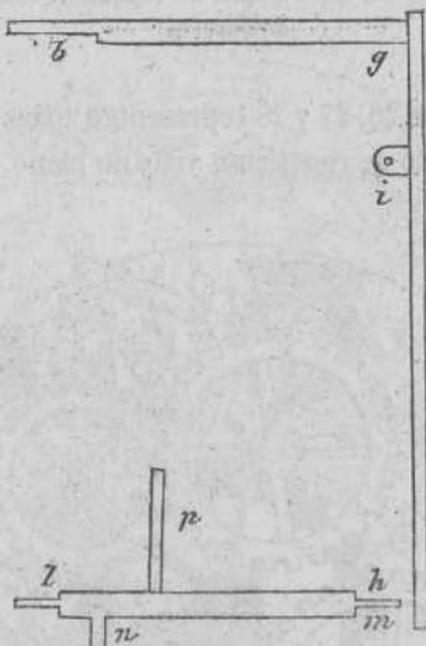


Fig. 25.

Esta construcción es quizá la mas sencilla de cuantas se conocen, y por esta razón la han adoptado todos los relojeros.

VII

Descripcion de un Péndulo de repeticion con escape de ancora.

Las figuras 26, 27 y 28 representan todas las partes de un péndulo de repeticion visto de plano.

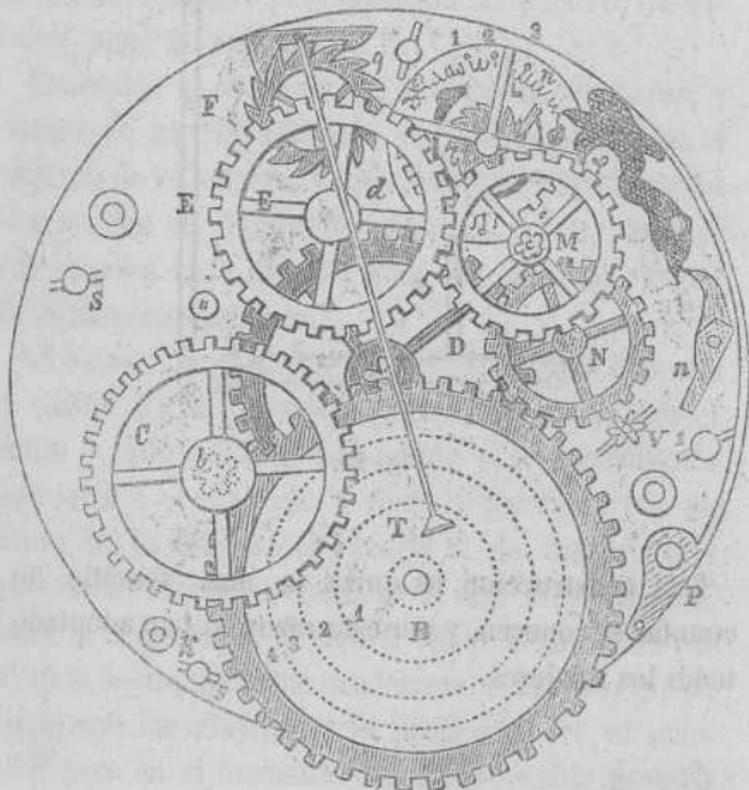


Fig. 26.

La primera figura contiene las ruedas y piezas encerradas en la caja ó entre las dos platinas, á



Fig. 27.

escepcion del áncora A, que está fuera para que se vea el escape.

Las ruedas B, C, D, E, F, son las del movimiento ;

B es el tambor que posee el motor ó resorte del reloj;
 C es la *gran rueda media*; D la de los minutos; E la
perpendicular; F la de escape.

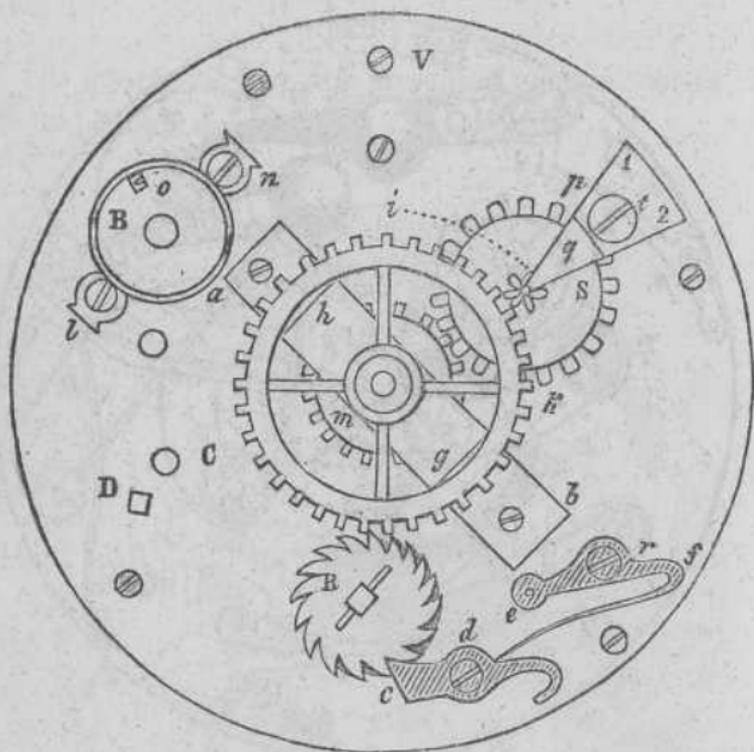


Fig. 28.

La rueda de los minutos dá una vuelta en una hora; el piñon al que se fija tiene su eje prolongado que atraviesa la platina de las columnas (fig. 28), este

eje (fig. 29) entra á frotamiento en el cañon de la rueda *m* vista en perspectiva (fig. 30), el que dá tam-

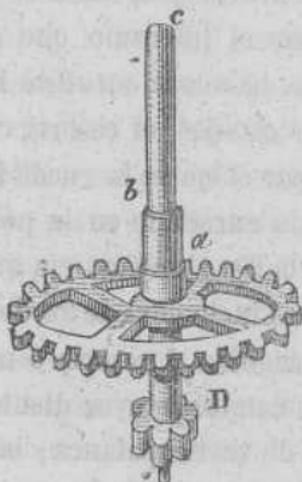


Fig. 29.



Fig. 30.

bien una vuelta por hora; dicho cañon lleva la aguja de los minutos, y su rueda engrana en la de retorno *S*, con igual número de dientes y diámetro que la *m*; el piñon de esta dá doce vueltas mientras la rueda *C* una. Esta última, que es la del cuadrante, tarda 12 horas en hacer una revolucion, y lleva la aguja de las horas.

Las ruedas *C*, *m*, *S*, llamadas de *cuadrante*, son siempre las mismas sea ó no el péndulo de repeti-

cion, siendo sus funciones las de obligar á dar una revolucion á la rueda C del cuadrante en 12 horas.

Las ruedas G, L, M, N (fig. 26) y el volante V forman el rodage de repeticion. La propiedad de este rodage es la de regularizar el intervalo que debe haber entre cada martillazo. La *rueda catalina* R, la primera G que es la de las clavijas, el resorte *r* y la palanca *c* son arrastradas por el eje de la rueda L.

Cuando se tira del cordón enrollado en la polea P (fig. 27), la rueda R (fig. 26) fija al mismo eje que la polea, retrocede, y los planos inclinados de los dientes separan la palanca O; en seguida el resorte ó motor vuelven á traer la rueda catalina cuyos dientes se apoyan contra la punta de dicha palanca, la que arrastra la rueda L y el rodage M, N, V; despues, interin la rueda R arrastra tambien á la L, y la G de las clavijas con la polea P de la figura 27 fijas al mismo eje, giran igualmente, las clavijas de la rueda obran sobre las piezas *m*, *n* (fig. 26) en cuyos ejes prolongados están los martillos *m*, *n* (fig. 27); cada pieza *m*, *n* está sujeta por un resorte para levantar el martillo, despues que las clavijas le han hecho recorrer su camino. No se vé mas que el resorte que obra sobre la pieza *m*; el de la *n* está colocado bajo la platina que tiene la cuadratura (fig. 27). La pieza *o* sirve para comunicar el movimiento del de la *m* al tubo ó pieza *n* que tiene el martillo de las horas.

La bascula m X (fig. 26) se mueve sobre el tubo que lleva el martillo de los cuartos : sobre dicho tubo debajo de m X, se mueve un brazo como el de m , en el que funcionan tres clavijas colocadas en la parte inferior de la rueda G ; estas clavijas sirven para alzar el martillo de los cuartos fijo al tubo de la pieza m : á este martillo se halla sujeto el resorte r . Al tirar del cordón, retrocede la rueda G cuyas clavijas obran por la parte posterior del brazo m , el que obedece y va de m á X ; el pequeño brazo que está debajo para los cuartos, ejecuta igual movimiento ; y cuando el gran resorte ó motor vuelve á la rueda G, un pequeño resorte que obra sobre las piezas m , las obliga á introducirse en el intervalo de las clavijas, y á presentar los planos rectos sobre los que estas funcionan para levantar los martillos.

La polea P (fig. 27) tiene el piñon a que engrana en el rastrillo b c , cuyo efecto es ir con su punto b en compañía de la espiral L y determinar el número de golpes que ha de dar el martillo de las horas.

La estrella E y el espiral L están fijos con dos tornillos. La primera se mueve al rededor de otro tornillo V, sujeto á la pieza J R, movable por si misma en J. Esta pieza forma con la platina una pequeña caja, en cuyo interior gira la estrella E ; uno de los dientes ó radios de esta última funciona sobre el aspa Y, la que está sujeta por el resorte g . Cuando

la clavija *c* del espiral de los cuartos hace girar la estrella, el aspa *Y* se mueve alejándose del centro *V* hasta que el diente de dicha estrella llega al ángulo del aspa; lo que sucede cuando anda la mitad de su camino; salida del ángulo, el plano inclinado del aspa la empuja hácia atrás, y la obliga á concluir precipitadamente la otra mitad; de suerte que la estrella y el espiral verifican cambios en un instante.

Concluido el movimiento giratorio de la estrella, los dientes situados en *c* vienen á colocarse en la parte posterior de la clavija *c*, y hacen avanzar á la placa *s* ajustada al espiral de los cuartos, con el que gira por medio de la clavija que entra en su muesca; el camino que la estrella obliga á andar á la placa *s*, sirve para impedir que el brazo *Q* del dedo descienda al paso 3, lo que haria repetir 3 cuartos sobre 60. En el momento que cambia la estrella de hora, hace avanzar á la placa para recibir el brazo *Q*: de esta manera en cuanto se tira del cordon, dá la hora exacta.

El brazo *Q* y el dedo son movibles en el mismo centro; cuando se tira del cordon y las clavijas de la polea dejan en libertad al dedo, para entónces el resorte *p* ha aproximado el brazo *Q* del espiral de los cuartos, y el dedo *D* se presenta á una ú otra de las clavijas de la polea; estas dos piezas pueden girar

una sobre otra y moverse separadamente: cuando el brazo Q vaya á colocarse sobre el paso *h* del espiral de los cuartos y el dedo D entre en las clavijas de la polea, dicho brazo se doblga y obedece á las clavijas espresadas que entónces retroceden.

Hemos visto las partes mas esenciales de la repetición; no hablamos del *todo ó nada*, porque ya en otro lugar dijimos lo necesario para comprender su mecanismo.

La rueda R (fig 28) es la del movimiento; *c*, es la *palanca*; *r*, el resorte. Está colocada en cuadro sobre el árbol del tambor; este cuadro prolongado sirve para subir el resorte por medio de la llave. B es el tambor en el que debe estar el resorte ó motor de la repetición. V es un tornillo llamado *escéntrico*: sobre la parte que entra á frotamiento en la platina, hay un agujero fuera del eje del tornillo; dicho agujero el del eje del áncora A; haciendo girar el tornillo, se acerca ó aleja del áncora el eje, y por consecuencia el mismo áncora; de manera que sus puntas engranan mas ó ménos, segun la necesidad, en los dientes de la rueda de escape.

(Fig. 27,) A es el puente de escape, en el que está el hilo á que se suspende el péndulo; uno de los extremos del hilo se ata al tubo *e* que se llama *Avance* ó *Retardo*; el otro pasa al cuadrante, y es cuadrado para que entre una llave pequeña con la cual se le

puede girar á uno y otro lado, á fin de alargar ó acortar el hilo de que está suspendido el péndulo, cuya longitud varia por este medio.

El áncora A (fig 26) está sujeta á un tubo con su horquilla J, que mueve el péndulo; el eje de dicho tubo entra en un agujero practicado en el puente A (fig. 27).

La figura 29 representa en perspectiva la rueda D, que hace una revolucion por hora; su tubo conduce la rueda *m* de la figura 28, que se vé en perspectiva en la figura 30; su cañon *a* sirve para llevar la aguja de los minutos.

La figura 31 representa en perspectiva la rueda S

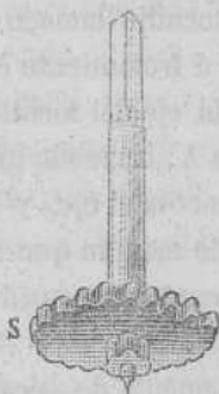


Fig. 31.

de la figura 28; al pasar á la cuadratura el tubo prolongado de dicha rueda, conduce el espiral de los

cuartos *h* (fig. 27); su piñon engrana en la rueda del cuadrante, que se vé en perspectiva tambien en la

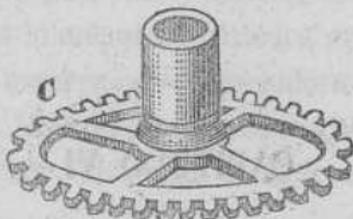


Fig. 32.

figura 32. Y ultimamente sobre el cañon de esta rueda se ajusta la aguja de las horas.

CAPITULO VI

De los relojes públicos ó de campanaria.

Como ya hemos hablado estensamente de los relojes de chimenea y de pared, no nos estenderemos en el presente capitulo, solo describiremos los de llave que se adoptan actualmente á estos relojes y que tienden á aumentar la regularidad del movimiento. Hé aqui como define este mecanismo Fernando Berthoud en su historia de la medida del tiempo.

« Llámase llave en los relojes un mecanismo ingenioso que tiene por objeto procurar una perfecta igualdad á la fuerza que mantiene el movimiento del regulador, de modo que no participe ni de las desigualdades de los engranamientos y frotamientos, ni de la del motor á fin de conservar una igualdad constante en la estension de los arcos de vibraciones del espresado regulador. Dos fuerzas motrices se emplean para

conseguir este objeto. La primera es la que hace girar las ruedas, lo que se ejecuta diariamente á cada ocho días ; la segunda, al contrario, se renueva ó cada momento, ó á lo ménos en periodos muy cortos para el motor, de manera que se considera constante y de igual accion. Llamaremos á este mecanismo *llave de igualdad*, para distinguirle del de los relojes comunes.

« Los antiguos artistas que se ocuparon de perfeccionar los relojes de balancin, reconocieron la necesidad de conservar al regulador igual estension de arcos para obtener del reloj toda la exactitud de que es susceptible.

« A esta idea tan afortunada como verdadera se debe la primera invencion de la llave de igualdad ó de un motor secundario cuyo objeto es hacer igual y constante la fuerza que mantiene el movimiento del regulador. La primera idea de este mecanismo se debe á Huygens; despues de él, propuso Leibnitz el mismo medio, hasta que Thomas Mudge, célebre artista inglés inventó en 1794 el mejor mecanismo hasta entónces conocido. Ultimamente, en nuestros dias, ha construido el célebre Breguet con el nombre de *escape de fuerza constante* otro aun mejor. »

Este ingenioso mecanismo, la llave de igualdad, se ha adoptado generalmente en la construccion de los grandes relojes.

Cada artista ha adoptado un género particular de construcción, y existen tanto número de relojes con este mecanismo que sería superfluo enumerarlos.

Hasta estos últimos tiempos no se había conseguido que dieran los cuatro cuartos ántes de la hora, sino empleando dos sistemas de ruedas para la campana, uno destinado especialmente á dar los cuartos y otro la hora. Construcción viciosa que tenía el inconveniente de aflojar las ruedas de los cuartos, y esta después de dar los cuatro cuartos y la hora, ejecutaba lo mismo con el fiador de las ruedas de estos últimos.

Mr. Raingo, padre, relojero en París, se ocupó en resolver este problema, y construyó en 1828 un reloj de aposento con dos sistemas de ruedas que daba la hora, los cuartos, y los cuatro cuartos ántes de la hora con una precisión admirable. Este reloj es de balancín circular y de escape á vibraciones libres de Arnole. Señala las horas, los minutos, las semanas, los días, y las fases de la luna, y está descrito con figuras en el boletín de la Sociedad de fomento de París, del mes de Abril de 1828.

Trasladamos un fragmento del relato hecho á dicha Sociedad, relativo á la pieza mas importante de esta cuadratura que es de una gran sencillez.

« El espiral de las horas está tallado como en los

péndulos comunes, y tiene ademas una especie de tenacilla formada por un espiral movible enlazado al primero y arrastrado en su rotacion general. El espiral movible no funciona sino cuando es preciso para dar los cuatro cuartos. La campana es regulada por un rastrillo dentado, y el fiador apoyado en cualquier punto del contorno del espiral, é introduciéndose aquel en este en una muesca mas ó ménos profunda; la escursion del descenso determina el número de dientes que han pasado y por consiguiente el de los martillazos; todo conforme al mecanismo usado ordinariamente. Cuando llega la vuelta de los cuatro cuartos, entónces funciona el espiral movible, un fiador le separa de su sitio primitivo y le sustituye otro. En este ingenioso mecanismo estriba el principal mérito de esta invencion. Ultimamente, un fiador movible se presenta de modo que no permite dar mas que cuatro golpes, en las partes del espiral por las cuales no es necesaria la tenacilla. »

Esta invencion se emplea con ventaja en la construccion de los relojes públicos, en los que se desea que den los cuartos ántes de la hora.

Como la fundacion de los relojes públicos tiene por objeto dar á conocer la hora á los habitantes, tanto de dia como de noche, no limitándose solo á que la conozcan por entera sino sus mas pequeñas fracciones, se les ha dotado de cuadrante horario y de cam-

para que da los cuartos y la hora, indicando aquella hasta los minutos y segundos.

Para este fin se han colocado en los parages de mas tránsito, y en las partes altas de los edificios; pero esto no bastaba para satisfacer la exigencia del transeunte nocturno; era preciso que se pudiera distinguir las fracciones de que hemos hablado ántes, y con este objeto se han construido esferas transparentes, preparadas de modo que distribuyendo la luz por igual sobre su superficie interior, no hirieran la vista del transeunte y pudiera apreciar este con entera seguridad la hora, minutos y segundos que marca el cuadrante.

Esta disposicion ha requerido cierta combinacion en las agujas para que no proyectasen sombra sobre el disco la reunion de piezas de que está formada la máquina del reloj; la combinacion ha ido en aumento á medida que no contentándose ó no bastando una sola esfera, se ha tratado de presentar la hora en tres ó mas cuadrantes.

Como se comprenderá facilmente, siendo una sola máquina la que debía marcar la hora en cuatro planos, por que vemos que haciendo funcionar dos lados opuestos ó las agujas de estos, para decirlo con mas propiedad, en un mismo eje, resultaria que miéntras la una marchase en direccion natural, la otra daria la revolucion en sentido inverso y

por consiguiente que no se conseguiria el objeto.

Este inconveniente se ha salvado combinando un sistema de ruedas dentadas que trasmiten con igualdad y perfecto isocronismo, las vibraciones del motor.

Tanto es así que en el dia no ofrece dificultad ninguna el construir un reloj que marque la hora en seis ó mas cuadrantes á la vez, sin la diferencia de un segundo, del uno al otro.

La conveniencia de los relojes públicos es tan palmaria en nuestros dias, que no hay ciudad que no ostente algunos en las fachadas de sus principales edificios: las municipalidades, conociéndolo así, dotan de estos á las poblaciones, y aprovechando la magia de la electricidad, aplicada á la relojeria, construye relojes eléctricos que dan á conocer en el mismo instante la hora que marca el reloj en todo el ámbito de la ciudad.

CAPITULO VII

I

De los Escapes.

Se designa en relojería con el nombre de *escape* la acción de la última rueda del movimiento sobre el regulador. Por ello el regulador suspende la marcha de la rueda mientras dura su vibración, después de lo cual queda en libertad la rueda para dejar paso á uno de sus dientes, el que, en su movimiento progresivo, restituye al regulador la fuerza que había perdido durante su vibración ú oscilación precedente.

Se ignora el autor de esta bella invención, una de las más importantes en el arte de medir el tiempo.

Escapes para los relojes de bolsillo ó portátiles.

En todo escape hay que distinguir dos cosas esen

ciales : 1.^a *el arco de la pieza de escape* ; 2.^a *el arco de vibracion del regulador.*

Por arco del escape se entiende el número de grados absolutos que cada diente de la rueda hace recorrer al regulador, cualquiera que sea el escape empleado, desde el momento en que principia á obrar hasta que concluye.

Arco de vibracion es el total que describe el regulador animado por la fuerza motriz transmitida por los dientes de la rueda; de lo que se deduce que miéntras mayor sea dicha fuerza, con mas energía obrará y mayores arcos de vibracion hará describir al regulador, el diente que la transmite á la pieza de escape; lo contrario acontece cuando la fuerza motriz disminuye. En ambos casos no pueden ser *isocronas* las vibraciones, por que esta palabra supone en ellas igual duracion y estension.

Esto prueba, aun cuando la esperiencia no lo confirmara, el error en que caen los relojeros, obstinados en sostener que los escapes de reposo corrigen la desigualdad de la fuerza motriz.

II

Del escape de rueda de engranamiento.

Este escape, el mas antiguo de los conocidos, es tambien el mas sencillo y fácil de construir, sin em-

bargo, para hacerlo bien, observa Fernando Berthoud, hay que tomar muchas precauciones. No tenemos necesidad de describirle, porque es comun en todos los relojes ordinarios, y lo conocen, como hemos dicho, los artistas; solo diremos que este escape es de *retroceso*, es decir, que, cuando el diente de la rueda ha dado impulsión al regulador, este presenta al siguiente diente un plano inclinado, miéntras dura su arco de vibración, y hace retroceder á la rueda. Esta es de corona y siempre tiene un número impar de dientes.

III

Del escape de cilindro.

Hácia el año de 1720 inventó Graham, hábil relojero de Londres, este escape. Llámase de cilindro porque la pieza de escape tiene esta forma.

La rueda de cilindro es diferente de las demas en cuanto á su figura; es de corona como la rueda perpendicular, pero la forma de sus dientes es enteramente distinta. En lo alto de su superficie superior se le hace un reborde saliente para formar los planos inclinados, y así preparada, se le cortan los dientes en doble número del que ha de conservar. Despues se suprime alternativamente un diente, dando al

espacio que dejan una forma circular, de modo que el plano inclinado quede sostenido por una pequeña columna, como se vé en la figura 33, que muestra su

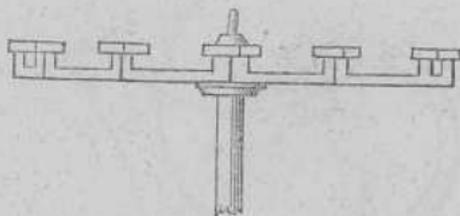


Fig. 33.

elevacion, y en la figura 34, que la hace ver de plano en mayor escala.

Fernando Berthoud, en su *Ensayo sobre la Relojeria*, tomo II, p. 322, describe un instrumento ingenioso para cortar con perfeccion las ruedas de cilindro; cualquiera de nuestros lectores que desee conocerle, puede consultar la espresada obra.

Cortada la rueda, ella misma dá el diámetro exterior é interior del cilindro. La longitud de cada plano inclinado dá el diámetro interior, el que se hace un poco mayor á fin de evitar el frotamiento. El exterior es igual al diente que se quita, mas dos veces el grueso de la placa que ha servido para cortar la rueda, de manera que el cilindro tiene el mismo grueso que la espresada placa.

El cilindro, en la parte donde se practica el escape, no está rebajado segun su diámetro, sino un poco

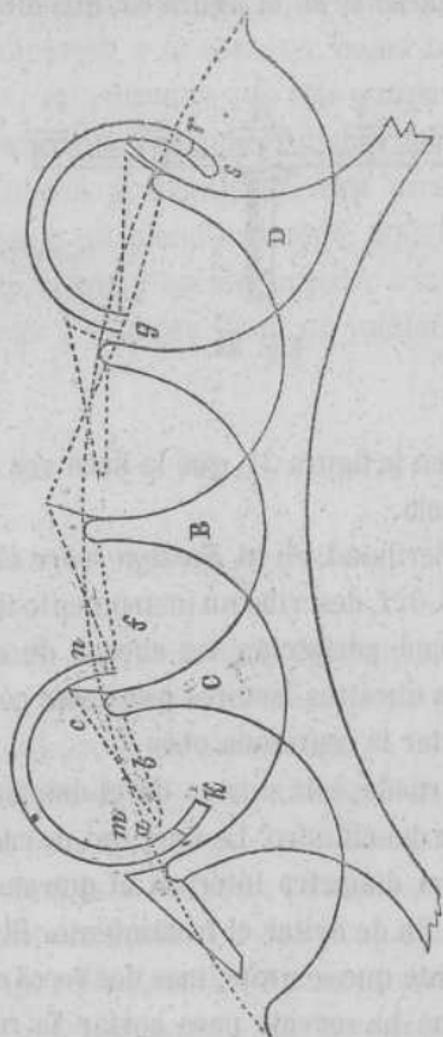


Fig. 34.

ménos; el saliente que forma el plano inclinado mas allá del círculo de la rueda que pasa por la punta

del espresado plano, determina la magnitud de la muesca. Cuando el diente *b* (fig. 34) está en el interior del cilindro, el plano inclinado *a, c* forma su diámetro.

El cilindro es por lo comun de acero templado y pulimentado; las dos ramas *m, n*, en las que se hace el escape, tienen formas distintas; la *n*, por la cual el diente entra en el cilindro, es redonda; la otra, por la que sale, constituyen un plano inclinado. Véase en *e* (fig. 35) otra muesca mayor practicada en la parte



Fig. 35.

baja del cilindro, cuyo objeto es dejar vibrar libremente al balancin sin que el cilindro pueda tocar la parte inferior de la rueda, lo que ocasionaria irregularidad en la máquina disminuyendo los arcos de vibracion.

Así las cosas, se ajusta á los extremos del cilindro dos tapones de cobre. La figura 36 muestra el tapon superior, y la 37 el inferior.



Fig. 36.



Fig. 37.

En cada uno de estos tapones se introduce un tubo de acero templado, en cuyas estremidades van los ejes. Hoy se hace todo de una sola pieza. El tapon superior A debe tener en *b* el balancin remachado en él; la parte *c* está destinada á recibir la virola del espiral; la *d* entra justa por lo alto del cilindro. Cuando todo está preparado, se cortan las partes escedentes del interior. La figura 38 representa el cilindro montado.

La dificultad de encontrar laton puro para las ruedas de cilindro, ha hecho adoptar el acero fundido y templado; el cilindro está montado en rubies, ó á lo menos la rama en que se construye el escape. Esta piedra se pega con goma laca en un aparato que los

obreros llaman *cigüeña*, que sirve para unir la parte superior del cilindro con la inferior.



Fig. 38.

La figura 39 dará una idea de la cigüeña. Está formada de tres partes cilíndricas *a*, *b*, *c*, sostenidas á

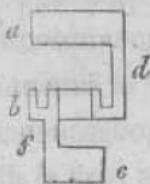


Fig. 39.

la distancia conveniente por las dos columnas *d*, *f*. Para construirle, se toma un pedazo circular de acero

y se le agujerea de parte á parte, pero con un agujero mas pequeño que el cilindro. Despues se le hace una muesca, no dejando mas que las dos columnas *d*, *f*, se le quita la mitad de la parte cilindrica, *b* y sobre la mitad que resta, se practica una ranura cuyas estremidades se ven frente á frente en *b*, con el objeto de introducir en ella el medio cilindro, llamado *teja*, y se le concluye templándole y pulimentándole. Terminado que sea, se ajusta en la parte cilindrica *a*, el tapon superior, y en el cilindro *c*, el inferior, del mismo modo que hemos dicho para cilindros ordinarios de acero.

Nos resta que hablar de los principios en que está fundado este escape. La figura 34 hará comprender las disposiciones de la rueda y del cilindro en los diversos instantes del escape.

El diente *b*, que está en reposo sobre la superficie convexa del cilindro, principia á entrar en él; pero el punto *f* no puede llegar al *a*, sino en tanto que el cilindro ejecute un movimiento circular sobre sus ejes, determinado por el saliente del plano inclinado del diente B, y por consecuencia hasta que la rama *a* llegue á *h*. Entónces pasa el diente B y toma la posicion C; su punta va á apoyarse en la superficie concava del cilindro, donde queda en reposo hasta que el balancin, concluido su arco de vibracion, vuelve al cilindro el punto en que le presenta el

diente D. Este caso es idéntico al anterior: la punta *g* no puede salir por completo sino cuando el plano inclinado haya hecho retroceder el cilindro, de modo que su rama *r* llegue á *s*; en este caso el diente siguiente E queda en reposo sobre la superficie convexa del cilindro, y el primer efecto de que hemos hablado respecto al diente B, se verificará cuando el balancin lleve el cilindro al punto en que se le vé en B.

Compréndese la importancia que tiene el que todas las partes de los planos inclinados de la rueda sean iguales y uniformes.

