9.13-2a
2198

LA ELECTRICIDAD

Y SUS

PRINCIPALES APLICACIONES

A-17-2

LA

ELECTRICIDAD

Y SUS PRINCIPALES APLICACIONES

POR

D. BERNARDO RODRIGUEZ Y LARGO

Doctor en Ciencias
y Catedrático de Física y Química

MADRID
ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE G. ESTRADA
Doctor Fourquet, 7
1881

Es propiedad del autor.—Queda hecho el depósito que marca la Ley.

PRÓLOGO.

Si alguno de los *agentes* naturales merece llamar la atencion del hombre pensador, ninguno tal vez es digno de ocupar un puesto tan preferente como el llamado *flúido eléctrico*.

Él nos pone, en efecto, en comunicacion casi instantánea con los más remotos pueblos del mundo, y á traves de sus inmensas distancias podemos saber sus más importantes acontecimientos.—Con su auxilio se consigue disipar las sombras de la noche, produciendo focos luminosos comparables en un todo al astro del dia.—A su mágica influencia sobre los cuerpos debemos la posibilidad de reproducir en coherente metal tanto los insectos más diminutos como las enormes estátuas de los antiguos Colosos.—Su estudio ha conducido al hombre á construir aparatos que le preserven de los terribles efectos del rayo, y á su vez, siquiera sea en mínima proporcion, puede imitar aquel

notable meteóro fundiendo con su calor los cuerpos más refractarios.—Las abundantes fuerzas que en sitios lejanos presenta perdidas la Naturaleza, pueden llegar por su intermedio al taller de la poblacion más cercana, trasformándose de este modo en trabajo útil, y por último, para terminar su elogio, puede decirse con un célebre autor moderno, que "basta pedirle para que al punto conceda generoso alguna maravilla."

Ahora bien, un libro que abrace las principales aplicaciones de este interesante flúido, descritas de manera que puedan ser entendidas y puestas en práctica por cualquier aficionado á las Ciencias ú obrero laborioso, creimos podria ser de gran utilidad en España, donde tanto escasean este género de publicaciones, y desde luégo dirigimos nuestras fuerzas tratando de desarrollar este plan.—Para ello hemos consultado las mejores obras de autores nacionales y extranjeros, y guiados con lo que la práctica de algunos años nos ha enseñado sobre el particular, hemos procurado dar al presente trabajo el carácter práctico y de utilidad inmediata que suele escasear en la mayor parte de los libros.

En su consecuencia, y á fin de hacer fácil la inteligencia de las cuestiones que en él figuran áun á las personas agenas á la Física, hemos

creido indispensable dividirle en dos partes.—En la primera damos á conocer los principales fenómenos eléctricos y las leyes á que están sometidos, procurando ordenarlos con arreglo á la causa de que dependen, y describir tan sólo los que hayan de servir despues como fundamento de las siguientes doctrinas.—En la segunda, que constituye nuestro principal objeto, hemos agrupado las diferentes aplicaciones de la electricidad por el efecto físico de que dependen, exponiendo solamente aquellas cuya utilidad ha sancionado la práctica y son en el dia sosten de infinidad de operarios.

Dudamos mucho haber conseguido nuestro objeto, por creerle muy superior á nuestras fuerzas, mas si en algo puede ser útil nuestro libro, si logra siquiera despertar la aficion á estas Ciencias en las personas á quienes principalmente se dirige, se verán plenamente satisfechos nuestros deseos y daremos por bien empleados los sacrificios que para lograrlo hemos tenido que vencer.

B. RODRIGUEZ

Noviembre de 1880.

LA ELECTRICIDAD

Y SUS

PRINCIPALES APLICACIONES

LIBRO I

ELECTRICIDAD ESTÁTICA

CAPÍTULO PRIMERO.

FENÓMENOS GENERALES.

Desde tiempos muy remotos (600 años ántes de Jesucristo) fué conocida por los filósofos griegos la propiedad que tenía el ámbar amarillo de atraer los cuerpos ligeros, como pedacitos de papel, barbas de pluma, pajitas, etc., despues de haber sido frotado con un paño de lana; mas este hecho, que con el tiempo habia de dar orígen á una de las ramas más importantes de los conocimientos humanos, pasó entónces desapercibido, y sólo se consideró como una curiosa propiedad de dicha sustancia.

Pasaron así 22 siglos, sin que los hombres de-

dicados á las ciencias de aplicacion tratasen de profundizar la causa de tan misterioso fenómeno, hasta que á fines de 1600, William Gilbert, médico inglés, observó que no solamente el ámbar presentaba dicha propiedad, sino que otros muchos cuerpos como el cristal, el azufre, diamante y las resinas, producian las mismas atracciones en igualdad de circunstancias.

Ya en este camino, pronto se observó que muchos de ellos producian ráfagas luminosas en la oscuridad y áun á veces despedian chispas, y desde entónces se dió gran importancia á la cuestion, admitiendo que la causa de tales fenómenos era debida á la *electricidad*, nombre sacado del griego *electron*, con que se designaba el ámbar amarillo.

Desde entónces, y muy principalmente en este siglo, los descubrimientos en esta materia se han sucedido con una rapidez asombrosa, y áun hoy, que tan adelantado se encuentra el estudio de este *agente*, no es posible predecir hasta dónde llegarán sus extraordinarias aplicaciones.

Modos de producir la electricidad.—Los principales medios que hoy se conocen para desarrollar la electricidad, son el frotamiento, las acciones químicas, los cambios de temperatura y la induccion, y si bien es cierto que cualquiera que sea el procedimiento seguido el efecto resultante es siempre el mismo, presenta, sin embargo, caractéres algo diferentes, segun sea producida por la frotacion ó por alguno de los otros medios. Estas diferencias han hecho que se consideren dos clases de

electricidad; una llamada *estática*, desarrollada principalmente por la frotacion, y otra *dinámica*, que generalmente se origina por las acciones químicas. Debemos, sin embargo, advertir, que estas distinciones son puramente arbitrarias; mas como quiera que simplifican el estudio de este *agente*, no hay ningun inconveniente en admitirlas.

Pasemos, pues, á ocuparnos de la *electricidad estática*, y lo primero que debemos dar á conocer es un aparato que nos indique si un cuerpo está ó no electrizado. En realidad bastaria observar si éste atrae á otros de poco peso, como las barbas de pluma y pedacitos de papel (fig. 1.ª), pero es mucho más cómodo valerse de un aparato llamado *péndulo eléctrico*.

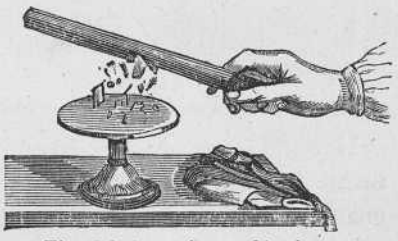

Fig. 1.ª Atracciones eléctricas.

Consiste este instrumento (fig. 2.ª), en una esferilla de médula de saúco, suspendida por medio de un hilo de seda del extremo curvo de una varilla de cristal doblada en forma de cayado, la que se halla fija por su parte recta sobre un pié de madera.

Para averiguar con este aparato si un cuerpo se halla electrizado, basta aproximarle á dicha esferilla y observar si hay atraccion, la que tendrá lugar, aunque sea poca la electricidad del cuerpo so-

metido á la experiencia, por ser muy poco pesada la médula de saúco.

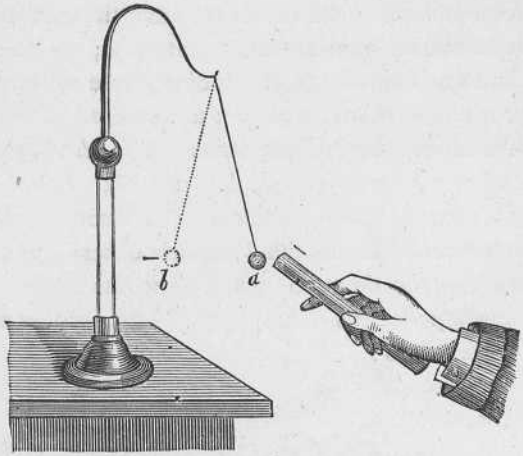

Fig. 2.ª Péndulo eléctrico.

Haciendo uso de una barra de lacre fuertemente frotada, se observa en el primer momento una viva atraccion, pero inmediatamente que la esferilla toca al lacre es repelida con gran fuerza, yendo á ocupar la posicion *b*. Igual fenómeno tiene lugar si se sustituye la barra de lacre por una de cristal, y bajo este concepto pudiera creerse que la electricidad desarrollada por ambos cuerpos presenta iguales propiedades; mas en 1734 observó Dufay que, miéntras se repelian fuertemente los cuerpos electrizados, bien con el lacre ó con el cristal, eran en cambio atraidos vivamente los primeros por los segundos.

Esto le condujo desde luégo á admitir dos clases de electricidad dotadas de propiedades muy diferentes; una desarrollada por el cristal, á la que llamó *vítrea*, y otra producida por el lacre, á que dió el nombre de *resinosa*

La experiencia de Dufay puede repetirse fácilmente del siguiente modo:—Se toma un péndulo eléctrico provisto de dos esferillas (fig. 3.ª), y se toca

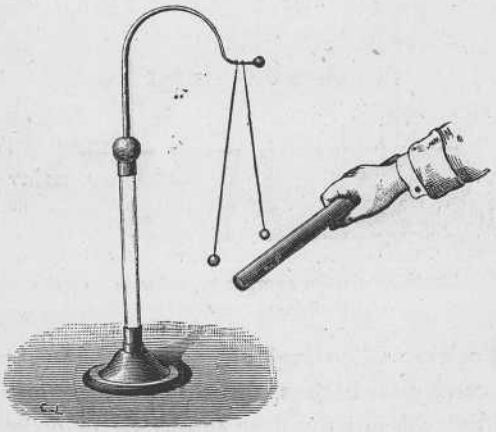

Fig. 3.ª Repulsion de dos cuerpos cargados con electricidades de igual nombre.

á ambas con una barra de lacre préviamente frotada con un trozo de franela, en cuyo caso se notará una viva repulsion entre aquéllas, y lo mismo sucede si en vez del lacre se usa una varilla de cristal; mas si cada una de las esferas se electriza con uno de dichos cuerpos, valiéndose para ello de

dos péndulos diferentes, se observará, como indica la fig. 4.ª, una fuerte atraccion de las mismas.

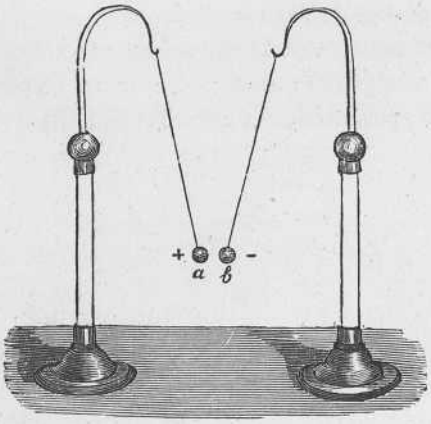

Fig. 4.ª Atraccion de dos cuerpos cargados con electricidades de distinto nombre.

El célebre físico inglés Symmer, tratando de explicarse estos hechos, mas sin conocer, como sucede todavía, la naturaleza íntima de la electricidad, ideó una teoría muy sencilla que se acomoda perfectamente á la interpretacion de cuantos fenómenos produce este *agente*. Dicho sabio admitió la existencia de dos *flúidos* eminentemente sutiles, llamados respectivamente *vítreo* y *resinoso*, dotados de la propiedad de atraerse mútuamente el uno al otro, repeliéndose, sin embargo, cada uno á sí mismo. Al combinarse estos dos flúidos, efecto de su mútua afinidad, se destruyen sus propiedades

respectivas, dando orígen á un tercer *flúido*, llamado *neutro*; se admite ademas, que este último existe préviamente formado en cantidad indefinida sobre todos los cuerpos, sin que por esto presenten propiedades eléctricas especiales; mas si por una causa cualquiera se separa de él uno de sus componentes, el cuerpo aparecerá entónces electrizado con el flúido restante.

Generalmente se da el nombre de *positivo* al flúido *vítreo*, y *negativo* al *resinoso*, representándolos tambien en la escritura por los signos + y — usados en matemáticas. Estos nombres traen su orígen de otra teoría eléctrica, debida á Francklin, que generalmente no se sigue por no explicar con tanta sencillez, como la de Symmer, los fenómenos eléctricos.

Ultimamente se admite que la electricidad es debida á una sustancia sumamente sutil y elástica, llamada *éter*, que llena, no sólo los poros de todos los cuerpos, sino los espacios vacíos. Las vibraciones de este éter son la causa de los fenómenos caloríficos y luminosos, y su condensacion ó dilatacion en la masa de los cuerpos da orígen á los fenómenos eléctricos. Esta teoría, aunque más conforme con el espíritu moderno de la Ciencia, dificulta bastante la explicacion de los hechos, por cuya razon se adopta generalmente la de Symmer en las obras elementales.

Con arreglo á esta última, é interpretando los hechos expuestos anteriormente, podemos desde luégo decir que *dos cuerpos electrizados con el*

mismo flúido se repelen, y al contrario, *se atraen si tienen electricidades contrarias.*

Esto nos da medios para averiguar con el péndulo eléctrico la clase de flúido de que un cuerpo está cargado. Para ello se electriza negativamente su esferilla con una barra de lacre frotada con un pedazo de franela, y si al aproximar despues á la misma el cuerpo cuya electricidad deseamos conocer notamos atraccion, podemos asegurar que aquél está cargado de flúido positivo, y lo estaria negativamente en caso de haber repulsion.

Por otra parte, es fácil tambien observar, con auxilio del mismo péndulo, que estas atracciones y repulsiones se ejercen con tanta mayor intensidad cuanto más próximos se hallen los cuerpos sometidos á la experiencia y mayor sea su carga eléctrica, habiendo probado Coulomb, por medio de su *balanza de torsion*, que las *atracciones y repulsiones eléctricas se verifican en razon inversa del cuadrado de la distancia*, y que á su vez *son proporcionales á la cantidad de flúido libre que poseen los cuerpos.*

El flúido eléctrico de que nos vamos ocupando tiene la propiedad de comunicarse á lo largo de algunos cuerpos llamados por esto *buenos conductores*, miéntras que otros detienen su movimiento en más ó ménos grado; á estos últimos se les da el nombre de *malos conductores* ó *aisladores*, y se dice que un cuerpo está aislado cuando se halla sostenido por alguno de ellos, sin cuyo requisito la electricidad que pudiéramos comunicarle se

marcharia á la tierra, llamada por esto *depósito comun*.

Los mejores conductores de la electricidad son los metales, en el siguiente órden: plata, cobre, oro, zinc, estaño, hierro, plomo, platino y mercurio. Tambien conducen con facilidad el flúido eléctrico algunos cuerpos no metálicos, entre los que citaremos la plombajina, el coke, los líquidos ácidos y salinos, el agua, el cuerpo humano, los vegetales vivos y el aire húmedo.

Entre los cuerpos malos conductores figuran la goma laca, azufre, cristal, guta-percha, ebonita ó

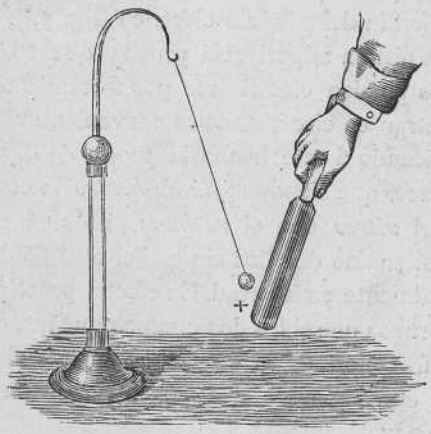

Fig. 5.ª Electrizacion de un cuerpo buen conductor.

cautchú endurecido, marfil, seda, grasas, carbon vegetal, aire seco y las maderas.

Como fácilmente se comprende, el conocimiento de estos cuerpos es de la mayor importancia en la construccion de los aparatos eléctricos.

Conocidas las anteriores propiedades, podemos explicarnos porqué no se electriza un cuerpo metálico aunque se le frote, si se le tiene cogido con la mano; en efecto, siendo el cuerpo humano buen conductor del flúido eléctrico, se marchará éste al depósito comun á medida que se desarrolla, mas si aquél se sostiene por medio de un mango de cristal y ademas se le frota con un cuerpo mal conductor como la seda, veremos que se electriza fácilmente y atrae, como si fuera una barra de lacre, á la esferilla del péndulo eléctrico (fig. 5.ª).

Esta última experiencia prueba que todos los cuerpos pueden electrizarse por frotamiento si se encuentran en circunstancias convenientes.

Aplicando á este hecho la teoría de Symmer, se deduce, que siendo el *flúido neutro* la combinacion del *vítreo* con el *resinoso*, no será posible desarrollar uno de ellos sin que el otro flúido quede igualmente en libertad. En efecto, prácticamente se prueba que si los dos cuerpos que intervienen en la frotacion están convenientemente aislados, uno de ellos aparece electrizado positivamente y el otro negativamente.

El modo más fácil de ejecutar esta importante experiencia consiste en frotar uno con otro dos discos de cristal provistos de mangos de la misma

sustancia (fig. 6.ª); separándólos despues rápidamente se observará, con auxilio del péndulo eléctrico, que ambos están electrizados de un modo

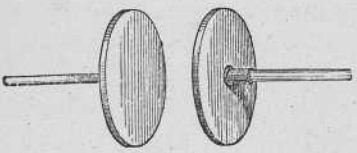

Fig. 6.ª Desarrollo de los dos flúidos eléctricos.

contrario, sin que pueda predecirse, si los dos presentan igualdad de condiciones respecto á su composicion y superficie, en cuál de ellos quedará un determinado flúido; mas si se raya un poco uno de ellos, se notará que éste queda siempre cargado de electricidad negativa, lo que manifiesta que el estado de la superficie de los cuerpos, más que su naturaleza, influye notablemente en la clase de flúido eléctrico que retienen despues de frotados; así, miéntras el cristal pulimentado se electriza positivamente cuando se le frota con un paño de lana, el mismo cuerpo esmerilado retiene el flúido negativo frotado en las mismas condiciones.

Otra consecuencia de la teoría de Symmer, comprobada plenamente por la práctica, es que siempre que un cuerpo buen conductor se halla electrizado, sucede que todo el flúido eléctrico se dirige á su superficie, formando una especie de atmósfera de pequeñísimo espesor. Esto puede demostrarse por medio de una esfera metálica hueca

(figura 7.ª), sostenida por un pié de cristal, la cual tiene practicado un orificio en su parte superior para poder introducir un pequeño disco metálico, llamado *plano de prueba*, fijo en el extremo de una varilla de cristal.