El célebre Bréguet, que ha perfeccionado todas las partes de la relojería, cambió casi totalmente, no los principios del escape, sino la forma de las dos piezas esenciales que le constituyen la rueda y el cilindro.

La rueda (fig. 40) es perpendicular con una porcion

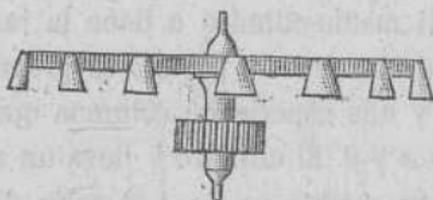


Fig. 40.

de cono truncado, cuya grande base escede á la pequeña una cantidad igual á la que presenta, en una rueda ordinaria, el saliente que forma el plano incli-

nado. Se le hace á la rueda un número de dientes igual ó doble del que debe conservar, suprimiendo alternativamente un diente; en seguida se lima en plano inclinado la parte anterior de cada uno de ellos, no dejando plano mas que un pequeño espacio. Se lima tambien por detrás en la misma forma, aunque ménos que por delante.

La figura 41 indica la forma de la *montura* de

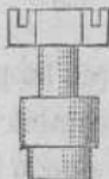


Fig. 41.

Bréguet. El medio-cilindro *a* tiene la ranura *d, d*, para recibir la *teja*. La parte *c* es propriamente la *montura*, y una especie de columna que reúne las dos partes *a* y *b*. El cilindro *b* lleva un agujero suficiente para recibir su eje. Los polos del eje, todo lo delgado posible, se les dá primero una forma cilíndrica, pero despues se les deprime en medio de su longitud. Esta construccion, tiende á disminuir los frotamientos. Bréguet no redondeó mas que los bordes de los ejes, por cuyo medio corrigió las desigual-

dades que se observaban en los relojes en sus dos posiciones de *plano* y *colgado*.

La figura 42 representa el cilindro montado con

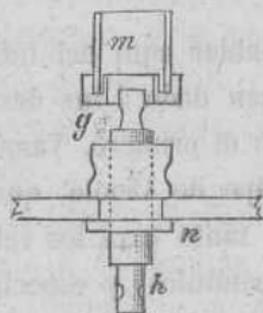


Fig. 42.

un fragmento *n* del balancin. Véase en ella la teja *m* y los dos ejes *h* y *g*. El interior *g* entra en el punto *r* que se vé de plano en *a*, y de perfil en *b* (fig. 43).

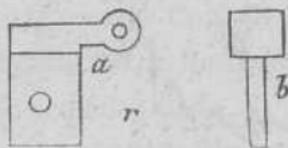


Fig. 43.

IV

De los escapes á vibraciones libres.

No podemos hablar aquí del infinito número de escapes que se han dado á luz desde que Fernando Berthoud inventó el primero. Vamos á limitarnos á describir el escape de Arnold, que se emplea hoy ventajosamente, tanto para los relojes de bolsillo, como para los péndulos, y especialmente para los relojes marinos.

La figura 44 presenta los detalles de este escape.

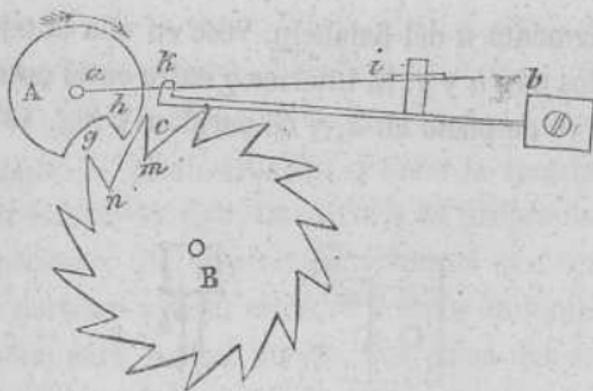


Fig. 44.

La pieza cilíndrica A está rebajada en g, como lo muestra la figura, y es conducida por el eje del ha-

lancin, el cual tiene un diente ó dedo *a*; estas dos piezas, invariablemente fijadas al balancin, se mueven á la vez que este último. Sobre la platina del movimiento se fija, con un tornillo y dos piés, el resorte *b, c*, que tiene virolas *d, f, k*. La primera *d*, que se llama de descanso, sirve para suspender la marcha de la rueda de escape B, y no dejar pasar sucesivamente mas que un diente, cuando el regulador le obligue á ello.

La segunda virola *f*, fija como la primera al resorte *b, c*, está destinada á determinar la longitud del pequeño resorte, estremadamente fino, *i, h*, fijo á dicha virola con un clavo ó tornillo, lo mismo que, el espiral en su armella. El espresado resorte llega casi hasta el eje del balancin, de manera que el pequeño dedo *a* no puede girar sin hacerle vibrar. La tercera virola *k* recibe en una muesca el resorte *i, h*, cuyas funciones vámos á conocer.

Entendido lo que precede, fácil nos será comprender el efecto de este escape. Cuando el balancin gira en el sentido indicado por la flecha, arrastra la pieza cilindrica A y el pequeño dedo *a*; este doblega al pequeño resorte *i*, que cede facilmente á causa de su gran flexibilidad, y deja paso al pequeño dedo *a*. Todo esto se opera sin que la rueda de escape B ejecute ningun movimiento. Empero cuando, despues de esta primera vibracion, vuelve el balancin hácia

atrás, el pequeño dedo *a* agarra el resorte *i* por arriba, le apoya sobre la virola *k*, la que se convierte entonces en centro del movimiento del resorte *b, c*. La virola *k* se coloca lo mas cerca posible de la pieza cilindrica *A*; el pequeño resorte *i* adquiere bastante fuerza para doblar el resorte *b, c*, que, al levantarse arrastra á la virola *d*, y desprende el diente de la rueda de escape *B*. Dicho resorte vuelve en seguida á su primera posición, y la virola *d* detiene al diente siguiente. Durante este movimiento, el diente *m* viene á apoyarse sobre la virola *d* y el *n*, que ha avanzado al mismo tiempo, encuentra á la pieza *g*, y restituye al regulador la fuerza que habia perdido en dos vibraciones.

El célebre Bréguet ha adoptado este escape para los cronómetros que no dan mas que cinco vibraciones en dos segundos. Este escape produce un ruido muy sensible, de modo que es fácil contar las vibraciones que son lentas, pero de gran regularidad.

V

Del escape de áncora para relojes de chimenea, etc.

Este escape fué inventado por un relojero in-

glés (1), y se llama de áncora, porque los brazos que le constituyen semejan los de un áncora.

Tal como lo representa la figura 45, es el mismo que Fernando Berthoud dió en el *Ensayo sobre la*



Fig. 45.

Relojería, tomo 1.º, p. 129, del cual tomamos los detalles que siguen.

« Para que este escape haga oscilaciones isocronas, lo representamos en mayor escala en la figura 46, á fin de que se vean y conciban mejor las líneas de construcción, en cuyo caso será ménos difícil trazarle.

» Al efecto, se toma una placa delgada de latón, recta y pulimentada, de 8 centímetros (3 pulgadas)

(1) Unos lo atribuyen á Tomas Mudge y otros á Clément.

en cuadro; á lo que se podría llamar el *calibre del escape*: se la hace en los bordes un agujero á una

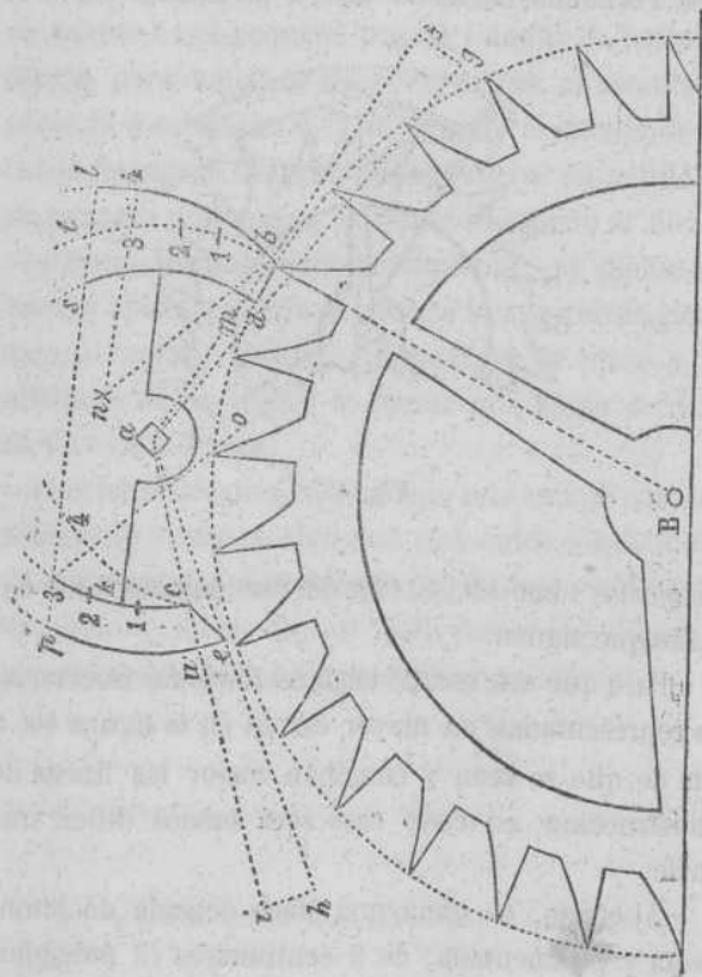


Fig. 46.

distancia suficiente para trazar en él la circunferencia de la rueda. En dicho agujero se introduce bien justo el tubo del piñon que está debajo de la rueda, y de modo que esta quede aplicada por completo contra la placa. Con un buen compas se trazará un círculo de la magnitud exacta de la expresada rueda.

» Se tomará, en la platina de las columnas, la distancia que hay, del centro de la rueda de escape hasta el agujero del eje del tubo de áncora, marcándola en la placa de laton, y se trazará desde el centro B de la rueda, la porcion de círculo b, c ; en a se hace un agujero del grueso del eje del tubo de áncora, el que representará el centro de esta. De este centro se tirará la línea a, b , tangente á la circunferencia b, c de la rueda : si por el punto b de union se traza el radio B, b , será perpendicular á b, a , como se demuestra en geometria; y segun los principios de la mecánica, la accion de los dientes de la rueda ha de ejercerse en el punto b sobre el áncora; así pues, a, b es la longitud que ha de tener el brazo del áncora, para que la rueda obre sobre él de la manera mas favorable al movimiento.

» Colócase la rueda sobre la placa de laton y una punta del compas en el agujero del áncora, haciendo coincidir con la abertura de dicho compas a, b , la otra punta con la de un diente b de la rueda sujeto por

delante : para ello, se hace girar la rueda segun la necesidad ; la punta de compas se lleva al otro lado, para ver si se presenta contra la parte posterior de la punta de un diente *c* (1) : si así no se verifica, se cambia la abertura del compas, hasta que pase por las puntas de los dientes mas próximos á los puntos de contacto *c*, *b*, y halladas las porciones de círculo *b*, *t*, *c*, *p*, estas representarán dos caras de los brazos del áncora.

» Para encontrar las otras dos caras, hay que cambiar las aberturas del compas, de modo que habiendo recorrido los dientes la mitad de su intervalo, pasen por una segunda porcion de círculo ; pero como esto se puede hacer, ó abriendo el compas un poco mas, ó encerrándolo en la mitad del intervalo de un diente, se escogerá de ambas cosas la que ménos difiera de la longitud de las líneas con los puntos de contacto *c*, *b*, de los que se debe uno alejar lo ménos posible. Se hallarán pues las otras dos caras del áncora *d*, *s*, *e*, *g*, que hemos preferido colocar en lo interior, para disminuir el espacio que recorre y por consecuencia su frotamiento. De este modo se tienen

(1) La porción de círculo *c*, *p* debe pasar por detras del diente *c*, á fin de que el ángulo *c* de la parte *c*, *e*, no vaya á apoyarse en lo posterior de los dientes, á medida que el diente *b* separa el brazo *b*, *t*, y que este se introduce entre los de la rueda.

las cuatro caras de los dos brazos, colocadas de modo que dejan escapar alternativamente los dientes á medida que penetran y se alejan de la rueda por el movimiento del péndulo.

» Ahora para arreglar los brazos del áncora, se partirá de la extension de los arcos que se quieran dar al escape, que fijaremos en cinco grados próximamente.

» Para marcarle con exactitud, hay que usar un semi-círculo graduado cuyo centro coincida con el agujero del eje del áncora hecho en el calibre del escape; prolóngase la línea *a, b*, hasta *f*, borde del semi-círculo graduado, y se gira este instrumento hasta que una de sus divisiones corresponda con la línea *b, f*; entónces se marca por dentro un punto *g*, separado del otro, cinco grados. Por este punto se tirará una línea que pase por el centro del áncora, marcando en *d*, la cantidad del brazo que ha de introducirse para que la rueda al separarle por el plano inclinado, haga describir al áncora cinco grados. Asi pues para obtener el plano inclinado, se trazará la línea *d, b*, haciéndola pasar por los puntos *d*, y *b*, donde las rectas *a, f*, *a, g*, que miden el ángulo *g, a, f*, cortan las porciones de círculo *d, s, b, t*, con lo cual queda trazado el brazo *d, b*.

» Idéntica construccion se hace para el otro brazo, formando el ángulo *i, a, h*, de cinco grados, el que

determinará la dirección del plano inclinado. De esta manera tendrá diez grados el arco total del escape.

» Trazado así el escape, sería de *descanso*, puesto que está constituido por porciones de círculo concéntricas en *a*; pero como así no corregiría las desigualdades de la fuerza motriz, hay que trazar, en las caras del áncora, curvas *b*, *l*, *e*, *k*, que harán retroceder á la rueda, á medida que los brazos entren en los dientes por el aumento de la fuerza motriz.

» Hé aquí como se procede : se tomará con un compas el intervalo *b*, *m*, que separa las porciones de círculo *b*, *t*, *d*, *s*; dividiendo tres veces la porción de círculo, á partir del ángulo *b* del plano inclinado; de la tercera división se marcará el punto 4 con la misma abertura del compas. Desde este punto y con el radio *a*, *b*, se describirá un pequeño arco de círculo hácia *n*; del punto *b*, y con la misma abertura de compas se describe hácia *n*, otro pequeño arco que cortará al primero en el punto *n*, el que, y con el mismo radio *a*, *b*, será el centro desde donde se trace el arco *l*, *4*, *b*, que dará la curva buscada.

» Lo mismo se ejecuta en la construcción de la otra curva *c*, *e*, y se habrá trazado exactamente la figura que ha de tener el áncora de escape; después se procede según las dimensiones de dicha figura, para obtener vibraciones isocronas. »

VI

Del escape de áncora, perfeccionado por Graham, para los relojes públicos y reguladores.

La figura 47 muestra este escape. Despues de los detalles que hemos dado sobre la construcción del

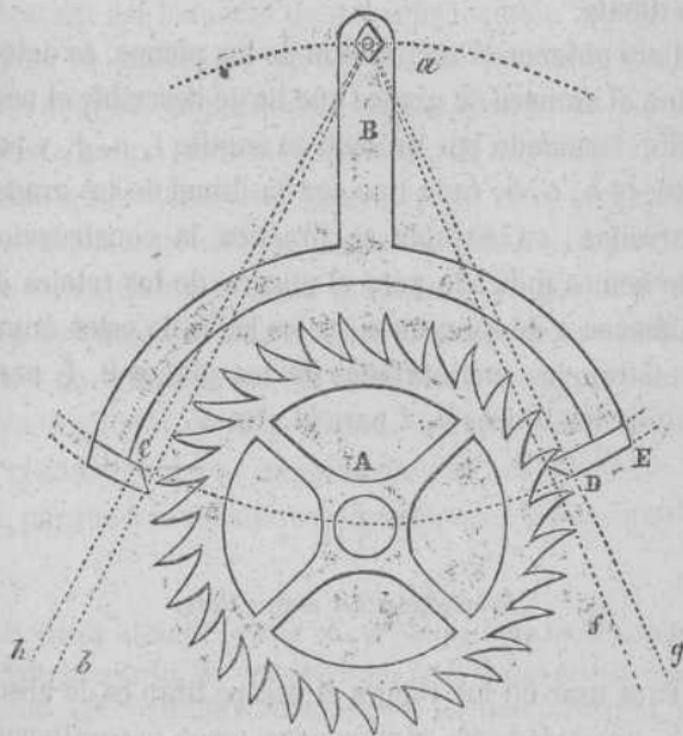


Fig. 47.

áncora para los relojes de chimenea, solo diremos algunas palabras de este. La rueda de escape está en A; el áncora B tiene su centro de movimiento en a , á una distancia triple del radio de la rueda. El descanso se hace sobre un arco de círculo C, D, E, que pasa por el centro de la rueda A; de lo que resulta que cada diente descansa alternativamente en el arco exterior D, E, por un lado, y en el interior C, por el otro; estos dos arcos pertenecen á la misma circunferencia de círculo. A cada oscilacion del péndulo pasa un diente.

Para obtener la inclinacion de los planos, se determina el número de grados que ha de describir el péndulo, formando por un lado el ángulo f , a , g , y por otro, el h , a , b ; cada uno con la mitad de los grados marcados: en seguida se practica la construccion que hemos indicado para el áncora de los relojes de chimenea ó de sobremesa, y los lados de estos ángulos darán las inclinaciones de los planos C, 1, para uno de los brazos D, 2 para el otro.

VII

Propiedades del escape libre.

Para usar en los relojes el escape libre es de absoluta necesidad que el regulador tenga naturalmente

la propiedad de recorrer en tiempos iguales arcos de diversas extensiones (1).

Las únicas propiedades del escape libre son : 1.^a tener poco frotamiento ; 2.^a dejar que oscile el regulador sin turbacion de ningun género. Si los grandes y pequeños arcos de vibracion del balancin no son isocronas, es decir de la misma duracion, el reloj, ó muestra, á la que se adapte el escape, variará segun la desigual duracion de los arcos de vibracion del regulador. Ahora bien, como se sabe que los arcos de vibracion del balancin de un reloj cambia sensiblemente de extension, ya á causa de las variaciones, frotamientos, solidificacion de los aceites, ya por el frio y algunos otros movimientos, es claro que si un artista quiere usar este escape en un reloj ordinario con el objeto de obtener mas exactitud, será preciso que el regulador tenga la propiedad, ya por el espiral ó de cualquier otra manera de hacer isócronos los arcos de vibraciones de extension desigual; sin cuyo requisito seria preferible servirse del escape de cilindro, aunque imperfecto, por sus frotamientos; porque á lo ménos, con este escape, las desigual-

(1) Creen algunos artistas que el escape libre tiene la propiedad de corregir las desigualdades de la fuerza motriz. Este párrafo está destinado á desengaños á los que participan de este error.

dades de la fuerza motriz no afectan la marcha del reloj.

Observaremos tambien que si á los relojes comunes no es fácil aplicar el escape libre, es mas difícil aun en los relojes de péndulo; porque para los primeros hay medios mas fáciles para obtener el isocronismo de los arcos desiguales descritos por el balancin, en vez que para el péndulo regulador no hay la misma medida. Para emplear pues el escape libre en los relojes de péndulo, es preciso : 1.º que describa arcos pequeños; 2.º estos arcos han de tener constantemente la misma extension, añadiendo ó quitando peso al motor á medida que los frotamientos y los aceites de las ruedas varien; 3.º y último, en vez de cambiar el peso, hay que usar de un compensador.

VIII

Del escape de Lepaute.

« La figura 48 muestra este escape cuya primera pieza es un árbol F, colocado horizontalmente y terminado por dos ejes, uno de los cuales gira en la platina de las columnas, y el otro en un puente, sujeto á la parte exterior de la otra platina. Entre el

punte y la platina, sobre el árbol, está clavada la horquilla del péndulo.

» Dicho árbol tiene dos palancas encorvadas, G, A, c; H, B, d, que se fijan en él á frotamiento duro, de

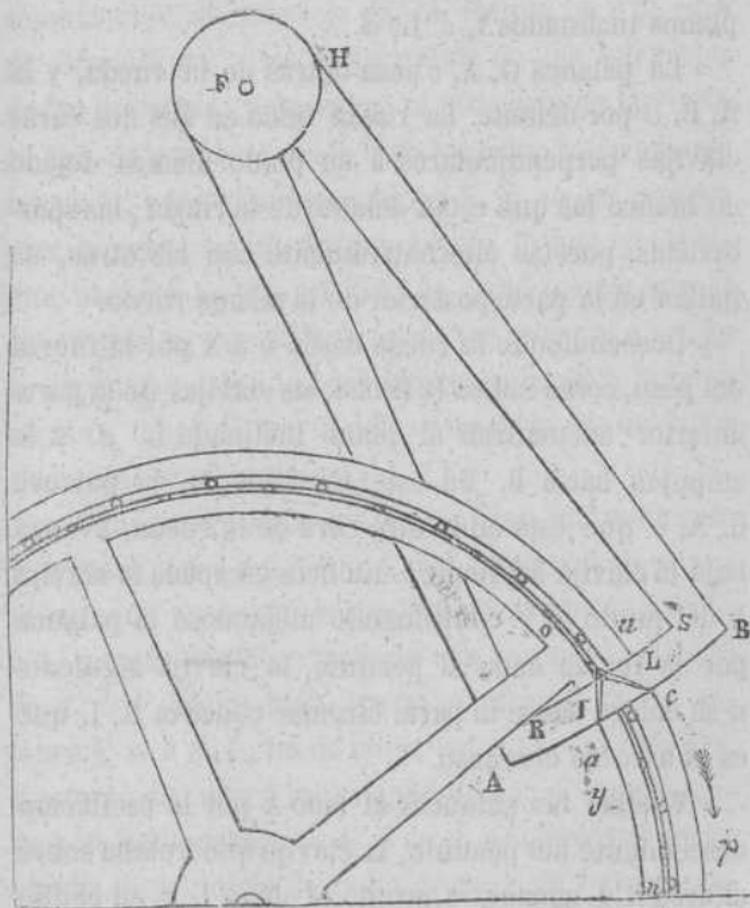


Fig. 48.

manera que se les pueda abrir mas ó ménos y obligarles á hacer el ángulo necesario para los efectos que uno se propone.

» Las partes R, I, L, S, de las palancas son arcos de circulo, cuyo centro está en el mismo plano que la rueda y sobre el eje F, pero terminados por los planos inclinados I, c, L, d.

» La palanca G, A, c pasa detrás de la rueda, y la H, B, d por delante. La rueda tiene en sus dos caras clavijas perpendiculares á su plano. Hemos dejado en blanco las que están delante de la rueda; las sombreadas, puestas alternativamente con las otras, se hallan en la parte posterior de la misma rueda.

» Descendiendo la rueda desde *u* á X por la fuerza del peso, como indica la flecha, las clavijas de la parte anterior encuentran al plano inclinado L, d, y le empujan hácia B. En este movimiento, la palanca G, A, c, que está en la otra cara de la rueda, avanza bajo la clavija siguiente; entónces escapada la clavija Y del punto *d*, y continuando alejándose la palanca por la fuerza dada al péndulo, la clavija siguiente *n* se coloca sobre la parte circular concava R, I, que es el arco de descanso.

» Vueltas las palancas al lado A por la oscilacion descendente del péndulo, la clavija que frotaba sobre el arco R, I, encuentra pronto al plano I, c, en el que obraba como la primera, aunque en sentido contra-

rio, empujando á las palancas de C á A, hasta que la clavija siguiente viene á encontrarse con el arco constante L, S, para volver á descender desde aquí al plano L, *d*, y así sucesivamente.

» Como cada clavija de la rueda responde á una oscilacion del péndulo, deben tener los reguladores sesenta clavijas sobre la rueda, treinta en una cara de esta última, y las otras treinta en los intervalos de las primeras; pero sobre el otro lado de la rueda se han de poner de modo que los lados interiores de las *m*, *n*, y los exteriores de las X, Y, se encuentren precisamente en un mismo círculo, lo que se consigue haciendo las de un lado de radio menor que el del círculo en que están las del otro, por cuyo medio la impulsión sobre los dos planos se verifica exactamente á igual distancia del centro de la rueda, y por una palanca siempre igual.

» Si fuesen redondas las dos clavijas, la que llegase á la extremidad del plano *c*, ó *d*, escaparia en el momento que su centro se hallase frente al ángulo *d*, ú *o*, y antes que el grueso de ella pasase por debajo de *d*, ó *c*. Ahora bien, como el grueso de la palanca I, *c*, ó *d*, L, ha de pasar entre las dos clavijas, y esto no acontece sino cuando toda la de que hablamos se halle debajo de *c*, ó de *d*, es claro que dicha clavija disminuiría de radio despues de haber escapado, y por consecuencia la que está encima le suce

deria lo mismo y caeria; caída que es preciso evitar, ya por el estremecimiento y gasto que produce en las piezas, ya á causa de la fuerza que se pierde inútilmente en el choque.

» Pues bien, disminuyendo la mitad el espesor de la clavija, sucede que en el instante que escapa, pasa bajo la palanca, y la clavija siguiente llega, sin caída alguna, al arco de descanso.

» Aunque se reduzcan las clavijas á mitades cilíndricas, siempre es su convexidad, es decir, su parte inferior la que frota en los arcos de descanso; y como no hay en una superficie frotamiento menor que el producido por una convexa sobre otra plana, el aceite é impurezas que se reunirían en la superficie de un diente y que contribuirían á gastar cualquiera otro escape, no pueden encontrarse bajo una clavija tan delgada. Así pues, por su convexidad x, m, y, n , obran las clavijas en los planos inclinados, no escapando sino cuando el ángulo de una de ellas llega al ángulo inferior del plano inclinado.

» Este escape es sin contradicción el mejor de los conocidos, y gozará mucho tiempo de esta primacía; porque los descansos son perfectamente iguales y á la misma distancia del centro; el frotamiento es muy pequeño; los dos arcos de descanso son concavos, y se recorren con la misma velocidad, fuerza y dirección. Son también iguales las palancas en las que

obra la rueda, lo mismo que los planos; la impulsión principia á la misma distancia del centro, y concluye de un modo análogo, ejerciéndose con idéntica fuerza y en igual sentido. »

Se ha perfeccionado la construcción precedente, colocando en una de las palancas G, A, c, un trozo de cobre que puede tener un pequeño movimiento circular, taladrado en el sentido perpendicular á la línea F, I. En la otra palanca y, frente á frente, se pone otro, en el que entra la cabeza de un tornillo, que no permite al otro tornillo que tiene sino un movimiento circular al rededor de su eje. Las hélices de este tornillo van á introducirse en el cobre puesto en la palanca primera, de modo que hace las funciones de tornillo de aviso. De lo que resulta que haciendo girar la cabeza de dicho tornillo con una llave, á derecha ó izquierda, se acercan ó alejan los dos planos inclinados, poniendo el escape lo mas cerca. Los artistas comprenderán perfectamente esta construcción.

CAPITULO VIII

I

Del Regulador en general.

El balancin circular se emplea generalmente como regulador en los relojes portatiles, ó en los que están destinados á cambiar con frecuencia de lugar. Al principio se usó el acero para construirle; pero despues se desechó este metal, porque siendo atraible por el iman, podria alterar la marcha del reloj. Hoy se usa el laton y algunas veces el oro.

En los demas relojes fijos hace el péndulo de regulador. Aqui el metal es indiferente, porque la regularidad de la marcha depende en gran parte de la longitud exacta que se le dá al péndulo.

En ambos casos hay que observar reglas invariables indicadas por la fisica y desarrolladas por los sabios relojeros que han escrito sobre el arte importante de que nos ocupamos.

Como en el capítulo quinto hemos expuesto con bastante extension la teoría del movimiento pendular, solo trataremos en este del balancin ó regulador para los relojes portatiles, dando á conocer lo mas indispensable.

II

Del Regulador para los relojes portatiles.

Fernando Berthoud ha sido el primero, y tal vez el único, que se ha dedicado á estudiar con fruto y describir con claridad la solucion de los diversos problemas necesarios para perfeccionar este ramo esencial de la relojeria. No se estrañará, pues, que tomemos por guia á este sabio artista, cuyo nombre va unido siempre á los adelantos del arte.

Los primeros relojes que se construyeron tenian pequeños balancines de acero sin resorte espiral, por cuya razon marchaban con irregularidad. En 1675, inventó el célebre Huyghens el resorte espiral, que aplicó al balancin, haciéndole ejecutar vibraciones independientes del escape; aumentado el diámetro del balancin, se apercibió que sus vibraciones eran tanto mas rápidas y menos extensas, cuanto mas fuerte era el resorte espiral, y al contrario. Desde en-

tónces concibió la idea de obtener una gran exactitud en los relojes, combinando entre sí el diámetro y peso del balancin con la fuerza del resorte espiral.

El principio estaba reconocido, pero la aplicación de él era difícil, porque la ciencia aun no había progresado lo bastante para resolver un problema de tal magnitud. Fué, pues, preciso hacer tanteos antes de conseguirlo. Sully y Julian Le Roy, hábiles relojeros, abrieron el camino en el siglo XVIII; pero estaba reservado al infatigable y sabio Berthoud llevar la luz de la ciencia á una rama importante del arte que con tanta perfección ejerció. En las artes industriales, no basta poseer la ciencia teórica en sumo grado, es indispensable también reunir la práctica, es decir, ser artista, para aplicar con talento la ciencia. Esto es precisamente lo que aconteció á Berthoud, por lo cual no es extraño que haya resuelto tantas cuestiones, hasta él irresolubles.

Al comparar el efecto del péndulo, de que ya hemos hablado, con el balancin animado por el resorte espiral, hizo este sencillo razonamiento: « Si se pudiera construir, dijo, un balancin al que una impulsión dada le hiciera oscilar isócronamente, conservándole el movimiento por mucho tiempo, se reducirían los frotamientos y la resistencia del aire á la menor cantidad posible, y este balancin sería el me-

por regulador aplicable á un reloj : veamos como se puede conseguir. »

El espacio de que podemos disponer, no nos permite entrar en todos los detalles preparatorios que preceden á la solucion de este problema. El que quiera conocerlos, puede leer los capitulos XXVII, XXVIII, XXX, XXXI y XXXII del *Ensayo sobre la Relojeria*, por dicho autor.

Para llegar pronto á nuestro objeto, expondremos con Berthoud algunos principios sobre las fuerzas del movimiento de los balancines.

« Está demostrado que las fuerzas que los cuerpos en movimiento emplean en vencer los obstáculos, están en razon compuesta de sus masas y del cuadrado de sus velocidades.

» Ahora bien, como la fuerza producida en un cuerpo es igual á la accion que la causa, siguese que la fuerza empleada en mover un cuerpo, es como el producto de la masa de dicho cuerpo por el cuadrado de la velocidad que ha adquirido. Si comparamos dos cuerpos de diferentes dimensiones, y designamos con letras mayúsculas las partes del gran cuerpo que tomamos por ejemplo, y con minúsculas las correspondientes del pequeño, tendremos en A el primer cuerpo ó balancin, M será su masa; V su velocidad, y F su fuerza, designando tambien por a el segundo cuerpo ó balancin, por m su masa, v

su velocidad, y f su fuerza, se obtendrá la proporción siguiente : $f : F :: v^2m : V^2M$; pero como en toda proporción geométrica el producto de los extremos es igual al de los medios, se tendrá esta ecuación : $fV^2M = Fv^2m$, que es general para todos los casos que se presenten.

» 1.º Si las dos fuerzas son iguales, es decir, si se supone que $f = F$, se les puede suprimir en la precedente ecuación, porque es idéntico á dividir los dos miembros por el mismo número, lo que no cambia los cocientes. Así se tendrá $V^2M = v^2m$: lo que significa que, cuando las fuerzas de dos balancines son iguales, las masas, multiplicadas por los cuadrados de sus velocidades, son iguales también. De esta última ecuación se puede sacar una proporción geométrica, considerando al primer miembro como producto de los extremos, y al segundo como producto de los medios; se tendrá pues $V^2 : v^2 :: m : M$; es decir, que cuando las fuerzas de dos balancines en movimiento son iguales, las masas están en razón inversa del cuadrado de velocidades, ó al contrario. En efecto, si la velocidad de $A = 1$, y la de $a = 2$, el cuadrado de la velocidad de $A = 1$, y el de $a = 4$; si la masa del balancin $A = 4$, y la del $a = 1$, poniendo estos números en lugar de las letras de la última ecuación $V^2M = v^2m$, que expresa el valor de las fuerzas de cada uno de los dos balancines, se tendrá : $1 + 4 = 4 + 1$;

por consecuencia las dos fuerzas son iguales, puesto que $4 = 4$. Lo que prueba lo enunciado.

» 2.º Si las masas de dos balancines son iguales, es decir, si tienen el mismo peso, la ecuacion fundamental $fV^2M = Fv^2m$, se convierte en esta otra $fV^2 = Fv^2$; dividiendo los dos miembros por cantidades iguales $m = M$, se saca esta proporcion $f : F :: v^2 : V^2$, lo que significa que si dos balancines tienen masas iguales y se mueven con velocidades desiguales, sus fuerzas son entre sí como los cuadrados de sus velocidades. Sustituyamos otra vez los números con las letras en la proporcion anterior, para inteligencia de los que no estén familiarizados con esta forma de cálculo. Supongamos que la velocidad del balancin A, expresada por $V = 1$, su cuadrado $V^2 = 1$, que la velocidad del balancin a, expresada por $v = 4$, su cuadrado $v^2 = 16$; la proporcion precedente se transformará en esta : $f : F :: 16 : 1$, que significa que la fuerza requerida para mantener el movimiento del balancin a, es la del A, como 16 es á 1, es decir que estas fuerzas son entre sí como los cuadrados de sus velocidades.

» 3.º Si las velocidades de los balancines son iguales, es decir, si $v = V$, la proporcion primitiva se convertirá en $f : F :: m : M$, y por consecuencia, las fuerzas serán entre si como las masas; de lo que se deduce que las acciones requeridas para mantener

los movimientos serán entre sí como los pesos de los balancines.

» 4.º En general, si las velocidades y masas de dos balancines son desiguales, sus fuerzas serán entre sí como la relación compuesta del producto de las masas por los cuadrados de las velocidades, lo que está expreso en la proporción primitiva y fundamental $f : F :: v^2 + m : V^2 + M.$ »

En estos principios, expuestos por Berthoud, se apoyó este para resolver todos los problemas relativos al balancin, determinando su peso, diámetro, según el número de vibraciones, con la fuerza necesaria para recorrer arcos, etc.

» Conociendo la masa de un balancin, su velocidad y la fuerza que le mueve, en un reloj perfectamente construido, que sirva de término de comparación, se deduce fácilmente las condiciones que ha de tener el balancin de otro reloj, cuando sean diferentes su masa, velocidad y fuerza para moverse, etc.

» Para comparar las velocidades de dos balancines, hay que multiplicar el número de vibraciones durante un tiempo dado, por el diámetro de cada uno de ellos; los productos expresarán las velocidades, suponiendo que describen arcos semejantes; en el caso contrario, es preciso hacer para cada balancin un producto de estas tres cosas : 1.ª del número de vibraciones en el mismo tiempo; 2.ª del diámetro

ó radio del balancin ; 3.^a del arco recorrido por él.

Aun cuando Berthoud hace la observacion de que los cálculos que usa no son aplicables mas que á los escapes de cilindro, sin embargo, debemos decir que son relativos, en general, á todos los escapes que no pueden marchar sin resorte espiral. En cuanto á los relojes de rueda de engranamiento, son inútiles estos cálculos, porque todos los artistas saben que es muy fácil proporcionar el peso del balancin á la fuerza motriz, cualquiera que sean su diámetro, los arcos que recorre, etc. Basta para ello poner en movimiento el reloj sin espiral, de manera que la aguja de los minutos ande cada hora de 25 á 27 minutos, ó retarde en el mismo tiempo de 33 á 35. A pesar de esto, como segun sean los frotamientos de los ejes y la magnitud de los balancines, así deberá variar el retardo en cada reloj, haciendo muy difícil la posibilidad de fijarle con exactitud, opina el expresado Berthoud que siempre será útil determinar con el cálculo la gravedad del balancin, segun el conocimiento que se tenga de la fuerza del resorte motor.

« Para proporcionar con exactitud, dice Berthoud, el peso de los balancines de los relojes que andan sin espiral, con la fuerza motriz, he construido un instrumento con el cual se puede determinar con la mayor precision la fuerza que el gran resorte comu-

nica al rodage. Comparando despues la fuerza del motor con la de un reloj dada, se determina el peso de los balancines. Aquel de nuestros lectores que desea conocer dicho instrumento, puede verlo en el *Ensayo sobre la Relojeria*, del citado autor, ó en la *Guia de los Obreros*, de MM. Seb. Le Normand y Janvier, donde se reproduce su descripcion y grabado.

» Para hallar las dimensiones de un reloj, hay que servirse, como término de comparacion, de otro perfectamente construido; de modo que la fuerza motriz tenga la relacion requerida con el regulador, á fin de que marche con la mayor exactitud posible. Para ello se medirá el diámetro del balancin, y conocerá su peso; se contará el número de vibraciones que da por ahora, y su extension; se mide tambien la fuerza del gran resorte con el instrumento que hemos citado, y últimamente se cuenta el tiempo que tarda el árbol del tambor ó la espoleta en hacer revolucion completa.

PROBLEMA 1.^o.

» Dadas las dimensiones de un reloj de comparacion A, hallar la gravedad ó masa de un balancin de otro reloj a , del que se conoce el diámetro del balancin y el número de vibraciones. »

Aquí hemos variado en decimales las fracciones absolutas de que se valió Berthoud, porque nos ha parecido mejor y mas fácil.

En la solución de este problema, se supone que en el reloj *a* la extensión de los arcos de la fuerza motriz son de la misma magnitud que los del reloj A, y se dice que hay la misma relación entre la fuerza motriz y el regulador del primero, como en el segundo.

Veamos las dimensiones del reloj de comparación A, que es de cilindro, como el que se desea construir. Para facilitar la operación, hemos puesto en cada ejemplo las letras que corresponden á la fórmula general

Reloj de comparación A.

M.	Peso ó masa del balancín.	granos	6.25
V.	{ Diámetro del id.	líneas	8.50
	{ Vibraciones por segundos.		5
	Extensión de los arcos de vibración.	grados	2.40
	Cono ó espoleta en 5 horas.	vuelta	1
J.	Resorte motor que se equilibra á 10 centímetros (4 pulgadas) del centro del cono.	grueso	5.75

Reloj para construir a.

m.	Peso ó masa del balancín.	granos	<i>x</i>
v.	{ Diámetro del id.	líneas	10.25
	{ Vibraciones por segundos.		2

Estension de los arcos de vibracion.		2.40
Cono ó espoleta en 5 horas.	vuelta	1
Resorte motor que se equilibra á 10 centímetros (4 pulgadas) del centro del cono.	grueso	5.75

Supuestas iguales las fuerzas de los resortes, vamos á resolver la segunda proporción $V^2 : v^2 :: m : M$; pero siendo m la desconocida que buscamos, dicha proporción será $V^2 : v^2 :: x : M$, que nos dá por resolver la ecuación $x = \frac{V^2 \times M}{v^2}$.

Para tener en números la velocidad del balancin A, hay que multiplicar 8.50, que expresa su diámetro, por 5 vibraciones que dá en un segundo, y el producto es 40,50. Multiplicando este número por sí mismo á fin de elevarle al cuadrado, obtendremos 1,806,25 para el valor de V^2 .

Lo mismo se hace para tener el valor de v^2 ; se multiplica 10,25 por 2 vibraciones por segundo, lo que dá 20,50, cuyo cuadrado es 420,50 $x = v^2$. Sustituyendo á las letras con estos números, la ecuación será $x = \frac{1806,25 \times 6,25}{420,50}$, ecuación que se resuelve multiplicando 1806,25 por 6,25, y dividiendo el producto por 420,50; lo que dará en granos el peso del balancin.

PROBLEMA II.

Si las fuerzas de los resortes no fuesen iguales, entónces hay que poner este dato en el cálculo, y se tendria que resolver la ecuacion fundamental ó la proporcion que nos la suministró $f : F :: v^2 m : V^2 M$, en la que se observa que las fuerzas que hemos depreciado por suponerlas iguales, son aquí uno de los elementos del cálculo, que se hace del mismo modo que para la solucion del primer problema.

PROBLEMA III.

Hemos supuesto en los dos problemas anteriores que los dos conos ó árboles de tambor daban cada uno una vuelta en cinco horas; pero si el reloj que se va á construir ha de dar mas ó ménos que el de comparacion, entónces, para comparar entre si las fuerzas motrices, hay que reducirlas á una misma unidad, es decir, á la fuerza necesaria para hacer marchar al que anda con mas lentitud.

No deseamos cansar al lector reproduciendo los experimentos multiplicados de Berthoud, que por otra parte pueden verse en su obra. Concluiremos

este capítulo con una observacion, á saber : los que estén habituados al cálculo, conocerán que es muy fácil servirse de la proporcion general ó de cada una de las que el autor ha deducido para hallar uno de de los elementos desconocidos, dados que sean los restantes.

El célebre Bréguet y todos los relojeros han dado al balancin el mismo diámetro que al tambor, casi lo que adoptó Berthoud por el cálculo.



CAPITULO IX

I

De la compensacion, ó medios empleados para corregir los efectos de la temperatura en los relojes.



« Es una verdad generalmente reconocida y probada por la ciencia, que el calor dilata todos los cuerpos, y el frio los condensa. Sábese tambien, añade Berthoud, que miéntras mas largo sea un péndulo, mas lentas son sus vibraciones, y al contrario. Luego, dilatando el calor la varilla del péndulo, es claro que en estio se retardará el reloj, y en invierno adelantará. Esta máquina no puede tener por estas causas una marcha uniforme; por consiguiente, es esencial conocer las cantidades de la dilatacion de los diferentes metales, para perfeccionar las máquinas que miden el tiempo. »

El razonamiento que Berthoud hace respecto á los péndulos, es aplicable á todos los reguladores; asi,

en los relojes portátiles ó de bolsillo, no solo el balancin, sino el resorte espiral, están sujetas á las mismas leyes de dilatabilidad y contractibilidad. Los medios empleados para corregir estos defectos se llaman en relojería *compensacion*.

Entre los innumerables medios mas ó ménos ingeniosos empleados para obtener la compensacion, relataremos los que nos parezcan mejores. Primero indicaremos los que se usan en los relojes portátiles, y en seguida los aplicados al péndulo.

En todos los sistemas de compensacion se emplea como pieza principal una lámina bi-metálica, es decir, compuesta de dos metales distintos, cuya dilatacion y contraccion están en relacion muy lejana. Ordinariamente son cobre amarillo y acero. Los infinitos experimentos hechos para conocer la relacion de la dilatacion de estos metales entre sí, no dejan nada que desear, porque se sabe que la dilatacion del laton es á la del acero como 121 á 74.

Dedúcese de esto que si suponemos una lámina bi-metálica, formada una de acero y otra de laton de igual longitud, anchura y grueso, soldadas y fijas por una de sus extremidades á la platina, dejando en libertad la otra extremidad, obrando el calor sobre ellas, dilatará la del laton mas que la del acero, y obligará á esta á encorvarse hácia el lado que la solicitan. Por el frio al contrario, contrayéndose el la-

ton mas tambien, atraerá al acero hácia sí, y su extremidad describirá un arco en sentido contrario del primero. Tal es la teoria de todos los sistemas de compensacion.

Los hábiles relojeros han sacado partido de esta propiedad, aplicándola de diferentes maneras á los relojes, de donde resulta mayor regularidad en estas máquinas, como lo vamos á explicar en los dos párrafos siguientes.

II

*De la compensacion en los relojes portatiles de reguladores
circulares.*

Si la irregularidad que se observa en los relojes de bolsillo procediese únicamente de la dilatacion ó contraccion de la materia de que están formados el balancin y el resorte espiral, no hay duda que el empleo de una lámina bi-metálica, convenientemente aplicada, corregiria el defecto de un modo completo; pero desgraciadamente no es así. Hay que tomar muchas mas precauciones, que vamos á señalar con M. Destigny. Entiéndase que hablamos de los relojes comunes. « Es preciso, dice el expresado autor, reducir todo lo posible los frotamientos y hacerlos constantes; que giren los ejes en agujeros practi-

cados en piedras finas (1), guarneciendo con estas las partes frotantes del escape, y formando este con la propiedad correctiva del inconveniente de una fuerza motriz invariable; es indispensable á la vez aplicar un resorte espiral de oscilaciones isócronas.

» El isocronismo de las oscilaciones del regulador, en las máquinas destinadas á medir el tiempo, es la base de la relojería, y hácia este objeto deben dirigirse todas las investigaciones: empero tantas causas concurren á turbarle, que es necesario, para conocerlas y corregirlas, estar muy versado en las leyes del movimiento, en matemáticas y en física.

» Independientemente de la accion de la temperatura sobre el espiral, que al dilatarle ó contraerle, le hace mas débil ó mas fuerte, y por esta razon disminuye

(1) Se llaman piedras finas ó preciosas, el granate, esmeralda, rubí, diamante, etc., porque son susceptibles de un bello pulimento y por la excelencia de sus propiedades físicas. El diamante es, digámoslo así, el soberano de todas ellas por su hermosura, dureza y propiedades ópticas. La formación del diamante es uno de los arcanos mas tenazmente guardado por la naturaleza; todos los esfuerzos humanos han sido estériles para conocerla. A Newton se debe, sin embargo, el conocimiento de su naturaleza: es carbono cristalizado por un procedimiento que se ignora, aunque hoy están todas las pruebas en favor de la vía húmeda. Es de un precio elevado por su mérito y escasez, y los relojes que se montan en diamante poseen mayor estabilidad y firmeza. Por esta razon se emplea en los cronómetros.

ó aumenta su accion sobre el movimiento del balancin, retardando ó acelerando las vibraciones, y por consecuencia, el reloj, hay una segunda causa de irregularidad, que es la influencia ejercida del mismo modo sobre el balancin, cuyo diámetro aumenta ó disminuye.

» Al obrar el frio sobre el aceite de los ejes, le hace perder su fluidez aumentando la resistencia al movimiento en la relacion de la suma de los frotamientos, lo que ocasiona retardo en la marcha. Este efecto puede variar á lo infinito, puesto que es resultado de los frotamientos que aumentan ó disminuyen, segun el grueso de los ejes, el diámetro y peso del balancin, y magnitud de los espacios que recorre. Es de advertir que ejerciendo el frio su influencia al mismo tiempo en diversas partes del reloj, produce dos efectos contrarios, que se puede llamar compensacion natural. Si estos efectos opuestos estuviesen en una misma relacion, daria por resultado una compensacion absoluta, que haria inútil y aun perjudicial el empleo de un compensador. Si, por el contrario, el retardo procedente del aumento de los frotamientos fuese mas considerable que el adelanto causado por la contraccion del espiral, el frio retrasaria el reloj, y en este caso, el compensador, cuyo efecto es idéntico, seria tambien perjudicial, porque añadiría una variacion mas. El mismo razonamiento

puede aplicarse, aunque en sentido inverso, respecto al calor.

» Esta teoría explica porque el cambio de temperatura puede adelantar un reloj, y retardar otro; como tambien porque un reloj ordinario, mal construido, puede marchar regularmente durante algun tiempo, miéntras que otro mejor, sin compensador, anda mal. En el primero, la casualidad hace nacer, de ciertos defectos, una compensacion que no dura por supuesto mucho tiempo; en vez que en el segundo, como no tiene defectos que se conviertan en compensadores, varian por los efectos de la temperatura. »

Tal es en extracto el relato de las sabias memorias de M. Destigny, las que pueden leerse en la primera série de los *Anales de la Industria nacional y extranjera*, tomo III, página 268 á 300, y que nosotros hemos tomado de la *Guia de los Obreros* de MM. Seb. Le Normand y Janvier, Paris, 1850.

Veamos ahora como se ha empleado hasta aqui el compensador en los relojes bien construidos. El célebre Bréguet inventó, á lo que parece, el compensador que la figura 49 representa. Es una lámina bimetálica, *c*, de acero y laton soldadas entre sí, el acero hácia el exterior. Está replegada sobre si misma y sigue la circunferencia del balancin, fijándosela con un tornillo sobre una especie de sierra *b*, de la

que se vé una parte. La rama interior es libre y tiene en su extremidad una virola, que se presenta ante una clavija metida en dicha sierra. Entre esta virola y la clavija vibra el espiral *d*. Debemos observar que

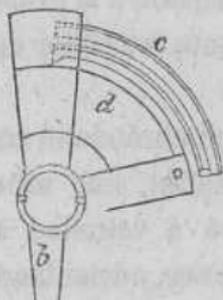


Fig. 49.

esta lámina no tiene la propiedad de dilatarse ni contraerse, y que si compensa alguna vez, no puede ser mas que efecto de la casualidad.

Compensador de M. Destigny.

Despues de haber reflexionado maduramente, M. Destigny sobre los inconvenientes de la construccion de Bréguet, trató de remediarlos colocando una segunda sierra sobre la primera, pero de modo que esta arrastrase á aquella. Sobre la segunda, fijó una palanca

angular con goznes en el vértice del ángulo, y por medio de un pequeño resorte obligó á los lados del ángulo á mantenerse constantemente separados. El lado movable es empujado sin cesar contra la virola del compensador de Bréguet, y tiene en su extremidad otra virola semejante á la primera. Esta es la que viene á colocarse ante la clavija del espiral, que vibra entre las dos.

Concibese, que no obrando el compensador directamente sobre el espiral, sino sobre la palanca adicional, se obtendrá á voluntad el grado de compensacion que se desee, adelantando ó retrocediendo dicha palanca. No describimos este mecanismo que se halla con figuras en el tomo III de los *Anales de la Industria*, que hemos citado, porque despues de su publicacion, se han propuesto medios mas sencillos, algunos de los cuales vamos á dar á conocer.

Compensador de M. Perron.

M. Perron hijo, relojero mecánico en Besanzon, publicó una memoria explicativa de su procedimiento, en la obra que ántes hemos citado. Hé aquí su construccion :

Es una lámina bi-metálica como la de Bréguet, pero no replegada sobre sí misma, sino extendida y con-

torneada en semi-círculo, fig. 50. Se la fija con un tornillo *a* á la punta de la sierra. Este tornillo entra en una ranura circular, que permite alargar ó acortar la lámina bi-metálica *b*, la que tiene en su extre-

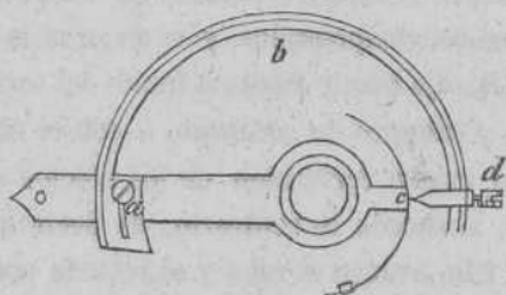


Fig. 50.

midad libre un cuerpo *d*, que resbala á lo largo de la lámina, á fin de arreglar la compensacion. El compensador *b* está formado de una lámina de acero de cierto espesor, soldada á una de aton, de manera que su grueso total sea proxicamente de 320 octavos de línea. Para obtener la compensacion exacta de los efectos de la temperatura, debe ser el compensador mas largo de lo necesario, á fin de que la correccion sea muy fuerte, es decir, que con el calor avance el reloj y con el frio se retarde.

A 27 ó 28 grados del termómetro de Réaumur se pone en marcha el reloj; en este estado, el espiral

debe tener poco juego entre el tornillo de la sierra y la extremidad del ángulo de la caja del cuerpo *d*. Se disminuye la temperatura hasta 12 ó 15 grados; en seguida, se le aumenta hasta los mismos 27 ó 28, y en fin al frio del hielo. Si el reloj se retarda por el frio y adelanta por el calor, se aparta el cuerpo *d* de la extremidad del compensador, y se encorva la lámina para que la caja quede frente á frente del tornillo de la sierra, y siempre de continuo, ó con el objeto de obtener la exacta correccion de los efectos de temperatura; si sucede lo contrario, es decir que expuesta al frio, avanza el reloj y se retarda por el calor, se aumentaria el efecto del compensador, disminuyendo su grueso, pero nunca esto se verifica. El compensador ha de tener de longitud un poco mas de la mitad de la circunferencia del balancin.

Compensador de M. Robert jóven.

En 1829, inventó M. Robert el jóven un nuevo compensador, siempre basado en la lámina bi-metálica de Bréguet, pero de mas fácil construccion y ménos embarazoso que el de M. Perron. Hé aqui su procedimiento :

En la sierra de avance y retardo *a* (fig. 51) hay un arco bi-metálico *b*, de forma casi circular. Uno de

los extremos está fijo á la circunferencia de circulo en *c*, y el otro es libre, segun el método acostumbrado; pero el tornillo que sostiene la pieza le permite girar sobre su eje á frotamiento suave en su centro comun, de manera que pueda oponer al clavo ó tornillo de descanso, tal ó cual punto de la con-

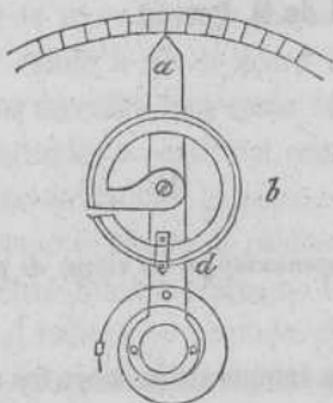


Fig. 51.

vexidad del arco bi-metálico. Miétras mas distante de la extremidad ó del tornillo esté dicho punto, mayor efecto de dilatacion se observa, mas ancho es el espacio que separa el arco compensador, y el espiral tiene mas libertad en sus vibraciones, produciendo por consecuencia mas efecto el arco compensador. No resta otra cosa sino someter la pieza de relojeria á la prueba da las temperaturas extremas, y

pasear el arco bi-metálico al rededor del tornillo que le sirve de eje, hasta obtener una marcha constante en ambos estados. Con unos pocos ensayos se consigue este resultado.

M. Duchemin, hábil relojero en Paris ha perfeccionado esta ingeniosa y sencilla invencion, poniendo hácia la extremidad libre del arco bi-metálico un cuerpo como el de M. Perron.

III

De la compensacion en los relojes de péndulo.

El efecto de la temperatura sobre los metales siempre es el mismo, cualquiera que sea la forma que se les dé, porque se verifica en todos sentidos. Cuando esta verdad fué confirmada por los físicos y se conoció que los metales se dilataban en relaciones diferentes entre si, los relojeros hábiles trataron de hallar procedimientos seguros para remediar los efectos de la temperatura sobre el péndulo, construyéndole de manera que su longitud fuese invariable y por lo mismo regular la marcha de los relojes. No podemos entrar aquí en el relato histórico de todos los medios empleados para conseguir este objeto; solo pre-

sentaremos lo que nos parezca mas notable y perfecto, remitiendo al lector que desee mas pormenores á las obras de Fernando Berthoud, que tantas veces hemos citado.

Conocido por rigurosos experimentos que la relacion de dilatacion entre el laton y el acero es como 121 á 74, como ya hemos dicho, cada cual pensó en combinar tubos de acero y laton en la relacion inversa, es decir, dando á los de acero una longitud como 121, y á los de cobre una como 74. Se convino en medir las longitudes á partir del centro de movimiento hasta el de oscilacion. El primero es siempre fácil de hallar; pero el centro de oscilacion presenta al contrario muchas dificultades, como hemos tenido ocasion de ver al hablar del péndulo. No se paró la atencion en que las expresadas relaciones son inconstantes; que cambian segun la naturaleza y otras circunstancias del laton, sucediendo lo mismo con el acero.

Idénticas causas que las que originan variaciones en la compensacion de los reguladores de los relojes portatiles, se presentan en el péndulo.

En los péndulos de chimenea, usa M. Destigny una lámina bi-metálica compuesta de otras dos de laton y acero de iguales dimensiones, soldadas, juntas y fijas á la platina con un pié colocado en la parte inferior de la lámina bi-metálica, ocupando la de acero

la parte superior. En las figuras 52 y 53 se vé esta disposición, donde D es la lámina bi-metálica fija á la platina con el tornillo *c*; la otra extremidad de esta lámina toca á una especie de chapa por la que pasa el resorte de suspension. El tornillo embreado que está fijo en el centro de la cabeza G, sirve para subir ó bajar el disco y arreglar la marcha del reloj. En esta construcción se observa, 1.º que la lámina bi-metálica está fija; 2.º que sostiene el peso del péndulo y del disco, suspendidos á un extremo de una lámina de acero, que

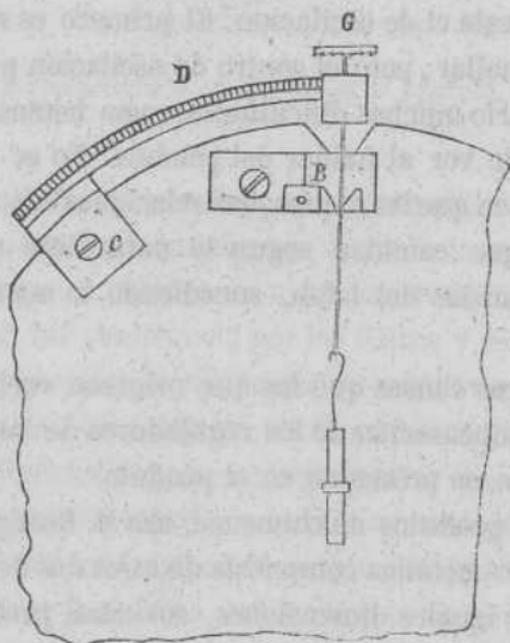


Fig. 52.

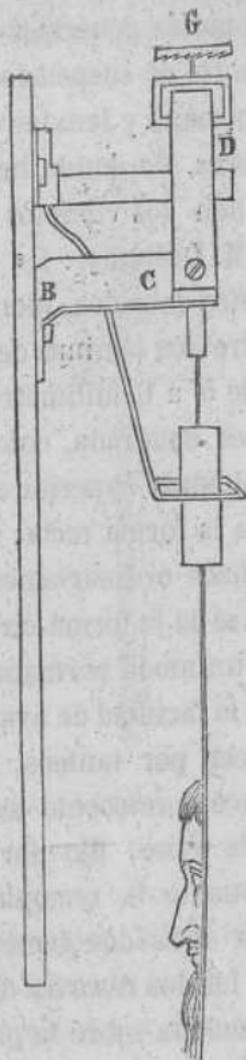


Fig. 53.

ha sustituido con razon á la seda usada ántes; 3.º con un tornillo y piés hay sujeto á la platina un puente B, que tiene dos piezas generales entre las que pasa libremente el resorte de suspension.