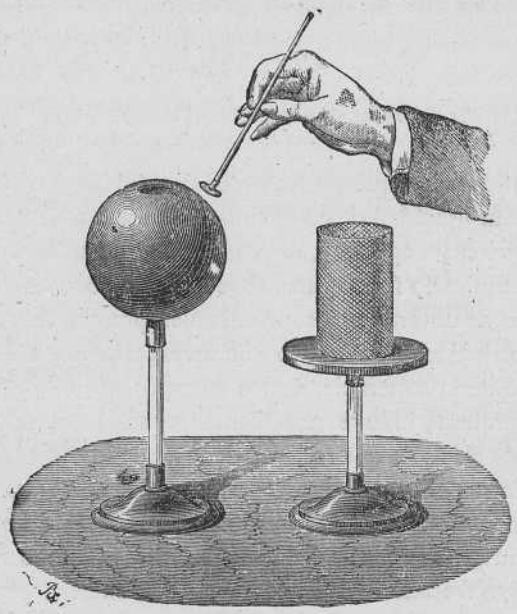

Fig. 7.ª La electricidad se acumula en la superficie de los cuerpos.

Si se electriza dicha esfera por medio de la *máquina eléctrica* de que luégo hablaremos, y se toca despues su superficie con el plano de prueba, se observará, aproximándole al péndulo eléctrico,

que aquél se encuentra electrizado, cosa que no sucederia si se hubiesen tocado sus paredes interiores introduciendo el plano de prueba por el orificio de la esfera.

Lo mismo se puede demostrar por medio de un cilindro de tela metálica, sostenido, como indica la figura, sobre un suporte aislado; si despues de electrizarle se tocan con dicho plano de prueba sus paredes interiores, se observa que aquél carece de electricidad, y lo contrario tiene lugar si se verifica el contacto con la superficie exterior.

Se comprende que así debe suceder, recordando que los elementos de cada uno de los dos flúidos, tanto vítreo como resinoso, se repelen mútuamente, y deben procurar, por lo tanto, separarse cuanto les sea posible, y es claro que esto tendrá lugar cuando todo el flúido eléctrico de que un cuerpo esté cargado se halle en su superficie.

Efecto de esta misma repulsion, la electricidad acumulada sobre los cuerpos tiende á esparcirse por el aire, como en efecto sucede cuando la atmósfera está húmeda; mas en tiempo seco, como quiera que el aire en estas condiciones es un cuerpo mal conductor, no puede el flúido eléctrico franquear este obstáculo, y queda en dicha superficie con cierta propension á abandonarla, que es lo que ha recibido el nombre de *tension*.

De aquí se deduce que la cantidad de electricidad que puede recibir un cuerpo sólo depende de su superficie y no de su peso, y en efecto, la experiencia demuestra que dos esferas iguales, una hue-

ca y otra maciza, se electrizan con igual intensidad cuando se las pone en contacto con el mismo orígen eléctrico.

La atmósfera eléctrica, que segun hemos visto, recubre los cuerpos electrizados, presenta igual espesor en todas direcciones cuando se trata de una esfera en la que todo es simétrico alrededor de su centro, pero si el cuerpo que se considera es más agudo en algun sentido que en los demas, la electricidad se acumulará de preferencia en las partes más salientes. Puede demostrarse esta propiedad por medio de un elipsoide metálico y aislado (fig. 8.ª), que se electriza con auxilio de la máquina eléctrica. Verificado esto, se nota, por medio del péndulo eléctrico, que su esferilla es atraida con mayor fuerza en sus extremos agudos que en su parte média, así es que, representando por una línea de puntos la atmósfera eléctrica que rodea dicho cuerpo, ésta tendria una forma análoga á la que está representada en el dibujo.

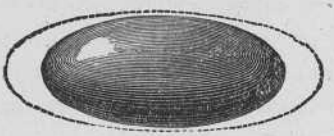

Fig. 8.ª Atmósfera eléctrica.

De aquí se deduce tambien, que á medida que se haga más aguda la extremidad de un cuerpo, mayor será á su vez la tension que adquirirá en ella el flúido eléctrico, y cuando aquél termine en punta será tanta la electricidad acumulada en ella,

que logrará vencer la resistencia del aire, descargándose el cuerpo por dicho sitio.

Esta *propiedad que presentan las puntas* de dejar escapar el flúido eléctrico veremos que ha recibido importantes aplicaciones, y es ademas causa de que no sea posible cargar de electricidad un cuerpo que presente alguna curva muy aguda en su superficie; por esto, todos los aparatos destinados á retener el flúido eléctrico, deben terminar en superficies redondeadas.

Para demostrar prácticamente la *propiedad de las puntas*, basta colocar sobre la máquina eléctrica una aguja gruesa de coser, y se notará que aquel aparato no se carga de flúido eléctrico aunque se le haga funcionar. Si la experiencia se hace en la oscuridad, se verá salir por dicha punta un penacho luminoso, y si se aproxima una luz encendida como indica la fig. 9.ª, se observará que la llama se dirige al lado opuesto, indicando una corriente de aire en ese sentido, la que es debida á la repulsion que experimenta el aire por electrizarse de igual modo que la punta.

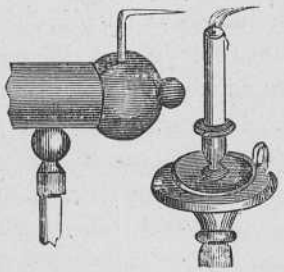

Fig. 9.ª Propiedad de las puntas.

CAPITULO II.

ELECTRIZACION POR INFLUENCIA.

Si se acerca un cuerpo buen conductor del flúido eléctrico, y en su estado natural, á otro que se halle electrizado, sucede que el flúido eléctrico de aquél es descompuesto por la electricidad libre del segundo, siendo atraido el de nombre contrario y repelido el del mismo nombre. A esta accion que los cuerpos electrizados ejercen sobre los que les rodean, se la ha llamado *electrizacion por influencia*.

Para probar experimentalmente esta interesante propiedad, se usa el aparato representado por la fig. 10, el cual consiste en una varilla metálica sostenida por un pié de madera, sobre la cual pueden colocarse, á diferentes alturas, una esfera y un cilindro de laton aislados por soportes de cristal. Si se carga la esfera de flúido positivo y se acerca á ella poco á poco el cilindro ántes citado, se observará que los dos péndulos colocados en sus extremos se van separando de él cada vez más, á medida que la distancia que separa á ambos disminuye, miéntras que en su parte média no se nota ningun síntoma eléctrico por medio de otro tercer péndulo que á dicha region se aproxime; por otra parte, acercando una barra de lacre frotada al péndulo superior, se observa una viva atraccion, y

verificando lo mismo con el péndulo de abajo, se nota repulsion; todo lo cual prueba que la mitad superior del cilindro citado se halla con electricidad positiva y la mitad inferior con flúido negativo, permaneciendo en su estado neutro la parte central del mismo.

Igual descomposicion tiene lugar, si bien los flúidos desarrollados se hallan cambiados, cuando la esfera se electriza negativamente.

Adoptando la teoría de Symmer para la explicacion de los fenómenos eléctricos, no puede ser más sencilla la razon de los anteriores hechos.

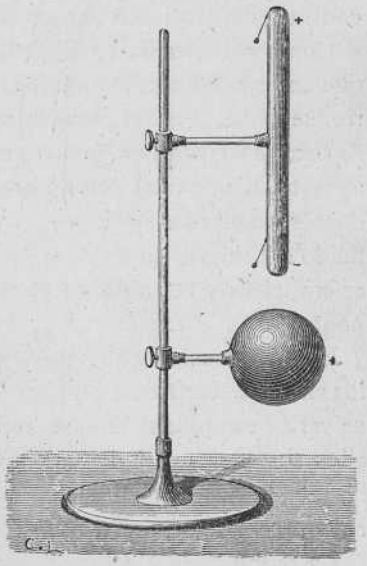

Fig 10. Electrizacion por influencia.

En efecto, al aproximar á la esfera electrizada positivamente el cilindro del aparato, su flúido neutro se descompone en positivo y negativo y, efecto de las acciones que entre sí ejercen ambos flúidos, el negativo es atraido por la electricidad positiva de

la esfera á la parte inferior del cilindro, miéntras que el positivo es repelido por la misma causa á la parte superior; ademas, para pasar del estado eléctrico que tiene la parte inferior de dicho cilindro al que presenta su parte superior, forzosamente ha de haber una zona en que no domine ninguno de los dos flúidos, y es claro que esta parte se encontrará en su estado natural.

Como consecuencia tambien de las atracciones que entre sí ejercen los flúidos de nombre contrario, se observa en el experimento anterior, que si se toca en cualquier punto al cilindro de dicho aparato, bien con el dedo ú otro cuerpo buen conductor, se marcha siempre al depósito comun el flúido del mismo signo con que esté cargada la esfera, siendo retenido en el cilindro el de signo contrario.

Esta influencia, que acabamos de ver ejercen los cuerpos electrizados sobre los que les rodean, se verifica tambien aunque se interpongan entre ellos sustancias aisladoras como el cristal, marfil, etc., lo que es fácil probar con el mismo aparato descrito anteriormente.

La teoría de la electrizacion por influencia que acabamos de exponer, es la más importante de este tratado, por cuya razon aconsejamos al lector se fije bien en ella si quiere darse la explicacion clara de los fenómenos que más adelante expondremos.

Apliquémosla como ejemplo á las atracciones que experimenta el péndulo eléctrico bajo la in-

fluencia de un cuerpo electrizado. Sea *a b* (fig. 11) la esferilla de dicho aparato y *c* una barra de cristal electrizada. Bajo la influencia de la electricidad positiva de este cuerpo se descompone el flúido neutro de la esfera, siendo atraido al punto *a* el negativo, y repelido al *b* el positivo. Verificada esta descomposicion, se establecerá una accion repulsiva entre *b* y *C* y otra atractiva entre *a* y *C*, pero como la distancia que media entre estos dos puntos es menor que la que existe entre *b* y *C*, y sabemos que las acciones eléctricas obran en razon inversa del cuadrado de la distancia, dominará la atraccion sobre la repulsion, y la esferilla se precipitará sobre la barra de cristal. Una vez establecido el contacto entre ambos cuerpos, el flúido negativo acumulado en *a* se combinará con una cantidad igual del flúido positivo de *C* para formar flúido neutro, y entónces, quedando la esferilla y el cristal cargados con electricidad de igual signo, habrá una viva repulsion entre ambos, como en efecto sucede en la práctica.

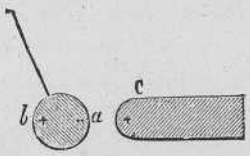

Fig. 11. Teoría de las atracciones eléctricas.

Esta misma descomposicion tiene lugar cuando aproximamos la mano á un cuerpo electrizado, pero si la tension eléctrica es muy grande, sucede que ántes de ponerse en contacto los dos cuerpos, se combinan á traves del aire los dos flúidos con-

trarios, dando orígen (fig. 12) á la *chispa eléctrica*, fenómeno que va acompañado de una luz vivísima y de un chasquido especial, debido á la agitacion brusca del aire interpuesto.

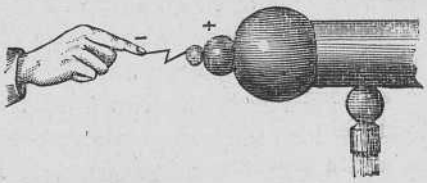

Fig. 12. Chispa eléctrica.

Al tratar de los efectos luminosos de la electricidad estática, nos ocuparemos de las condiciones que presenta este interesante fenómeno.

CAPITULO III.

MÁQUINAS ELÉCTRICAS.

Se da el nombre de máquinas eléctricas á unos aparatos dispuestos de muy diferente manera, pero destinados todos á producir grandes cantidades de electricidad.

La primera máquina eléctrica fué inventada por Otto de Guericke, y aunque aquel aparato es muy notable bajo el punto de vista histórico, hoy, sin embargo, se ha llegado en esta materia á una per-

feccion muy superior al instrumento ideado por aquel sabio.

Entre las muchas máquinas que figuran en los diferentes tratados de Física, nosotros sólo describiremos aquellas cuyo uso ha sancionado la experiencia.

Electróforo.—Consiste esta máquina, que es la más fácil de construir, en una torta resinosa *R* (fig. 13), sobre la que descansa un disco de madera *E*, forrado de papel de estaño, y provisto en el centro de una de sus caras de un mango aislador *M*.

Para hacer funcionar este aparato, se golpea la

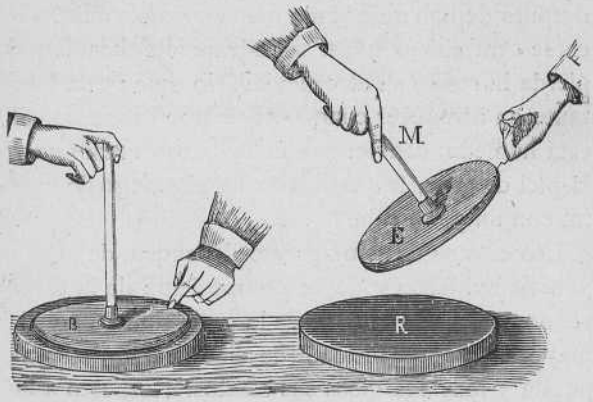

Fig. 13.—Electróforo.

torta resinosa con una piel de gato, y así quedará cargada de electricidad negativa; despues se coloca encima el disco de madera, como se indica en *B*, y en este caso su flúido neutro será descom-

puesto por la electricidad negativa de la resina, siendo atraido el positivo á la cara inferior, y repelido el negativo á la superior. Si en este estado se toca con el dedo al disco *B*, su flúido negativo se marchará por la mano al depósito comun y al levantarle por medio del mango aislador el positivo, retenido hasta entónces por la electricidad contraria de la resina, se esparcirá por todo el disco y podrá producir una chispa al aproximar la mano ó cualquiera otro cuerpo buen conductor.

Si se coloca otra vez el disco de madera sobre la torta resinosa, volverá nuevamente á descomponerse el flúido neutro de aquél, y levantándole despues de haberle tocado con el dedo, podrá sacarse otra chispa, y así sucesivamente hasta que pierda la resina su electricidad, lo que tarda bastante en acontecer cuando el tiempo está seco. Si está húmedo, conviene calentar la torta resinosa y la piel de gato, frotando ademas el mango de cristal con un paño caliente.

Los efectos de este aparato dependen de la superficie del disco y de la composicion de la torta resinosa. Cuanto mayor sea la extension de aquél, mayor será la cantidad de electricidad descompuesta y más enérgicos sus efectos. Respecto á la pasta resinosa, se obtienen muy buenos resultados haciendo uso de una mezcla de

250 partes de colofonia.
500 — goma laca.
62 — trementina.
y 15 — de sebo.

Se funde todo en un cazo de hierro y se echa en una caja circular de madera de algo mayor diámetro que el del disco y de un grueso proporcionado. Si despues de fria la masa no queda bien plana su superficie, se iguala con una plancha de hierro caliente.

Vemos pues, que con esta sencilla máquina, sobre todo en tiempo seco, pueden obtenerse fácilmente infinidad de chispas eléctricas, por cuya razon se usa con frecuencia en los gabinetes de Física y Química.

Máquina de Ramsden.—Este aparato, llamado tambien máquina eléctrica de disco, produce unos efectos muy superiores al electróforo, pero en cambio es mucho más complicado y costoso.

Consta (fig. 14) de un disco de cristal *D*, atravesado por un eje metálico, que termina por uno de sus extremos en un manubrio *M* para poderle hacer girar. Cuando esto se verifica, frota dicho disco por ambas caras en cuatro almohadillas de cuero *a a*, rellenas de crin, y sujetas en unos montantes de madera *B B*, que á la vez sirven de apoyo al eje. A los noventa grados de estas almohadillas hay dos arcos de laton *A A*, que abrazan al disco de cristal y llevan en su parte interior una serie de puntas *P*, formando unos peines metálicos; estos dos arcos están unidos á dos grandes cilindros huecos de laton *C C*, sostenidos por piés de cristal y fijos en una mesa que sostiene todo el aparato; ademas están unidos entre sí por un tercer cilindro *R* de menor diámetro, provisto en su

centro de un tubo de laton terminado en una esfera *D*.

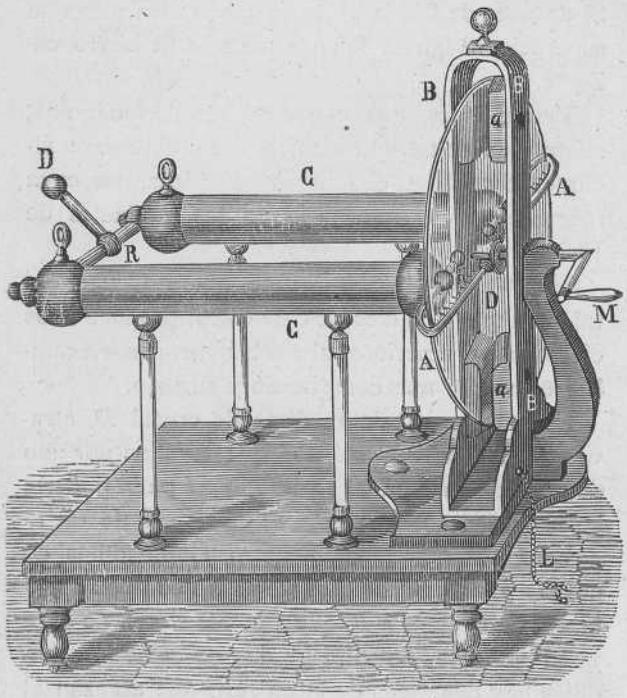

Fig. 14. Máquina de Ramsden.

Para hacer funcionar esta máquina se hace girar el disco de cristal por medio de su manubrio, y al frotar aquél con las almohadillas se descompondrá su flúido natural, permaneciendo el positivo sobre su superficie, miéntras que el negativo se dirigirá

á las almohadillas, y desde ellas, por los montantes y una cadenilla *L*, al depósito comun. Al pasar despues la superficie del disco, electrizada positivamente, por enfrente de los peines metálicos, la electricidad neutra de los cilindros *CC* será descompuesta por su influencia, siendo repelida la positiva á los puntos más distantes, tales como el *D*, y atraida la negativa á las puntas metálicas, por las que se escapará para combinarse con el flúido positivo del cristal y dejarle nuevamente en su estado natural.

Como esta accion se repite en cada vuelta del disco, iremos sustrayendo contínuamente la electricidad negativa de los cilindros *CC*, y la positiva irá adquiriendo en ellos cada vez mayor tension, hasta que llegue á tal grado que se descargue por los piés de cristal y los montantes, venciendo la resistencia que le oponen; estas descargas van acompañadas de un chisporroteo especial, que indica el límite de tension á que se puede llegar.