MM. Seb. Le Normand y Janvier en su obra titulada *Guia de los Obreros*, de donde hemos sacado lo que antecede, proponen los cambios siguientes en la construccion de M. Destigny : 1.º suspender el péndulo de dos resortes delgados, montados por sus dos extremidades entre dos láminas de cobre, á una distancia entre sí de 5 á 6 milímetros (2 á 3 líneas); 2.º si la platina es cuadrada, colocar la lámina bimetálica cerca del borde superior de aquella (fig. 54) dando á la lámina la forma recta; si la platina es redonda, como se hace ordinariamente y como lo indica la figura 52, se dá la forma circular á la platina, pero sin fijar de un modo permanente su pié *c*, dejando á la lámina la facultad de avanzar ó retroceder, á fin de establecer por tanteos la compensacion. El efecto de avance ó retroceso se puede producir con un tornillo de aviso, fijo por otro L (fig. 54); 3.º suprimir el puente B, reemplazándole con una pieza M, que lleva otras dos gemelas entre las que pasan libremente los dos resortes de suspension. Dicha pieza M no funciona sobre la platina, y por consiguiente no puede tener movimiento sino en el sentido vertical. En la parte superior de esta pieza se

fijan cuatro clavos gruesos y paralelos entre sí, que reciben con anchura el extremo libre de la lámina bi-metálica; 4.º el pequeño bastidor de los resortes

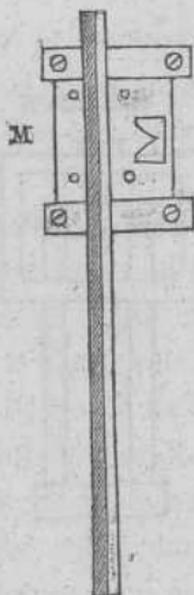


Fig. 54.

de suspension está sostenido por el tornillo N (fig. 55), de modo que al girar la cabeza embreada de este tornillo, se puede alargar ó cortar, y arreglar el reloj como se quiera.

En esta construccion, dicen los expresados autores,

que la lámina bi-metálica es independiente del péndulo, cuyo peso, aunque débil, no sostiene, y por consiguiente, no hay obstáculo alguno á la regularidad de la compensacion; que dando la facilidad de alargar ó acortar la lámina, se puede obtener, por

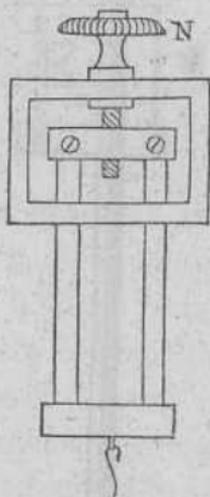


Fig. 53.

tanteos, la mayor regularidad en la compensacion. Añaden que dicha lámina tiene una longitud suficiente para compensar segun sea la del péndulo. Cada metal tiene un milímetro de grueso, y la lámina 4 (2 líneas) de ancho; por consecuencia, separando los dos resortes de suspension 6 milímetros (3 líneas),

pasará libremente entre ambos, y sus funciones no consistirán en otra cosa que en subir ó bajar el punto de suspension moviendo la pieza M, la que, si está bien construida, no ofrecerá ninguna resistencia.

Este mecanismo es aplicable á los reguladores de péndulo de segundos y de suspension de resorte, siendo mas sencillo que los usados ántes y de efecto mas seguro.

Pero cuando el péndulo tiene una suspension especial, la que se usa con razon en los relojes astronómicos y cronómetros, no se puede emplear el mismo medio; dichosamente el genio de los artistas ha vencido todas las dificultades. El método mas ingenioso y seguro es el inventado por M. Carlos Zademach, relojero en Leipsick, el cual nos parece oportuno producir en este lugar, como complemento al estudio de los medios empleados para corregir en las máquinas de medir el tiempo los efectos de la temperatura. Helo aquí.

Dos láminas de acero (fig. 56) A, A, atornilladas por arriba y por abajo en dos piezas de laton del mismo grueso, que se ven en *i* (fig. 57) y en *y* (fig. 58), las sostienen paralelamente entre sí. Estas dos figuras se supone que no forman mas que una, reunidas de extremo á extremo en A, A, para formar la longitud del péndulo, que representan de perfil.

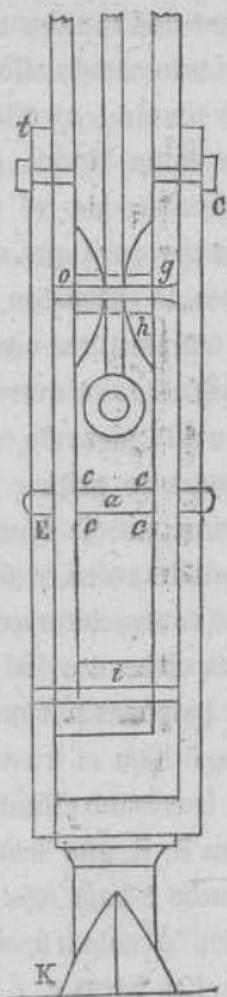


Fig. 57.



Fig. 58.

En la extremidad inferior de la lámina de latón B, se fija el tornillo doble u, u (fig. 56); esta lámina se

halla sostenida entre las otras dos por segmentos de círculo *h, h* (fig. 57 y 58), y por dos rodillos de fricción *d, d* (fig. 56), que la atraviesan siendo ellos atravesados también cada uno por un eje ó tornillo *g, g*; las aberturas practicadas en dicha lámina para el paso de los rodillos, son, como se las vé en *f, f* (fig. 56), bastantes anchas y largas para que no sean un obstáculo á los movimientos de extension y contraccion que los cambios de temperatura ocasionan en la lámina. Vese en *x,* (fig. 58) como su extremidad superior está sostenida y ligada á la pieza de cobre *y.*

Por medio de las dos palancas de primer género *C, C,* se efectua la compensacion; su eje ó punto de apoyo *t, t* está fijo á dos láminas de acero, y mientras que el excedente de extension ó contraccion que toma la lámina de cobre sobre las otras dos, se manifiesta en los dos brazos de sus palancas por medio de los agujeros *D, D,* la otra sube ó baja el travesaño ó almohadilla *b, b,* y con ella el travesaño cilindrico *a,* al que está suspendida la pieza *E, E,* que sostiene el disco *K,* de manera que este sube ó baja una cantidad igual al grado de dilatacion ó construcion tomado por las láminas de acero. Las letras *c, c* (fig. 56 y 57) indican la ranura en la que se mueve el travesaño cilindrico *a.*

El objeto de las dos tuercas *D, D* del doble tornillo *u,* *u* es regularizar la carrera de la extremidad *v, v* de las

palancas, aproximándola mas ó ménos á su punto de apoyo t . Es evidente que miéntras mas cerca se encuentre este punto del eje de la palanca, mayor será la carrera v , cuando se dilata la lámina B.

El disco K, del que no se vé mas que una parte, está fijo al enhorquillado E, E, que termina el péndulo descrito. La separacion de las dos ramas de dicha horquilla está determinada por la separacion y grueso de las láminas de acero A, A, y de modo que pueda resbalar fácilmente á lo largo de estas últimas, cuando por el excedente de extension que toma la de cobre sobre las primeras, se levante el travesaño cilindrico a , que sostiene, como hemos dicho, la horquilla. Los dos tornillos l , l , colocados en el extremo superior de las ramas E, E (fig. 57), las mantienen en su posicion, sin perjudicar no obstante al movimiento al que debe obedecer la horquilla.

IV

Efectos de este péndulo.

Si colocamos este aparato en un sitio en que se eleve de repente la temperatura, las tres láminas A, A, B, las dos primeras de acero y la tercera de latón, se dilatarán desigualmente y en la relacion que

ya hemos indicado, como 121 á 74. La B, que podemos llamar el compensador, sostenida en lo alto por un obstáculo invencible *y* (fig. 58), y en lo bajo por las dos palancas C, C (fig. 56), ejercerá su fuerza expansiva sobre los puntos de contacto de estas últimas y de las tuercas D, D, bajará una cantidad igual al excedente de extension que haya tomado esta lámina, y determinará la ascension de la almohadilla *b, b*, que descansa en las extremidades *v, v*, de las palancas.

Para que, en este movimiento, se efectue la compensacion con exactitud, es preciso que la almohadilla *b, b*, y por consecuencia el travesaño cilíndrico *a*, al que está suspendido el enhorquillado del disco, suba una cantidad igual á la dilatacion de las láminas de acero del péndulo, lo que se obtendrá fácilmente combinando los brazos de la palanca, de modo que *v, t*. ó el mayor, sea al menor como el espacio recorrido por la extremidad *v* es al que anda el punto de la palanca C, sobre el que está la tuerca D; es decir que *v, t* sea á *t, C*, como 121 es á 74, ó como 60, 5 : 37, relacion de las dilataciones de ambos metales. Esta consideracion es inútil, como se va á ver, y aumentaria las dificultades que presenta la teoria, que el autor ha querido evitar. Los dos brazos de la palanca se hacen iguales, y practicando algunos ensayos con el pirómetro, pronto fijan las tuercas D, D

el punto exacto de la diferencia de estas palancas para la compensacion. Si nos queremos convencer de esta verdad, despues de hacer los brazos iguales en longitud, dividámosles en 60 partes y media iguales, y veremos, hallada la exacta compensacion, que las tuercas se fijan hácia la 37^a division.

Si las piezas metálicas se dilatasen constantemente en cantidad proporcional á sus dimensiones, seria posible señalar *à priori* el grado de extension que tomarian sus superficies, y determinar exactamente el punto de las palancas en que deberia aplicarse el motor de la compensacion; pero como hemos observado, rara vez se dilatan igual cantidad dos piezas semejantes y de un mismo metal; era por consiguiente indispensable reservarse en el nuevo péndulo un medio con que poder corregir la diferencia entre la dilatacion verdadera y calculada.

Empleamos las palabras dilatacion verdadera y calculada, para significar la dilatacion real que sufre una pieza metálica, y la que deberia tomar segun la regla general que determina el grado de dilatacion propio de cada sustancia. Por ejemplo, una pieza de laton, de cierta dimension, podria dilatarse 7 milímetros (3 líneas y media), miéntras que, segun las observaciones que fijan su dilatacion, no deberia ser sino 6 milímetros (3 líneas): su dilatacion verdadera será pues de 7 milímetros, y la calculada 6.

No escapó esta observacion á la sagacidad de Zadmach, y por esta razon eligió el medio mas sencillo y natural, adoptando tuercas para transmitir á las palancas la fuerza expansiva de la lámina B; por cuyo medio se halla con facilidad, como ya hemos dicho, el punto del pequeño brazo de la palanca al que debe aplicarse el compensador para producir, en la extremidad opuesta, un efecto igual al grado de dilatacion de las láminas de acero : basta aproximar las tuercas de los puntos *t, t*, ó de los *Z, Z*, para corregir la irregularidad producida en la marcha del péndulo por una falsa compensacion.

Otros muchos medios se han propuesto y proponen cada dia para remediar en los relojes los efectos de la temperatura; pero siendo, en nuestra opinion, el invento de M. Zadmach de lo mas sencillo y perfecto que conocemos para los péndulos, y en la imposibilidad de insertarlos todos en una obra elemental de reducido espacio, tenemos que renunciar á ello si quiera sea con sentimiento.

CAPITULO X

De las causas que hacen detener ó variar un reloj portatil, ó un péndulo, con la manera de reconocerlas y corregirlas.

Aun cuando se tomen cuantas precauciones sean imaginables en la construccion de un reloj, son tantas las causas que concurren á desarreglarle, que es materialmente imposible evitarlas. Está en la naturaleza de la máquina el gastarse, y la accion del tiempo se manifiesta aqui mas ó ménos pronto segun su mejor ó peor construccion, como en todas las obras humanas. Sin embargo, muchas de ellas dependen de viciosa construccion, y por este motivo nos ha parecido útil reproducir cuanto en el particular aconseja el sabio maestro Fernando Berthoud, así para conocerlas como para remediarlas.

Siendo la potencia que mueven un reloj de bolsillo extremadamente pequeña, no debe extrañarse que

cualquiera cosa ó accidente detenga la máquina. Para investigar con éxito las causas que detienen un reloj, hay que conocer con anterioridad su construcción y los principios en que están fundados sus movimientos. De otro modo se camina á ciegas y jamás se acierta en que estriban á no ser casualmente. La inteligencia del artista entra aquí por mucho, siendo inútiles cuantas explicaciones se dén, si carece de ella.

Si la acción del motor ó resorte de un reloj es débil, y estando este en libertad, no domina aquel al regulador, acontecerá, cuando los aceites principien á solidificarse y los agujeros de los ejes á llenarse de suciedades, que perdiendo su fuerza y experimentando mayor resistencia de parte del rodage, se parará el reloj, concluyendo por equilibrarse la fuerza motriz con el regulador.

Detiéndose también cuando están mal contruidos los engranamientos, ó muy estrechos los agujeros de los ejes; cuando las agujas se hallan mal ajustadas y se tocan ó frotan contra el cuadrante ó cristal.

Si dos ruedas del movimiento se tocasen ó frotasen contra alguna pieza; si el balancin se acerca y toca á cualquiera otra vecina; si la clavija del balancin, que impide el cambio de las paletas (en el escape de rueda de engranamiento) es muy corta; y en general, si todas las piezas no tienen las dimensiones exigidas

por la ciencia, se para el reloj. Acontece con frecuencia, cuando el escape es muy justo, que la extremidad ó ángulo de las paletas queda sobre la punta de un diente de la rueda de engrane.

El peso excesivo del balancin y mas comunmente el de las birretas y del centro, cuya presion sobre los ejes ocasiona frotamientos considerables, exigiendo un fuerte espiral, es una de las infinitas causas que pueden parar un reloj.

Tales son, y en la dificultad de narrarlas todas, en extracto las causas que detienen un reloj; pero no basta indicarlas, hay que determinarlas con exactitud, para lo cual deberá procederse del modo siguiente.

Lo primero que se ejecuta, al examinar un reloj parado, es ver ántes de abrir el movimiento, si las agujas se tocan ó si la de las horas es muy larga. Despues se desmontan, y examina la rueda del cuadrante para saber si en cierta posicion no desengrana del piñon que la arrastra; en seguida se pasa á la rueda de retorno y se investiga su manera de funcionar con el cuadrante. Y últimamente, es preciso ademas examinar los engranes de las ruedas de los cuadrantes, pieza por pieza, no descuidando ninguna por insignificante que sea.

Otros muchos detalles podriamos dar; pero como el conocimiento de ellos no es teórico, sino práctico,

nos parece inútil, con tanta mas razon quanto que en las obras de Berthoud, se encuentra minuciosamente expuesto todo lo relativo á la parte del arte del relojero. En este supuesto, pasemos á narrar, tambien con brevedad, las causas que detienen y varian los péndulos.

Se para un péndulo, 1.º cuando la fuerza motriz no es proporcional á la magnitud de los arcos de vibracion que hace describir el escape al péndulo;

2.º Cuando son grandes y pesadas las ruedas, porque en este caso causan frotamientos considerables que destruyen gran parte de la fuerza motriz;

3.º Cuando están mal construídos los engranes, y la fuerza motriz se pierde en las caidas ó se destruye;

4.º Cuando los ejes de las últimas ruedas son muy gruesos;

5.º Si los ejes de las ruedas entran muy justos en los agujeros, porque entónces se destruye la fuerza motriz y no puede mantener el movimiento del péndulo;

6.º Si el escape está mal construido, entra justo ó tiene mucha caida, toda la fuerza de la rueda no se emplea en estos casos en mover el péndulo; si los arcos son desiguales, si la fuerza de la rueda se descompone, lo que ocasiona frotamientos en el áncora, quita el pulimento á las partes, las destruye, etc.;

7.º y último. La disminucion de la fuerza del

resorte y la solidificación de los aceites, así como las cajas estrechas en que se suelen encerrar los péndulos, son con frecuencia causas de detención. Se olvida muy á menudo por desgracia que en todas las máquinas y especialmente en las de relojería, es esencialísimo proporcionar la solidez de las piezas al esfuerzo que han de vencer; este conocimiento tiende á dos cosas; la primera, á poder calcular el esfuerzo ú acción de cada parte de la máquina; la segunda, á la fuerza que debe sostener un metal de una dimensión determinada, etc.

Dando á los rodages y piezas de una máquina la solidez conveniente, hay que evitar otro defecto á saber: la demasiada masa ó peso, que aumenta inútilmente los frotamientos. Relativamente á estos, es indispensable, para hacerlos constantes, proporcionar la longitud y grueso de los ejes al peso de las ruedas y á la fuerza que los mueve. No insistiremos mas sobre este particular; conocida la causa que detiene un reloj cualquiera, y cuyo exámen se haga concienzudamente, es inútil en nuestra opinion, dar reglas para corregirla. Un mediano artista comprenderá al instante como debe proceder, á fin de ponerle corriente y evitar en adelante otros defectos del mismo género. Pasaremos, pues, á las variaciones producidas por la naturaleza misma de un reloj, con lo cual concluiremos este capítulo.

En otra parte de esta obra hemos hecho notar que el péndulo sirve de regulador á un reloj; por consiguiente, la exactitud de él depende de la constancia de las vibraciones del péndulo, y estas á su vez de la longitud de la varilla : la uniformidad de las vibraciones tambien depende de la mayor ó menor resistencia que experimenta el disco en el aire, y los tiempos de ellas de la uniformidad del motor, como de la fuerza transmitida por la última rueda al regulador. Sabemos ademas sin género alguno de duda que los cuerpos se dilatan por el calor y se contraen con el frio; que el aire es mas ó ménos pesado y está cargado de partículas extrañas que se oponen al movimiento de los cuerpos; asi el péndulo hará vibraciones mayores ó menores, segun sea la resistencia del aire. Esta última causa no debe aplicarse sino á los péndulos, cuyos discos son grandes, ligeros, y que recorren arcos de cierta magnitud.

Variando la fuerza que el rodage de un reloj ejerce sobre el regulador, ya por los frotamientos, ya por la solidificacion de los aceites, es claro que las vibraciones del péndulo eran mayores ó menores, á medida que la fuerza transmitida al regulador aumente ó disminuya; lo que cambiará evidentemente la extension de dichas vibraciones.

Aunque todas estas causas y alguna otra que omitimos, consecuentes con el sistema que nos hemos

propuesto en este libro de no decir mas que lo interesante y necesario, dependen, como anunciamos, de la naturaleza misma de los péndulos, pueden sin embargo disminuirse considerablemente tomando algunas precauciones que vamos á exponer.

1.^a Poniendo al reloj un péndulo compuesto, que corrija los efectos del calor y del frio; es decir, un compensador, cuyos efectos ya nos son conocidos.

2.^a Construyendo un disco pesado de ancha superficie y mucha solidez.

3.^a Haciendo las ruedas pequeñas y ligeras, relativamente al obstáculo que han de vencer, con lo cual se consigue reducir los frotamientos á la menor cantidad posible.

4.^a Y última. Dando al motor la fuerza precisa para mantener el movimiento del péndulo, y que sea constante por supuesto.

24
 8

 232
 4

 9280

CAPITULO XI

Descripción de un péndulo de ecuación, de dos agujas de minutos concéntricos, que marca los meses del año, las semanas y los años bisiestos.

La rueda del tambor engrana en un piñon que dá una vuelta en 24 horas; el tubo de este pasa á la cuadratura y tiene una especie de platillo en el que se introduce la pieza *a*, *b* (fig. 59); sobre el prolongamiento de este tubo se halla la pieza *s*, *o*, *n*, que tiene un diente dividido en dos partes, una mas saliente que la otra; este cilindro ó pieza *s*, *o*, puede subir y bajar sobre el tubo: el piñon, su tubo y las piezas que contiene se ven de perfil en la figura 60.

La parte *s* de la pieza *s*, *o*, *n*, tiene un agujero en el que entra una canilla ó aguja que sostiene á la pieza *a*, *b*; así cuando esta gira, arrastra consigo á la pieza *s*, *o*, *n*. La parte *a*, ó el diente que lleva, se introduce en los dientes de la rueda anua *A*, la que posee 366 dientes y es detenida por el aspa *l*; á cada



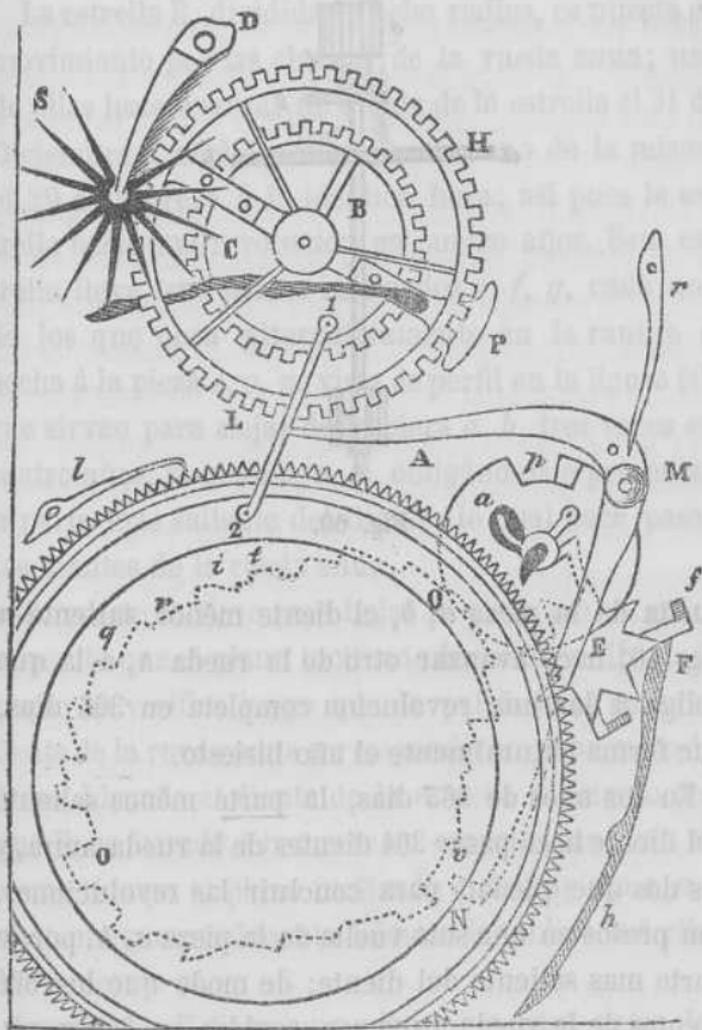


Fig. 59.

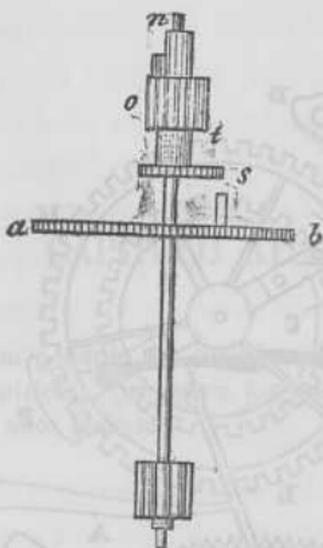


Fig. 60.

vuelta de la pieza *a, b*, el diente ménos saliente *n* (fig. 60) hace avanzar otro de la rueda *A*, á la que obliga á dar una revolucion completa en 366 dias, que forma naturalmente el año bisiesto.

En los años de 365 dias, la parte ménos saliente del diente hace pasar 364 dientes de la rueda anua, y los dos que quedan para concluir las revoluciones, son presos en una sola vuelta de la pieza *a, b*, por la parte mas saliente del diente; de modo que los 366 dientes de la rueda anua son cogidos en 365 veces, que corresponden á otros tantos dias. Resta por ver como la pieza *s, o, n* se levanta para presentar á la

rueda anua, tres veces en cuatro años, la parte mas ancha de su diente.

La estrella E, dividida en ocho radios, es puesta en movimiento por las clavijas de la rueda anua; una de ellas hace avanzar un diente de la estrella el 31 de Diciembre á media noche, y otra uno de la misma el 29 de Febrero á la idéntica hora; así pues la estrella hace una revolucion en cuatro años. Esta estrella lleva tres planos inclinados *c*, *f*, *g*, cada uno de los que obra alternativamente en la ranura *t*, hecha á la pieza *s*, *o*, *n*, vista de perfil en la figura 60, que sirven para alejar de la pieza *a*, *b*, tres veces en cuatro años, la pieza *s*, *o*, *n*, obligándola á presentar la parte mas saliente del diente, lo cual hace pasar dos dientes de la rueda anua.

El resorte *m* sirve para bajar la pieza *s*, *o*, *n*, en el momento que el plano inclinado le pone en libertad, lo que se verifica luego que la paleta hace pasar el diente de la rueda anua correspondiente al primero de Marzo. Llegado el diente de la estrella al ángulo del aspa E, es forzado á recorrer un espacio que aleja al mismo tiempo el plano inclinado *g* de la pieza *s*, *o* : de esta manera vuelve esta á descender obligada á ello por el resorte *m*.

La estrella E tiene una placa que pasa entre la rueda anua y el cuadrante, en lo que están señalados los años comunes que son de 365 dias y los

bisiestos; es decir, que se ven aparecer alternativamente, á través de una abertura del cuadrante, números que expresan *primer año* despues del bisiesto, *segundo*, *tercero*, y despues *año bisiesto*. En la figura no está la placa, porque impediria ver la estrella y el aspa.

La rueda B es la del tiempo medio, que engrana en la de retorno, cuyo piñon engrana tambien en la rueda de cuadrante : estas dos ruedas no están representadas por no poner sino lo que es distinto de un péndulo ordinario. Sobre la primera de estas ruedas hay una pieza C, D, de cobre, que tiene un pequeño puente G, formando con la anterior una especie de caja para la estrella I de veinte radios. Dicha estrella posee un piñon de cuatro dientes, y engrana en la rueda H del tiempo verdadero. La rueda del tiempo medio arrastra pues en su movimiento á la pequeña caja y á la estrella; por consecuencia, la del tiempo verdadero hace una revolucion al mismo tiempo que ella.

Empero, si se obliga á girar la estrella avanzando ó retrocediendo, su piñon forzará á la rueda del tiempo verdadero á los mismos movimientos sin cambiar el de la rueda del tiempo medio. Solo girándola á uno ú otro lado es cuando se produce la variacion de la rueda del tiempo verdadero y por consecuencia de su aguja; á este uso se destina la palanca L, M,

cuyo centro de movimiento está en el punto M. La parte L de dicha palanca tiene dos clavijas, las que se presentan alternativamente al paso de la estrella segun la ecuacion del dia. Cuando se hace retrogradar la aguja del tiempo verdadero, la clavija superior I se presenta de manera que la estrella arrastrada por el movimiento de la rueda del tiempo medio, viene á encajar uno de los radios en la clavija, y esta, inmóvil, obliga á que gire mas ó ménos la estrella, segun que aquella engrana mas ó ménos cerca del centro de esta.

La palanca L tiene tambien en N un brazo N, terminado en un plano inclinado que apoya continuamente en la curva O, O, formada por las vueltas del espiral; estas determinan el número de dientes que una de las clavijas debe pasar á la estrella para que varíe la aguja del tiempo verdadero. Cada vuelta de la curva sirve miéntras la ecuacion cambia la misma cantidad, porque están formadas de porciones de círculo concéntricas á la rueda anua, sobre la que se halla fija dicha curva: los dientes de la estrella no deben entrar en una de las clavijas de la palanca L sino una vez en 24 horas; hay pues que alejar durante 23 horas la palanca de la estrella. Para ello la palanca tiene la facultad de subir y bajar segun la longitud de sus ejes: el platillo ó asiento de ella, colocado en la placa *a*, *b*, la que eleva de tal modo á la

expresada palanca, que por el movimiento de la rueda del tiempo medio que arrastra á la estrella, los radios de esta pasan bajo una ú otra clavija 1, 2 de la palanca sin tocarla, y esto todo el tiempo que el asiento de la palanca se apoya en la placa *a, b*; pero como esta hace una revolucion en 24 horas, en el instante que se presenta la muesca *p*, que tiene, baja el asiento por la presion del resorte *r*; entónces manifiesta la palanca cualquiera de sus clavijas, y la estrella arrastrada por la rueda del tiempo medio, entra en ella, como hemos dicho. La muesca debe tambien presentarse á las once de la noche en punto; y cuando es media noche, y la placa *a, b* continua girando, el plano inclinado que termina un lado de la muesca, sube el asiento ó platillo y pone las clavijas de la palanca fuera de su alcance, á fin de que no puedan ejercer su accion sobre la estrella durante 23 horas.

La pieza *P*, conducida por la rueda del tiempo medio sirve á equilibrar la pequeña caja y la aguja de dicho tiempo: la del verdadero debe equilibrarse por sí misma.

Ademas de los meses y semanas de la rueda anua, hay que grabar tambien la diferencia del tiempo verdadero al medio, con el objeto de que si se para el péndulo, se pongan las agujas en la ecuacion sin necesidad de otro recurso.

Fernando Berthoud, que describe este aparato en su obra *Ensayo sobre la Relojeria*, tomo 1º, advierte que aun cuando este mecanismo parezca seductor, es de difícil ejecucion, y exige muchas precauciones para determinar bien las dimensiones de cada parte, lo que es, en su opinion, un gran defecto. A continuacion señala uno por uno todos los cuidados que se deben tomar para construir esta ecuacion del modo mas perfecto posible, y que no reproducimos por falta de espacio, remitiendo al lector á la obra mencionada.

CAPITULO XII

I

Relojes astronómicos.

Una plancha fuerte que sirve para fijar solidamente el péndulo en un muro, con una caja de cobre, cuyos ejes prolongados, de tornillos, contienen un pié que sostiene el péndulo; dicho sustentáculo gira sobre los tornillos y deja al péndulo en libertad de quedar vertical.

Una horquilla en la que se fija un travesaño, sobre cuya longitud está formada una canal que debe apoyarse en dos cuchillos movibles del sustentáculo; además tiene una muesca en la que se introducen los cuchillos; los tornillos detienen á estos en el sustentáculo ó pié dejándoles un pequeño movimiento há-

cia el centro de su longitud, y de modo que la base de la canal les obliga á aplicarse por sus extremidades; por esta razon la parte inferior de los cuchillos ha de ser redondeada y no deben tocar al sustentácullo sino por el centro.

La horquilla se fija con un fuerte clavo en un bastidor de acero, uno de cuyos extremos, que entra justo en el disco, sirve únicamente para que no vacile; en las varillas correspondientes de cobre hay un travesaño, y los extremos superiores de dichas varillas obran sobre una palanca movible entre dos placas fijas á otro bastidor de acero; en el extremo inferior de este último se colocan las puntas de las varillas de cobre correspondientes, cuyas extremidades superiores sostienen una palanca movible en determinado punto; la extremidad inferior de esta varilla atraviesa unas muescas hechas en el segundo bastidor y en el travesaño del primero.

Las palancas movibles están destinadas á dividir igualmente la presion del disco en cada varilla de cobre correspondiente.

Una tuerca que sostiene el disco por debajo de la chapa y una *contra-tuerca* para fijar invariablemente la longitud del péndulo, se colocan en el espesor de una muesca hecha en el disco.

Un pequeño cilindro ó manecilla que entra en el agujero de un cañon por el que puede subir y bajar;

para arreglar el reloj por las estrellas fijas ó por el sol, la manecilla se aproxima á un limbo y marca los grados recorridos por el péndulo.

Unas partes de la caja sirven para recibir á la del movimiento y ambos se paran por medio de dos tornillos que entran en unos agujeros hechos en las columnas del movimiento.

Hay además unos frenos destinados á contener las varillas del péndulo : son de cobre, están fijados con tornillos que pasan por unas pequeñas muescas en el bastidor para retenerles ; los otros extremos de los frenos tienen pequeños tornillos cuyas puntas entran por otro lado del bastidor á fin de impedir que baje el freno y detenga las varillas : defecto que es muy esencial evitar porque no se verificaria la compensacion si dichas varillas no pudiesen subir y bajar libremente en el gran bastidor.

Descritas ya las piezas principales de que ha de constar un reloj astronómico pasamos á referir el mecanismo de su movimiento.

II

Descripcion del movimiento.

El cuadrante del reloj con la aguja de los segundos; la de los minutos marca sobre un círculo graduado en 60 partes, el cual es comun á los minutos y á los segundos. Las horas se señalan á través de la abertura hecha en el cuadrante y están grabadas en un círculo sostenido por la rueda del cuadrante; de este modo se observa fácilmente el movimiento de la aguja de los segundos, del que tanto uso hacen los astrónomos

Forma parte tambien del aparato motor de este reloj el exterior de la platina de las columnas, con las ruedas de las cuadraturas análogas á las que hemos descrito en otra parte.

Un fiador fijo al tubo del pié de ciervo, del cual sirve una parte para cubrir el agujero de la cuerda, con el objeto de que no se pueda subir el reloj sin quitar ántes el fiador, y por consecuencia sin que obre el pié de ciervo sobre la rueda del movimiento y mantenga las vibraciones del péndulo y del rodage interin suben los pesos.

Cinco son las ruedas del movimiento del reloj de

las que una sostiene el peso motor, otra es de escape, etc.

La pieza principal del escape; la horquilla; una de cuyas extremidades sostiene el tubo que comunica con el péndulo y le trasmite la fuerza del rodage; dicho tubo se mueve con un tornillo de aviso para poner la máquina en su escape; estas son con la campanilla de los segundos de que hemos hablado en otra parte todas las piezas de movimiento del reloj astronómico.

CAPITULO XIII

I

Relojes marinos.

Descritos con toda la extension que permite un Manual los relojes civiles y astronómicos, pasaremos á ocuparnos de los no ménos interesantes aplicados á la navegacion.

Estos relojes tienen dos aplicaciones : sirven para conocer la hora en que se hacen las observaciones, y para determinar la longitud ó punto en que se encuentra el buque.

Se concibe fácilmente que no puede dar un paso sobre la tierra, el observador, sin que note diferencias, en la atmósfera celeste, ocasionadas por la redondez de la tierra, que cada uno de sus puntos goza por decirlo así, de un celaje distinto, ocasionado por el reflejo de los mismos.

Se indica con la voz *latitud* de un lugar, la dis-

tancia del punto en que se halla el buque del Ecuador, ó el trecho que ha avanzado hácia el Norte ó Sur : esta distancia se mide en la superficie del globo siguiendo el camino mas corto, ó, lo que es lo mismo, por el meridiano que pasa por aquel punto y que está perpendicular al ecuador. Si el punto está sobre el ecuador, no existe latitud, mas si, por el contrario, avanza hasta el polo, entónces se marcarán 90 grados, que es la latitud mayor.

Las latitudes que se hallan en una paralela, miden los mismos grados, porque se encuentran á igual distancia del Ecuador.

Las longitudes se dividen en septentrionales y meridionales, ó en longitud norte y sur, segun que el punto en que se observa está hácia uno de dichos términos ó hemisferios.

Se conocen dos métodos para determinar la latitud en el mar, de facilísima aplicacion.

Dase el nombre de *zenit*, al punto mas alto del cielo, y mejor dicho al que está sobre nuestra cabeza; y *nadir*, al punto que suponemos, en el globo, corresponde bajo nuestros piés; pero por poco que andemos, cambian estos dos puntos de lugar así como cambia tambien nuestro horizonte : si avanzamos hácia el Norte nuestro horizonte disminuye por este lado y aumenta por el opuesto. El punto *zenit* cambia tambien hácia las estrellas del polo norte ó

ártico, y se aparta del sol y de las estrellas, que estan inmediatas al ecuador : si damos la vuelta completa á la tierra ó recorremos sus 360 grados, nuestro zenit recorre tambien la circunferencia del cielo ó sus 360 grados.

Asi pues podemos encontrar la longitud en que nos hallamos, ya se avance hácia el ecuador ó hácia el polo, ó el cambio de latitud, por el cambio de situacion que efectuan los astros observando nuestro zenit.

Hemos dicho que el cielo ó el zenit cambia á medida que cambiamos de situacion : supongamos (teniendo á la vista un globo terraqueo) que tiramos una linea desde el punto N ó norte al S., sur; y otra linea real x , r , que representa el ecuador del cielo, y b , c , que estan inmediatas al centro del globo, donde se supone está la tierra, trazando un círculo que le divide, la linea x , r es el ecuador de la tierra; se tira una linea vertical desde el zenit z al centro del círculo y el punto A, union del zenit con el punto del globo en que se halla el observador, es el de partida para hallar la longitud; fijando una punta de compas en A y abriéndole hasta el ecuador de la tierra ó sea el punto b , se tendrá la longitud que desea el observador, siendo igual en proporcion á la distancia del zenit al ecuador celeste, contando los mismos grados que el de la tierra desde A á b .

Para comprender la descripción precedente es menester colocar el hemisferio de modo que el N. corresponda á una tercera parte de la línea horizontal, dividiendo en tres partes iguales el arco Z, O; á igual distancia de Z, en el arco Z, H, se tira otra línea que pasando por el centro del globo va á pasar al punto de la circunferencia ó al lado opuesto, cuya línea representa el ecuador celeste y terrestre. H, O es la línea horizontal.

La latitud es igual á la cantidad del polo N., que se eleva sobre el horizonte. Si el observador A adelanta hácia el ecuador de la tierra, su zenit avanzará también igual número de grados hácia el ecuador del cielo. Supongamos que el observador prosigue su camino hasta el ecuador, el horizonte H, O cambiará de lugar al mismo tiempo y tomará la situación N. S.; este horizonte situado en N. S. no será nuestro horizonte, pero será el del observador que llegue á B y dividirá exactamente el cielo en parte superior é inferior.

De esto resultan dos métodos para determinar la latitud de un lugar, pues podemos observar en el cielo dos cantidades enteramente iguales en grados; podemos medir la distancia de nuestro zenit al ecuador celeste, ó la cantidad en que el polo se eleva sobre el horizonte.

II

De la longitud de los puntos en el globo.

Asi como las observaciones de la latitud nos dá á conocer la cantidad de grados que avanzamos hácia el norte ó hácia el sur, con relacion al ecuador, la longitud determina nuestra situacion hácia oriente ú occidente .

Cada nacion tiene un meridiano para sus observaciones, y al cual compara sus cálculos; y establece la latitud por la distancia de su meridiano, midiendo la distancia sobre su meridiano en toda la circunferencia ó en alguna de sus paralelas.

El método varia segun el modo de contar la longitud; se debe contar de occidente á oriente, grado á grado hasta los 360.

Se debe tener presente que caminando hácia el norte ó hácia el sur, y que los que siguen el mismo meridiano, conservan precisamente la misma longitud. La distancia al primer meridiano se mide sobre el ecuador ó sus paralelas, y que los grados de estas son mas cortos, que los intervalos son mas pequeños á medida que se les compara con los mas im-

mediatos á los polos aconteciendo que hay el mismo número de grados á pesar de su diferencia de magnitud. Resultando de esto que á medida que se camina hácia uno ú otro polo, es mas corto el camino para vencer los meridianos á las longitudes, y que hay una gran diferencia en el medio dia ó las doce. Cada quince grados que se adelante hácia oriente ú occidente se cambia el medio dia en una hora mas pronto ó mas tarde. Para que un lugar equivalga á quince grados, es menester que toda la circunferencia de las paralelas no conste mas que de veinte y cuatro divisiones, con el diámetro de ocho, y que la distancia al polo sea un poco ménos de cuatro.

No es muy fácil, estando en alta mar, determinar el camino que se ha hecho hácia oriente ú occidente, ó el cambio de longitud, bien sea hácia el norte ó hácia el sur.

Hay dos métodos para que pueda un buque determinar con precisión el medio dia, y por consiguiente marcar todas las horas; pero para determinar la longitud, es preciso que conozca la hora que es, en aquel momento, en el punto de donde ha partido, y que ignora. La agitacion del mar hace imposible de mantener en el buque un reloj exacto que marque la hora que era en el punto de donde ha partido.

La importancia de conocer las longitudes en la mar ha sido estudiado por los hombres de ciencia y

premiados sus esfuerzos por los estados de Europa; pero nadie á excepcion de M. Cassini ha conseguido su propósito.

Siendo la ruta de un buque, como es, oblicua al meridiano del punto de partida, se describe un triángulo rectángulo, cuya ruta es la *hipotenusa*, los otros dos lados son el camino recorrido en el mismo tiempo en longitud y latitud; la latitud se conoce por la observacion de la altura de algun astro; por la brújula y el ángulo que ha descrito en el camino recorrido, con un lado de triángulo, del camino, y apreciando por un tiempo dado la velocidad del buque, resultando de estas observaciones la longitud precisa.

La dificultad mayor es apreciar con exactitud la velocidad del buque; para esto se emplea la *guindola* ó *corredera*, pieza de madera sujeta á un bramante que se desdobra á medida que se aparta el buque de aquella; estando la mar tranquila se mantiene la corredera á flor de agua, flotando en un punto fijo, segun la mayor ó menor velocidad del buque; pero esto no tiene lugar si se echa la corredera en una corriente, en cuyo caso no permanece inmóvil sino que es arrastrada por el buque; si se advierte indica que están en una corriente, pero el buque por su volúmen y el viento que le engolfa es arrastrado con mas velocidad que la corredera : ; er-

ror fatal! pues da por resultado la falsa longitud y posicion del buque, que, como dice muy bien M. Cassini, es mas conveniente ignorar el punto en que se encuentran, conociendo que lo ignoran, que entregarse confiados á los escollos desconocidos.

Las mas de las veces solo se sacará la longitud, en el mar, por cálculo, pues el cielo está encapotado y se mantiene en este estado durante algunos dias.

El uso de la corredera es de suma necesidad, pero por mucha destreza que se tenga en su manejo, no se conseguirá mas que un tanteo y no un resultado científico y seguro. Cuando se propone el problema de las longitudes del mar se sobreentiende que deben ser tan precisas como las latitudes, ó para hablar con mas propiedad, se ve que la ambigüedad ó errores no sean mayores que las de las latitudes, con relacion á la determinacion del punto en que se halla el buque.

M. Cassini sostiene que la declinacion de la luna tomada en tiempo favorable, no puede darnos la longitud con precision, y lo achaca á la falta de tablas que determinen esas igualdades con exactitud.

Lo que nos dará las longitudes, segun su modo de ver, por observacion celeste, son los satélites de Júpiter; consistiendo su dificultad en que es menester para descubrirlos un antejo de 15 á 16 piés, no permitiendo su manejo en el mar á excederse de cinco

piés de longitud, pues han de sostenerse inmóviles en direccion al astro, lo que es de todo punto imposible con el vaiven del buque.

Esta dificultad ha desaparecido en el dia, pues se sustituyen los grandes anteojos con otros mas pequeños y de mayor alcance.

Sin tener que recurrir á las observaciones celestes, poseyendo un reloj en el buque que marque la hora del punto de partida, la comparacion de esta hora con la del buque nos dará la longitud precisa. Pero para eso seria conveniente que el reloj que marca en el buque la hora del punto que ha emprendido el viage, fuese inalterable á pesar de la agitacion y violencia del mar, y de los cambios repentinos de temperatura; precision que con dificultad se conseguirá en tierra.

No nos ofrece mas ventajas el sistema de M. Halley en la declinacion del iman, apoyado en un movimiento irregular segun los meridianos magnéticos.

Lo dicho basta para comprender la necesidad de conocer las longitudes en la mar y el determinarlas para emprender la marcha del buque, acortar el camino y evitar los escollos y naufragios á que está expuesto continuamente un buque.

Siguiendo á Berthoud, como este á Huyghens, inventor del reloj, trataremos de aplicar los relojes á

las longitudes, haciéndolos inalterables á los cambios atmosféricos y á las rudezas de la mar.

Conocida la imposibilidad de conseguir por medio de un regulador la formacion de un reloj marino, en atencion á las continuas oscilaciones que experimenta un buque; y ser estas contrarias á la naturaleza de aquel, se ha tratado de sustituirle con un balancin por la razon fisica de que el centro del movimiento es el de gravedad.

Un balancin pesado presenta ménos resistencia á las columnas de aire; si se construye de gran magnitud, de un pié de diámetro, disminuye el frotamiento; pero para conseguir este objeto es menester que el balancin esté suspendido de tal modo que roce lo ménos posible.

La propiedad que adquiere el péndulo por su propio peso y que ocasiona las oscilaciones, es lo mas difícil de dar al balancin, pues si se trata de producirlos por el peso, la mas pequeña inclinacion ó movimiento de la máquina aumentará ó disminuirá la accion del peso, y por consiguiente alterará la duracion de las oscilaciones. Ademas el peso en su descenso participará de los cambios de los pesos ocasionados por la diferencia de latitudes: el resorte espiral es el solo agente conocido para producir las oscilaciones del balancin, porque su accion es igual en todas posiciones; pero se sabe que un resorte im-

pulsado con mas ó ménos fuerza, segun que hace frio ó calor, acelera ó retarda las oscilaciones del balancin.

Como el balancin libre, de gran diámetro, necesita de una gran fuerza para que suspenda ó disminuya el movimiento, y el que describe arcos menores, hace mas sensible las oscilaciones y son de menos duracion y la fuerza de impulsion es mucho menor, difiere notablemente de la fuerza del movimiento del balancin. Es pues preciso que el balancin describa arcos pequeños, y que no tenga mas fuerza motriz que la necesaria para restituir la que las columnas del aire, el roce de los engranamientos y su misma gravedad le puedan haber quitado; pero se debe tener presente que en este caso la fuerza motriz no será bastante para impulsar el balancin, estando la máquina parada, y que por consiguiente, para hacerle andar, es preciso comunicar el movimiento al balancin como se hace en los relojes de péndulo.

El vaiven de un buque produce efectos contrarios, pues sus movimientos suelen ser violentos y por consiguiente pueden aumentar ó retrasar el movimiento de las oscilaciones y hasta parar la máquina, inconveniente grandisimo. Si bien es verdad que aumentando la accion de la fuerza motriz puede comunicar de nuevo el movimiento al balancin, estas oscilaciones estarian sujetas á la variacion de la fuerza

motriz; pero se puede corregir estas desigualdades del motor empleando un escape isócrono.

Felizmente se ha inventado la combinacion de dos balancines pesados y de igual diámetro, cuyos ejes tienen unas ruedas de engranamiento que comunican su movimiento. Con este invento por fuerte que sea la oscilacion de un buque no podrá alterar las oscilaciones del regulador, porque el balanceo se reproduce en sentido opuesto, y de este modo los movimientos del buque en el balancin son neutralizados por el otro balancin. Como se comprenderá muy bien, se necesita una fuerza motriz muy pequeña y la desigualdad no podrá alterar el isocronismo de las oscilaciones.

Se suspende además la máquina de manera que los movimientos del buque no sean sensibles en la máquina.

Los balancines están colocados horizontalmente y las oscilaciones se efectúan en un plano perpendicular á los movimientos del buque.

Los balancines están suspendidos de dos resortes que sostienen el aparato, de manera que no efectúan sino un frotamiento sumamente ligero, y siempre igual, por su posición horizontal, y que los ejes no alcanzan más que una parte muy pequeña de su peso.

Como el roce que se efectúa en la circunferencia

de los ejes seria considerable si los balancines siguiesen los movimientos del buque, se debe procurar, por todos los medios posibles, que ocupen los balancines una posicion horizontal.

Para conseguir esto se suspenderá el reloj como las brújulas en los buques; pero dispuesto de un modo particular. Al rededor de los cuatro ejes que constituyen el balanceo, se pondrán cuatro semicírculos del mismo diámetro, y sobre estos se apoyará una plancha de acero para que se efectue un rozamiento igual que impedirá las oscilaciones de la máquina, cuyo peso será suficiente para volverle á la posicion horizontal. El roce se aumentará ó disminuirá segun convenga.

Para evitar los rudos balanceos, se adopta debajo de la suspension un resorte en forma de espiral del cual pende el reloj y salvará los movimientos ó golpes como los muelles de un coche.

Cuando el mar está embravecido, el buque recibe movimientos de trepidacion, como un reloj, que toma la direccion del cuadrante; este movimiento se efectua en el plano de los balancines; y como estos deben contribuir á neutralizar los movimientos, es esencial evitar que lleguen á los balancines. Para esto se debe construir la suspension del reloj de manera que volviendo el buque á ocupar su posicion primitiva, ó plano, por el movimiento de trepidacion, la

suspension gire separadamente del reloj, pues permanece en reposo, efecto de su inercia.

Para disminuir el roce de los ejes, en lugar de hacerlos girar en hembras de cobre, se hacen matrices de agata, y se forma el eje de los balancines de manera que se les pueda poner fácilmente ejes de acero fino y templado ; últimamente de esta disposicion de los ejes y agujeros resultará que el aceite se conservará puro mas tiempo lo que si no se verificará, alteraria necesariamente la libertad de movimiento del balancin.

Las vibraciones de los balancines son producidas por resortes espirales los mas perfectos posibles, es decir, de acero templado y duro. Cada balancin ha de moderarse por un espiral, de suerte que haciéndoles vibrar separadamente duren sus oscilaciones un segundo ; y cuando vuelvan á su lugar y se comuniquen por el engrénage de las ruedas ejecuten sus vibraciones en el mismo tiempo (un segundo).

Es necesario que los dos extremos de cada espiral se fijen solidamente, una á la virola que lleva el eje, y la otra á la platina, de manera que la armella no pueda ni doblarse ni vibrar ; porque si asi no fuese el movimiento de vibracion que se diera al resorte se destruiria bien pronto, puesto que su fuerza se consumiria en agitar el cuerpo que le mantiene, y no pudiendo este dar la misma cantidad de movi-

miento, disminuirían pronto las oscilaciones; acontecería también que estas se verificarían en tiempos diferentes, obstáculos que es preciso evitar cuidadosamente.

La perfección de los resortes espirales es muy esencial: han de tener una buena curvatura, y la fuerza de las láminas se ha de dirigir de modo que cuando vibre, se desarrollen todas las partes del resorte. Para ello hay que temprarles ántes de que se doblen, por cuyo medio devuelven mayor cantidad de fuerza de la que reciben.

Se deberá cuidar de que los espirales no sujeten los balancines comprimiendo los ejes contra los agujeros, porque en este caso causarían un frotamiento capaz de turbar las vibraciones; así cuando los balancines se paren y la máquina esté horizontal, no hay necesidad de que los ejes toquen á las paredes de los agujeros; para obtener este resultado se coloca la armella del espiral de modo que se la pueda acercar ó separar del centro, y detenerla ó pararla con dos fuertes tornillos.

La virola del espiral detendrá á este por medio de dos tornillos, en cuyo caso podrá subir y bajar sobre la armella y la virola.

Para que el espiral en su movimiento no lleve los ejes del balancin á uno ú otro lado de los agujeros, es preciso que la lámina tenga muchas vueltas y que la

virola de la espiral esté perfectamente al centro del resorte; entónces girará el balancin sin que su centro se mueva fuera del eje.

Para emplear la menor fuerza motriz, los balancines no deben describir sino arcos de veinte grados proximamente. La fuerza motriz pues no ha de ser mas que la exactamente precisa para mantener las vibraciones del balancin; pero la fuerza motriz de una máquina semejante no puede ser un peso, porque las agitaciones del buque tenderian á disminuir ó aumentar su accion; se deberá emplear un resorte de fuerza uniforme.

Está demostrado que miéntras mas velocidad tiene un resorte y sus vibraciones sean mas análogas á las de un espiral de balancin, mas conservan su elasticidad.

La fuerza trasmitida por el rodage al regulador cambia necesariamente por los frotamientos, la solidificacion de los aceites, la accion del calor y del frio, etc., etc. Asi pues la extension de los arcos descritos por los balancines debe tambien cambiar como la duracion de las vibraciones. Para evitar estas pequeñas desigualdades, se deberia usar un escape que haga isócronas las oscilaciones, á pesar de la desigualdad de la fuerza motriz.

En una máquina de resorte motor no es posible aplicar con exactitud la fuerza conveniente para man-

tener las vibraciones del regulador : esta dificultad se suple empleando una horquilla movable, que hará describir al balancin arcos mas ó ménos grandes, segun se le acerque ó aleje del centro de este último.

Miéntas se da cuerda á un reloj se para; para evitar esto se deberá usar en el reloj marino un fiador que mantendrá el movimiento de la máquina; dicho fiador deberá tener una pieza que cubra el agujero de la cuerda de manera que no pueda entrar la llave en el cuadrado sin quitar ántes el fiador, y por consecuencia sin hacerla obrar sobre el rodage.

Las ruedas del movimiento se colocarán horizontalmente asi como los balancines; de este modo su peso se dirigirá hácia la punta de los ejes.

Experiencias hechas sobre balancines libres, han enseñado que miéntas mas lentas son las vibraciones, mas tiempo dura la impulsión que se da al balancin; de donde se deduce que seria ventajoso emplear vibraciones lentas, porque en este caso la fuerza requerida para mantener el movimiento del balancin, seria muy pequeño; pero debemos observar que la cantidad de movimiento de un regulador ha de ser grande, á fin de que los cambios producidos por los frotamientos y los aceites, estén en menor relacion con dicha fuerza. Nosotros prefeririamos que cada vibracion fuese de un segundo.

Tales son, en extracto, los principios de construcción de un reloj marino, los que siempre han de tenerse presentes para su ejecución, observando atentamente todos los detalles que la experiencia nos enseña.

III

Uso de los relojes verticales y horizontales en la navegación.

Los relojes verticales son cómodos para trasportarlos de un lugar á otro, pero tienen el inconveniente que no son fáciles de arreglar para diversas inclinaciones, lo cual no se consigue sino á fuerza de muchos tanteos y por consiguiente hace que la construcción de esta clase de máquinas sea larga y penosa; porque estando el balancin en equilibrio perfecto, sucede sin embargo que la marcha del reloj difiere sensiblemente de la posición vertical de la inclinación de noventa grados á derecha ó á izquierda de la expresada línea vertical; pero aun hay mas; si el ángulo de inclinación es de cuarenta y cinco grados á derecha ó á izquierda, tiene diferencias mayores que para la inclinación anterior.

De las dificultades expuestas anteriormente, se puede concluir:

1.º Que para emplear en la marina con seguridad los relojes verticales, es indispensable que conserven constantemente la posición vertical por medio de buena suspensión;

2.º Que para llevar uno mismo un reloj de longitud vertical, ha de ser por poco tiempo y empleando muchas precauciones;

3.º Que los relojes verticales no deben emplearse en la navegación, sino *secundariamente*, en compañía de los relojes de longitudes horizontales;

4.º En fin, que no se deben considerar como verdaderos relojes de longitudes sino aquellos cuya posición es constantemente horizontal y no portátiles.

Efectivamente, los relojes horizontales reúnen todas las ventajas deseables: por su naturaleza son menos susceptibles de agitarse en un buque, experimentan menos frotamiento y tienen un regulador mas poderoso.

Con ellos se pueden anunciar los errores despues de una larga navegación, y están, por último, menos expuestos que los verticales portátiles á los cambios extremos de temperatura y á las variaciones de inclinación.

Los cuadrantes de los relojes de longitudes y astronómicos deben hacerse de cobre y con preferencia á la porcelana, porque siendo graduados en la misma

máquina, son mas exactos, precision que nunca se puede obtener con la porcelana.

Deben platearse para que se vean bien.

IV

Uso del tiempo medio para los astrónomos y navegantes.

El *tiempo medio*, igual ó uniforme es el que deben emplear los astrónomos en sus cálculos, porque el verdadero ó aparente no les sirve para otra cosa sino para hallar el primero. En efecto, este es el único fin ú objeto que se propone. El tiempo verdadero es fácil de observar, porque está marcado inmediatamente por el sol en el horizonte; pero no es propio para servir de escala de numeracion; porque es esencial en esta, ser siempre constante, uniforme é igual. Todas las revoluciones celestes, todas las épocas y los intervalos de tiempo que se encuentran en las tablas astronómicas están siempre en tiempo medio. La misma tabla de la ecuacion de tiempo da la diferencia entre el medio y verdadero, porque no se puede dar de otra manera.

A la verdad es preciso considerar que solo podemos observar el tiempo verdadero, porque no vemos

mas que un sol; sin embargo, no debemos emplearle para cortar ningun intervalo de tiempo, y es solo para encontrar con su socorro el tiempo medio, siendo este la verdadera medida de la duracion. En esto se fundaba *Newton* y otros célebres autores para llamar tiempo verdadero al que nosotros llamamos medio, y la razon de esto es muy sencilla, supuesto que es la verdadera escala que sirve como medida general del tiempo.

Está convenido generalmente, que las horas solares sirven para medir el tiempo; eleccion natural, porque siendo el sol el cuerpo mas brillante del universo, los hombres de todos los siglos han relacionado la medida del tiempo á su movimiento.

Empleanse relojes para medir el tiempo, pero de estas máquinas no hay que esperar sino un movimiento uniforme. Hay que distinguir dos especies de dias ó de tiempos : el primero el *verdadero* ó *aparente* (está determinado por el intervalo que media, entre el instante del paso real del sol por el meridiano y el momento de su vuelta); el segundo, *tiempo medio*; (es el intervalo de uno á otro medio dia, tal como se observaria siempre, si fuesen iguales las duraciones de la revolucion solar.)

El *tiempo medio* es el que debe marcar los relojes bien arreglados : el verdadero se deduce de las observaciones solares.

Siendo determinado el tiempo verdadero por el movimiento diurno del sol, el tiempo que tarda este astro en pasar por el meridiano y su vuelta al mismo al siguiente dia, forma un dia verdadero dividido en veinte y cuatro horas verdaderas : no son pues iguales los dias, porque el movimiento del sol no lo es. Los dias verdaderos en Diciembre son proxima-mente cincuenta segundos mas largos que en Marzo ó Setiembre. El movimiento de un buen reloj es, al contrario, perfectamente igual. Si las causas de la desigualdad del movimiento solar se destruyesen, su movimiento mediria siempre un tiempo igual á sí mismo : tal es el que nosotros llamamos tiempo medio y el que debe marcar un buen reloj.

V

Los relojes no pueden marcar mas que un tiempo igual, que es el medio.

La accion de la gravedad es la causa que produce las vibraciones del péndulo ; porque euando se separa este de la vertical y se le abandone á sí mismo, la gravedad le hace bajar ; y con la fuerza que adquiere en este descenso, sube á la misma altura por el otro

lado de la vertical. Ahora bien, siendo la accion de la gravedad constantemente la misma en un lugar determinado, es claro que el péndulo libre ejecutará vibraciones de igual duracion y atencion. Entendido esto, que ya hemos dicho en otro lugar, pero que cumple á nuestro propósito repetir, fácilmente se concibe el porque un reloj de péndulo ha de medir forzosamente un tiempo igual y uniforme; porque puesto en movimiento, las funciones del motor y del rodage son las de restituir al péndulo la fuerza que pierde á cada vibracion, ya por la resistencia del aire ó por la de la suspension. Luego, si el motor es un peso, obrará siempre sobre el rodage con la misma fuerza; la accion trasmitida al péndulo será pues constantemente la misma, el regulador hará vibraciones de igual duracion y por consiguiente isócronas.

A medida que las ruedas y las agujas van avanzando con un movimiento igual y uniforme, así los tiempos que indican son de la misma naturaleza que el tiempo medio : de donde podemos concluir en rigor que los relojes de péndulo no pueden dividir y marcar naturalmente sino el tiempo igual ó medio, y que siempre que se quiera arreglar un reloj por el paso del sol en el meridiano ó por la hora de un cuadrante solar, hay que sustraer las variaciones del sol en esta época é introducirlas en el cálculo.