Cuando se quieren obtener con esta máquina buenos resultados, deben secarse cuidadosamente por medio de paños calientes, el disco y los piés de cristal; las almohadillas deben frotarse con un poco de sebo y despues con *oro musivo* (1), y todo

(1) El oro musivo puede obtenerse calentando en una cazuela sin baño y en un sitio ventilado, á fin de no respirar los humos que se producen, una mezcla de 6 partes de sal amoniaco en polvo, 7 de flor de azufre y una amalgama de 12 partes de estaño y 6 de mercurio.

Despues de bien mezclado todo, se calienta gradual-

el aparato debe colocarse léjos de muebles ú objetos que por sus partes angulosas puedan neutralizar sus efectos, dejando escapar la electricidad contraria á la que tiene la máquina.

La *cantidad* de electricidad desarrollada en este aparato depende de la superficie de los cilindros *CC*, la cual puede aumentarse fácilmente colocando sobre ellos tubos gruesos de hoja de lata terminados por casquetes esféricos.

La *tension* que es susceptible de adquirir en esta máquina el flúido eléctrico, depende únicamente del esmero con que esté construida.—En primer lugar, los cilindros deben estar perfectamente aislados, para lo cual es conveniente barnizar los piés de cristal con goma laca disuelta en alcohol, sin cuya precaucion, aquéllos retienen con más fuerza la humedad que siempre hay en el aire.

Para la construcion del disco es preferible valerse del cristal antiguo, que generalmente tiene ménos potasa que el que hoy se fabrica; en caso de usar éste, debe tenerse bastante tiempo en agua caliente.

Las almohadillas de cuero rellenas de crin que generalmente se usan, presentan el inconveniente de no acomodarse bien á la superficie del cristal, y son preferibles por esta causa las formadas con

---

mente hasta que dejen de desprenderse vapores, en cuyo caso quedará en el fondo de la vasija una materia untuosa de color amarillo sucio, que es el oro musivo ó bi-sulfuro de estaño.

várias capas de franela colocadas sobre una tabla rectangular y cubiertas por una capa de tafetan impregnada, en su cara exterior, de sebo y oro musivo; deben ademas cubrirse por su parte lateral y posterior con una hoja de papel de estaño puesta en comunicacion con la cadenilla *L* para facilitar la marcha al depósito comun de la electricidad negativa que en ellas se acumula.

Teniendo en cuenta las anteriores precauciones, la máquina de Ramsden produce fácilmente grandes cantidades de electricidad y pueden sacarse de ella chispas cuya longitud alcance 8 ó 10 centímetros.

A fin de medir la tension que adquiere en este aparato el flúido eléctrico, suele usarse un instrumento llamado *electrómetro de cuadrante*, que consiste (figura 15) en un pié de madera que puede atornillarse en el extremo de uno de los cilindros de la máquina eléctrica; en su parte superior lleva dicho pié un semi-círculo de marfil graduado, desde cuyo centro, alrededor del cual puede girar, sale un vástago delgado de ballena terminado por una esferilla de médula de saúco.

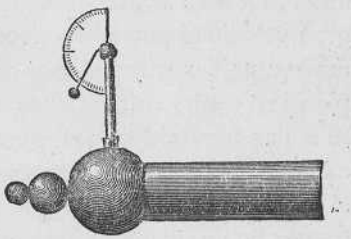

Fig. 15.—Electrómetro de cuadrante.

Cuando la máquina está descargada, este péndulo, en virtud de su peso, toma la posicion ver-

tical, pero á medida que el flúido eléctrico se va acumulando en el cilindro sobre que está colocado, la esferilla es repelida por el pié de madera, por cargarse ambos con la misma clase de electricidad, y el vástago de ballena nos indicará en el semi-círculo el grado de tension que la máquina adquiere.

Ademas de la máquina de Ramsden, descrita anteriormente, se han ideado por diferentes físicos otras várias más ó ménos ingeniosas, basadas en el mismo principio, pero que no presentan ventaja ninguna sobre aquélla; únicamente la de M. Holtz, por estar fundada en un principio completamente nuevo, merece llamar nuestra atencion.

Máquina de Holtz.—Consiste este singular aparato (fig. 16) en dos platillos delgados de cristal, uno fijo por su borde y otro capaz de girar con gran velocidad por el intermedio de dos poleas de madera unidas entre sí por cuerdas sin fin. Estos platillos distan entre sí unos cuatro milímetros, y se hallan barnizados con goma laca por ambas caras. El platillo fijo, que es un poco mayor que el otro, tiene practicadas dos aberturas en los extremos de un diámetro horizontal, y en los bordes de las mismas se hallan encoladas, por la parte exterior, dos armaduras de cartulina *A* y *D*, terminadas en punta por uno de sus lados; dicho platillo está ademas taladrado en su centro para que pueda pasar el eje del movible. Por delante de este último hay dos peines de laton comunicando por medio de dos cilindros de metal aislados con

los conductores *B* y *C*, terminados por su extremo más próximo en esferas ó *polos*, y por el otro en unos mangos aisladores dispuestos de manera que puedan acercarse mútuamente.

Para hacer funcionar este aparato se unen pri-

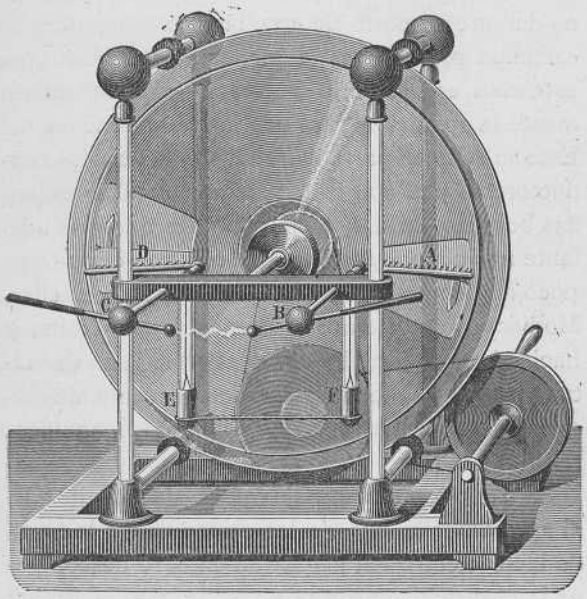

Fig. 16.—Máquin de Holtz.

meramente sus polos, y se electriza luégo una de las armaduras de cartulina con una barra de lacre frotada, haciendo girar á la vez en sentido contrario á las puntas de dichas armaduras el disco movible; despues se separan poco á poco los dos

polos, y al instante empezarán á saltar entre ellos una serie de chispas tan contínuas, que llegan á formar una verdadera *corriente eléctrica*, continuando así por bastante tiempo si el aire está seco.

Si se suspende el movimiento giratorio del disco durante un corto tiempo, las dos armaduras de cartulina pierden en el aire su electricidad, y en este caso es necesario volver á empezar nuevamente la operacion para que la máquina funcione. Esto se evita en parte haciendo comunicar los conductores *B* y *C* con las armaduras de dos pequeñas botellas de Leyden, *E* y *F*, de que más adelante nos ocuparemos, las que retienen durante un poco de tiempo la electricidad acumulada en ellas. Modificada de este modo la máquina de Holtz, y haciendo uso para electrizar las armaduras de cartulina de una botella de Leyden préviamente cargada, se obtienen con este aparato magníficos resultados.

Para explicar sus notables efectos, se admite que, al aproximar á una de las armaduras *A* la barra de lacre electrizada negativamente, se descompone la electricidad neutra de aquélla, siendo atraida la positiva, que queda en dicha armadura, y repelida la negativa, que se descarga por su punta sobre el disco movible.—Al pasar despues la superficie de éste, electrizada negativamente, delante de la armadura *D*, descompone su flúido natural, atrayendo el positivo, con quien se combina, y repele el negativo que queda en dicha armadura.

Una vez cargadas ambas armaduras de electricidades contrarias, la *A*, que tiene flúido positivo, actúa á traves del cristal sobre el conductor *B*, repeliendo la electricidad positiva que queda en él miéntras que el flúido negativo se escapa por sus puntas y se fija sobre el cristal; al llegar luégo éste delante del conductor *C*, atrae el flúido positivo, con el cual se combina, y repele el negativo que se acumula en dicho conductor.

Ahora bien, como esta serie de descomposiciones se repite en cada vuelta, y éstas se verifican con gran velocidad, resulta que los conductores *B* y *C* reciben respectivamente en poco tiempo una gran cantidad de los dos flúidos eléctricos, lo que da por resultado los enérgicos efectos que produce esta máquina, miéntras dura la electricidad de las armaduras de cartulina.

Máquina de Carré.—Con objeto de evitar la electrizacion prévia de las armaduras en la máquina anterior, M. Carré ha ideado el siguiente aparato, que en realidad es una combinacion de la máquina de Holtz y de la de Ramsden.

Consiste (fig. 17) en dos discos movibles, uno pequeño *P*, de cristal, y otro de mayor diámetro *M*, de cautchú endurecido, cuyos ejes son paralelos y distan entre sí algo más que el radio del mayor. El de cristal recibe directamente el movimiento del manubrio *m*, y al girar frota con dos almohadillas *C*, electrizándose positivamente. El de cautchú gira con mayor velocidad y en sentido inverso por el intermedio de dos poleas y un cordon

sin fin que las une, y está colocado de manera que una de sus caras pase muy cerca del de cristal. En los extremos de un diámetro vertical del

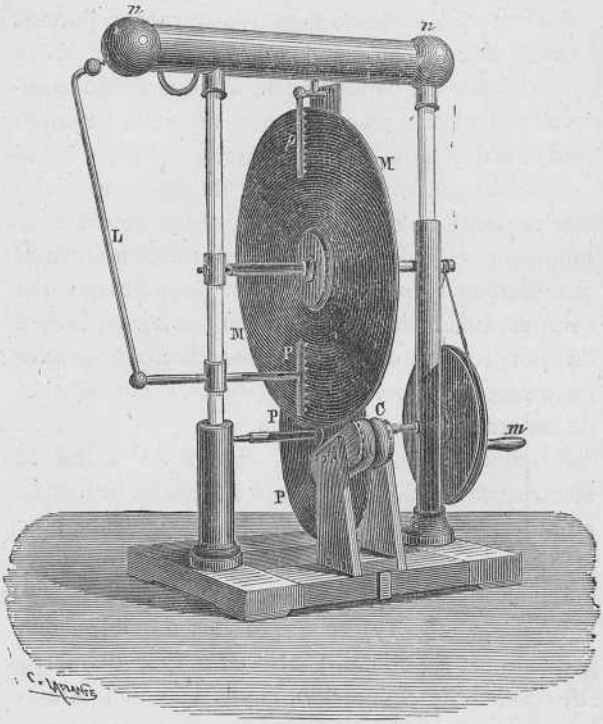

Fig 17. Máquina de Carré.

disco de cautchú se hallan colocados dos peines metálicos P, p, únidos respectivamente á los conductores nn y L, aislados respectivamente por piés de cristal y ebonita; el conductor L lleva ademas

un arco metálico terminado en esfera, que puede aproximarse al *nn* cuanto sea necesario, y por último, enfrente del peine *p* y al otro lado del disco hay una armadura de cartulina sobre-dorada *D* fija en una plancha de cautchú de la forma que indica la fig. 18.

Al frotar el disco de cristal con las almohadillas, se electriza positivamente, y actuando á traves del disco *M* sobre el peine *P*, descompone su electricidad natural, repeliendo el flúido positivo al extremo *L*, y atrae el negativo que sale por sus puntas y queda sobre el disco de cautchú.

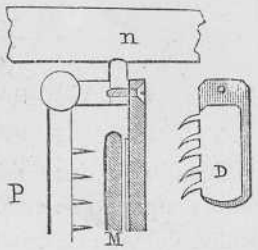

Fig. 18. Armadura de la máquina de Carré.

Al pasar éste delante del peine *p* atrae su electricidad positiva, con la que se combina, y repele la negativa al conductor *nn*. La armadura de cartulina favorece tambien este movimiento de flúidos por desprenderse de sus puntas la electricidad positiva sobre el disco *M*, suministrando por influencia al peine *p* un aumento de flúido negativo.

Si en este estado se aproxima el conductor movible *L* al *nn*, se obtienen una serie de chispas casi contínuas que pueden llegar á 15 ó más cents., sobre todo, poniendo en comunicacion con dichos conductores las armaduras de una botella de Leyden.

Esta máquina tiene ademas la ventaja de ser muy poco sensible á la humedad, y es por lo tanto preferible á las anteriores para realizar toda clase de experiencias correspondientes á la electricidad estática.

CAPITULO IV.

ELECTRICIDAD CONDENSADA.

Cuando los dos flúidos eléctricos de que nos ve ninos ocupando se encuentran separados por una lámina delgada de cristal ó de cualquier otro cuerpo mal conductor, sucede que, atrayéndose mútuamente á traves de dicho aislador, pierden su propension á esparcirse por el aire, y sus efectos dejan entónces de ser sensibles. A este estado especial de la electricidad se le ha dado el nombre de *condensada* ó *latente*.

Efecto de esta mútua pérdida de tension se hace posible en estas circunstancias acumular sobre los cuerpos grandes cantidades de flúido eléctrico, valiéndose para ello de unos aparatos llamados *condensadores*.

El más sencillo de todos, llamado *cuadro fulminante*, consiste (fig. 19) en una lámina de cristal delgado colocada en un marco de madera y cubierta por ambas caras con una hoja de papel

de estaño, algo menor que la superficie del cristal; una de dichas láminas de estaño tiene una prolongacion que pasa por encima del marco y va á fi-

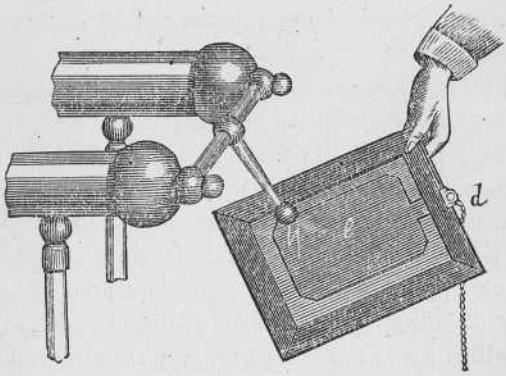

Fig. 19. Cuadro fulminante.

jarse á una anilla *d*, de la que sale una cadenilla de laton. A las dos láminas de papel de estaño se las llama *armaduras* ó *platillos* del condensador.

Para hacer uso de este aparato, se pone en comunicacion con la máquina eléctrica la armadura *l*, llamada en este caso *colectora*, y se establece la comunicacion entre la otra, llamada *condensadora*, y el depósito comun por medio de la cadenilla. Haciendo despues funcionar la máquina, se electrizará positivamente la armadura aislada *l*, y actuando su electricidad á traves del cristal sobre el flúido neutro de la otra, le descompondrá rechazando al suelo, por la cadenilla, el positivo, y atraerá el negativo á la superficie del cristal. Si éste tuviera un

espesor infinitamente pequeño, la cantidad de flúido negativo acumulada en el platillo condensador sería igual á la que haya recibido de la máquina el colector, puesto que tienden á formar el flúido neutro, pero efecto del espesor del vidrio, siempre es un poco menor aquélla.

Electrizadas de este modo ambas armaduras, la negativa del platillo condensador neutraliza en parte, á traves del cristal, la positiva del colector, y disminuye, por lo tanto, su tension eléctrica, quedando dispuesto éste para recibir una nueva cantidad de flúido positivo. Este nuevo aumento de electricidad positiva descompone á su vez otra cantidad de flúido neutro del platillo condensador, repeliendo á la tierra el positivo, y atrayendo el negativo, el cual neutralizará en parte la tension del platillo colector, y podrá, en este caso, recibir una nueva cantidad de flúido positivo, y así sucesivamente, hasta que su tension sea igual á la que puede adquirir la máquina de que se haga uso.

Por la explicacion que acabamos de hacer de este condensador, y que puede aplicarse á todos, fácilmente se comprenderá que la electricidad acumulada depende de la extension superficial de las armaduras y del grueso que presente el cristal que las separa; la primera condicion se puede aumentar casi indefinidamente poniendo varios condensadores, unos sobre otros, de modo que se comuniquen todas las armaduras colectoras, y lo mismo las condensadoras; mas no sucede así con la segunda condicion, pues haciendo uso de un

cristal demasiado delgado, nos exponemos á que se combinen los dos flúidos á traves de su masa, horadándole y dejándole inútil para este objeto.

Para saber cuándo está completamente cargado un condensador y evitarnos hacer funcionar la máquina un tiempo inútil, debe usarse siempre el péndulo de cuadrante (pág. 35), cuyo aparato nos indica si la tension de aquélla ha llegado al grado que generalmente alcanza, en cuyo caso es inútil continuar.

Para descargar el *cuadro fulminante*, despues de electrizado, basta aproximar el extremo de la cadenilla al platillo *l*, en cuyo caso toda la electricidad negativa, acumulada en la armadura condensadora, se combina con el flúido positivo del platillo colector, dando orígen á una fuerte chispa.

Si se quiere sufrir la descarga de este aparato, se coge con una mano dicha cadenilla y se aproxima la otra al platilio *l*, sintiéndose en este momento una violenta conmocion que no es prudente repetir si el condensador es de grandes dimensiones.

Otro aparato de este género, fácil de hacer y de un uso muy frecuente, es la llamada *botella de Leyden.*

Consiste este condensador (fig. 20) en una botella de cristal de paredes delgadas, llena de hojas de *pan de oro* ó pedacitos de papel de estaño y forrada exteriormente con una hoja de dicho papel, de manera que quede sin cubrir hácia la parte del cuello un espacio de unos tres dedos; ademas

está tapada con un corcho, á traves del cual se introduce una varilla de laton terminada interiormente en punta y por el exterior á una esfera de la misma sustancia. Generalmente se termina dicha varilla en forma de gancho para poder colgar el apa-

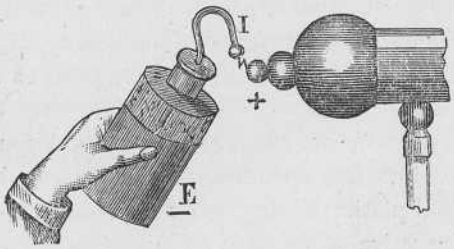

Fig. 20. Botella de Leyden.

rato en los conductores de la máquina eléctrica, y se barniza con lacre disuelto en alcohol el tapon de corcho y parte superior del cuello, para evitar que se fije la humedad sobre el cristal y ponga en comunicacion los panes de oro, llamados *armadura interior*, con la cubierta de papel de estaño ó *armadura exterior*.

Para cargar este aparato, se coge con la mano por la armadura exterior, como indica la figura, y se aplica la esfera del gancho á uno de los conductores de la máquina eléctrica, en cuyo caso se verifican las mismas descomposiciones eléctricas que en el condensador descrito anteriormente.

Para sentir los efectos de este condensador, basta aproximar una de las manos á la esfera de la

armadura interior, teniéndola cogida á la vez con la otra por la armadura exterior.