Idénticos razonamientos y los mismos principios son igualmente aplicables á los relojes de balancin, teniendo presente siempre que un reloj por bien construido que esté, no puede nunca marcar la marcha desigual y variable del sol.

CAPITULO XIV

I

Dilatacion y contraccion de los metales por el calor y el frio. — Tabla de estas dilataciones.

El calor obra sobre todos los cuerpos dilatándolos, y el frio condensándolos ó contrayéndolos (1).

La dilatacion de los metales por el calor y su contraccion por el frio fué vislumbrada por *Wendelimus*, pero á *Musschenbroek* se debe la primera máquina, llamada *pyrómetro*, para medir los efectos del calor y del frio.

Es una verdad reconocida y probada que el calor dilata los cuerpos y el frio los condensa; pero como no hay dos momentos seguidos á un mismo grado de

(1) Llamán en física dilatacion el efecto producido sobre los cuerpos por el calor; contraccion es el producido por el frio.

calor, se puede afirmar que las partes de todos los cuerpos, que en otro tiempo creíamos en perfecto reposo, están al contrario en continuo movimiento, siendo mayores en estio que en invierno y el dia que la noche.

Al tratar del péndulo, hemos demostrado que mientras mas largos eran mas lentamente vibraban, y al contrario; ahora bien, dilatando el calor la varilla del péndulo, es claro que en estio retardará el calor, y en invierno avanzará, careciendo por esta razon del movimiento uniforme tan necesario á su marcha regular. Creemos por consiguiente esencial, para el perfecto conocimiento de las máquinas que miden el tiempo, decir algo acerca de los grados de dilatacion y condensacion de los diferentes cuerpos; mas como la experiencia nos enseña que todos los cuerpos no se dilatan al mismo grado, hay necesidad de investigar cual es el que lo verifica ménos, para que al construir la varilla de un péndulo con metales que se dilaten diferentemente, se ejecute de modo, que á pesar de la accion del calor y del frio ejercida sobre ellos, quede siempre el centro de oscilacion á la misma distancia del de suspension.

Aunque ya se han hecho diferentes investigaciones acerca de este particular, no ha sido sino de una manera defectuosa é incompleta, y sobre todo no han tenido por objeto la construccion de péndulos.

Para conocer con exactitud la dilatacion y contraccion de los metales se usa un instrumento llamado *pyrómetro*, que es una pieza de mármol de cinco pies de altura, doce pulgadas de ancho, con un agujero á cuyo través pasa una especie de columna ; la base de esta tiene tres pulgadas de diámetro y el cuerpo dos y media : dicha columna se fija al mármol con una tuerca, y el cuerpo de la columna está hendido llevando dos tornillos que pasan al centro de la expresada columna, los cuales sirven para fijar el cuerpo que se quiere observar.

Por la construccion de este aparato, que no hemos hecho mas que apuntar, se ve que cualquiera que sean los cambios de temperatura no pueden causar ninguna diferencia en la longitud del mármol, puesto que una corriente siempre permanente va de la estufa al mármol : ademas, para producir una dilatacion en una masa tan considerable, se necesita una alta temperatura que obre por mucho tiempo.

Pero no basta conocer los grados de dilatacion de los metales, sus cantidades, relaciones, etc., es preciso buscar los medios de remediarlos construyendo un péndulo sobre el que no tenga el calor ninguna influencia ni pueda cambiar nunca la distancia del punto de suspension al centro de oscilacion.

Para componer un péndulo que compense el mismo

su dilatacion, hay muchas consideraciones que tener presente : 1.º para que un péndulo compuesto no se dilate, es necesario que el volúmen y las superficies de los cuerpos que lo forman sean idénticos; sin esta condicion, obrando el aire sobre una superficie mas grande y, no siendo el cuerpo proporcionado á esta última, penetrará con mas facilidad por ciertas partes de dicho cuerpo, las cuales se dilatarán, interin otras quedarán casi en la misma situacion : en este caso pues cambiará el centro de oscilacion del péndulo; 2.º si las varillas metálicas que le forman no son fuertes y gruesas, el peso del disco destruirá todo el efecto que resulte de la combinacion del péndulo; porque en vez de subir el disco no hará mas que encorvarle, y su menor defecto será no producir ninguna accion; 3.º siendo el disco muy pesado, relativamente al grueso de las varillas, resultará otro defecto que consistirá en comprimir las moléculas de que están compuestas las varillas, de modo que la dilatacion no será uniforme y no tendrá lugar la compensacion.

II

Tabla de las relaciones de las dilataciones de los metales.

Para completar el estudio de esta materia ponemos á continuación una tabla de las dilataciones de los principales metales que se emplean en relojería.

METALES.	DILATAIONES.
Acero recocido.	69
Acero batido en frio.	75
Id. templado.	77
Hierro batido.	78
Oro recocido.. . . .	82
Oro estirado por la hilera.	94
Cobre rojo.	107
Plata.	119
Cobre amarillo.	121
Estaño.. . . .	160
Plomo.	193
Vidrio.. . . .	62
Mercurio.	1.235

Todos estos ensayos se han hecho sin ponerles á las varillas peso alguno, y si bien el peso de un disco

producia la misma dilatacion en los metales, se ha encontrado que el frio no contaria la varilla en la misma proporcion que la dilataba el calor.

Hemos suprimido, para abreviar, los detalles de los experimentos hechos sobre diversas especies de madera; bastará pues decir aqui que la madera está sujeta, como los metales, á cambios considerables, de modo que no es propia para construir péndulos.

Aunque los metales se dilatan en todas sus dimensiones, no hemos considerado mas que su longitud, única dimension que debemos conocer; porque interesa poco que la varilla de un reloj ó de un péndulo sea mas gruesa en estio que en invierno: por lo demas, si se quisiere saber cuanto se dilata ó ensancha para tal ó cual grado de calor, no hay mas que comparar su extension á la de la varilla del mismo metal de nuestra tabla, y fácilmente se conocerá la dimension pedida.



CAPITULO XV

I

Principios sobre las fuerzas de movimiento de los balancines, manera de calcular las gravedades y potencia motriz de un reloj. — Del resorte.

Principios sobre las fuerzas de movimiento de los balancines.

Las fuerzas que emplean los cuerpos para vencer los obstáculos, están compuestas de las masas multiplicadas por la velocidad.

Como la fuerza en un cuerpo es igual á la accion que la causa, resulta que la fuerza empleada para poner un cuerpo en movimiento, es igual al producido por el peso de aquel, multiplicado por la velocidad adquirida.

Si la fuerza de dos cuerpos en movimiento son iguales, sus masas estarán en razon inversa del cuadrado ó multiplicacion de las velocidades; y reci-

procamente cuantas veces las masas estén en dirección inversa del cuadrado de la velocidad, las fuerzas de los cuerpos en movimiento serán iguales, por lo que si las masas de dos cuerpos son iguales, las fuerzas de los cuerpos serán en proporción del cuadrado de sus velocidades; y así si las velocidades de dos cuerpos son iguales, las fuerzas de estos estarán en proporción de las masas.

Siendo necesario, para imprimir movimiento á los cuerpos, una potencia, fuerzas iguales á aquellos, ó mejor, las producidas por los mismos, tendremos que necesitan de igual potencia.

Aplicando, pues, estos principios á los balancines de los relojes, tendremos que : 1.^o si las masas de dos balancines en movimiento están en razón inversa del cuadrado de sus velocidades, las fuerzas de aquellos son iguales; que si las fuerzas son iguales, las masas están en razón inversa del cuadrado de las velocidades; y que la acción que detiene el movimiento estará en proporción de la producida por las masas, multiplicada por las velocidades; 2.^o si dos balancines tienen masas iguales y son movidos por velocidades desiguales, sus fuerzas serán como el cuadrado de sus velocidades; pero la acción necesaria, para imprimir el movimiento al balancin A (por ej.) es igual á la que necesita para mover á B; es decir que la acción precisa para ponerlos en movimiento es enteramente la

misma; 3º si las velocidades de los balancines son iguales, sus fuerzas estarán en proporcion como las masas, como la accion necesaria para imprimir el movimiento estará en proporcion de las masas; y 4º en general, si las velocidades y las masas de los balancines son desiguales, sus fuerzas serán como las producidas por sus masas multiplicadas por las velocidades.

Estos principios se deben tener presente para determinar la pesantez de los balancines, los diámetros segun el número de vibraciones, la fuerza necesaria para que describa arcos dados, y etc.

Conociendo la masa ó gravedad de un balancin, su velocidad, la potencia que le pone en movimiento, se deducirá fácilmente todas las condiciones necesarias que ha de tener otro balancin, aun cuando deberá tener peso diferente, mas ó ménos velocidad, etc.

Para comparar la velocidad de los balancines, es menester multiplicar el número de vibraciones, en un tiempo dado, lo que nos dará la velocidad (siempre que describan arcos iguales); pero si no aconteciese esto será preciso sacar un cálculo para cada uno de estos tres términos del balancin en esta forma :

1.º Número de vibraciones que efectua en un tiempo dado;

- 2.º Radio del balancin ó arco que describe;
Y 3º Arco recorrido por el balancin.

II

Manera de calcular los pesos que deben tener los balancines de los relojes, relativamente al motor, á la retencion de sus arcos, diámetros, número de vibraciones, etc.

En este párrafo vamos á poner algunos ejemplos de aplicacion acerca de lo que hemos dicho en el anterior.

Hemos dicho ya que la exactitud de los relojes dependia de cierta relacion entre la fuerza motriz y el regulador; ahora vamos á exponer métodos propios para hallar el peso del balancin de un reloj de cilindro dadas que sean la fuerza motriz, el diámetro del balancin y los arcos que debe recorrer; ó bien, conocido el balancin, saber la cantidad que debe tener la fuerza motriz para que se relacione convenientemente con el regulador. La dificultad de proporcionar el peso del balancin es grande en los relojes de cilindro, y hasta ahora no se ha hecho mas que por tanteos. Como es interesante este asiento nos detendremos en algunos detalles, estableciendo principios que son una consecuencia de las leyes del mo-

vimiento, observando ademas que hasta hoy se ha prestado poca atencion al peso de los balancines, porque se ha creido erroneamente que las desigualdades de la fuerza motriz se corregian siempre por una propiedad ilusoria del escape de reposo. La razon y la experiencia demuestran lo contrario.

Dedúcese de lo que precede cuan esencial es proporcionar la fuerza motriz al regulador, y que dicha fuerza obre uniformemente sobre el rodage de un reloj. Los que han suprimido la espoleta en los relojes han confiado demasiado en las propiedades imaginarias de los escapes, y poco conocedores de las cualidades de esta bella invencion, no han tenido en cuenta una propiedad esencial de ella; que consiste en que toda la fuerza del resorte se emplea con utilidad y sirve para hacer andar el reloj por mucho tiempo.

No hablaremos de los relojes de rueda de engranamiento, porque es fácil proporcionar el peso del balancin á la fuerza motriz, cualquiera que sean su diámetro, arcos que recorre, etc. Para ello se pone en marcha el reloj sin espiral, de modo que en una hora ande la aguja de los minutos veinticinco á veintisiete minutos, es decir, que el reloj retarde de treintitres á treinticinco minutos, cantidad que debe variar como es sabido segun los frotamientos de los ejes y la magnitud de los balancines. Las reglas que

vamos á establecer son igualmente aplicables á los relojes de ruedas de engranamiento.

Para proporcionar exactamente el peso de los balancines de los relojes de cilindro á la fuerza motriz, hay que servirse de un instrumento con el cual se determina con la mayor precisión la fuerza que el gran resorte comunica al rodage; y comparando la fuerza del motor con la de un reloj determinado, podremos conocer el peso de los balancines.

Si queremos hallar las dimensiones que hayamos de dar á un reloj que deseemos construir, deberemos compararle con otro construido perfectamente; de modo que los frotamientos estén reducidos á la menor cantidad posible y la fuerza motriz tenga la relacion requerida con el regulador. Hecho esto, se medirá el diámetro del balancin y su peso; se contará el número de vibraciones que ejecuta por hora, la extension de sus vibraciones; mediráse la fuerza del gran resorte con el instrumento que hemos indicado ántes, y últimamente se contará el tiempo que tarda la espoleta en hacer una revolucion.

- Cuando los relojes que se vayan á calcular no hagan exactamente un número completo de vibraciones por segundo, es decir, cuando sean números diferentes de 3,600, 7,200, 14,400, 18,000 por hora, y se obtenga, por ejemplo 16,128 vibraciones, en este caso se dividirá este número por los segundos que

tiene una hora que son 3,600; de esta manera obtendremos el cociente $4\frac{1728}{3608}$, y reduciendo la fraccion á sus menores términos, los mas próximos á la exactitud, la emplearemos en el cálculo. Así pues, reduciendo la fraccion anterior al número $4\frac{1}{2}$, será el mas cómodo para el cálculo.

III

De la potencia motriz de un reloj.

Hemos visto en lo que precede cuan esencial es que la potencia motriz de un reloj sea constantemente la misma, puesto que á un reloj que se le aumenta ó disminuye la fuerza motriz, varia considerablemente por efecto del calor ó del frio.

Segun esto podemos juzgar como andarán los relojes que no tengan espoleta para corregir las desigualdades del resorte, variaciones que no deben ser menores en los relojes de cilindro, en los cuales se calcula por tanteos el peso del balancin. Examinaremos en seguida como se puede hacer constante la fuerza motriz, sean los que fuesen los efectos del resorte.

Si suspendemos un peso grande á un alambre muy delgado de acero, y le exponemos á un calor un poco fuerte, el alambre se dilatará en mayor cantidad que si estuviera sin peso; porque el calor y el peso tienden á separar las particulas de la materia adelgazando necesariamente el alambre. Ahora bien, si exponemos otra vez el alambre á la misma temperatura que tenia ántes de calentarle, la accion del frio no será suficiente para unir otra vez sus particulas del modo que estaban en su situacion primitiva, quedando por consiguiente mas largo y con ménos fuerza que tenia ántes del ensayo.

Lo mismo acontecerá, si en vez de un alambre y de un peso, se pone un resorte extendido fuertemente al calor; la fuerza que tiene el resorte extendido producirá el mismo efecto que el peso sobre el alambre, es decir que la extension de él será mayor en este caso que ántes de ser extendido, y el frio no tendrá accion suficiente para restituirsela.

Un resorte continuamente extendido pierde pues su fuerza, y la causa de esta pérdida es debida á la dilatacion producida por el calor; porque si estuviese siempre á la misma temperatura, no perderia nada de su propiedad elástica.

Si volvemos al resorte su primer estado de tension y lo cargamos con un peso atado á una de sus extremidades, imprimiéndole á ambos un movimiento

de vibracion, de suerte que vayan y vengan rápidamente sobre sí mismos, y en este estado lo exponemos á una temperatura semejante al de la prueba anterior, no se alargará en mayor cantidad, porque la reaccion continua del resorte sobre sí mismo, impedirá el efecto del peso; pero si le exponemos en seguida al frio, la accion de este le restituirá la fuerza que le habia hecho perder el calor.

De lo primero que hemos dicho se sigue que si se construye un reloj cuyo resorte tarda mucho tiempo en desenvolverse, este quedará extendido y experimentará los mismos efectos que si no tuviese movimiento, con mas diversos cambios de temperatura que disminuirán su fuerza.

Dedúcese de lo segundo que el resorte espiral de un reloj no debe perder de su fuerza sino por el frotamiento de las partes que le componen, y que si el calor le dilata cierta cantidad, el frio le contrae y le vuelve siempre al mismo estado, sin que el peso del balancin sea un obstáculo para ello. Resulta pues de todo que el resorte de un reloj perderá tanta menos fuerza quanto menos tiempo esté extendido; por consecuencia de esto el resorte de un reloj que se le dé cuerda todos los dias, pierde menos fuerza que otro en que se ejecute cada ocho dias un mes ó un año.

Todos los resortes no pierden igualmente su fuerza

aun cuando experimenten los mismos grados de tension; diferencia que depende de su naturaleza y del grado de dureza de las partes que le componen; así el acero templado que tiene los poros muy pequeños y apretados, pierde menor cantidad de su fuerza, aun cuando está mas espuesto á romperse por el frio. El modo de trabajar las diferentes clases de acero, y de templar los resortes, son operaciones muy esenciales que se han de mirar con especial atencion de parte de los artistas que los trabajan.

IV

De los resortes.

Conocida la fuerza de un resorte, hay dos procedimientos para construirle; el primero haciendo las láminas gruesas y estrechas, y el segundo, delgadas y anchas. Este último es preferible bajo muchos aspectos; porque 1.º miéntras mas grueso es el resorte, mas expuesto está á quebrarse; 2.º miéntras mas estrecho sea, mayor es el frotamiento de sus bordes contra el fondo del tambor. Se podria objetar que los frotamientos de las láminas es mayor, siendo el resorte mas ancho; pero si observamos que el desenvolvimiento de las láminas de un resorte bien

construido, se ejecuta sin que se toque, conoceremos que dicha objecion no tiene importancia. [Ademas, otras consideraciones nos conducen á adoptar el resorte ancho; porque aun cuando se tocasen las láminas, nunca seria el frotamiento tan grande como en un resorte estrecho, puesto que les suponemos de la misma fuerza, y la extension de superficie no aumenta el frotamiento, hecha abstraccion de la coagulacion de los aceites. Un resorte delgado y ancho es pues el mejor que se debe emplear.

En cuanto al diferente grueso de él, tomado desde un extremo superior al centro, creemos que debe aumentar desde este á aquel. La experiencia, por otra parte, enseña mas á un fabricante de resortes que todos los razonamientos que se pudieran dar sobre ellos: solo diremos que se les adelgaza hasta que se desarrollen las láminas sin tocarse.

CAPITULO XVI

1

Del regulador.

Expuestos continuamente los relojes à experimentar movimientos y posiciones diversas, conviene que el regulador no sea sensible à dichas alteraciones. Como el péndulo no puede efectuar vibraciones regulares sino estando en un plano vertical perfecto, y sin recibir impulsos extraños, no puede servir el péndulo de regulador à un reloj, por lo que se ha tenido que recurrir al balancin, que tiene la propiedad de conservar el movimiento uniforme en todas posiciones, hasta en los golpes rudos, con tal que no sean excesivamente diformes.

El balancin simple no tiende à moverse de un lado mas que de otro, para efectuar sus vibraciones, como

acontece con el péndulo que va y viene sobre si mismo ; razon por la cual los relojeros idearon el escape de rueda de engranamiento, porque su efecto es tal que la rueda conduce el balancin, por medio de sus dientes, y le hace avanzar y retroceder.

Careciendo el balancin de la tendencia de moverse con preferencia de un lado mas que de otro, sucede que la velocidad de su movimiento es inalterable segun la desigualdad de fuerza que le trasmite la rueda dentada.

A mediados del siglo pasado se empezó á adoptar un resorte espiral para producir vibraciones independientes del escape.

Este admirable descubrimiento es debido al célebre *Huyghens*.

II

Método para suplir el isocronismo de las vibraciones del espiral, por el balancin, en un reloj vertical.

Para hacer isócronas las oscilaciones de un péndulo por una espiral fijada al eje de su centro de suspension, fundado en el principio conocido, de que en un péndulo las pequeñas vibraciones son mas rápidas que las grandes, y que estas se retardan considerablemente á medida que describen arcos mayo-

res, se construirá una espiral de gran diámetro con pocas vueltas, en cuyo caso las oscilaciones serán mas veloces para los arcos grandes que para los pequeños.

De las propiedades diferentes y opuestas que residen en el péndulo y en el espiral, se deduce forzosamente que este nuevo regulador, compuesto de ambos, pueda ejecutar oscilaciones, en todo caso, isócronas, es decir de igual duracion. Construyendo la espiral mas larga ó mas corta, se aumenta ó disminuye su efecto sobre el péndulo; ó de otro modo, dejando la espiral siempre de la misma longitud y haciendo el péndulo mas ó ménos corto con el disco mas ó ménos pesado. Entendidos bien estos principios, fácilmente se concebirá su aplicacion á un balancin vertical regularizado por una espiral que no sea exactamente isócrona.

Supongamos pues que tenemos un reloj vertical de balancin regularizado por la espiral, en el que se sepa que adelanta para los grandes arcos y retrasa para los pequeños. Siguese de esto, en conformidad á lo que hemos anunciado arriba, que haciendo la parte inferior del balancin mas pesada que la superior, se conseguirá, decimos, por este medio hacer isócronas todas las oscilaciones, cualquiera que sea por otra parte la extension de los arcos que describa. Porque, en virtud de la masa añadida á su

parte inferior, participa este regulador desde entonces de la propiedad de un péndulo, convirtiéndose en efecto en un pequeño péndulo que por su naturaleza tiende á hacer las oscilaciones mas rápidas para los pequeños que para los grandes arcos, lo que forma en realidad la compensacion de las oscilaciones producidas por la espiral. Efectos opuestos con los cuales se le dan á este regulador un perfecto isocronismo en sus vibraciones de cualquiera clase que sean sin cambiar la longitud de la espiral, con solo añadir un peso á la parte inferior del balancin.

Si al contrario se reconociese en el reloj vertical que retardaba en los grandes arcos mas que en los pequeños, cuando el balancin estuviese en equilibrio, se conseguiria igualmente hacer isócronas las oscilaciones sin cambiar la longitud de la espiral : pero en este caso, seria preciso hacer la parte superior del balancin mas pesada que la inferior, lo que produciria necesariamente segun, lo que hemos dicho, mas lenta la oscilacion. Mas está reconocido por experimentos ciertos y repetidos que cuando el balancin es mas pesado por la parte superior que por la inferior, y que las vibraciones para los pequeños arcos son mas lentas que para los grandes, pueden compensarse estos efectos opuestos poniendo mas ó ménos peso en la parte superior del balancin.

De esta manera se hacen las oscilaciones exactamente isócronas en los relojes verticales sin cambiar el espiral ni su longitud. Resulta de lo que precede esta regla general sobre el isocronismo de las vibraciones del balancin vertical.

En un reloj vertical de balancin regularizado por el espiral, si adelanta mas para los grandes arcos que para los pequeños, hay que hacer el balancin mas pesado por la parte inferior que por la superior. Si, al contrario, el reloj retarda mas para los grandes que para los pequeños arcos, el balancin deberá ser mas pesado por arriba que por abajo.

Ultimamente si el espiral es igualmente isócrono, deberá quedar en equilibrio el balancin.

Aunque por este método se puede obtener el isocronismo del balancin, con una espiral cualquiera, no se deben despreciar sin embargo ninguno de los medios indicados por la ciencia para hacerlos mas perfectos, ya respecto al calibre de la lámina, como por la cualidad del temple y la regularidad de su figura espiral; es sobre todo preciso que la espiral dé lo ménos siete vueltas, y que su diámetro no exceda de cinco líneas y media. Estas diversas cualidades son absolutamente indispensables si se desea reducir los frotamientos del regulador y que sus efectos sean constantes. Porque con una excelente espiral, bien templado y con las condiciones ántes expuestas, se

necesita ménos fuerza motriz para hacerle describir grandes arcos. Otra consideracion muy importante es que miéntras mas próximas al isocronismo sean las oscilaciones producidas por el espiral será mejor para los arcos de gran extension, suponiendo siempre que el resorte esté construido segun todas las reglas del arte.

CAPITULO XVII

Del resorte espiral.

La propiedad de cualquier resorte, impulsado á moverse por una potencia que le abandona, puesto en movimiento, está en que no solo vuelve al punto de que ha partido, sino que recorre igual trecho en sentido opuesto, que detiene, y que habiendo consumido toda la fuerza recibida vuelve sobre sí mismo y oscila como un péndulo privado del reposo.

La velocidad de las vibraciones de un resorte es tan grande como la fortaleza del resorte y *vice-versa*.

El resorte efectua un mayor número de vibraciones segun que las partes de aquel tengan mayor resistencia, y que experimente menor destruccion por los movimientos del resorte.

La experiencia demuestra que las vibraciones mayores ó menores de un mismo resorte son isócronas ó de la misma duracion.

Resulta, pues, de las propiedades del resorte, que, estando adaptado á un balancin, la velocidad de las vibraciones de un balancin, movido por un resorte espiral, depende del peso del balancin, es decir, de su gravedad y de la potencia del resorte espiral. Así, si el balancin es grande y pesado, las vibraciones serán lentas porque el balancin trueca la inercia y aumenta la resistencia del movimiento, y ademas el espiral es débil, por consiguiente las vibraciones serán lentas.

Si un balancin grande y pesado está movido por un espiral débil, efectua alternativamente grandes y pequeñas vibraciones, que no serán isócronas, porque la naturaleza del balancin, su gravedad, el frotamiento de los ejes y el trecho que recorra, serán tanto mayores cuanto mas grandes sean. Así, á pesar de la tendencia del espiral á efectuar las oscilaciones de igual duracion, como él no determina sino en parte la velocidad del movimiento del balancin, este no se moverá con la velocidad suya, estando separado del espiral, sin embargo que le ha comunicado igual impulsión, ni con la viveza del espiral, sino con una velocidad determinada por la gravedad del balancin y la fuerza del espiral.

Si suponemos un balancin ligero, movido por un fuerte resorte espiral, tendremos :

1.º Que las vibraciones serán muy rápidas;

Y 2º Que describiendo el balancin grandes ó pequeños arcos, las oscilaciones tendrán mas probabilidades de ser isócronas.

Un resorte espiral de acero bien templado, es el mas seguro para conservar el movimiento del balancin y efectuar oscilaciones regulares, pues no se debe olvidar que hemos dicho, que un resorte espiral será tanto mejor cuanto esté compuesto de partes duras y que sean estas indestructibles por el frotamiento.

Resultando por lo mismo que un balancin dará, en un tiempo dado, un número mayor de vibraciones segun sean menores los frotamientos.

CAPITULO XVIII

I

Observaciones sobre la naturaleza del mejor balancin para un reloj.

Hemos visto, en otra parte, que un péndulo sin la resistencia del aire y el frotamiento, conservaria el movimiento constantemente; y que como sus oscilaciones describirian el mismo arco que serian isócronas; por lo que un péndulo es el regulador mas perfecto que se puede aplicar á una máquina de medir el tiempo, porque no hay mas que disponer un contador que marque el número de oscilaciones. Pero como el aire se opone al movimiento y que la suspension de un cuerpo ocasiona un frotamiento que destruye parte del movimiento, acontece que las oscilaciones del péndulo simple disminuyen insensi-

blemente, en razon de no ser isócronas, y que el movimiento cesa pasado algun tiempo. Estos obstáculos se pueden remediar en partes : el péndulo que conservará el movimiento recibido por mas tiempo, será el mejor.

Lo mismo se puede decir de un balancin movido por un espiral.

Si construimos un balancin que un movimiento recibido le haga dar vibraciones regulares y conserve el movimiento por mucho tiempo, y reduzca los frotamientos y resistencia del aire á la menor cantidad posible, el balancin será el mejor regulador aplicable á un reloj. Vamos á demostrar como se puede conseguir esto.

II

Del balancin regulador y modo de determinar el que es mas propio para medir el tiempo.

El tiempo de las oscilaciones de un cuerpo será el mismo si la resistencia que presenta al movimiento es siempre el mismo, y la potencia motriz le impele constantemente con igual poder : en este caso las vibraciones de un balancin serán regulares ó isócronas.

Para apreciar la bondad de dos reguladores, es

preciso comparar las fuerzas ó cantidades de movimiento del uno sobre el otro; comparar igualmente los frotamientos que experimentan y la resistencia que se opone al movimiento del uno y del otro; porque si la cantidad del cuerpo A es á la cantidad del cuerpo B en gran número de la resistencia que experimenta al moverse, comparado con el que experimenta el cuerpo B, será preferible el cuerpo A, porque tiene mas fuerza para vencer el frotamiento que el cuerpo B.

Mas la resistencia del frotamiento de un cuerpo será grande, relativamente á la fuerza del frotamiento de otro cuerpo, porque, tambien, la fuerza perdida para menguar su movimiento deberá ser grande. Así si el frotamiento del cuerpo A es al del cuerpo B en mayor número que la fuerza A y B; la fuerza necesaria para detener el movimiento del cuerpo A será en número mayor que la cantidad de fuerza de A comparada con B; de suerte que llegará, con todo, á tener una mayor cantidad de movimiento, en ménos tiempo, porque el peso de fuerza de resistencia es mas corta que la del cuerpo B; necesitará de una fuerza motriz mayor para detener el movimiento : de todo lo cual resulta :

1º Que la menor diferencia de frotamiento ó resistencia que experimenten los cuerpos les da velocidades distintas;

Y 2º Que siendo mayor la fuerza motriz, relativamente á la cantidad de movimiento de un cuerpo, aumenta el frotamiento, y, por consiguiente, las irregularidades de fuerzas en el regulador.

Si dos balancines de igual peso, pero de magnitud diferente, describen arcos semejantes, desde un punto cualquiera de la circunferencia, en el mismo tiempo, el frotamiento en los ejes que suponemos de igual diámetro, estarán en razon inversa de los diámetros de los balancines, es decir, que los frotamientos de los ejes del balancin mayor serán á los del pequeño, como el diámetro del pequeño es al del grande, porque si el diámetro del balancin mayor A es al diámetro del pequeño B como 1 : 2, pues para que el menor tenga la misma velocidad, es menester que haga dos oscilaciones mas que el grande : ahora supongamos que tienen el mismo peso; los ejes del balancin B, que tienen el mismo diámetro que los de A, recorrerán doble camino y el frotamiento tambien será doble : el frotamiento del balancin A es al de B como 1 es á 2, es decir como el diámetro del balancin pequeño es al grande.