Cuando la botella es de grandes dimensiones y no se quiere sufrir al descargarla la conmocion correspondiente, se usa un aparato llamado *excitador* (fig. 21), compuesto de un arco metálico provisto

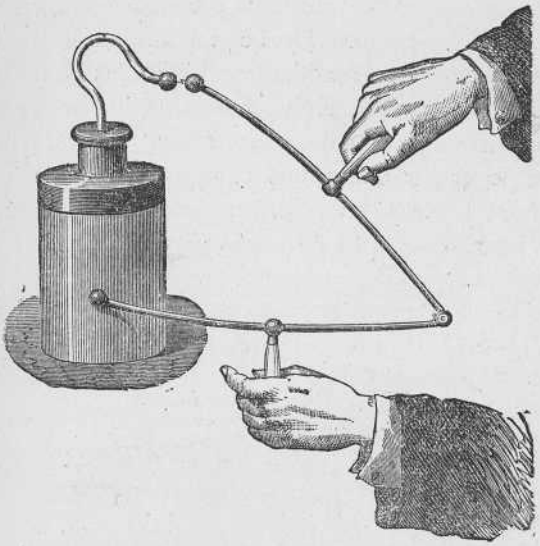

Fig. 21. Descarga de la botella de Leyden.

de dos mangos de cristal, cuyas ramas, terminadas en esferas, están articuladas con una charnela en el centro, para poder separarlas más ó ménos. Para servirse de él, se toca con una de sus ramas la armadura condensadora ó exterior que, como sabe-

mos, no tiene electricidad libre y se aproxima la otra esfera á la armadura interior, en cuyo caso los dos flúidos se combinarán á traves del arco metálico, dejando descargada la botella.

Cuando se quieren obtener por este medio grandes cantidades de electricidad, se reunen entre sí cierto número de botellas, haciendo comunicar todas sus armaduras interiores por medio de varillas metálicas, y las exteriores con auxilio de hojas de papel de estaño, resultando entónces las llamadas *baterías* eléctricas. Estas, generalmente, se hacen con frascos de cristal de boca ancha, á fin de poder pegar por dentro una lámina de papel de estaño, y todos se colocan dentro de una caja forrada interiormente de lo mismo (fig. 22), cuyas asas

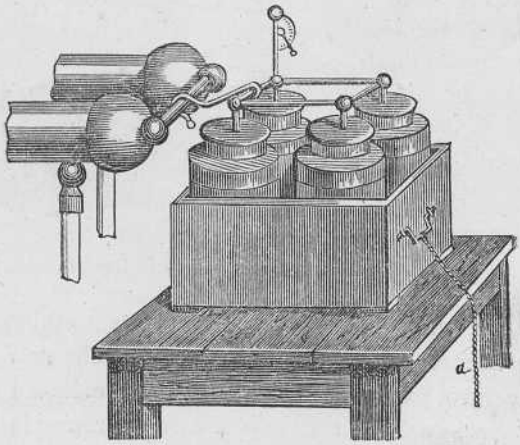

Fig. 22. Batería eléctrica.

comunican con dicho papel metálico. Las armaduras interiores comunican entre sí por medio de varillas de laton, las cuales, despues de atravesar el corcho de cada frasco, terminan en una cadenilla metálica que cae sobre el fondo de los mismos.

Para cargar de electricidad estos aparatos, se pone en comunicacion con la máquina eléctrica, por medio de un gancho metálico, una de las varillas en que terminan las armaduras interiores, y á la vez se hacen comunicar las exteriores con el depósito comun por medio de una cadenilla sujeta en las asas de la caja.

Con auxilio de estos aparatos pueden recogerse grandes cantidades de electricidad, y en su consecuencia, los efectos que producen son de una energía considerable, debiendo manejarse por lo tanto con cierta precaucion á fin de evitar que la descarga pase por el cuerpo del operador.

CAPITULO V.

EFECTOS Y APLICACIONES DE LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA.

Estudiados en los capítulos anteriores los principales aparatos que hasta hoy se conocen para producir la electricidad estática y acumularla en los cuerpos, vamos á ocuparnos ahora de sus aplicaciones y efectos más importantes.

Los efectos que produce la electricidad estática pueden dividirse en tres grupos principales: *mecánicos*, *físicos* y *químicos*.

Los **efectos mecánicos** consisten en general en el movimiento de los cuerpos sujetos á la accion de la electricidad ó en la separacion de las moléculas de los cuerpos por donde circula el flúido eléctrico.

El ejemplo más sencillo que puede citarse en este género es el movimiento que presenta el péndulo eléctrico cuando se aproxima á un cuerpo electrizado.

En la propiedad de las puntas y en la repulsion mútua que experimentan dos cuerpos cargados con electricidades del mismo signo, se funda un aparatito de física recreativa, llamado *molinete eléctrico*. Consiste éste (fig. 23) en un eje metálico, sobre el que puede girar con gran facilidad una cruz de alambres de laton; los extremos de éstos terminan en punta, y están todos doblados en la misma direccion, como indica la figura.

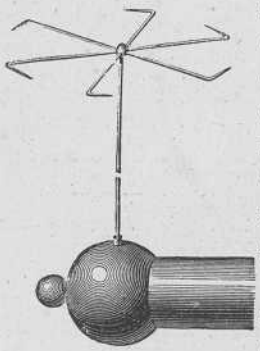

Fig. 23. Molinete eléctrico.

Si se coloca este aparato sobre uno de los conductores de la máquina eléctrica, el flúido de ésta se escapará por las puntas del molinete, y electrizándose el aire inmediato con flúido del mismo signo, repele-

rá á aquellas, ocasionando su movimiento giratorio en sentido contrario á la direccion en que están dobladas.

Cuando se hace pasar una descarga eléctrica con suficiente tension por un cuerpo mal conductor de dicho flúido, sucede que, venciendo las dos electricidades el obstáculo que las separa, se combinan á traves de su masa, produciendo un orificio y á veces su rotura.

Para verificar esta experiencia con facilidad sobre cualquier cuerpo, se usa el *excitador universal* (figura 24). Este consiste en un soporte de made-

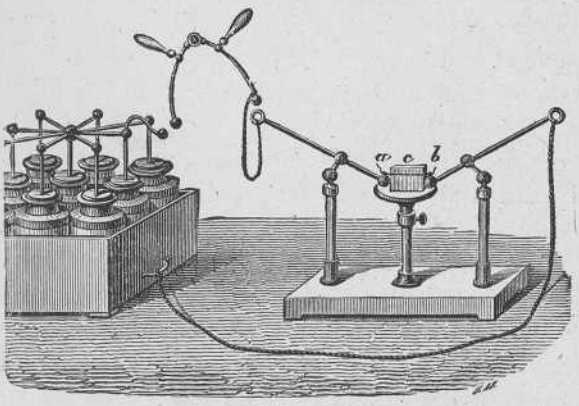

Fig 24. Excitador universal.

ra, sobre el cual se coloca el objeto que se quiere taladrar; á ambos lados de dicho soporte hay unas varillas de laton, sostenidas por piés de cristal, las cuales terminan por un extremo en anillas y por

el otro en unas esferas *a b* provistas de orificios, para poder introducir puntas de diferentes formas y gruesos. Apoyando éstas sobre dos caras opuestas del cuerpo *c* sometido á la experiencia, y haciendo pasar despues la descarga de una batería, como indica el dibujo, se observa en general que aquél queda agujereado, presentando el orificio la particularidad de tener sus bordes salientes por ambas caras, como si el efecto hubiera sido causado por una explosion interior.

Con una batería de gran superficie pueden taladrarse por este procedimiento láminas de cristal de muchos milímetros de grueso, si bien es necesario valerse de soportes especiales, si se quiere que el orificio se produzca en un punto determinado del cristal y no se ramifique por su interior.

Si se usan en esta experiencia cuerpos malos conductores y poco homogéneos, suelen saltar en pedazos al pasar la descarga eléctrica; y por el contrario, valiéndose de metales ó sustancias conductoras, no se nota nada en ellos que indique el paso del flúido eléctrico.

Efectos físicos.—La combinacion de los dos flúidos eléctricos va generalmente acompañada de un gran desprendimiento de calor y de luz, y si bien, por ser tan breve el fenómeno, pasa desapercibido muchas veces el calor originado, se puede, sin embargo, en circunstancias convenientes, inflamar con su auxilio la pólvora, el éter, el alcohol y hasta fundir el hierro y volatilizar el oro.

Para hacer estas experiencias puede usarse el

excitador universal, descrito anteriormente, sobre cuyo soporte y entre las puntas de las varillas de laton se coloca un copo de pólvora, un copo de algodon impregnado en éter, un trozo de yesca, etc., cuyos cuerpos se inflamarán al hacer pasar por ellos la descarga de una ó dos botellas de Leyden.

Para fundir el hierro se unen las dos esferas en que terminan las varillas, por medio de un alambre muy fino de dicho metal, el que se enrojece y funde al paso de la descarga eléctrica, si no es muy largo. Si en estas mismas circunstancias se reemplaza el alambre de hierro por uno de oro, no solamente se funde, sino que llega á volatilizarse.

Para poder fijar los vapores violados que produce este metal al fundirse sobre una superficie dada, siguiendo un dibujo hecho de antemano, se puede usar la *prensa de Franklin*. Esta consiste (figura 25) en dos tablitas bien planas, que pueden

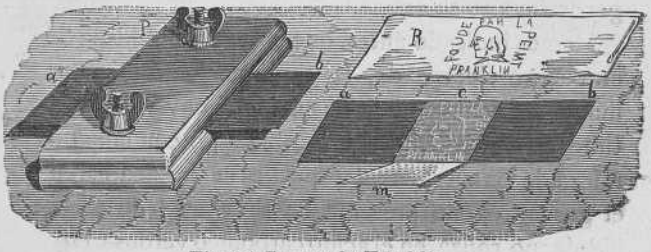

Fig. 25. Prensa de Franklin.

aproximarse mútuamente por medio de tuercas, entre las cuales se coloca una cartulina de la forma que indica la figura *abm*; en la parte *c* se pica el papel, haciendo el dibujo que se quiera reproducir,

y los extremos *a* y *b* se cubren con papel de estaño.

Para usar este aparato se coloca sobre la tabla inferior de la prensa un pedazo de tafetan blanco de seda, sobre el que se pone la cartulina *a b*, y encima del dibujo *c* se extiende un pan de oro, cuyos extremos lleguen á los cuadrados de papel de estaño *a* y *b*; este pan de oro se sujeta doblando sobre él la parte *m* de la cartulina, y todo junto se aprieta fuertemente entre las tablas de la prensa.

Si en esta disposicion se hace comunicar la parte *b* con la armadura exterior de una batería de Leyden y la *a* con la interior, la descarga eléctrica pasará á traves del pan de oro, y al volatilizarle, sus vapores violados irán á fijarse sobre la seda blanca *R*, siguiendo los contornos del dibujo. Las láminas de estaño *a* y *b* no se funden en esta experiencia, como al pronto pudiera creerse, por ser muy gruesas, relativamente á la descarga que generalmente se emplea.

Hemos indicado ántes, que al sacar una chispa de un cuerpo electrizado, la combinacion de los dos flúidos va acompañada de una luz muy viva, cuyo tinte, en general violado, cambia algo con la naturaleza de los cuerpos entre quienes se verifica; así en el gas nitrógeno presenta un tinte azulado, en el hidrógeno rojiza, en el ácido carbónico verdosa, etc.

Para hacer estas experiencias y observar con facilidad las circunstancias que acompañan al fenómeno, se usa un globo de cristal (fig. 26), llamado por su forma *huevo eléctrico*, del cual se puede extraer el aire é introducir un gas cualquiera. Inte-

riormente tiene dos vástagos metálicos, terminados en esferas, que pueden aproximarse mútuamente por ser movible el de encima á traves de roldanas de cuero bien ajustadas en un casquillo de laton.

Si despues de introducir un gas se pone en comunicacion el pié del aparato con el depósito comun, y el extremo del vástago superior se une con la máquina eléctrica, saltarán entre las dos esferas una serie de chispas que nos darán á conocer la coloracion correspondiente al gas de que se haya hecho uso. Se observa ademas que, cuanto mayor sea la cantidad de gas introducida en el globo, más brillantes y cortas son las chispas; y al contrario, en los gases muy enrarecidos desaparece la chispa propiamente dicha, y es sustituida por una luz contínua y débil, que se extiende de una á otra esfera en forma de óvalo.

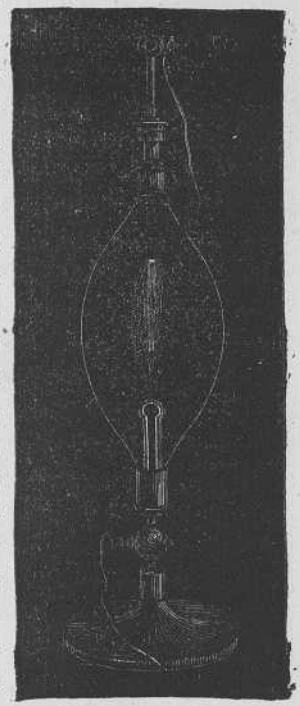

Fig. 26. Huevo eléctrico.

El camino recorrido por la electricidad al saltar de un cuerpo á otro, solamente afecta la forma de

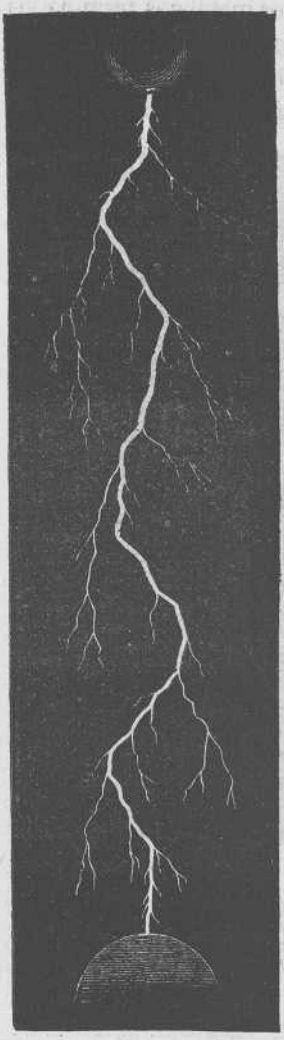

Fig. 27. Ramificacion de la chispa eléctrica.

una línea recta cuando aquéllos se hallan muy cerca uno de otro; pero si la distancia que los separa es superior á 6 ú 8 centímetros, el flúido eléctrico sigue en general un camino sinuoso (fig. 27), acompañado de ramificaciones luminosas. Si ademas de ser grande la distancia, es considerable la cantidad de electricidad puesta en movimiento, entónces afecta la forma de un zig-zag, tan conocido en los relámpagos.

Para explicar porqué no sigue siempre la electricidad el camino más corto, como parece deberia suceder, se supone que el aire rechazado por el flúido eléctrico aumenta de densidad, y no permite que aquél continúe en lí-

nea recta, teniendo que cambiar á cada momento de direccion, en busca siempre del camino que ofrezca menores resistencias.

La forma y brillo de los dos flúidos cuando se escapan de un cuerpo en el que están acumulados, tampoco es igual en ambos, como pudiera al pronto creerse; y miéntras el positivo se presenta en forma de penacho abierto, el negativo se reduce casi á un punto luminoso, como indica la figura 28.

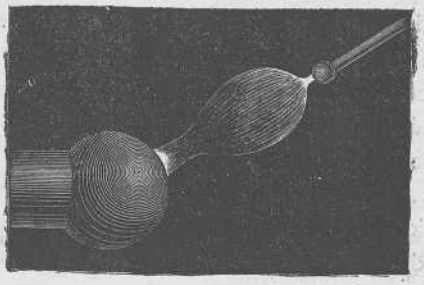

Fig. 28.—Penachos positivo y negativo.

Otra propiedad sumamente notable presentan al combinarse los dos flúidos, cual es la instantaneidad con que tiene lugar su mútua union.—Puede comprobarse fácilmente esto haciendo girar dentro de una habitacion oscura un círculo de cartulina dividido en sectores negros y blancos, segun indica la fig. 29; iluminándole de cuando en cuando por la descarga de una botella de Leyden, se

observaráq ue aquél parece inmóvil, aunque gi re con mucha rapidez, por no haber tenido tiempo de cambiar de posicion durante el corto intervalo en que ha sido iluminado. Esto mism o puede comprobarse con facilidad observando á la luz producida por los *relámpagos* las ruedas de un coche en movimien to, ó un ginete que corre á caballo, en cuyo caso parecerán inmóviles por rápida que sea su marcha. De esta propiedad de la luz eléctrica se ha sacado partido en la ciencia para examinar la posicion de las moléculas de un cuerpo que se mueve con gran velocidad, habiéndose llegado por este medio á resultados sumamente curiosos.

Fig. 29.

El flúido eléctrico se propaga tambien á lo largo de los cuerpos buenos conductores, con una rapidez extraordinaria, y aparte de la notable aplicacion de esta propiedad á los telégrafos eléctricos, de que más adelante nos ocuparemos, se han ideado, fundándose en ella, varios aparatos de un efecto muy agradable.

Uno de ellos, llamado *cuadro mágico*, consiste en una lámina de cristal (fig. 30), sostenida por dos piés aisladores, sobre la cual se pega una tira de papel de estaño de unos dos milímetros de ancha, de manera que recorra una de sus caras partiendo de una esfera metálica colocada en la parte superior, marchando despues en zig-zag muy unidos, hasta otra esfera situada en su borde inferior.

Una vez seca la lámina de estaño, se hacen en ella con un corta-plumas unas rajitas de medio milímetro de anchas, representando un dibujo cualquiera; haciendo luégo comunicar la esfera superior con la máquina eléctrica, y la inferior con el depósito comun, saltarán una serie de chispas

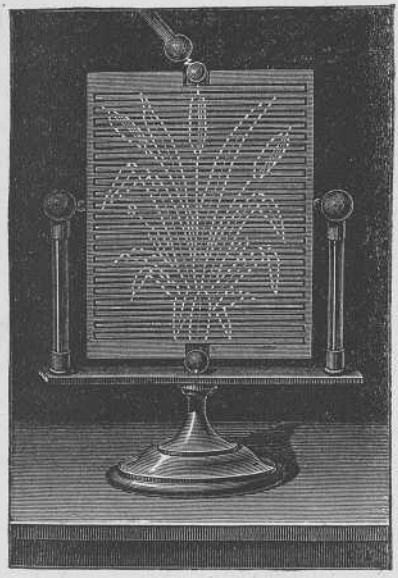

Fig. 30.—Cuadro mágico.

tan rápidas entre los bordes de las diversas soluciones de continuidad del papel metálico, que reproducirán el dibujo formado, por afectar todas casi al mismo tiempo á la retina.— Se comprende ademas que este mismo sistema se puede aplicar

á un tubo de cristal ó globo, obteniendo aparatos de muy diferentes formas y efectos caprichosos.

Efectos químicos. — Cuando se mezclan dos cuerpos capaces de combinarse, y se hace pasar por ellos una chispa eléctrica, ésta determina en general su combinacion.

El *pistolete de Volta* es un ejemplo bien sencillo de esto. Consiste este aparato (fig. 31) en un

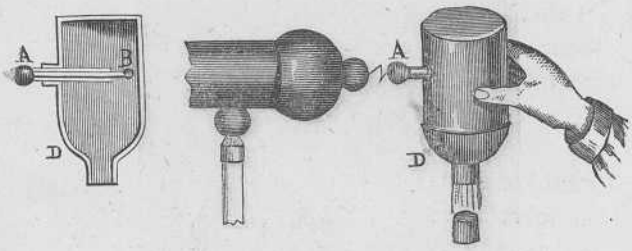

Fig. 31.—Pistolete de Volta.

frasco de hoja de lata ó laton *D*, á traves de cuyas paredes pasa un cilindro metálico *AB*, terminado en dos esferas; el extremo interior de este cilindro llega muy cerca de la pared opuesta del frasco, pero sin tocarla, y está aislado del resto por medio de un tubito de cristal soldado con lacre, para evitar que toque á la pared en que se halla sostenido.

Si dentro del frasco se introduce una mezcla formada de dos volúmenes de gas hidrógeno y uno de oxígeno, y se tapa con un corcho, al aproximar el extremo *A* al conductor de la máquina

eléctrica, saltará primero una chispa á dicha esfera, y luégo otra desde la parte *B* á la pared opuesta del frasco, determinando esta última la combinacion de ambos gases.—Esta combinacion da orígen á vapor de agua, y va acompañada de un gran desprendimiento de calor y algo de luz, lo que es causa de la proyeccion del tapon de corcho á gran distancia, acompañada de una explosion análoga á la de un pistoletazo.

Cuando se quieren estudiar los efectos que produce la chispa eléctrica sobre diferentes gases ó mezclas de ellos, se usa el *eudiómetro de Volta* (figura 32), que consiste en un tubo de cristal de paredes resistentes, en cuya parte superior se hallan soldados dos alambres de platino que penetran hasta el centro de dicho tubo, pero sin tocarse. En su parte inferior está cerrado dicho tubo por una válvula que se abre hácia dentro, con objeto de que la explosion que suele acompañar á la combinacion de los gases no permita escaparse á parte de la mezcla.

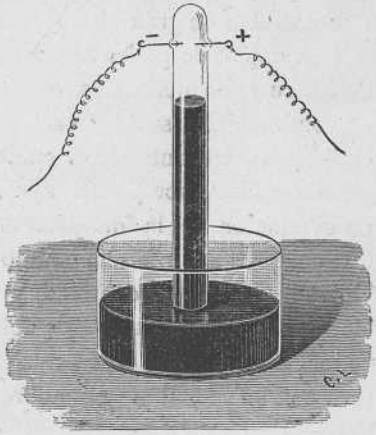

Fig. 32.—Eudiómetro de Volta.

Colocando este tubo lleno de mercurio é invertido sobre un recipiente con el mismo líquido, se hacen penetrar por medio de un tubo de goma ó cristal los gases objeto del experimento, los cuales, como más ligeros que el mercurio, subirán inmediatamente á la parte superior. Despues se hace saltar una ó várias chispas eléctricas entre las puntas de los alambres de platino, poniendo uno de ellos en comunicacion con el suelo, y el otro con una máquina eléctrica, y se podrá observar el efecto que produce la electricidad sobre la mezcla gaseosa. En general es más conveniente hacer pasar una serie de chispas muy pequeñas que una sola de gran intensidad.

Con objeto de poder apreciar, tanto el volúmen de los cuerpos mezclados, como los resultados de su combinacion, suele estar dividido el tubo del eudiómetro en centímetros cúbicos.

Efectos fisiológicos.—Al aproximar la mano á un conductor de la máquina eléctrica para sacar una chispa, se siente una conmocion más ó ménos violenta, segun la cantidad y tension del flúido elétrico combinado á traves del cuerpo del observador. Esta conmocion es mucho más intensa si se toca con una mano la armadura exterior de una botella de Leyden electrizada y se aproxima la otra á la armadura interior, siendo imprudente el verificarlo si la botella es de grandes dimensiones.

Pueden sentir várias personas á la vez esta conmocion, cogiéndose unos á otros y aproximando el primero la mano que le queda libre á la arma-

dura exterior del condensador, y el último á la interior del mismo, en cuyo caso las dos electricidades se combinarán á traves del cuerpo de los observadores, sintiendo todos en el mismo instante el efecto de la descarga, si bien los de los extremos le notarán con mayor intensidad que los del centro.

Estas experiencias prueban la gran influencia que tiene el flúido eléctrico sobre el sistema nervioso, y de ella se ha procurado sacar partido para la curacion de ciertas enfermedades, y si bien es cierto que ha dado resultados satisfactorios en algunos casos, en otros ha sido, si no perjudicial, al ménos inútil.

Los aparatos que para este efecto usan los médicos, consisten en botellas de Leyden de más ó ménos tamaño, y mejor aún en *aparatos de induccion*, de que más adelante nos ocuparemos.

Sólo nos resta, para dar una idea general de las principales aplicaciones de la electricidad estática, hablar de los medios inventados para preservar al hombre y sus viviendas de los terribles efectos del *rayo*, para lo cual necesitamos anteponer algunas nociones de la *electricidad atmosférica*.

CAPITULO VI.

ELECTRICIDAD ATMOSFÉRICA.

Si por medio de un electrómetro sensible se estudia el estado de la atmósfera en un dia despejado, se observará que casi siempre se halla electrizada positivamente.

Esta electricidad libre del aire, debe su orígen, entre otras causas, á la contínua evaporacion del agua en la superficie terrestre, á las acciones químicas que tienen lugar en la vegetacion y al rozamiento del aire con el suelo. Ahora bien, si un cuerpo buen conductor, tal como una nube, recorre diversas comarcas en que la atmósfera se halle electrizada, se irá cargando poco á poco de flúido positivo, y podrá llegar éste á adquirir en ella una tension considerable, formando lo que se llama una *nube tempestuosa*. A su vez, el flúido positivo de ésta podrá influir sobre la electricidad neutra de otra nube que se encuentre debajo, y rechazando á la tierra su flúido positivo dejarla cargada negativamente.

Electrizada una nube de una ú otra manera, sucederá que al pasar próxima á un punto cualquiera de la tierra, podrá su tension eléctrica vencer la resistencia que le oponga la capa de aire interpuesta, y saltando una chispa al punto más próximo, se dará orígen al *rayo*.

Vemos, pues, que el rayo es la combinacion á traves del aire de los dos flúidos eléctricos acumulados en una nube y en la superficie de la tierra. Este extraordinario fenómeno va acompañado de una luz vivísima llamada *relámpago*, y de un ruido prolongado ó *trueno*, debido á la agitacion brusca de las capas de aire inmediatas, repetido en forma de eco por las nubes y montañas próximas. Esta misma descarga eléctrica puede verificarse entre dos nubes electrizadas con flúidos contrarios, percibiéndose tan sólo en este caso la luz y ruido correspondientes, y si bien la produccion de ambos fenómenos es simultánea, llega al observador mucho ántes la luz del relámpago que el sonido del trueno, debido á que la luz recorre en un segundo de tiempo 70.000 leguas, y el sonido sólo camina 340 metros en el mismo período.

Los efectos del rayo, conocidos en su mayor parte por todo el mundo, son de una energía extraordinaria, efecto de la gran tension que adquiere el flúido eléctrico acumulado en las nubes. Para formarse una idea de ellos, basta considerar que hay chispas eléctricas que recorren en la atmósfera una extension de seis ú ocho kilómetros, siendo así que en las máquinas eléctricas más poderosas de que el hombre puede disponer apénas llegan á alcanzar aquéllas la longitud de un metro.

Efecto, no tan sólo de esta tension, sino de la enorme cantidad de electricidad combinada, puede el rayo fundir los metales más refractarios y áun volatilizarlos, destrozando los cuerpos malos con-

ductores; provoca tambien combinaciones y descomposiciones de cuerpos difíciles de verificar con auxilio de la química; altera notablemente los polos de la brújula, y áun puede llegar á invertirlos; causa incendios en edificios y arbolados, y por último, mata á las personas y animales que se encuentran á su paso.

Estos funestos efectos han sido causa de que el hombre trate de evitarlos desde muy antiguo, habiéndolo conseguido en la actualidad por medio de los *pararayos*, ideados en 1755 por el célebre sabio americano Franklin.

Guiado este físico por la propiedad descubierta poco ántes en las puntas, ideó lanzar á una nube tempestuosa una cometa provista de una punta metálica, y del cordon de seda que la retenia, mojado por el agua de la nube, pudo sacar chispas eléctricas y convencerse de que el flúido de la atmósfera era en todo idéntico al desarrollado por nuestras máquinas. Ya en este camino le fué fácil idear el pararayos, descubrimiento que, como la mayor parte de los grandes progresos, encontró muchos enemigos ántes de llegar á implantarse definitivamente.

El aparato ideado por Franklin, despues de algunas mejoras que la práctica ha ido aconsejando, consiste simplemente en una barra de hierro de suficiente elevacion, terminada en una punta inoxidable y en perfecta comunicacion con el depósito comun.

Si próxima á su extremidad pasa una nube car-

gada de electricidad positiva, en virtud de la teoría de la *electrizacion por influencia* y de la *propiedad de las puntas*, se descompondrá el flúido neutro del pararayos, marchándose su electricidad positiva á la tierra, miéntras que será atraida la negativa hácia su extremidad, por la que se escapará en forma de surtidor, neutralizando en parte la de la nube. Si por estar ésta muy cargada de flúido eléctrico no bastase el que sale por el pararayos para destruirla, se combinarán entónces los dos flúidos, saltando una chispa entre la nube y el pararayos, por ser éste el cuerpo mejor conductor y más elevado de todos los inmediatos, dirigiéndose despues la electricidad por la barra al depósito comun, sin causar daño alguno al edificio en que esté implantado.

Comprendida la sencilla teoría de estos aparatos, vamos á ocuparnos de su construccion, teniendo bien presente, que al instalarlos no debe descuidarse ningun detalle esencial, pues es preferible por todos conceptos no tener pararayos á tenerlos en malas condiciones.

La barra del pararayos debe estar hecha de una varilla de hierro dulce, ligeramente cónica, de unos 50 milímetros de diámetro en su base y de 6 ú 8 metros de longitud. Dicha barra se fija á la viga maestra del techo por medio de fuertes tornillos *A* y *C* (fig. 33), y en su parte inferior lleva una especie de casquete *m n*, para evitar que penetre en el edificio el agua de la lluvia; su parte superior concluye en una punta de laton *v o*, de unos 33

centímetros de larga, ajustada á tornillo y con pasadores sobre la extremidad *E* de la barra de hierro. Dicha punta termina á su vez en otra más delgada de platino *or*, de 5 centímetros de longitud, soldada con plata sobre el extremo de la varilla de laton, y sujeta ademas con una especie de anillo de cobre *R*, representado en mayor tamaño á la izquierda de la figura.

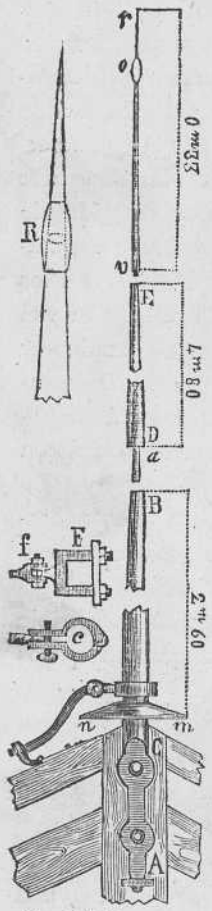

Fig. 33. Pararayos.

Las puntas de platino macizas son de un coste algo elevado, y á fin de hacerlas más económicas, sin perder por supuesto ninguna de las ventajas que presenta este metal inoxidable, se ha propuesto por una comision francesa, nombrada en 1854 para estudiar esta importante cuestion, sustituirlas por un casquillo hueco de platino *B* (figura 34), soldado sobre un cono macizo de hierro, fijo á su vez en la punta de la varilla de laton. Tambien pueden usarse, segun el consejo de dicha comision, puntas de cobre macizo fuertemente doradas, dándolas el

tamaño y forma que indican las letras *A* y *C* de la misma figura, en cuyo caso están ménos expuestas á fundirse, por ser el cobre mucho mejor conductor del flúido eléctrico que el platino.

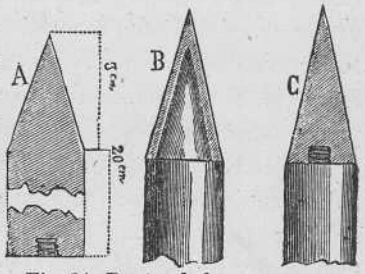

Fig 34. Puntas de los pararayos.

Una vez colocada la varilla del pararayos, se la hace comunicar con el suelo por medio de un *cable*, hecho con alambres de hierro galvanizados, de un milímetro de grueso próximamente, formando una especie de cordon de 16 milímetros de diámetro. Su union con dicha varilla ha de ser perfecta, para lo cual se usa una argolla con tornillos *C* ó una doble escuadra *F* (fig. 33), entre cuyas ramas se aprieta la base del pararayos, y ademas se suelda su union con estaño para evitar la oxidacion que pudiera despues impedir la marcha del flúido eléctrico.

Desde la base del pararayos se dirige el cable á tierra por el camino más corto, evitando formar ángulos agudos y sosteniéndole de trecho en trecho por medio de unas palomillas de hierro *P* (fig. 35), fijas en el edificio, y terminadas en

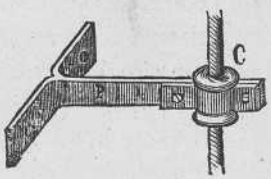

Fig. 35. Cable de un pararayos.

unas anillas, provistas en su centro de unos casquillos de porcelana ó cristal *C*, que le aislan convenientemente. Estos casquillos están divididos á lo largo de su eje en dos pedazos para poder colocar en ellos el cable sin necesidad de entrarle por su punta.

Desde el suelo se dirige dicho cable, por medio de una zanja rellena de coke machacado, á un pozo de aguas permanentes, en donde se deshila su extremidad y se introduce de tal suerte, que siempre quede cubierto por media vara de agua, áun en las mayores sequías. Si no hubiera un pozo inmediato al edificio, se hace un agujero profundo en el suelo hasta encontrar una capa de tierra que esté constantemente húmeda, en el que se introduce la extremidad deshecha del cable, rodeándole despues de coke machacado, que conduce muy bien el flúido eléctrico. En esta operacion debe ponerse un gran cuidado, pues si la union del cable con la tierra es imperfecta y no deja fácil paso á la electricidad, queda el edificio más expuesto á los efectos del rayo que si careciese de este aparato.

Para calcular el número de pararayos que necesita un edificio, basta tener en cuenta que, segun la experiencia ha demostrado, cada uno protege un espacio circular de doble radio que su longitud, así es que teniendo estos aparatos generalmente 6 metros de altura, su influencia se hace sentir en un espacio circular de 12 metros de radio á la altura de su base. De aquí se deduce, que si el punto en que aquél se hallase colocado se encuen-

tra muy elevado sobre el resto del edificio, como sucede en las torres, bastará solamente uno de ellos para defenderle completamente; pero, atendiendo á lo poco que cuesta una varilla respecto de los grandes daños que puede evitar, más vale poner de más que de ménos.

Si el techo del edificio está chapeado de plomo ó zinc, ó hay en él grandes masas metálicas, conviene unirlas íntimamente con el cable del pararayos, por medio de otros conductores secundarios. Cada dos pararayos necesitan ademas un cable especial, sin perjuicio de unirlos todos entre sí, haciéndolos llegar á la tierra por varios puntos con las condiciones ántes dichas.

Teniendo en cuenta todas estas precauciones, no son de temer, en manera alguna, los efectos de dicho meteóro.

Si útiles son estos aparatos en los edificios construidos sobre la tierra, aún son mucho más necesarios en los barcos con que el hombre surca todos los mares, pues siendo aquéllos el cuerpo más elevado de cuantos les rodean, y teniendo ademas en su interior grandes masas metálicas, es natural que en ellos se verifique la descarga eléctrica cuando se encuentren bajo la influencia de una nube tempestuosa. Tan verdad es esto, que M. Harris refiere más de doscientos casos de daños importantes, ocasionados por el rayo en los barcos de la marina inglesa, en un período relativamente corto.—Por otra parte, su colocacion es muy sencilla y de un coste insignificante al lado de las ven-

tajas que puede reportar, por cuya razon se comprende que no deberia haber un solo barco de alguna importancia que no estuviera provisto de este medio de defensa.

Para colocar un pararayos en estas circunstancias, basta que la varilla sobresalga uno ó dos piés sobre la extremidad del palo mayor, teniendo ademas cuidado de soldar el extremo inferior del cable á la cubierta metálica que forma el casco del buque, y en caso de que fuese todo él de madera, á una plancha de cobre de un metro cuadrado, clavada bajo la línea de flotacion.

En vez del cable de alambre galvanizado que suele usarse en los edificios, M. Harris aconseja que se suelde la varilla de laton del pararayos á una serie de planchas de cobre colocadas alrededor del palo mayor, comunicando despues con la cubierta del buque. Respecto á la forma de la punta y demas condiciones del aparato deben acomodarse en un todo á lo dicho anteriormente.

La teoría de los pararayos nos da la explicacion de los desgraciados accidentes á que ha dado lugar la malísima costumbre de tocar á *tente-nublado* en las iglesias, ó guarecerse bajo los árboles en tiempo de tormenta; pues siendo estos objetos muy elevados y terminados en punta harán oficio de pararayos, con grave peligro de quien se encuentre cerca de ellos.

En las grandes poblaciones, donde abundan los edificios elevados y suele haber gran número de pararayos, se corre poco peligro de ser víctima

de una descarga eléctrica; mas no sucede así en las aldeas, y sobre todo en el campo, pues segun datos estadísticos de Francia, desde 1835 á 1852 murieron 1.308 personas por esta causa. Conviene, por lo tanto, cuando se está en dichas condiciones, evitar la proximidad de los objetos metálicos, y áun de las personas; cerrar las puertas y ventanas para dificultar el paso de la electricidad; separarse de las chimeneas que, por ser de hierro el tubo y terminar algo elevadas en el exterior, pudieran servir de conductor al flúido eléctrico; no marchar á caballo por sitios despejados bajo la influencia de una nube, y por último, cubrirse, si es preciso, con telas de seda ú otros cuerpos aisladores.