Si tenemos dos balancines del mismo tamaño que se mueven con velocidad diferente, y que el peso de estos está en razon inversa del cuadrado de las velocidades :

1.º Tendrán la misma cantidad de movimiento;

Y 2.º El frotamiento estará en razon inversa de las velocidades.

Hemos supuesto el frotamiento proporcionado por la masa en la velocidad, lo que no es verdad, pues es considerable el error, y no se han hecho experimentos bastante felices para poder establecer un cálculo aproximado.

Es preferible pues construir un balancin grande y ligero, pero que la velocidad sea doble de la de otro balancin de igual fuerza (1), porque el pesado, moviéndose con mas lentitud, tendrá doble frotamiento.

No tomamos en cuenta la resistencia del aire porque no es esencial en este caso, pues esta resistencia aumenta en proporcion que la velocidad del balancin es mayor y presenta una superficie tambien mayor; y como la resistencia es siempre la misma, acontece que destruye continuamente una misma cantidad de movimiento, que nunca llega á ser el del frotamiento de los ejes, yendo en aumento á medida que se corrompen los aceites y que pierden el pulimento, siendo los cambios tan considerables que aumenta en mucho el roce. Es de absoluta necesidad, pues, reducirlo á la menor cantidad posible para que

(1) Entendemos por fuerza la propiedad que tiene un cuerpo en movimiento, de vencer los obstáculos.

tengan siempre el mismo, que equivaldrá á que no tuvieran ninguno; además es menester observar que la resistencia que presenta al aire el movimiento de los balancines es menor, porque ese fluido no está fijo, y así el frotamiento es casi nulo, lo que no acontecería si estuviese formado el balancin por pesos, bolas ó dientes.

Si se tiene un balancin grande y pesado, que la velocidad sea menor que la de otro pequeño y mas pesado, la fuerza del mayor será menor relativamente al frotamiento, es decir, que el balancin mayor tendrá ménos potencia para vencer los obstáculos que se opongan á su movimiento, lo que no tendrá el pequeño.

Tocante á los efectos que produce el calor en los aceites de los ejes de los balancines, veremos que ocasiona desvios y suspensiones mayores cuanto es menor la fuerza del balancin y mayores los ejes.

Resulta, pues, que es mas conveniente emplear un balancin ligero que dé mayor número de vibraciones, que hacer uso de un balancin pesado que efectue vibraciones lentas; porque un balancin grande y ligero que efectue vibraciones rápidas es doblemente preferible á un balancin pesado que haga vibraciones lentas.

La fuerza de un balancin se puede producir de dos maneras :

1.º Por grandes arcos descritos por un balancin ligero;

Y 2.º Por pequeños arcos descritos por un balancin pesado.

Suponiendo que tienen el mismo diámetro y el mismo número de vibraciones, vamos á ver cual es el preferible.

Para que la fuerza de un balancin sea la misma en ambos casos, es menester que los pesos estén en razon inversa del cuadrado de sus velocidades, es decir de los arcos recorridos.

Estableciendo esta proporcion se verá que es preferible un balancin que cuyo diámetro y número de vibraciones, así como la cantidad de fuerza motriz, recorriendo grandes arcos, sea ménos pesado, que el que recorra arcos pequeños con un balancin pesado.

III

Del frotamiento.

Dos cuerpos que giran uno sobre otro experimentan una resistencia que destruye una parte del movimiento del que funciona : esta resistencia se llama frotamiento.

Para comprender bien el frotamiento se debe no ol-

vidar que todo cuerpo está compuesto de materias que no están íntimamente ligadas entre sí, sino que están separadas por pequeñas cavidades llamadas poros, de modo que la superficie de dichos cuerpos nunca se presenta enteramente tersa y unida. Resulta de esa desigualdad, imperceptible las mas de las veces á nuestra vista, que disminuyen sensiblemente la fuerza del cuerpo que se mueve, porque mientras que un cuerpo gira sobre el otro, las proeminencias de que está formada la superficie penetran en las cavidades del que está en movimiento, y resulta que para entrar y salir de dichos senos se levanta y desciende apartándose del nivel, y pierde la fuerza.

Todos los cuerpos que se mueven tienen frotamiento, y por consiguiente le tienen tambien los ejes de los balancines en la cantidad que dejamos consignado; de manera que trasmitido por la fuerza motriz á la circunferencia de cualquiera rueda, disminuye por el frotamiento de aquellos; concluyendo que para que la circunferencia goce de la cantidad que se haya asignado es menester aumentar la fuerza motriz.

IV

Modo de reducir el frotamiento.

- 1.º Se disminuye el frotamiento reduciendo el eje de las ruedas que se mueven con velocidad al diámetro menor posible;
- 2.º Dando á las ruedas el menor peso posible, de manera que tengan solidez relativa á los obstáculos que han de vencer;
- 3.º Construyendo los ejes de resistencia y puliendo perfectamente las superficies;
- 4.º Procurando que las partes del cuerpo sobre el que gira el otro sean lo mas duras posible;
- 5.º Haciendo los ejes de acero y que funcionen sobre otra materia que tenga los poros de diferente naturaleza, como de cobre, por ejemplo, ó sobre una mezcla ó composicion de estaño y zinc; siendo mucho mas conveniente hacerlos girar sobre un diamante, siempre que se consiga abrir en él un agujero perfecto;
- 6.º Se disminuye el frotamiento poniendo materias grasas ú oleaginosas en los agujeros de los ejes de las ruedas, y en todas las partes que roce, porque estas

materias llenan los poros, igualan las cavidades y perfeccionan las superficies.

Los defectos que ocasiona el frotamiento no se han de olvidar nunca, pues son causa de la irregularidad del movimiento.

La fuerza necesaria para hacer girar un eje ó cilindro ó de acero bien redondo y pulimentado en agujeros de cobre rojo es $\frac{1}{6}$ de la parte del peso del cilindro aplicado á la circunferencia de la parte frotante; es menester, por consiguiente, que la velocidad sea igual á cero ó casi nula.

El cilindro necesita $\frac{1}{6}$ de su peso, en tanto gira tocando las paredes de los agujeros; pero queda reducido á $\frac{1}{8}$ en cuanto se le interpone aceite. Dichas cantidades expresan la cantidad de fuerza que es preciso aumentar para recuperar la que se pierde con el frotamiento. Se consigue el mismo resultado, si el eje gira en agujeros de cobre amarillo, ó laton, aun cuando cambia de peso el eje: el frotamiento no aumenta como en los agujeros de cobre rojo.

Si gira sobre agujeros de plomo experimenta el mismo frotamiento que en los de laton.

Si gira en agujeros, que sean tambien de acero, se deberá aplicar á la circunferencia del eje la cuarta parte de su peso porque funcionan en seco; pero si se le baña con aceite no necesitará mas que la sexta parte.

Si el cilindro gira en agujeros de estaño, el frotamiento es igual al anterior, mientras funciona en seco.

El frotamiento aumenta á medida que el peso carga sobre el eje ó cilindro, aconteciendo que cuanto mas se introducen estos en los agujeros es tanto mayor el frotamiento, y por consiguiente necesita de mayor fuerza porque son mayores los obstáculos que tiene que vencer.

Cuando los cuerpos no giran, uno sobre otro, con gran velocidad, el frotamiento está en razon de la velocidad. Algunos creen que el frotamiento no aumenta aun cuando presenten los cuerpos mayores superficies : es la opinion de muchos físicos.

En la *Física de Desaguliers*, tomo primero, pag. 198, se encontrará la manera de calcular el efecto del frotamiento de una máquina, y como se halla, con exactitud la fuerza que trasmite á la última rueda.

V

Efectos del aceite en el frotamiento.

El aceite, por la propiedad de ser una materia líquida y grasienta, se introduce en los poros, y efectua el pulimento de las superficies, como ya hemos dicho

en otro párrafo; obrando de modo que el eje gira sobre el aceite como si fuesen pequeñas ruedas que le ayudasen á efectuar el movimiento : lo que disminuye notablemente el frotamiento.

El frotamiento es siempre el mismo mientras el aceite se conserva líquido, pero si se espesa, experimentan los ejes mayor resistencia que disminuye la fuerza del balancin ó de la rueda.

Los efectos que produce el aceite en las ruedas son :

1.º Que el aceite se solidifica al cabo de algun tiempo por evaporarse las partes volátiles que contiene ;

2.º Que se pone espeso ó pierde su fluidez por disolver ó arrastrar algunas partículas de los ejes y agujeros, formando una amálgama ó pasta oleaginosa que no tan solo disminuye la fuerza del movimiento de la rueda ó del balancin, sino que esta materia corroe y destruye los ejes y agujeros. Estas alteraciones reclaman que se emplee el aceite mejor y se renueve ántes que sufra descomposicion ;

3.º Para corregir algun tanto la destruccion de los ejes por el frotamiento se extenderán estos cuanto permita la complicacion de la máquina; porque presentando mas superficie el frotamiento está mas extendida, no se limita á la destruccion de un punto dado, y cada parte del eje cargará con otra del peso

y la rueda ó el balancin se moverán con mas ligereza;

4.º El aceite conserva mas ó ménos su fluidez segun hace frio ó calor : si hace frio se espesa, se coagula y acontece, que no solamente los ejes no giran sobre los pequeños glóbulos ó ruedas, como hemos dicho, sino que formando una materia pastosa que se adapta á aquellos, entorpece sensiblemente el movimiento.

La fuerza que pierde el balancin ó la rueda por solidificarse el aceite con el frio, será tanto mayor cuanto el movimiento de la rueda será menor. Así pues, si un balancin gira con fuerza sumamente pequeña, suponiendo que el aceite esté fluido, y que se expone á la accion de un frio intenso, sucederán dos cosas :

1.ª O que la resistencia que la coagulacion del aceite causará, destruirá todo el movimiento de la rueda ó del balancin, y retrasará el movimiento;

Y 2.ª Que dicha resistencia destruirá una gran parte de la fuerza de la rueda; porque siendo la misma la resistencia del aceite, cualquiera que sea la fuerza de movimiento de la rueda, tendrá bastante potencia para moverse y girar, siendo así que al coagularse el aceite con el frio disminuirá su movimiento ;

Las alteraciones causadas por el frio son mas sen-

sibles á los relojes que tienen cuerda para un mes ó un año, que los de veinte y cuatro horas, por la razon de que siendo mas lentas las revoluciones de los ejes experimentan ménos frotacion.

Vamos á examinar á continuacion la cantidad real de los frotamientos : este cálculo depende del gran número de experimentos particulares aplicables á todas las máquinas; para reducir los frotamientos á la menor cantidad posible hay que observar los medios siguientes :

1.º Dar á las ruedas y á las demas partes de la máquina la magnitud y gravedad necesaria para los esfuerzos que han de vencer ;

2.º Se ha de proporcionar el grueso y la longitud de los ejes á los pesos de las ruedas ó balancines, á la presion del motor y relativamente á su velocidad ;

3.º Empleando cuerpos muy duros ;

4.º Dando á la máquina un motor de que mantenga el movimiento en la cantidad precisa y exacta.

Construida así una máquina, es claro que se habrán reducido todo lo posible los frotamientos.

Hay que observar sin embargo que no se debe mirar tanto la cantidad absoluta de frotamiento, como á su constante uniformidad, porque aunque una máquina tenga menos frote que otra, no por eso se puede decir que sea mejor, á ménos que dichos frotamientos no cambien por el movimiento de la máquina ;

sin esta condicion seria preferible que la cantidad absoluta de frotamientos fuese mayor, pero al mismo tiempo uniforme, es decir, que el movimiento no la alterase.

Observamos ademas que la materia no puede sostener sin cierta cantidad de peso, sin que las partes del cuerpo que gravita entren en las cavidades del que sostiene, lo cual dará lugar á que el movimiento rompa ó desgare las pequeñas particulas de materia; esta cantidad es relativa á la dureza de los cuerpos: así es que se necesita un peso muy considerable para ovalar el diamante por la presion y el movimiento.

A medida que la presion se haga sobre cuerpos menos duros, se necesitará menor peso para conseguir el objeto; relativamente á los ejes, hay que aumentar todo lo que se pueda la longitud del apoyo y con preferencia el grueso; porque lo primero no aumenta la resistencia al movimiento, en vez que la resistencia producida por el grueso aumenta como los diámetros de los ejes.

Hay otra especie de frotamiento diferente del que acabamos de hablar que es el ocasionado por el aire en todo cuerpo que se mueve.

El frotamiento del aire en los péndulos es ocasionado por el movimiento del disco. Relativamente á los balancines y á las ruedas es tan débil que puede despreciarse, porque la resistencia que este fluido

opone á sus movimientos es constantemente la misma, y no produce mas que una variacion infinitamente pequeña en sus movimientos.

La variacion de los arcos descritos por el péndulo depende de la diferente densidad del aire, y, siendo lo demas idéntico, los arcos son recíprocamente proporcionales á las raíces cúbicas de las densidades del aire. Si el cambio, pues, en la gravedad del aire causa tan pequeña variacion en un péndulo, no la debe causar mayor en el balancin, aun cuando este tiene mayor superficie respecto á su fuerza de movimiento que aquel.

VI

Modo de hacer constantes los frotamientos.

Sabido ya que la exactitud de los relojes depende de la relacion de los frotamientos con la fuerza de movimiento del regulador y de la constancia de los frotamientos, se deben buscar todos los medios á conseguir este fin : ya hemos dicho algo acerca de este particular; por consiguiente solo añadiremos algunas observaciones generales que nos pongan en camino de apreciar todos los cuidados que merece este asunto.

Conocidos los gruesos de los ejes, se hacen los fro-

tamientos constantes construyéndoles escrupulosamente de modo que sean perfectamente redondos, de acero puro y bien pulimentados, proporcionando la longitud del eje y su agujero á su diámetro : la regla mas general es dar por longitud del eje, el doble de su diámetro.

Para hacer los frotamientos lo mas pequeño posibles, es muy esencial repartir la presion de suerte que cada eje soporte la mitad; idénticas observaciones son aplicables á las ruedas y balancines. Es igualmente á propósito, para lograr el mismo objeto en las piezas de repeticion, poner puentes en el interior de las platinas, con el objeto de que el piñon se encuentre igualmente distante de los dos ejes, con lo cual se divide la presion en cada uno de ellos, y se disminuye el frotamiento haciéndoles constantes.

Es indispensable tambien hacer en los agujeros de los ejes concavidades profundas para poner gran cantidad de aceite y poderle conservar por mucho tiempo. Con esta disposicion no se desprenden mas que pequeñas particulas de materia de las partes frotantes y los aceites serán movibles.

Aunque todo el mundo sabe lo esencial que es el aceite para disminuir el frotamiento de los ejes y demas partes de una máquina, no es sin embargo indiferente usar cualquiera; porque de su naturaleza depende la mayor uniformidad de los frotamientos;

así es que si se usa un aceite muy fluido, como sus partículas son tan movibles se evapora con prontitud, y queda una materia pastosa que aumenta considerablemente el frotamiento. Tal es lo que acontece con los aceites preparados.

Haremos notar por último que no se debe emplear un mismo aceite para toda clase de frotamiento; porque á un reloj grande, de ruedas pesadas y de mucha fuerza motriz es preciso usar aceite graso y espeso que se extiende perfectamente sobre las partes frotantes. En una palabra, el cuerpo graso que usemos deberá tener una consistencia relativa á la presión.

El aceite no se evapora igualmente en todas las partes de un reloj; esto depende del mayor ó menor frotamiento y segun mayor ó menor superficie á la acción del aire atmosférico; por ejemplo, si se pone una gota de aceite en el reservatorio de un eje, tardará mas tiempo en evaporarse, que otra colocada en un escape de cilindro; porque en el primer caso, presenta el aceite ménos superficie que en el segundo y por consiguiente tarda mas en evaporarse.

El aceite de adormideras se enrancia con mas dificultad que los demas y lo creemos mas propio para este uso.

CAPITULO XIX

I

Relojes eléctricos.

Una de las mas bellas aplicaciones de la electricidad es sin duda alguna la de los relojes que funcionan por medio de este agente terrible, sí, pero uno de los mas dóciles á la voluntad humana, como dice elocuentemente un sabio fisico francés. En el momento que se usó el fluido eléctrico como medio telegráfico, se trató de emplearle tambien para que indicara la hora en diferentes sitios á la vez. Los aparatos inventados al efecto no son otra cosa sino una especie de telégrafos que funcionan á intervalos determinados. Entre los sistemas propuestos, describiremos primero el de M. Pablo Garnier, adoptado ha tiempo en el camino de hierro de Lila, donde diez y ocho cua-

drantes de varias dimensiones son puestos en movimiento por un reloj-tipo (1).

El sistema cronométrico de Pablo Garnier se compone de tres partes distintas :

1.º De un reloj-tipo; 2.º de aparatos ó *indicadores horarios*; 3.º de una *batería voltaica*.

El reloj-tipo ó primitivo envia la hora á los aparatos horarios por intermedio de la electricidad. Se dispone de manera que permita é interrumpa el paso de la electricidad (á intervalos iguales) en los electroimanes que mueven las agujas de los indicadores horarios. Compónese de dos sistemas de ruedas : uno destinado, como los relojes horarios, á mantener las oscilaciones del balancin y á medir el tiempo ; el otro, sometido á la marcha del primero, tiene por objeto producir la ruptura y paso de la corriente eléctrica en el circuito ; dicha ruptura se verifica por medio de dos piezas A y A', apoyándose esta última (fig. 61.) constantemente en un molinete D, que tiene cuatro dientes excéntricos, conducido por el último móvil del rodage auxiliar ; este molinete sigue el movimiento de la rueda de escape. Colocadas las dos piezas A y A' en el circuito, se concibe fácilmente que en la posición indicada por la

(1) Tomamos esta descripción del *Tratado de electricidad* de MM. Becquerel, tomo III, Paris, 1856.

figura, han de tocarse y completar por consiguiente el circuito, con lo cual la electricidad podrá circular y afectar á los electro-imanés de los aparatos horarios; pero, continuando el molinete D en su movimiento, la pieza A' abandonará al diente b con el que

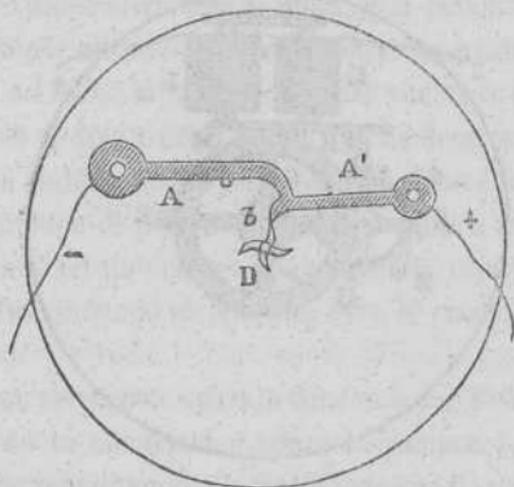


Fig. 61.

está en contacto, cesando igualmente de tocar á la pieza A; roto el circuito, no pasará ya la electricidad á las canillas de los electro-imanés, hasta que otro diente, encontrando á la pieza A' y levantándola, venga á ponerla en contacto con la A, y así sucesivamente. Las piezas en contacto que sirven para inter-

rumpir ó restablecer la corriente son dos esferas de oro ú de una amalgama de oro y platina; el paso de la electricidad se ejecuta sin alteracion durante mucho tiempo.

La figura 62 representa el aparato horario dispuesto

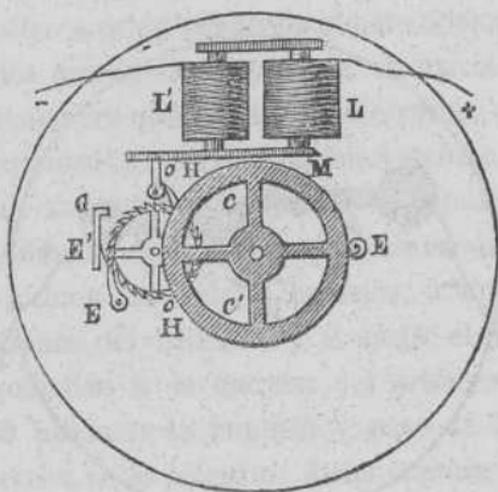


Fig. 62.

á funcionar. Como el reloj-tipo en esta situacion hace pasar la corriente eléctrica al iman temporal LL', es atraida la platina en hierro dulce M, y con ella la palanca JJ', á la que está unida por la varilla I; esta es afectada de un movimiento de abajo arriba equivalente al intervalo de un diente de la rueda catalina B. La cabeza del peso G, conducida por la pa-

lanca JJ', entra en uno de los dientes de esta rueda, al que arrastra consigo, y el aspa E se coloca ante el diente sucesivo para impedir el retroceso que se verificaria cuando al separarse la palanca JJ', vuelve á su primitivo lugar el peso G.

Luego que está abierto el circuito, la platina en hierro dulce abandona al iman, y la palanca JJ', solidada por su peso, vuelve á tomar su primera posicion, así como la pieza G, la cual vuelve á pasar por encima el diente de la rueda que ha de arrastrar á la accion siguiente : las piezas H y H', fijas á la palanca JJ', impiden el paso de muchos dientes á la vez penetrando en uno de los de la rueda B, una H cuando está funcionando el aparato, otra H' cuando está en reposo.

Como se ve, este aparato funciona por la accion directa de la electricidad sobre la palanca J, la cual pone en movimiento á la rueda catalina B, cuyo piñon J hace marchar la rueda CC', que, á su vez, comunica el movimiento á las agujas.

Dispuesto así el reloj puede enviar la hora no solo al aparato indicado en la figura, sino tambien á una infinidad de cuadrantes de todas dimensiones y á todas distancias; basta para ello aumentar el número de elementos de la pila á medida que se añadan aparatos.

Los pares en uso pueden funcionar muchos meses

echando cada ocho días un pequeño fragmento de sulfato de cobre en la caja del mismo metal.

Expliquemos ahora como la electricidad llega á los diferentes aparatos; la misma corriente no pasa sucesivamente á ellos de manera que puede descomponerse uno y dejar de marchar, sin que por esto cesen los demas de indicar la hora. Para conseguirlo, dos gruesos alambres de cobre BA, CD (figura 63), que

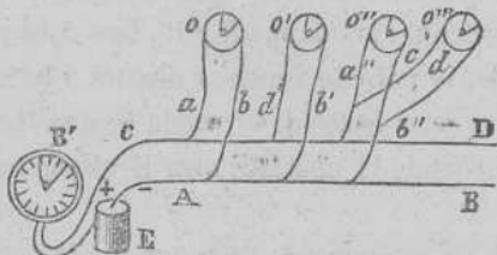


Fig. 63.

Garnier llama arterias eléctricas, parten de la pila y se dirigen paralelamente á lo largo de la línea donde deben colocarse los aparatos horarios; el reloj-tipo E se pone en el circuito sin cerrar, porque los alambres AB, CD, están aislados entre si y sus extremidades D y B no comunican.

Los aparatos horarios o , o' , o'' , etc., tienen sus alambres ab , $a'b'$, $a''b''$, en comunicacion con AB y CD,

de manera que el circuito voltáico se halla completo por estos diferentes alambres. Tienen ménos diámetro que los dos gruesos, en cuyo caso la resistencia de estos últimos no es casi ninguna comparada con la de los alambres ab , $a'b'$, $a''b''$, etc.; de lo que resulta que se reparten la corriente eléctrica como si estuviesen atados á los mismos puntos, ó mas claro, se divide ellos proporcionalmente á su poder conductor. Concíbese fácilmente que siempre que funcione la pila y el reloj-tipo no se descomponga, puede suprimirse uno de los aparatos horarios sin que los restantes dejen de indicar la hora.

Hemos supuesto que los dos gruesos alambres de cobre AB, CD estaban aislados; pero segun lo que sabemos del poder conductor del suelo, puede usarse uno solo b perfectamente aislado : en este caso cada uno de los alambres a , a' , a'' ... de los aparatos horarios se suelda al grueso, interin que los b , b' , b'' ... se atan á una placa metálica introducida en la tierra.

II

Farol-reloj de M. Ch. Nolet, de Gante.

Conocido ya el mecanismo de los relojes eléctricos, creemos útil, en razon de su importancia, describir

tambien los aparatos horarios que M. Nolet, ingeniero mecánico, estableció, en 1851, en la ciudad de Gante, y que no han cesado desde esta época de marchar con la mayor regularidad. Dichos aparatos, colocados en los faroles del alumbrado público, funcionan á cada momento. Se compone de un electro-iman EE (fig. 64),

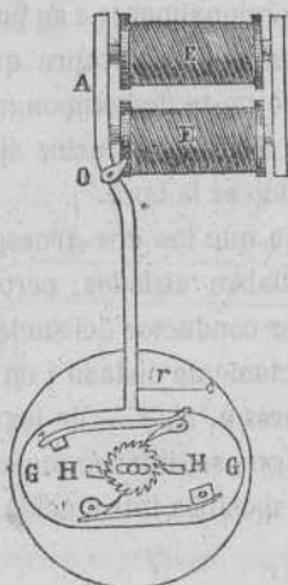


Fig. 64.

que reacciona sobre una rueda catalina B, cuyo eje lleva la aguja de los minutos. Para introducir el electro-iman en la parte superior del farol y aumentar el poder de las palancas de impulsión G, G, la

armadura de hierro dulce A se halla articulada en O y prolongada hasta el centro del cuadrante, donde terminan por una paleta GG. Esta se encuentra entre la platina del contador y la rueda B, cuya circunferencia tiene 120 dientes, con un agujero oval *tt*, que le permite oscilar libremente bajo las acciones sucesivas del electro-iman y del resorte antagonista *r*. Dos muelles de impulsión C, C, hacen avanzar la rueda y dos palancas H, H, fijas á la paleta GG, aseguran el escape. El reloj-tipo establece la corriente á cada instante, en un tiempo inapreciable : la armadura A es atraída por el electro-iman, y al momento, vuelta á su primitiva posición por el resorte *r*; en este doble movimiento, obliga á la rueda catalina B á avanzar dos dientes, y por consiguiente, una división á la aguja de los minutos. La de las horas sigue también á la rueda B.

125 relojes públicos, del sistema Nolet, funcionan en Gante, además de los particulares; todos ellos andan con una batería y un reloj-tipo, teniendo 600,000 metros de longitud el alambre que distribuye la electricidad. En Marsella, Bruselas y otras grandes ciudades (1) han adoptado este sistema de

(1) Sabemos que en la ciudad antigua de Tarragona, principado de Cataluña, se proyecta en estos momentos establecer un aparato de este género.

relojes públicos, y es probable que, dentro de poco, ningún pueblo de importancia carecerá de un invento tan útil y exacto para medir el tiempo y darle á conocer al público en general.

III

Cronógrafo eléctrico.

Este aparato, inventado por el americano Locke, es de gran utilidad en las observaciones astronómicas. Se compone de una pila voltáica con un buen péndulo astronómico que cierra el circuito á cada segundo, y en comunicacion con un aparato escribiente de Morse (1), que señala en un trozo de papel puntos separados por intervalos correspondientes á las interrupciones de la corriente. Al lado del electro-iman del aparato escribiente, hay un segundo, pero que forma parte de otro circuito que el observador puede

(1) El aparato escribiente de Morse es un mecanismo eléctrico que tiene un punzon, el que marca en un papel las palabras transmitidas por el telégrafo con signos convencionales. El que desee conocerle, puede consultar las obras modernas de física.

cerrar apoyando el dedo en una tecla. Cada vez que esta baja, un punzon de acero marca un punto en una tira de papel, al lado de los correspondientes á las sacudidas del péndulo. Dedúcese de esta disposicion que si se desea conocer el instante exacto en que se produce un fenómeno astronómico, por ejemplo un eclipse de luna, no hay mas que bajar la tecla del segundo aparato escribiente, y determinar la posicion del punto trazado en el papel, con relacion á los dos puntos marcados por el primer aparato al principio y al fin del segundo en que se verifica el fenómeno. Si este punto distará del primero una cantidad igual á la diez y nueve parte de la distancia que le separa del segundo, el fenómeno tendria lugar $1/20$ de segundo despues del segundo marcado por el expresado primer punto. De esta manera se pueden calcular centésimas de segundo próximamente.

Compréndese que este aparato puede ponerse en comunicacion con los alambres de un telégrafo eléctrico y servir á una multitud de usos. Supongamos, por ejemplo, que un mismo péndulo haga andar á dos cronógrafos puestos en dos estaciones distintas y reunidos con alambres telegráficos: es claro que si se determina en ambas estaciones el instante preciso del paso de una estrella por el meridiano, se podrá deducir de estas observaciones la diferencia de longitud

de dos lugares con mas exactitud que por los métodos comunes. Así es como MM. Airy y Quetelet descubrieron que se habia cometido un error de 800 metros sobre la diferencia de longitud entre los observatorios de Bruselas y Greenwich.

FIN

TABLA ALFABÉTICA

DE LAS VOCES USADAS EN ESTE MANUAL

CON SUS DEFINICIONES

A

Acero. — Metal muy duro compuesto de hierro y carbono.
— Lo hay natural y artificial.

Aguja. — Índice que marca las partes del tiempo.

Ancora. — Pieza de escape empleada en los relojes de este nombre.

Asiento. — Se dice en relojería una base en que se fija la rueda sobre su eje.

Atmosfera. — La masa de aire que rodea la tierra por todas partes.

Arbol. — Pieza que giran sobre sí misma por medio de sus ejes.