El temor de ser alcanzado por una chispa eléctrica se exageró en un principio de tal modo, que llegaron á usarse paraguas provistos de una punta metálica, comunicando con el suelo por medio de una cadenilla, y no faltó quien se cubriera con una gran campana de cristal colocada sobre una mesa aislada con piés de vidrio; mas hoy, gracias á la invencion de Franklin, nada hay tan recomendable para este objeto como una casa provista de pararayos que reunan las condiciones que ántes hemos indicado.

Existe, sin embargo, una variedad del rayo, llamada *globo de fuego*, que parece sustraerse á las leyes que rigen á la electricidad estática.—A diferencia de la forma en zig-zag que suele presentar el rayo comun, aquel extraño meteóro desciende

de las nubes con cierta lentitud en forma de globo luminoso, rebotando en el suelo para estallar despues con ruido atronador, y destrozar cuanto se encuentra á su paso. Por fortuna este fenómeno, que hasta ahora no ha recibido explicacion satisfactoria, se repite rarísimas veces, y no faltan sabios eminentes que niegan su existencia.

No sucede así con otra accion eléctrica, llamada *choque de retroceso*, que es bien conocida, y puede, como el rayo, producir la muerte ó destruccion de los objetos sometidos á su influjo. Su explicacion es la siguiente: Supongamos una nube cargada de electricidad positiva, próxima á dos lugares *A* y *B* (fig. 36). Bajo la influencia de aquélla, estos dos puntos estarán electrizados negativamente, y si en este estado se verifica una descarga

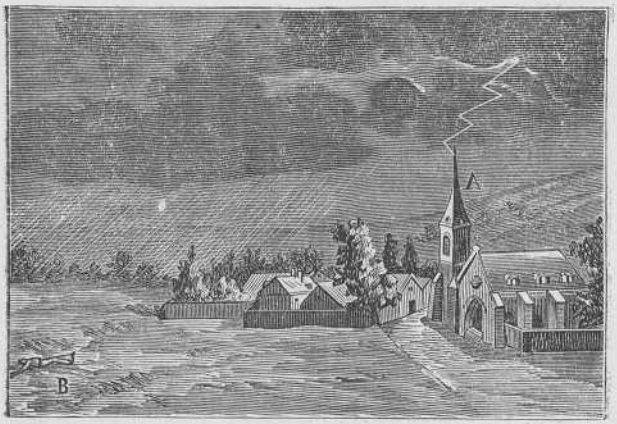

Fig. 36.—Choque de retroceso.

eléctrica en *A*, el punto *B* dejará de estar influenciado por la nube, puesto que por el pronto habrá perdido una gran parte de su tension, y entónces el flúido positivo de la tierra acudirá repentinamente á dicho sitio, produciendo en los séres que le ocupen un cambio tan brusco en su estado eléctrico, que podrá causar hasta su muerte.

Este fenómeno puede imitarse bastante bien colocando una rana viva (animal sumamente sensible al flúido eléctrico), próxima al conductor de una máquina eléctrica, y se observará que á cada chispa que se saque de ésta, el animal experimenta una fuerte conmocion.

Desde luégo se comprende que para el choque de retroceso no hay pararayos posible; pero afortunadamente necesitan concurrir para su produccion circunstancias tan excepcionales, que rara vez tiene lugar.

ELECTRICIDAD DINÁMICA.

CAPITULO I.

ORÍGEN DE LA PILA Y SUS MODIFICACIONES.

La electricidad desenvuelta por el frotamiento, ó *estática*, que hasta aquí hemos estudiado, presenta, como carácter general, la propiedad de acumularse en la superficie de los cuerpos, adquiriendo en ellos una gran *tension*. Existe, por el contrario, otro modo de presentarse el flúido eléctrico, llamado *electricidad dinámica*, que en general no es susceptible de adquirir la tension que aquélla, pero en cambio produce efectos más contínuos y de mucha mayor importancia.

El primer físico que descubrió esta nueva manera de sér en el flúido eléctrico, fué Galvani, profesor de anatomía en Bolonia. Estudiando dicho sabio en 1780 la influencia de la electricidad sobre la rana, observó las contracciones que experimentaba este animal al poner en comunicacion, por medio de un arco metálico, sus músculos abdominales con los nervios crurales, y para explicar tan curiosa propiedad comparó á la rana con una botella de Leyden, en que la armadura interior estaba representada por los nervios, y la

exterior por los músculos, haciendo de cuerpo aislador la grasa que separa dichas sustancias.

Poco tiempo despues, Volta, profesor en Pavía, examinando atentamente las experiencias de Galvani, creyó que la causa productora de la electricidad que originaba las contracciones de la rana, residia en el arco metálico con que se ponian en contacto los músculos y nervios del animal, y esta idea, más próxima á la verdad que la de Galvani, dió orígen á un notable altercado sobre el asunto, en que cada cual defendió sus teorías con un calor extraordinario.—En realidad, ninguno de dichos físicos tenía razon, como muy pronto veremos, pero es lo cierto que guiado Volta por sus teorías sobre el particular, logró descubrir el aparato más importante de cuantos se conocen hasta el dia, dándole el nombre de *pila* é inmortalizando su nombre con tan notable instrumento.

Consiste dicho aparato (fig. 37) en una serie de discos de zinc y cobre separados por roldanas de paño humedecido con agua y ácido sulfúrico, y sostenidos verticalmente por tres varillas de cristal, fijas en un pié de madera.—Para montarle se coloca primero un disco de cobre, provisto de un alambre *n* del mismo metal, sobre el que se pone uno de zinc, y luégo una roldana de paño humedecida; sobre este paño se coloca otro disco de cobre, uno de zinc y otra roldana de paño, y así sucesivamente, terminando por un disco de zinc provisto de un vástago de laton, del que sale otro alambre de cobre *p*. La reunion de un disco de

cobre con otro de zinc ha recibido el nombre *par voltáico*, y á su vez se llaman *reóforos* ó *electrodos* de la pila los alambres en que terminan el primero y último disco.

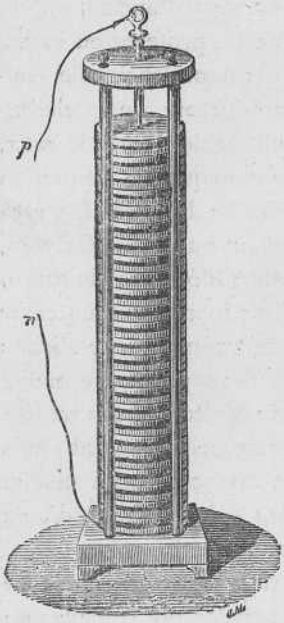

Fig. 37.—Pila de Volta.

Montado este aparato como acabamos de indicar, se descompone su flúido neutro de una manera contínua, dirigiéndose al primer cobre el flúido negativo, y al último zinc el positivo, por cuya razon han recibido dichos extremos el nombre de *polos*.—Volta explicaba la accion misteriosa que tiene lugar entre los diferentes cuerpos que constituyen este aparato, diciendo que, en la union de un cobre con un zinc, se desarrollaba por *contacto* una fuerza especial llamada *electro-motriz*, que daba orígen á la descomposicion de su flúido natural, y evitaba á la vez su recomposicion sobre dichos cuerpos, sirviendo únicamente el agua acidulada, de que se impregnaban las roldanas de paño, como medio conductor del flúido eléctrico. Dentro de poco veremos que la causa productora de la electricidad estriba precisamente en la accion

química que tiene lugar entre el zinc y el ácido sulfúrico.

Miéntras los reóforos de la pila no comunican entre sí, sólo pueden observarse en sus polos algunas atracciones de cuerpos sumamente ligeros y pequeñísimas chispas, áun en el caso de constar aquélla de un gran número de pares; pero en el momento que se unen los dos electrodos por medio de un cuerpo buen conductor, se establece á traves de ellos una combinacion contínua de los dos flúidos, que es lo que ha recibido el nombre de *corriente eléctrica*, la que dura miéntras esté la pila en actividad.—Se admite que dicha corriente marcha desde el polo positivo al negativo por los reóforos, y en sentido opuesto por el interior de la pila, formando una especie de círculo; de aquí que se diga *cerrar el circuito*, á la operacion de unir entre sí los reóforos, y *abrirle*, cuando, por el contrario, se separan. En realidad, hay en toda pila dos corrientes en sentido contrario desde cada uno de los polos al opuesto, pero el convenio anterior facilita mucho el lenguaje y explicacion de los fenómenos eléctricos, por cuya razon está universalmente admitido.

Respecto del número y tamaño que deben tener los pares de una pila para producir un efecto dado, la experiencia ha hecho ver que la *tension* de la corriente resultante es proporcional al número de aquéllos, así como la *cantidad* absoluta de flúido eléctrico desenvuelto depende únicamente de su extension superficial; por lo tanto, cuando la

corriente eléctrica necesite pasar á traves de cuerpos que presenten gran resistencia, deben usarse pilas que consten de muchos pares, aunque sean de pequeño tamaño, y al contrario, cuando el efecto que se busca, sólo dependa de la cantidad de electricidad desarrollada, deben preferirse pilas de pocos pares, pero de gran superficie.

Por más que la pila de Volta sea la más notable de cuantas se conocen, por haber sido la primera que se inventó, presenta, sin embargo, en la práctica tantos inconvenientes, que en el dia ha dejado de usarse completamente. En efecto, por consecuencia de su disposicion vertical, resulta que el peso de los pares superiores hace que escurran el agua de que están impregnadas las roldanas de paño colocadas debajo, lo que produce su completa desecacion, y paraliza, por consecuencia, el desarrollo eléctrico; ademas, el agua acidulada que gotea á lo largo de la pila, establece una comunicacion entre sus diferentes pares, y los descarga parcialmente, siendo ambas causas motivo de que el aparato deje de funcionar al poco rato de montarle.

Para evitar estos graves defectos se ha modificado el aparato de Volta de varios modos, más ó ménos ingeniosos; pero ántes de darlos á conocer, creemos necesario, para su inteligencia, anteponer unas ligeras nociones de química que despues han de servirnos tambien al tratar de las aplicaciones electrolíticas.

NOCIONES DE QUÍMICA

necesarias para la inteligencia de las pilas y de sus aplicaciones electrolíticas.

Todos los cuerpos conocidos, sean naturales ó artificiales, son *simples* ó *compuestos.*

Se llaman cuerpos *simples* aquellos que el hombre no ha podido descomponer, y de los cuales siempre se obtiene una misma clase de materia, como el hierro, el plomo, el oro, etc., que sometidos á toda clase de operaciones, no se descomponen y producen siempre la misma sustancia.

Cuerpos *compuestos* son los que resultan de la combinacion de dos ó más cuerpos simples; como el agua que se puede obtener por medio de los gases oxígeno é hidrógeno bajo la accion de la chispa eléctrica; la caliza, por la union del ácido carbónico con la cal, etc.

Tanto los cuerpos simples como los compuestos están formados por una infinidad de partecillas sumamente pequeñas, llamadas *átomos*, que unidas entre sí, originan otras agrupaciones mayores, que han recibido el nombre de *moléculas*, y de la re-

union de éstas resultan los cuerpos. Para explicar cómo es que éstos, estando formados de partículas sueltas, no se fraccionan por sí solos, se admite que existe una fuerza llamada *cohesion*, que mantiene unidos entre sí los átomos y moléculas de igual naturaleza; esta fuerza es grande en los cuerpos sólidos, menor en los líquidos, y aún mucho menor en los gaseosos. A su vez se admite que la causa de la union íntima ó *combinacion* de los átomos de naturaleza diferente para originar un nuevo compuesto, es otra fuerza llamada *afinidad*; ésta depende de la naturaleza de los cuerpos y no de su estado sólido, líquido ó gaseoso, si bien en estos dos últimos se verifican las combinaciones con más facilidad; así, en el hierro las moléculas están unidas entre sí por la cohesion; en el agua sucede otro tanto respecto de sus moléculas, pero la afinidad es la que mantiene unidos los átomos de hidrógeno con los de oxígeno para formar las diferentes moléculas de agua.

El número de cuerpos simples conocidos hasta hoy asciende á *sesenta y ocho*, los que se han dividido en dos grupos, llamados *metalóides* y *metales*, atendiendo á sus propiedades químicas.

Reciben el nombre de *metalóides* aquellos cuerpos simples que, en general, carecen de brillo, conducen mal el flúido eléctrico, suelen tener poco peso, y *combinándose con el oxígeno dan orígen á cuerpos ácidos*.

A su vez se llaman *metales* los cuerpos simples que poseen un lustre intenso, conducen bien la

electricidad, son, en general, muy pesados, y *combinándose con el oxígeno originan las bases.*

Para distinguir unos cuerpos simples de otros, se ha dado á cada uno un nombre arbitrario en la mayoría de ellos, pero que á veces recuerda alguna de sus propiedades, y se ha convenido en representarlos en la escritura simbólica de la química por la primera letra de su nombre latino, seguida de la segunda ó tercera cuando dos ó más empiezan por la misma letra.

A continuacion ponemos una lista de los principales cuerpos simples, con los símbolos por que se les representa.

METALÓIDES.

Nombres.	Símbolos.	Equivalentes.
Arsénico	*As*	75
Azufre (Sulfur)	*S*	16
Boro	*Bo*	11
Bromo	*Br*	80
Carbono	*C*	6
Cloro	*Cl*	35,50
Fluor	*Fl*	19
Fósforo (Phosphorus)	*Pb*	31
Hidrógeno	*H*	1
Iodo	*I*	127
Nitrógeno	*N*	14
Oxígeno	*O*	8
Selenio	*Se*	39,75
Silicio	*Si*	21
Teluro	*Te*	64,50

METALES.

Nombres.	Símbolos.	Equivalentes.
Aluminio	*Al*	13,75
Antimonio (Stibium)	*Sb*	120,60
Bario	*Ba*	68,50
Bismuto	*Bi*	106,43
Cadmio	*Cd*	56
Calcio	*Ca*	28
Cobalto	*Co*	29,50
Cobre (Cuprum)	*Cu*	31,75
Cromo	*Cr*	26,28
Estaño (Stannum)	*Sn*	59
Estroncio (Strontium)	*St*	43,84
Hierro (Ferrum)	*Fe*	28
Magnesio	*Mg*	12
Manganeso	*Mn*	27,50
Mercurio (Hidrargirum)	*Hg*	100
Níquel	*Ni*	29,50
Oro (Aurum)	*Au*	98,20
Plata (Argentum)	*Ag*	108
Platino	*Pt*	98,50
Plomo (Plumbum)	*Pb*	103,50
Potasio (Kalium)	*K*	39,14
Sodio (Natrum)	*Na*	23
Zinc	*Zn*	33

Los cuerpos compuestos pueden ser de cuatro clases diferentes, á saber: *ácidos, bases, sales* y *neutros*.

Se llaman *ácidos* á los compuestos que tienen la propiedad de combinarse con las *bases* para formar las *sales*, y en general tienen un sabor agrio y enrojecen la tintura de violetas.

Pueden ser *oxácidos*, ó sea formados por el oxígeno, é *hidrácidos*, ó formados por el hidrógeno. Estos últimos se expresan terminando en *hídrico* las letras radicales del metalóide que está unido al hidrógeno; así, la combinacion del cloro con el hidrógeno se llama *ac. clor-hídrico*; la del azufre (sulfur) con el hidrógeno *ac. sulf-hídrico*, etc.

Respecto á los *oxácidos*, es algo más complicada la manera de expresarlos, debido á que un mismo metalóide se combina con el oxígeno en várias proporciones y forma diferentes ácidos. Para distinguir unos de otros se ha convenido en terminar en *ico* el que tenga más oxígeno, y en *oso* el ménos oxigenado; así, la combinacion más oxigenada del cloro se llama *ac. clór-ico*, y la que tenga ménos oxígeno *ac. clor-oso*; del mismo modo, el compuesto más oxigenado que forma el nitrógeno deberá llamarse *ac. nítr-ico*, y el ménos oxigenado *ac. nitr-oso*. Sucede, sin embargo, que ademas de estos grados de oxidacion, hay otros inferiores respectivamente á cada uno de ellos, y entónces se les distingue anteponiendo al nombre del ácido la palabra *hipo*, que significa *debajo*; y en el caso de haber otro ácido con más oxígeno que el terminado en *ico*, se le antepone la palabra *super* (*sobre*), ó solamente *per*.

Segun esta clasificacion, la serie de los ácidos

que forma el cloro combinándose con el oxígeno, se expresará del siguiente modo:

Ac. perclórico = $Cl\,O^7$
— clórico = $Cl\,O^5$
— hipoclórico = $Cl\,O^4$
— cloroso = $Cl\,O^3$
— hipocloroso = $Cl\,O$

Vemos, pues, que por este sencillo sistema pueden distinguirse en los ácidos hasta cinco grados distintos de oxidacion, lo que en general basta para expresarlos todos.

Bases.— Reciben este nombre los óxidos metálicos, ó sean las combinaciones de los metales con el oxígeno, que tienen la propiedad de combinarse con los ácidos para formar *sales*, y en general poseen un sabor astringente y enverdecen la tintura de violetas.

Los diferentes grados de oxidacion se expresan por la palabra genérica *óxido* del metal correspondiente, precedida de las partículas *proto* = uno, *sesqui* = uno y medio, *bi* = dos, *tri* = tres, *tetra* = cuatro, *penta* = cinco, etc. Así, al combinarse el oxígeno con el hierro forma los siguientes compuestos:

Protóxido de hierro = $Fe\,O$.
Sexquióxido de hierro = $Fe^2\,O^3$.
Trióxido de hierro = $Fe\,O^3$.

De estos tres óxidos sólo los dos primeros son *bases*, puesto que se combinan con los ácidos, pero

el último tiene propiedades ácidas y se le llama por eso *ac. férrico.*

A veces suele reemplazarse la denominacion que corresponde al óxido superior de un metal con la palabra *peróxido,* y en este caso al sesquióxido de hierro y bióxido de manganeso de los ejemplos anteriores se les llama *peróxidos* de hierro y manganeso respectivamente. Tambien se acostumbra designar, para abreviar el lenguaje con nombres especiales las bases de algunos me, tales; así, el protóxido de potasio se llama *potasa*; el de sodio, *sosa*; el de calcio, *cal*; el de amonio, *amoniaco,* etc.

Sales.—Son los compuestos que generalmente resultan de la combinacion de un ácido con una base, quedando por consecuencia neutralizadas sus propiedades. Las sales se expresan nombrando primero el ácido y luégo la base; si el ácido terminaba en *ico,* se cambia esta terminacion en *ato* al expresar la sal; y si concluia aquél en *oso,* se muda en *ito*; ademas, las preposiciones que tenga el ácido subsisten tambien en el nombre de la sal. Ejemplos:

El ac. *perclórico,* combinado con la *potasa,* forma el *perclorato de potasa.*

El ac. *nítrico,* combinado con la *magnesia,* forma el *nitrato de magnesia.*

El ac. *hiposulfúrico,* combinado con la *barita,* forma el *hiposulfato de barita.*

El ac. *sulfuroso,* combinado con la *cal,* forma el *sulfito de cal.*

El ac. *hipofosforoso*, combinado con la *sosa*, forma el *hipofosfito de sosa*.

Muchas veces, á fin de abreviar el lenguaje, se omite la palabra *óxido* al expresar la base de una sal, y suele decirse: *sulfato de hierro* en vez de *sulfato de protóxido de hierro*; *nitrato de cobalto*, en vez de *nitrato de óxido de cobalto*.

Ademas de las sales que hasta ahora hemos considerado, llamadas *ternarias* por entrar tres cuerpos en su composicion, existen otras *binarias* ó *halógenas*, formadas solamente por la combinacion de dos cuerpos, uno *electro-positivo* y otro *electro-negativo* (1). Estas se expresan terminando en *uro* el nombre del elemento más electro-negativo, seguido del otro cuerpo simple con quien aquél esté combinado.

Así, el cloro, al combinarse con el sodio, forma una sal que se llama *cloruro de sodio;* el azufre con el hierro otra nombrada *sulfuro de hierro*.

Para distinguir las diferentes proporciones del cuerpo electro-negativo que pueda contener la sal, se usan las mismas partículas que se indicaron para los óxidos, y en su consecuencia se dice *protosulfuro de potasio*, *bisulfuro de hidrógeno*, *sesquisulfuro de antimonio*, etc.

Cuando alguno de los cuerpos citados anterior-

(1) Se llaman cuerpos *electro-positivos* los que en la descomposicion por la pila, de que más adelante nos ocuparemos, se dirigen al polo *negativo*; y *electro-negativos*, los que en circunstancias iguales marchan al polo *positivo*.

mente, tanto *ácidos* y *bases* como las *sales*, se halla combinado con el agua, se dice que está *hidratado*, distinguiéndose los diferentes grados de hidratacion por las preposiciones *mono* = uno, *bi*=dos, *tri*=tres, etc.; así, se dice ac. sulfúrico monohidratado al que sólo tiene un equivalente de agua; ac. nítrico bihidratado cuando tiene dos, y así sucesivamente; pero si la cantidad de agua es superior al peso del cuerpo que se considere, se dice entónces que está *diluido*, y por esto se llama ac. sulfúrico diluido al ac. que tiene 8 ó 10 veces su peso de agua. Por el contrario, cuando estos cuerpos carecen en absoluto de dicho líquido, se dice que están *anhidros;* á su vez diremos que un líquido está *saturado* de un cuerpo soluble, cuando no pueda disolver mayor cantidad del mismo, aunque se le deje en su contacto por más tiempo.

Cuerpos neutros.—Reciben este nombre los que no están comprendidos en ninguna de las agrupaciones anteriores.

En realidad no hay reglas fijas para expresarlos, si bien suele terminarse en *ado* el nombre del elemento electro-negativo cuando el compuesto es gaseoso; se dice, por lo tanto, *hidrógenos carbonados* y *fosforados* para indicar las diferentes combinaciones del hidrógeno con el carbono y fósforo respectivamente. Los demas compuestos neutros reciben nombres arbitrarios que nada tienen que ver con su composicion.

Aleaciones.—Se llaman así los compuestos que resultan de la union de varios metales. Para ex-

presarlas basta hacer seguir á la palabra *aleacion* los nombres de los metales que la forman, empezando por el más electro-negativo, si bien casi todas ellas suelen tener nombres especiales; así, la aleacion de cobre y zinc se llama *laton*; la de cobre y estaño, *bronce*; la de cobre, zinc y niquel, *argentan* ó *metal blanco*. Si el mercurio es uno de los metales que entran en la aleacion, recibe entónces ésta el nombre de *amalgama*; por eso se dice amalgama de estaño, amalgama de oro, etc. para indicar la union del mercurio con dichos metales.

SIGNOS Y FÓRMULAS QUÍMICAS.

Para representar simbólicamente ó por escrito los diferentes cuerpos que estudia la Química, y las reacciones á que pueden dar orígen por su mútua combinacion, se han hecho los siguientes convenios:

Los cuerpos simples, segun indicamos al hablar de ellos, se representan por la primera letra de su nombre latino, seguida de alguna otra si hubiera varios que empezasen por la misma.

Los compuestos binarios se formulan escribiendo los símbolos de los cuerpos simples que los representan uno á continuacion de otro, empezando por el más electro-positivo; así, la combinacion del bario con el oxígeno se formula *Ba O*; la del cyanógeno con el potasio *KCy*=cyanuro de potasio; la del cloro con el sodio, *Na Cl*=cloruro de sodio ó sal comun.

Para indicar las diferentes cantidades que de cada cuerpo entran en los diversos compuestos, se usan unos números pequeños, colocados como los *exponentes* matemáticos, pero que no tienen la significacion que en aquella ciencia, y sólo expresan el número de equivalentes (1) del cuerpo á que están unidos; así, para indicar la combinacion de un equivalente de azufre con tres de oxígeno, se escribirá SO^3=ac. sulfúrico anhidro; la de dos equivalentes de aluminio con tres de oxígeno se formulará $Al^2\ O^3$=alúmina.

Para representar las sales ternarias se escribe

---

(1) Se dá el nombre de *equivalentes* á los pesos de los cuerpos que se combinan con *uno de hidrógeno* para formar la primera combinacion.

La experiencia ha demostrado que un gramo de hidrógeno necesita ocho de oxígeno para formar el agua=*HO*, luego el equivalente del oxígeno será *ocho*. *Diez y seis* gramos de azufre se combinan con uno de hidrógeno para formar el ac. sulfhídrico=*SH*, luego el equivalente del azufre será *diez y seis*.

En la tabla de la pág. 83 aparecen á continuacion de los cuerpos simples sus respectivos equivalentes, cuyo conocimiento es de gran utilidad en las reacciones químicas.

Los equivalentes de los cuerpos compuestos se encuentran fácilmente sumando los correspondientes á los simples que les forman; así, el equivalente del ac. nítrico monohidratado=NO^5, *HO* es igual á 63, puesto que dicho compuesto está formado por un equivalente de *N*=14, más 6 de *O*=48, más uno de *H*=1, que suman dicha cantidad.

primero la base y luégo el ácido, separando á ambos con una coma; ejemplos: sulfato de potasa= KO,SO^3; nitrato de sosa= NaO,NO^5.

Para expresar simbólicamente la reaccion que tiene lugar entre varios cuerpos que se mezclan, se forma una igualdad en cuyo primer miembro se escriben los cuerpos mezclados, separando unos de otros por el signo + y en el segundo se expresa el resultado de la combinacion por las reglas dadas anteriormente. Ejemplos: La igualdad

Zn	+	$SO^3\,HO$	=	ZnO,SO^3	+	H
Zinc		ac. sulfúrico		sulfato de zinc		hidrógeno

quiere decir que se ha mezclado zinc con ac. sulfúrico monohidratado, y despues de la reaccion se ha obtenido sulfato de zinc y gas hidrógeno. La fórmula

H	+	CuO,SO^3	=	SO^3,HO	+	Cu
hidrógeno		sulfato de cobre		ac. sulfúrico		cobre

nos indica que se ha hecho reaccionar el hidrógeno con el sulfato de cobre y se ha producido ac. sulfúrico monohidratado y cobre.

Vemos, pues, que por este ingenioso sistema pueden representarse fácilmente y con gran brevedad todas las reacciones químicas, siendo de gran utilidad para esta ciencia el uso de tales símbolos.

DIFERENTES CLASES DE PILAS.

Ya indicamos en la pág. 80 los principales defectos que presenta la pila de Volta, y desde luégo se comprende que se habrá tratado de evitarlos por diferentes procedimientos. La primera modificacion, debida á Cruikshank, consistió en colocarla horizontalmente, á fin de que los discos superiores no gravitasen sobre los de abajo, y en vez de usar roldanas de paño, separó los *pares* entre sí con agua acidulada por el ac. sulfúrico, colocando todo el conjunto en una especie de *artesa* de madera.

Al poco tiempo Wollaston mejoró notablemente dicho aparato, introduciendo cada *par* en un vaso distinto lleno de agua acidulada, y en vez de dar al cobre la misma superficie que al zinc, duplicó la de aquél separándolos por trozos de madera, con lo cual consiguió hacer su pila de mayor constancia que las anteriores. Mas á pesar de todo, presentan estas pilas, que sólo tienen un líquido, dos inconvenientes que no es posible evitar por

ninguna disposicion especial de sus elementos. Sucede, en efecto, que el ac. sulfúrico, en presencia del zinc, descompone el agua en oxígeno é hidrógeno; el primero de estos gases se combina con el zinc para formar el óxido del mismo metal, quien á su vez se une al ac. sulfúrico para dar orígen al sulfato de zinc, y el hidrógeno libre se dirige al cobre, que representa el polo negativo. Esta reaccion, que, como veremos más adelante, es la causa productora de la electricidad, produce sin embargo dos graves males; uno es la desaparicion del ac. sulfúrico, convertido en sulfato de zinc; y otro, la adhesion del hidrógeno al cobre de la pila, dando lugar á que dicho metal deje de conducir el flúido eléctrico.

El primero de estos dos defectos puede corregirse en parte añadiendo una nueva cantidad de ac. sulfúrico; mas el segundo, llamado *polarizacion de la pila*, no es posible evitarle con las pilas de un sólo líquido, y de aquí que estos aparatos hayan sido sustituidos por otros de dos líquidos ó de *corriente constante*.

La primera pila de corriente constante, y acaso la mejor, se debe al célebre químico *Daniell*. Este sabio ideó en 1829 absorber el hidrógeno, que tanto perjudica en las anteriores pilas, por medio del sulfato de cobre ó *caparrosa azul* del comercio, cuya sal tiene ademas la ventaja de regenerar, al descomponerse, el ac. sulfúrico que se combina con el zinc.

Consiste la **pila de Daniell**, despues de algunas

modificaciones que la práctica ha aconsejado, en un vaso de cristal ó porcelana *V* (figura 38), dentro del cual se coloca un cilindro hueco de zinc *Z*, abierto de arriba abajo, segun una de sus generatrices, y provisto en su parte superior de una lámina de cobre *N*, que sirve de reóforo negativo. Dentro de este cilindro se pone un vaso poroso de *bizcocho de porcelana P*, y en su interior se introduce otra lámina de cobre *C*, que representa el reóforo positivo del aparato; esta lámina lleva ademas, cerca de su parte superior, un casquete semi-esférico del mismo metal, lleno de agujeros. En el espacio que queda entre el vaso poroso y el de cristal se echa hasta sus dos terceras partes agua acidulada con unas gotas de ac. sulfúrico, y dentro del vaso poroso una disolucion *saturada* de sulfato de cobre, colocando tambien en el casquete semi-esférico cristales de la misma sal.

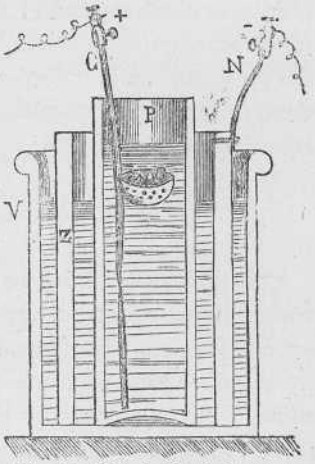

Fig. 38. Pila de Daniell.

Uniendo despues los polos de esta pila por medio de un conductor metálico, comienza la siguiente reaccion química. El agua del vaso exte-

rior se descompone en hidrógeno y oxígeno; este último se combina con el zinc para formar el óxido de zinc, quien á su vez se une al ac. sulfúrico del agua acidulada y forman sulfato de zinc, quedando libre el hidrógeno. La fórmula de esta reaccion es la siguiente:

$$Zn + Cu\,O, SO^3 = Zn\,O, SO^3 + H.$$

Este hidrógeno libre se dirige á la lámina *C* á traves de los poros del vaso de porcelana, pero al encontrarse con el sulfato de cobre, le descompone en cobre metálico, que se adhiere á dicha lámina, y en ac. sulfúrico y oxígeno, que se unen á dicho hidrógeno para formar ac. sulfúrico monohidratado, con lo cual vuelve á regenerarse el que se combinó con el óxido de zinc. La reaccion química de este segundo período es como sigue:

$$H + CuO, SO^3 = SO^3, HO + Cu.$$

Vemos, por lo tanto, que, aparte del agua que pueda consumirse por evaporacion, esta pila sólo gasta sulfato de cobre y zinc; así es, que siendo bastante gruesos los cilindros de este metal (un centímetro generalmente), y añadiendo cristales de caparrosa azul á medida que se disuelven, la accion química continuará con gran regularidad, y con ella el desprendimiento del flúido eléctrico.

Si se quiere que este aparato funcione durante mucho tiempo sin tener que cuidarse de añadir

sulfato de cobre, se dispone segun indica la figura 39.

Para ello se toma un matraz de cristal, de cuello corto *M*, y despues de llenarle casi por completo de caparrosa azul, se acaba de llenar con agua, y se cierra con un tapon de corcho *T*, que tenga dos entalladuras opuestas, en sentido de su longitud. Lleno préviamente el vaso poroso de la pila, hasta sus dos terceras partes, con una disolucion saturada de sulfato de cobre, se invierte el matraz y se introduce rápidamente en aquél su cuello, haciendo penetrar despues en dicho vaso, pero sin levantar el matraz, una lámina de cobre de una longitud conveniente que representa el polo positivo; en lo demas esta pila es idéntica á la anterior.

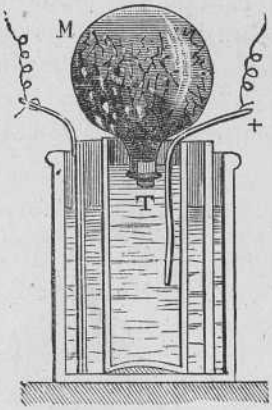

Fig. 39. Pila de Daniell, de larga duracion.

La manera de funcionar el matraz es muy sencilla: á medida que se debilita la disolucion del vaso poroso, va siendo reemplazada por la del matraz que, como más densa, cae por una de las ranuras del corcho, miéntras que el líquido del vaso poroso sube por la otra.

Con esta modificacion la pila de Daniell puede

funcionar con toda regularidad durante seis ú ocho meses sin más que añadir el agua que se evapore.

Para obtener pronto la disolucion del sulfato de cobre ó de cualquiera otra sustancia, debe procederse del siguiente modo. Se colocan los cristales de dicha sal en un vaso de porcelana, lleno de agujeros en su parte inferior, y se le introduce superficialmente (figura 40) en el líquido donde se quiera hacer la disolucion, fijándole así por un medio análogo al que indica el dibujo. En estas condiciones sucede que, á medida que se saturan las capas de agua que se hallan en contacto de la sal, bajan al fondo como más densas y son reemplazadas por otras nuevas, dando orígen este movimiento del líquido á una rápida disolucion de la sal empleada. Si no se tiene un vaso de porcelana agujereado, puede encerrarse la sustancia que se quiera disolver en un saquillo hecho con una tela clara, que se cuelga en la superficie del líquido que se quiera saturar.

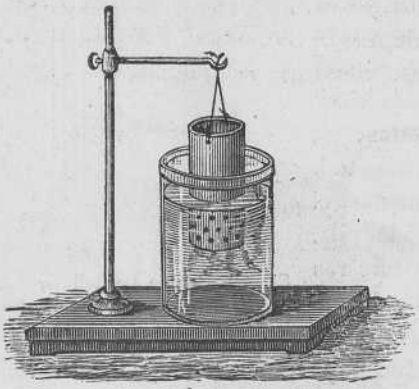

Fig. 40. Disolucion de una sal.

Una vez descubierta la pila de dos líquidos de Daniell, varios físicos trataron de reemplazar el sulfato de cobre usado por aquél con sustancias que absorbieran el *H* con más facilidad, logrando inventar diversas pilas que llevan sus respectivos nombres, de las que sólo describiremos las de mayor uso y mejores resultados.

Pila de Bunsen.—Esta pila, que es la que produce corrientes de mayor intensidad, consiste (figura 41) en un vaso cilíndrico de porcelana ó cristal,

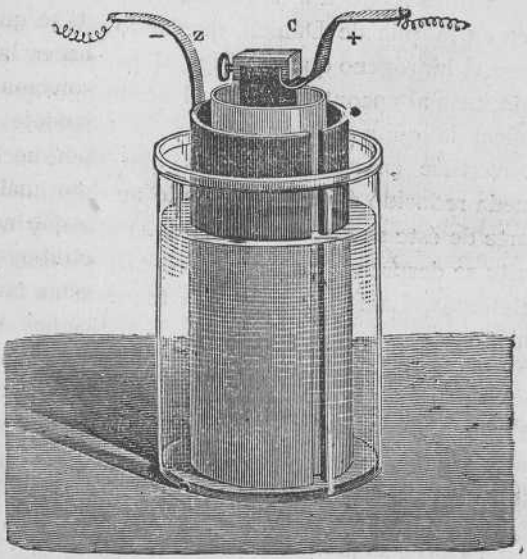

Fig. 41. Pila de Bunsen.

dentro del cual se coloca un cilindro hueco de zinc, provisto en su borde superior de una lámina

de cobre *Z*, que representa el polo negativo. Dentro de este cilindro se introduce un vaso de porcelana porosa, y en su interior se pone un prisma de *carbon de Bunsen* (1), en cuya parte superior se fija, por medio de una *pinza* de laton, una lámina de cobre *C*, que representa el polo positivo de la pila. Dentro del vaso poroso se echa ac. nítrico concentrado, y en el vaso exterior agua acidulada con un 5 por 100 de ac. sulfúrico.

La reaccion química que tiene lugar en el vaso exterior es idéntica á la que hemos visto se verifica en la pila de Daniell, quedando por lo tanto libre el hidrógeno que se dirige al prisma de carbon; mas al encontrarse con el ac. nítrico que le rodea, le quita un equivalente de oxígeno para convertirse en agua, miéntras que dicho ácido queda reducido á un gas llamado ac. hiponítrico; parte de éste se disuelve en el ac. nítrico, y otra parte se desprende en vapores rojizos sumamente deletéreos. La fórmula de esta reaccion es la siguiente:

$$H + NO^5,HO = 2\,HO + NO^4.$$

Vemos, pues, que el ac. sulfúrico contenido en

(1) Este carbon se obtiene mezclando partes iguales de coke y hulla pulverizados, y despues de someter la mezcla á una gran presion en moldes de hierro, se expone al calor rojo de un horno. Así resulta un carbon compacto y duro, que tiene la buena propiedad de conducir el flúido eléctrico como los metales, y no es atacado por ningun ácido.

el agua del vaso exterior no se regenera como en la pila de Daniell, y que el ac. nítrico del vaso poroso se va convirtiendo rápidamente en agua, concluyendo por perder la concentracion necesaria al cabo de ocho ó diez horas, en cuyo caso hay que renovar completamente ambos líquidos si se quiere que la pila funcione más tiempo.