B

Balancin. — Regulador de los relojes portátiles.

Brida. — Se llama así una especie de puente.

Borax. — Sal de sosa que sirve de fundente para los metales.

Báscula. — Pequeña palanca que obra sobre las clavijas de la rueda de campanilla, y que sirve para levantar el martillo.

C

Calibre. — Plano en que se traza la disposición del reloj que se quiere construir.

Caja. — Cubierta que encierra todo el mecanismo de un reloj.

Cañon. — Tubo cilindrico.

Calor. — Cuerpo que obra sobre todas las sustancias dilatándolas, descomponiéndolas y quemándolas.

Celeridad. — Movimiento que aumenta de velocidad á cada instante.

Centro. — Punto á cuyo alrededor gira una pieza.

Compensacion. — Mecanismo con el que se corrige ó destruye las variaciones de un reloj.

Concéntrico. — Que tienen un mismo centro de movimiento.

Condensacion ó contraccion. — Términos que espresan la disminucion de volúmen de un cuerpo causada por el frio.

Cilindro. — Cuerpo de escape de figura cilíndrica, que llevan los relojes de su nombre.

Cobre. — Metal rojo ó amarillo susceptible de pulimento y de gran aplicacion en relojería.

Clavija. — Pieza para retener algun objeto.

Clepsydra ó reloj de agua. — Aparato usado en la antigüedad para medir el tiempo: era una especie de cubeta que daba una cantidad de agua en un tiempo determinado.

Campanilla. — Mecanismo de un reloj con el cual dá el martillo sobre un timbre.

D

Diente. — Especie de palanca cuyas ruedas y piñones se comunican el movimiento.

Dilatacion ó estension. — Términos de fisica que espresan el efecto del calor sobre los cuerpos.

Disco. — Peso que se fija en la varilla de un péndulo.

E

Escape. — Mecanismo de un reloj que tiene por objeto restituir al regulador la fuerza que pierde por el frotamiento y la resistencia del aire.

Encliquetage. — Mecanismo con el cual se levanta el peso motor y el resorte.

Engrenage. — Accion de los dientes de una rueda sobre los de otra para obligarla á girar al rededor de un centro de movimiento.

Ecuacion de tiempo. — Es la diferencia que hay entre el tiempo verdadero, medido por el sol, y el medio, medido por los relojes.

Estrella. — Rueda formada por radios angulares, que hace parte de los relojes de repeticion.

Espiral. — Pieza de una repeticion graduada desde la circunferencia al centro.

Eje. — Porcion cilíndrica que gira sobre sí misma.

F

Fuerza. — Potencia de un cuerpo en movimiento que vence un obstáculo.

Fuerza motriz. — En los relojes fijos, es el peso; en los portátiles, es el resorte.

Frotamiento. — Resistencia que experimenta un cuerpo al volver, girar, ó resbalar sobre otro.

Frio. — Falta absoluta de calórico, que obra en los cuerpos contrayéndolos ó condensándolos.

G

Gatillo. — Especie de gancho que se dispara en un momento dado y sujeto alguna pieza.

Guarda-cadena. — Mecanismo de los relojes de resorte que constituye un fiador para impedir que suba demasiado dicho resorte.

Gravedad. — Fuerza que obliga á los cuerpos á dirigirse al centro de la tierra.

H

Hora. — Una de los veinte y cuatro partes en que se divide el día solar.

Horizonte. — Círculo que separa la parte visible del cielo de la invisible.

Horizontal. — Paralela al horizonte.

I

Inercia. — Fuerza de los cuerpos para no cambiar de posición.

Isócrono. — Movimiento de duración uniforme.

J

Juego. — Libertad de acción de un aparato ó pieza.

L

Latitud. — La distancia en que se halla el observador al ecuador, ó el trecho que ha avanzado hácia el Norte ó Sur.

Longitud. — Distancia desde un meridiano dado hácia oriente ú occidente.

Limba. — Porción de círculo graduado.

Lima. — Instrumento de acero con asperezas en sus superficies.

M

Máquina. — Combinación de piezas para aumentar la fuerza ó potencia del hombre ó suplirla en ciertos casos.

Meridiano. — Circulo máximo de la esfera que divide el día solar en dos partes iguales.

Minuto. — La sesentava parte de una hora.

Motor. — Agente que dá movimiento á una máquina.



Oscilacion ó vibracion. — Movimiento de un cuerpo que va y viene sobre sí mismo.

P

Péndulo. — Cuerpo que oscila libremente alrededor de un centro.

Piñon. — Pequeña rueda dentada.

Pirómetro. — Instrumento para medir el grado de calor de los cuerpos.

Platina. — Placa de este metal que sirve para formar una caja de cuatro columnas.

Polea. — Es un torno que gira sobre su eje impulsado por una palanca de dos brazos.

R

Regulador. — Potencia que modera y determina la velocidad de las ruedas.

Repeticion. — Mecanismo usado en relojería para saber cuando se quiera la hora marcada en el cuadrante.

Reposo. — (Escape de) dáse este nombre á los escapes que despues de impulsar al regulador, queda inmóvil.

Resorte. — Todo cuerpo que al ceder á un esfuerzo, restituye la fuerza gastada.

Resistencia. — Fuerza que opone un cuerpo al movimiento de otros.

Rodage. — Conjunto de ruedas y piñones que se engranan sucesivamente para trasmitirse el movimiento.

S

Suspension. — Parte del reloj que sostiene al regulador para que pueda oscilar libremente.

T

Temple. — Operacion que se practica con el acero para darle la dureza conveniente.

Tornillo. — Cilindro acanelado en espiral que mueve y comprime fuertemente los cuerpos.

Timbre. — Campana ó espiral metálica para trasmitir el sonido.

Trinquete. — Pieza que está en la parte inferior del espiral.

U

Uniforme. — Movimiento de la misma duracion.

V

Varilla. — Parte cilindrica metálica para construir péndulos.

Vibracion. — (Véase Oscilacion).

Virola. — Círculo que forma el tambor en la que se coloca el resorte.

Volante. — Especie de puente portátil.

[illegible text]

INDICE

DEL MANUAL DEL RELOJERO

	Páginas.
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I	
De la division del tiempo, tiempo verdadero ó aparente : tiempo medio ó uniforme.....	7
CAPITULO II	
Idea general de una máquina propia para medir el tiempo.....	14
CAPITULO III	
I. — De los relojes de bolsillo.....	27

	Páginas.
II. — Relojes de bolsillo segun el antiguo sistema perfeccionado por J. B.....	28

CAPITULO IV

I. — Nocion general de la repeticion.....	51
II. — Despertadores.....	60

CAPITULO V

I. — Del péndulo.....	66
II. — Teoría del mismo.....	67
III. — De los péndulos ó relojes de pared.....	83
IV. — De los relojes-péndulos llamados reguladores...	83
V. — De los relojes-péndulos ordinarios.....	84
VI. — Relojes-péndulos con campanilla de cuartos y de repeticion.....	86
VII. — Descripcion de un péndulo de repeticion con escape de áncora.....	92

CAPITULO VI

De los relojes públicos ó de campanario.....	102
--	-----

CAPITULO VII

	Páginas.
I. — De los escapes.....	108
II. — Del escape de rueda de engranamiento.....	109
III. — Del escape de cilindro.....	110
IV. — De los escapes á vibraciones libres.....	120
V. — Del escape de áncora para relojes de chimenea.	122
VI. — Del escape de áncora perfeccionado por Graham, para los relojes públicos y reguladores.....	129
VII. — Propiedades del escape libre.....	130
VIII.— Del escape de Lepaute.....	132

CAPITULO VIII

I. — Del regulador en general.....	138
II. — Del regulador para los relojes portátiles.....	139

CAPITULO IX

I. — De la compensacion ó medios empleados para corregir los efectos de la temperatura en los relojes.....	151
--	-----

	Páginas.
II. — De la compensacion en los relojes portátiles de reguladores circulares.....	152 *
III. — De la compensacion en los relojes de péndulo..	162
IV. — Efectos de este péndulo.....	173

CAPITULO X

De las causas que hacen detener ó variar un reloj portátil, con las maneras de conocerlas y corregirlas.	
— Id. id. de un péndulo.....	177 +

CAPITULO XI

Descripcion de un péndulo de ecuacion de dos agujas de minutos concéntricos, que marca los meses del año, las semanas y los años bisiestos.....	184
---	-----

CAPITULO XII

I. — Relojes astronómicos.....	192 *
II. — Descripcion del movimiento.....	195

CAPITULO XIII

I. — Relojes marinos.....	197 *
---------------------------	-------

	Páginas.
II. — De la longitud de los puntos en el globo.....	201 •
III. — Uso de los relojes verticales y horizontales en la navegacion.....	214
IV. — Uso del tiempo medio para los astrónomos y navegantes.....	216 •
V. — Los relojes no pueden seguir mas que un tiempo igual, que es el medio.....	218 •

CAPITULO XIV

I. — Dilatacion y contraccion de los metales por el calor y el frio.....	221 •
II. — Tabla de la relacion de las dilataciones de los metales.....	225 •

CAPITULO XV

I. — Principios sobre las fuerzas de movimiento de los balancines.....	227
II. — Manera de calcular los pesos que deben tener los balancines de los relojes, relativamente al motor, á la tension de sus arcos, diámetros, número de vibraciones, etc.....	230 •

	Páginas.
III. — De la potencia motriz de un reloj.....	233
IV. — De los resortes.....	236

CAPITULO XVI

I. — Del regulador.....	238
II. — Método para suplir el isocronismo de las vibraciones del espiral, por el balancin en un reloj.	239

CAPITULO XVII

Del resorte espiral.....	
--------------------------	--

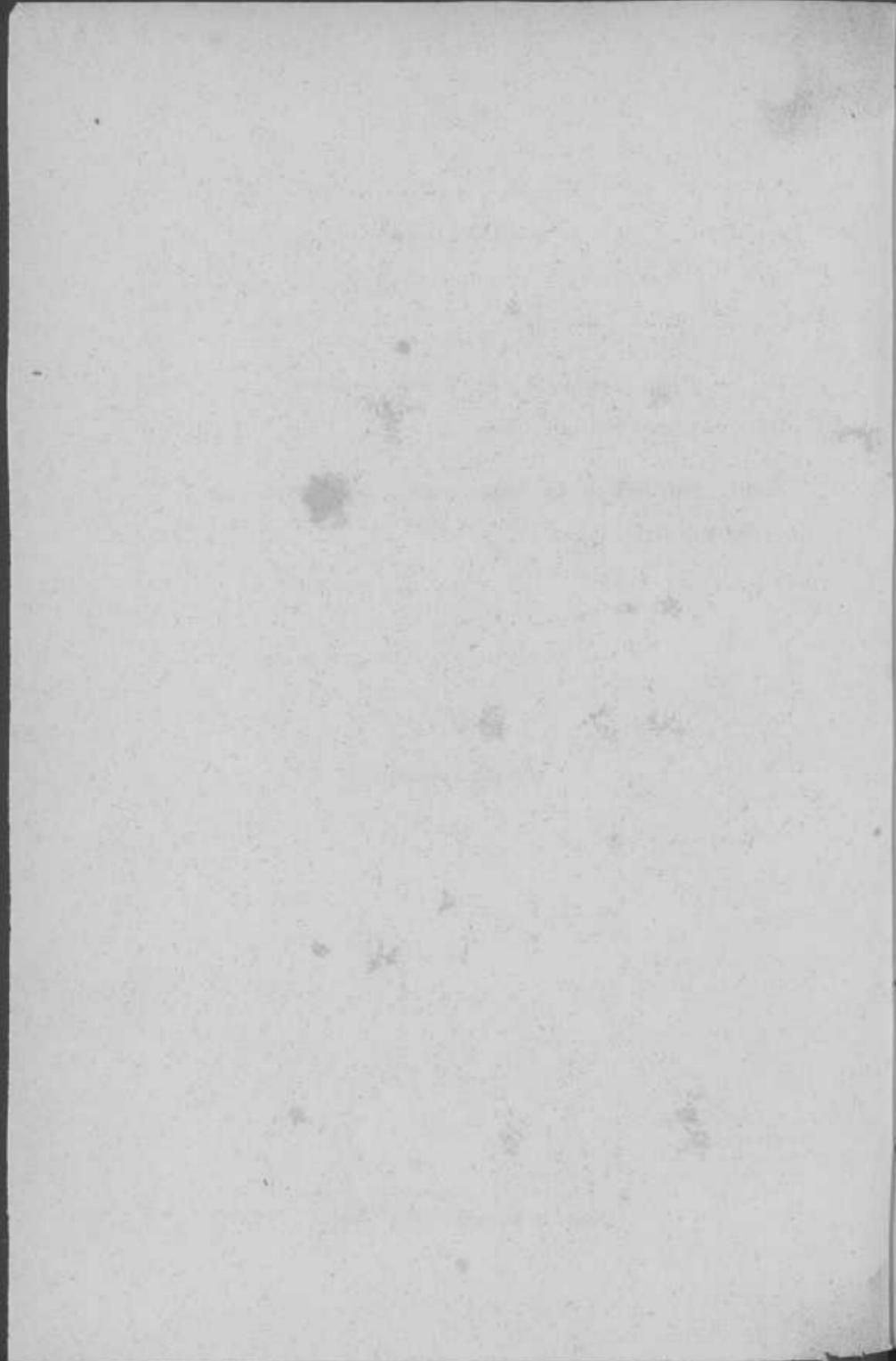
CAPITULO XVIII

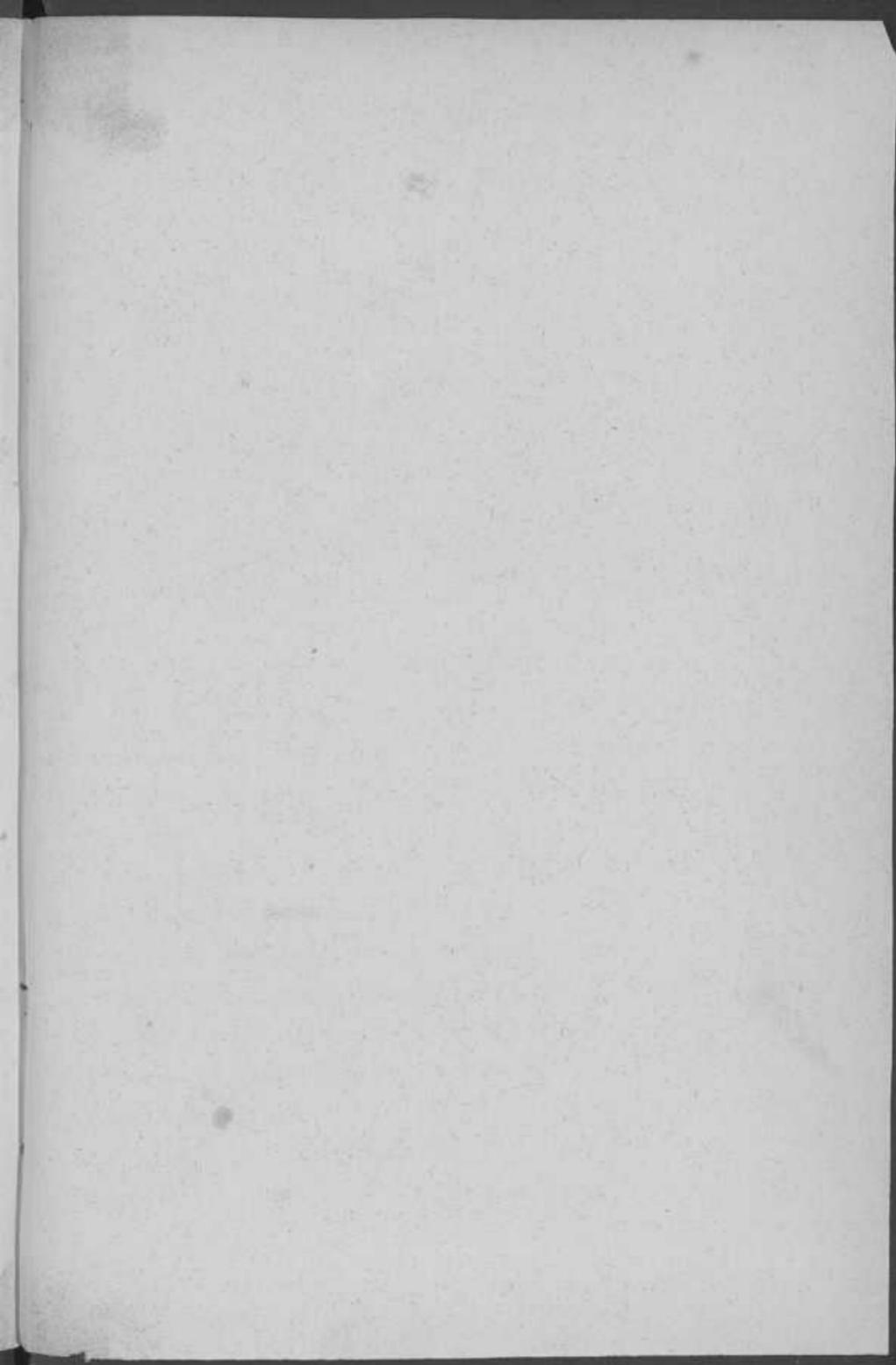
I. — Observaciones sobre la naturaleza del mejor balancin para un reloj.....	247
II. — Del balancin regulador y modo de determinar el que es mas propio para medir el tiempo....	248
III. — Del frotamiento.....	253
IV. — Modo de reducir el frotamiento.....	255
V. — Efectos del aceite en el frotamiento.....	257
VI. — Modo de hacer constantes los frotamientos....	262 •

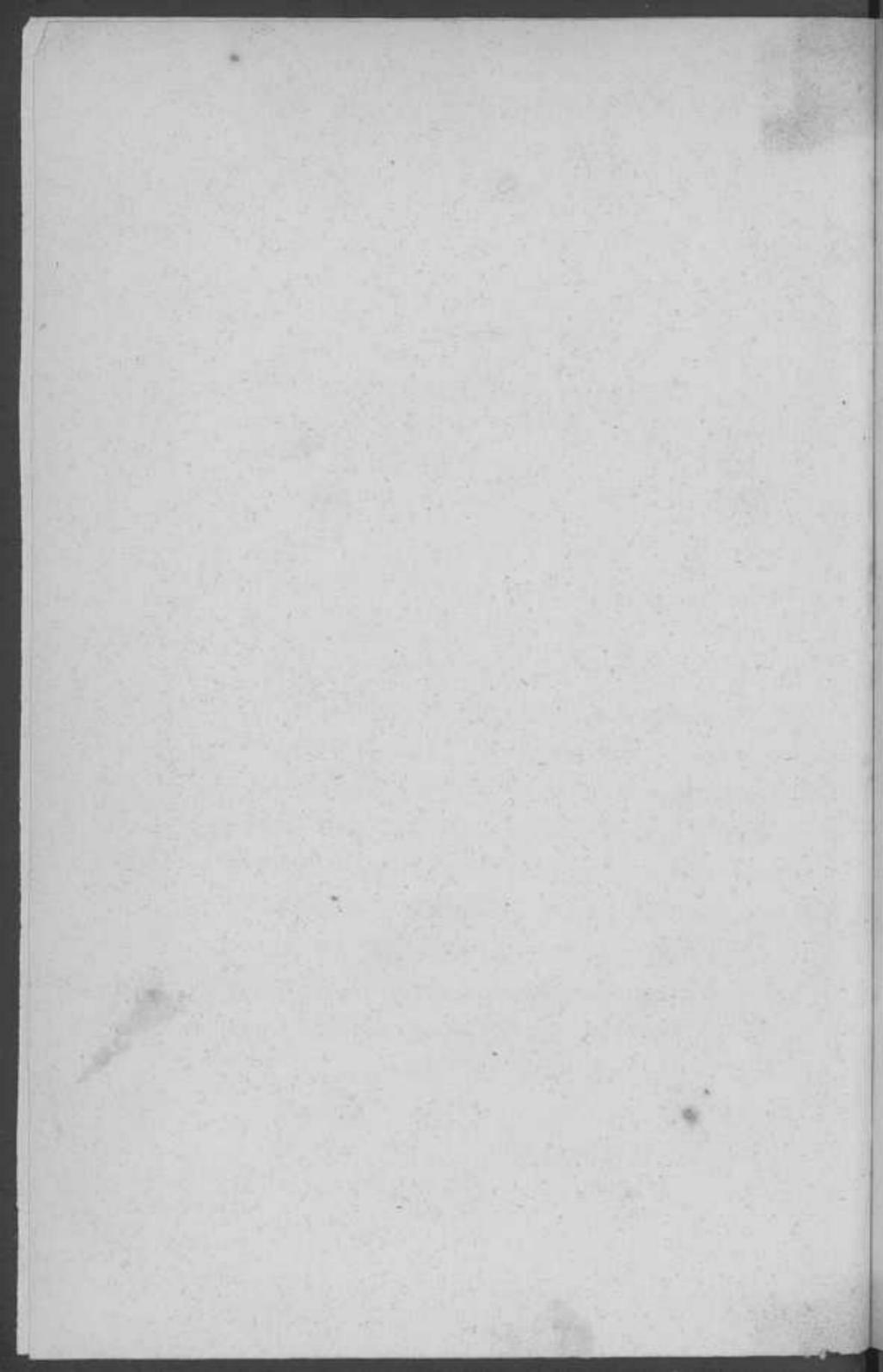
CAPITULO XIX

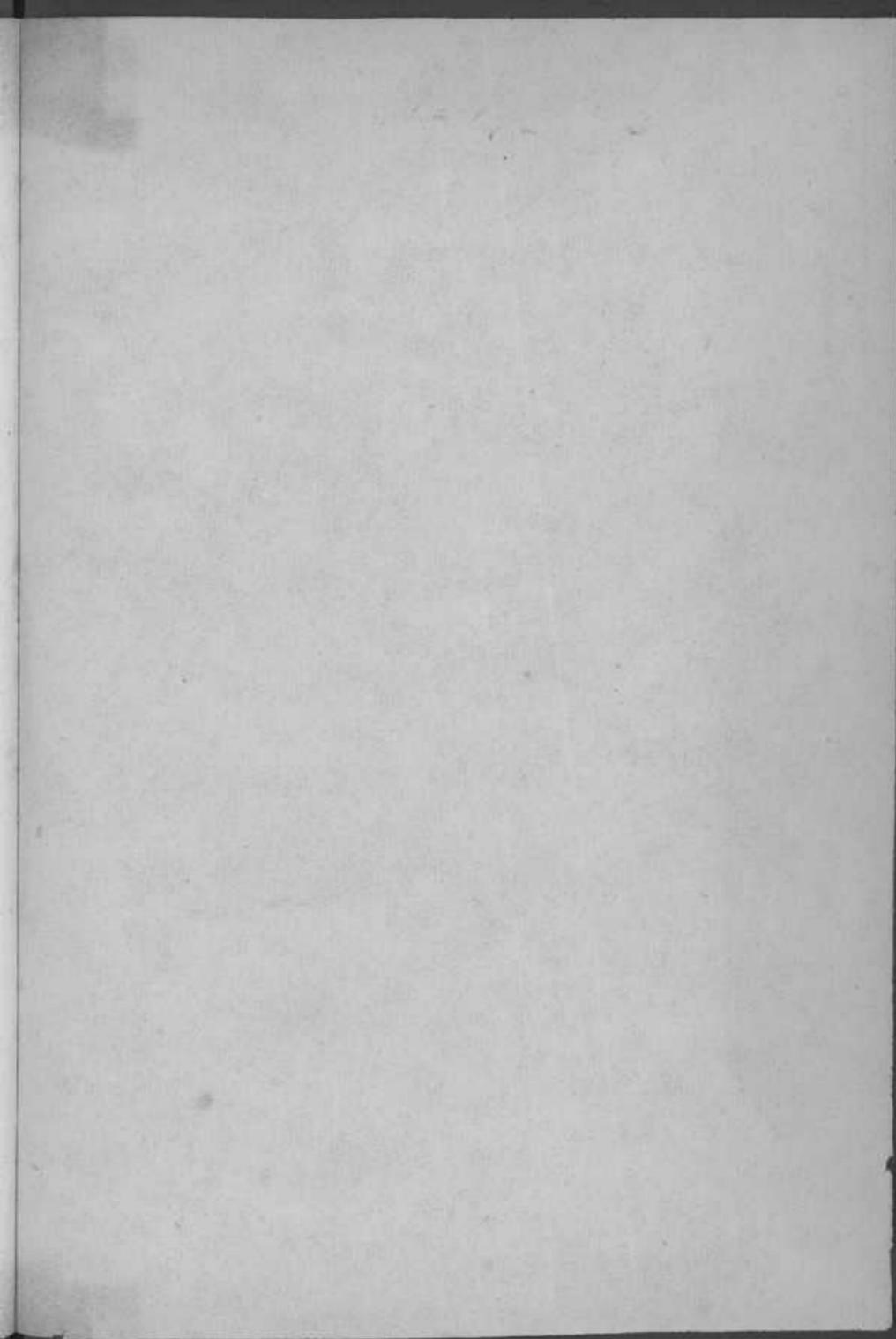
	Páginas.
I. — De los relojes eléctricos.....	265 •
II. — Farol-reloj de M. Ch. Nolet, de Gante.....	271 •
III. — Cronógrafo eléctrico.....	274
Tabla alfabética de las voces usadas en este manual, con sus definiciones.....	277

FIN DEL INDICE.









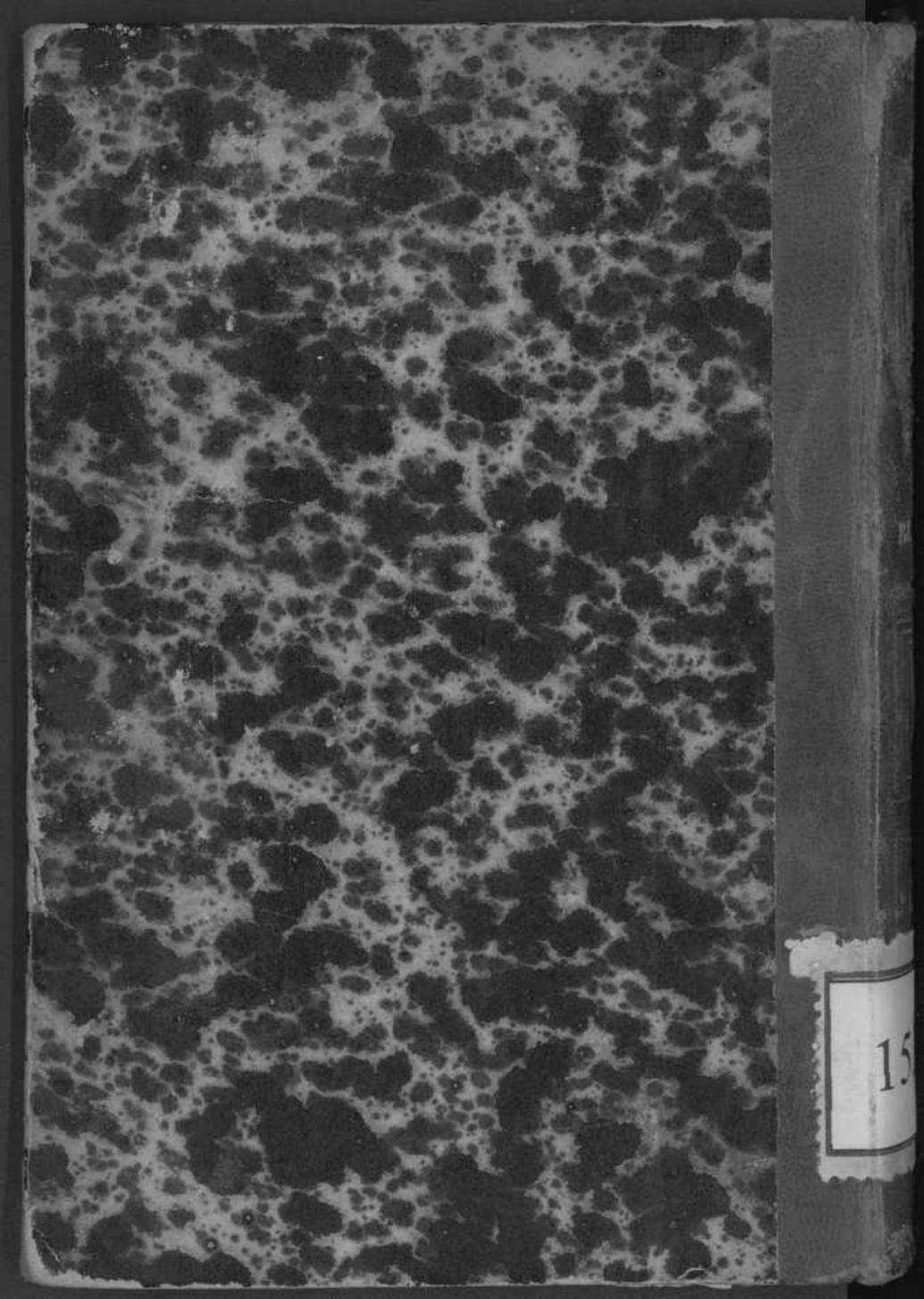
2. 2 - 1 - 1

41-14-30

14

2

10

The image shows the front cover and spine of an old book. The cover is decorated with a dark, mottled pattern, possibly marbled paper or a similar texture, featuring irregular dark spots and blotches on a lighter background. The spine is a solid, dark color. A small, rectangular, white label with a decorative border is affixed to the spine near the bottom. The label contains the number '15' in a serif font.

15



MANUAL
DEL
RELOJERO



15.813