Una vez desmontado este aparato, deben lavarse con agua abundante todas sus piezas, pues de lo contrario se cubren de una costra verde, efecto de los vapores del ac. hiponítrico, que evita luégo el paso de la corriente eléctrica. Para hacer fácilmente esta limpieza, deben sustituirse las láminas de cobre, que generalmente se sueldan al zinc, por alambres gruesos de cobre, sujetos por medio de unos tornillos ó *pinzas* de laton (fig. 42), fijos á su vez en la parte superior del zinc y carbon correspondientes. Este sistema tiene ademas la ventaja de poder invertir el zinc de la pila cuando se gasta su parte inferior.

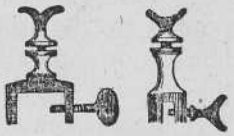

Fig. 42. Pinzas para fijar los reóforos.

Pila de Grenet.—Este aparato, conocido tambien con el nombre de *pila de bicromato*, produce una corriente bastante intensa y no desprende gases deletéreos, si bien tiene el inconveniente de ser poco constante.

Consiste en una especie de botella de cristal (figura 43), en la que se echa una disolucion de 20 partes de bicromato de potasa en 100 de agua,

añadiendo despues otras 20 partes de ac. sulfúrico del comercio. El cuello de esta botella está cerrado por medio de un disco de *ebonita* ó cautchú endurecido, desde el cual descienden hasta cerca del fondo dos láminas de carbon de Bunsen; entre estas dos láminas puede subir y bajar, pero sin tocarlas, otra de zinc del mismo ancho y mitad de larga, provista en su parte superior de un vástago de laton, que va á unirse al tornillo de presion representado á la derecha del dibujo. Las láminas de carbon están tambien unidas entre sí por su parte superior con una abrazadera de laton y comunican con el tornillo de la izquierda. Como sucede en la pila de Bunsen, el polo negativo de este aparato está representado por el tornillo de presion unido al zinc, y el positivo por el que está en comunicacion con las láminas de carbon.

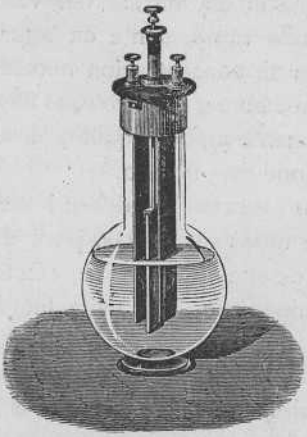

Fig. 43. Pila de Grenet.

Miéntras se mantenga levantado el zinc en esta pila, permanecerá inerte y sin producir efecto alguno; pero en el momento que se le introduzca en el líquido de la botella, se establecerá una corriente eléctrica, debida á la reaccion química que en ella se verifica. Esta reaccion se puede suponer

dividida en dos períodos, de los cuales el primero es idéntico al que tiene lugar en las pilas anteriores, produciéndose, por lo tanto, sulfato de zinc é hidrógeno libre; en el segundo, este hidrógeno se combina con parte del oxígeno que tiene el ac. crómico del bicromato de potasa para formar agua, miéntras que el sesquióxido de cromo resultante y la potasa se combinan con el ac. sulfúrico que tiene el líquido. La fórmula química de esta reaccion es la siguiente:

$$H^3 + KO,\ 2\ CrO^3 + 4\ (SO^3,\ HO) =$$
$$KO,SO^3 + Cr^2O^3,\ 3\ SO^3 + 7\ HO.$$

Vemos, pues, que en esta pila tampoco se regenera ninguno de los cuerpos que intervienen en la reaccion, por cuyo motivo cesa ésta al cabo de seis ó siete horas, y con ella la corriente eléctrica; esto se conoce ademas en que el líquido de la botella, que al principio presenta un hermoso color rojo, se cambia en verde sucio, siendo entónces necesario renovarle completamente.

Pila de Leclanché —Este aparato que, como veremos, se usa hoy con buen éxito en muchas aplicaciones de la electricidad, consiste (fig. 44) en un vaso de cristal ó porcelana, generalmente cuadrado, en el que se introduce otro de porcelana porosa; dentro de éste se coloca una lámina de carbon de Bunsen, y el espacio que queda á su alrededor se rellena con una mezcla de *coke* y *peróxido de manganeso* groseramente machacados; ademas, el extremo superior de dicha lámina está provisto de

un casquillo de plomo, en el que se sujeta, por medio de un tornillo, el reóforo positivo de la pila. En el vaso exterior se echa, hasta sus dos terceras partes, una disolucion de *sal amoniaco* á razon de dos onzas de sal por cada cuartillo de agua, y en ella se introduce un cilindro de zinc macizo de

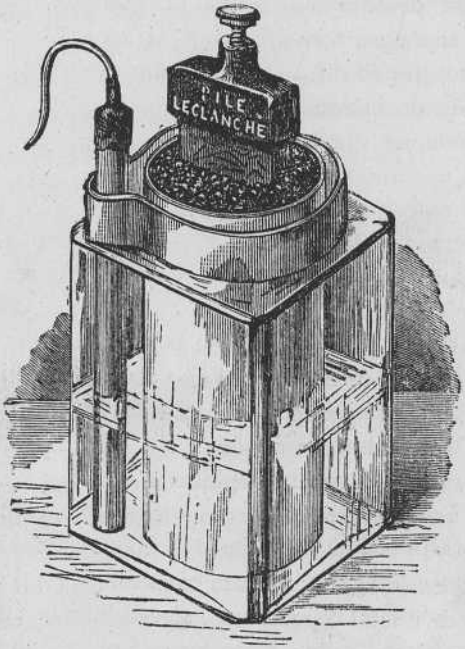

Fig. 44. Pila de Leclanché.

un centímetro de diámetro, en cuyo extremo superior lleva soldado un alambre de cobre estañado, que hace oficio de reóforo negativo de la pila.

La reaccion química que en este aparato da

orígen al desprendimiento de electricidad es la siguiente: La sal amoniaco ó clorhidrato de amoniaco se descompone en ac. clorhídrico y amoniaco, de cuyo gas, una parte se esparce en el aire, indicándolo su olor especial, y otra queda disuelta en el agua del vaso exterior; á su vez el ac. clorhídrico se descompone en cloro, que se combina con el zinc para formar cloruro de zinc, y en hidrógeno, que se dirige á traves del vaso poroso al peróxido de manganeso, para convertirle en un óxido inferior, quedando él á su vez convertido en agua. Las fórmulas químicas de los dos períodos de esta reaccion son las siguientes:

$$Zn + NH^3, HCl = ZnCl + NH^3 + H.$$
$$H + 2\ MnO^2 = Mn^2\ O^3 + HO.$$

Esta pila produce una corriente algo más intensa que la de Daniell, y puede durar dos á tres meses sin más que añadir agua, pero no sirve para efectos tan contínuos como aquélla.

Si despues de mucho tiempo de uso deja esta pila de funcionar, puede reponerse otra vez fácilmente raspando el zinc, que se incrusta de una capa blanquizca, y renovando la disolucion de sal amoniaco; si esto no bastase, se renueva tambien el contenido del vaso poroso, poniendo la mezcla de peróxido de manganeso y coke machacado que indicamos ántes.

Ademas de las pilas que acabamos de describir existen otras muchas, con ciertas ventajas parciales, que en casos determinados pueden ser conve-

nientes, pero en general presentan condiciones ménos aceptables que aquéllas, y en nuestro propósito de no dar á conocer sino los aparatos verdaderamente útiles, renunciamos á describirlas.

Zinc amalgamado.— Habrá observado el lector, que en todas las pilas que hemos dado á conocer figura el zinc como metal atacado, y de intento nada hemos dicho hasta ahora de las condiciones que debe reunir este metal para producir el mayor efecto posible. Despues de muchas investigaciones sobre el particular, se ha visto que el zinc que ha sufrido la presion del *laminador* ó de la *hilera* es por todos conceptos, preferible al zinc fundido, y si, ademas, se le combina con el mercurio ó *amalgama*, pre enta entónces la notable propiedad de ser más regular la corriente que produce, y no es atacado por el ac. sulfúrico sino cuando se cierra el circuito de la pila; en cambio el zinc del comercio produce corrientes secundarias que destruyen en parte el efecto de la principal, y lo mismo es atacado cuando funciona la pila que cuando está inactiva, por lo cual su consumo produce un gasto estéril en el segundo caso.

En vista de la gran ventaja que se obtiene *amalgamando* los zines de las pilas, siempre debe en ellas usarse dicho metal en tales condiciones.

Para conseguir dicha amalgamacion pueden seguirse varios procedimientos. Uno de ellos consiste en limpiar bien el zinc con ac. sulfúrico diluido en cuatro veces su peso de agua, é inmediatamente y sin darle tiempo á escurrir, sumergir-

le en un vaso donde halla una cantidad suficiente de mercurio para que le cubra hasta cerca de la lámina de cobre que generalmente tienen; repitiendo esta operacion várias veces, se consigue que el zinc quede bien amalgamado y brillante.

Este método tiene el inconveniente de exigir una gran cantidad de mercurio, de que no siempre se dispone, y ademas es bastante lento, sobre todo cuando los zines son viejos, por cuya razon en la generalidad de los casos es preferible usar el siguiente. Para ello se toma una cápsula de porcelana y se echa en ella una parte en peso de ac. nítrico y tres de ac. clorhídrico, calentando la mezcla á un fuego lento hasta que empiecen á desprenderse vapores rojizos, en cuyo caso se habrá formado un líquido anaranjado que se llama *agua régia*. Hecho esto, se añade poco á poco una parte de mercurio y se agita con una varilla de cristal, hasta que á espensas de los ácidos y del calor se disuelva todo el azogue. Concluida esta disolucion, se aparta del fuego la cápsula y se añaden cinco partes de ac. clorhídrico, removiendo la mezcla con la varilla de cristal, y despues de frio el líquido, puede guardarse indefinidamente en un frasco de vidrio.

La anterior operacion debe praticarse en un patio ó sitio despejado, á fin de no respirar los vapores que en ella se desprenden, que son muy nocivos.

Para amalgamar con esta composicion los zines de una pila, basta sumergirlos en ella durante al-

gunos segundos, y si el líquido es nuevo, saldrán de él perfectamente brillantes; si se ha usado muchas veces, será necesario tenerlos más tiempo, y áun llegará un caso en que sea necesario reemplazarle con otro reciente. Con un cuartillo de este líquido pueden amalgamarse más de 60 zines del modelo mediano de la pila de Bunsen.

Al verificar la anterior amalgamacion hay que tener cuidado de no mojar las láminas de cobre que suelen tener soldadas los zines, pues el mercurio ataca enérgicamente al cobre y se romperian al momento.

Tambien pueden amalgamarse los zines en la misma pila echando en el vaso exterior, como aconseja M. Roseleur, una centésima parte de una sal llamada de amalgamar. Esta sal se prepara haciendo hervir el nitrato de bióxido de mercurio líquido con un exceso de un polvo compuesto de partes iguales de bisulfato y bicloruro de mercurio; sólo debe recogerse el líquido que queda despues de fria la mezcla.

Baterías.—En general no basta un sólo *par* ó *elemento* de las pilas anteriores para obtener los notables efectos que produce la electricidad dinámica, y es por lo tanto necesario, en la mayoría de los casos, agruparlas entre sí, formando lo que se llama una *batería*.

Esta union puede verificarse de varios modos, pero teniendo siempre presente, como ya indicamos en la pág. 79 que la *tension* eléctrica de una pila depende del número de *elementos* que la forman,

miéntras que la *cantidad* de electricidad desarrollada es proporcional á la superficie de los mismos.

En este supuesto, si se quieren obtener efectos de tension, deberán unirse, por medio de pinzas de laton, el reóforo negativo de cada par con el positivo del siguiente, como se indica en la fig. 45, y así resultarán libres el primer reóforo positivo y el último negativo, que serán á su vez los polos de la batería.

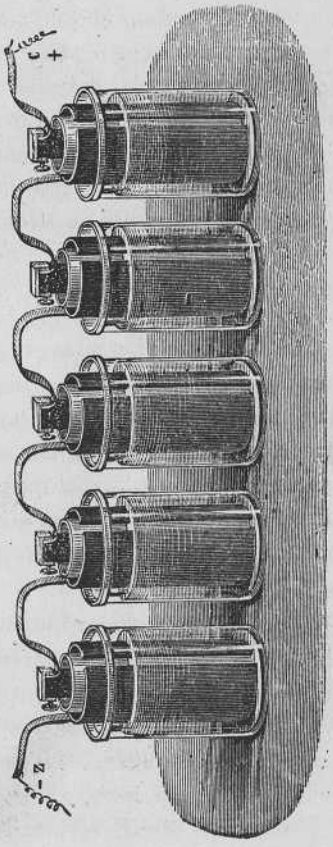

Fig. 45. Batería en tension.

Si, por el contrario, se desean verificar efectos que dependan de la cantidad de electricidad que circule por la pila, se unirán á un alambre de cobre todos los polos positivos, y á otro de iguales condiciones todos los negativos (figura

46), lo que equivale en realidad á formar una pila de un sólo elemento, pero de mayor tamaño.

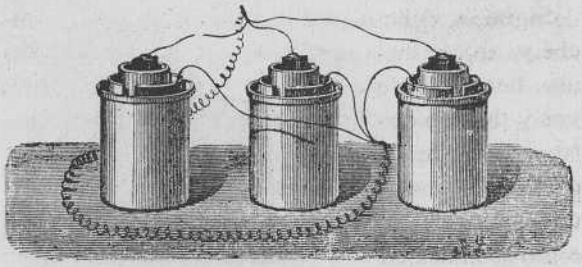

Fig. 46. Batería en cantidad.

Comparacion de las pilas.— Si se examinan comparativamente las ventajas é inconvenientes que presentan las diferentes pilas descritas anteriormente, resulta que la de Bunsen es superior á todas en energía, y á ella hay que acudir forzosamente cuando se necesitan obtener corrientes muy intensas, como en la luz eléctrica; en cambio es muy enojosa de montar, produce gases deletéreos, y su corriente tan sólo dura ocho ó diez horas, por lo cual resulta su uso bastante dispendioso.

La de Grenet sigue en intensidad á la anterior, y presenta la buena propiedad de ser de un uso muy cómodo por poder interrumpir á voluntad su corriente; por esta razon se usa con bastante frecuencia para los efectos que requieren cierta intensidad y son de corta duracion, como el dorado y plateado de pequeños objetos; pero hay que tener

en cuenta que en corriente contínua apénas dura su actividad cuatro ó cinco horas, por lo cual resulta tambien algo cara.

Sigue en intensidad á la anterior la de Leclanché y, aparte de la economía que proporciona su uso, tiene la ventaja de no producir vapores nocivos y durar su corriente, no siendo contínua, cuatro ó cinco meses, sin más que añadirla el agua necesaria; en cambio no sirve para efectos contínuos, como la galvanoplastia, y sólo debe usarse en aquellos, como los telégrafos y campanillas eléctricas, en que, generalmente, está más tiempo abierto el circuito que cerrado. En esta pila es donde se observa con más facilidad la *polarizacion* de los elementos, que consiste en dejar de funcionar completamente al poco rato de cerrar el circuito. Este fenómeno depende de que el hidrógeno resultante de la reaccion química es absorbido con ménos rapidez que se produce, y la capa gaseosa que de este cuerpo se forma alrededor de la lámina de carbon impide á ésta que conduzca el flúido eléctrico; en este caso es necesario abrir el circuito durante unos momentos para que desaparezca dicho gas y la pila recobre su energía primitiva.

Por último, la de Daniell es de menor tension que las anteriores, resulta más costosa que la de Leclanché y es algo sucia su manipulacion, pero en cambio presenta la inmensa ventaja de producir una corriente muy uniforme y constante durante un tiempo casi indefinido, razon por la

cual es de un uso indispensable para efectos de gran duracion, como la galvanoplastia.

Las anteriores indicaciones son suficientes para que el lector escoja en cada caso la pila más conveniente; mas al describir cada una de las aplicaciones de la electricidad, diremos tambien la pila más útil, segun el efecto de que se trate.

CAPÍTULO II.

ELECTRICIDAD DESARROLLADA POR EL CALOR.

Ademas de los medios que hemos dado á conocer para producir corrientes eléctricas y que, en general, son los más usados, pueden emplearse, sin embargo, para conseguir el mismo objeto los cambios de temperatura de ciertos cuerpos.

Para distinguir unas corrientes de otras se ha convenido en llamar *hidro-eléctricas* á las que son producidas por las combinaciones químicas; y *termo-eléctricas* á las que deben su orígen al calor.

El célebre físico Seebeck fué el primero que dió á conocer en 1821 el desarrollo de esta clase de corrientes. El aparato de que se sirvió para este experimento consiste (fig. 47) en un rectángulo que tiene tres de sus lados formados por una lámina de cobre, y el cuarto por un cilindro de bismuto soldado por sus extremos á dicha lámina; en el interior del aparato se coloca un *iman* movible, y despues se sitúa el rectángulo en la di-

reccion de Norte á Sur. Si en esta disposicion se calienta con una lamparilla de espíritu de vino una de las soldaduras del bismuto, se observará que el iman se desvía de su posicion de equilibrio, lo cual indica, como más adelante veremos, el paso de una corriente eléctrica que marcha, por el cobre, desde la soldadura caliente á la fria, y se dirigiria en sentido contrario si, en vez de calentarla, se enfriase con hielo dicha soldadura.

En este experimento puede sustituirse con ventaja la lámina de cobre por otra de antimonio, y en general pueden emplearse dos metales cuales-

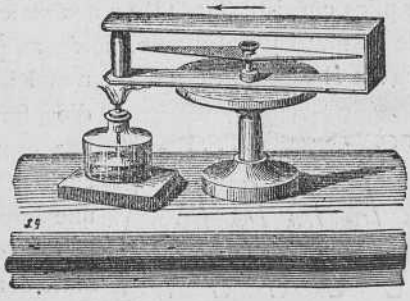

Fig. 47. Experiencia de Seebeck.

quiera, con tal que su estructura molecular sea lo más diferente posible, si bien la corriente eléctrica no presentará con todos la misma intensidad.

Para explicar este fenómeno se admite que, efecto de la diferente colocacion de las moléculas en los cuerpos, el calor altera al propagarse el equilibrio eléctrico de los mismos, dando orígen á

las corrientes termo-eléctricas. Viene en apoyo de esta hipótesis el hecho de poder producir dichas corrientes con un circuito compuesto de un sólo metal, con tal que suura no estruct sea idéntica en todos sus puntos, miéntras que el fenómeno no se puede apreciar si el circuito es perfectamente homogéneo, pues en este caso se originan dos corrientes iguales y contrarias.

A fin de sacar algun partido de esta clase de corrientes, que en general son muy débiles, se han ideado unos aparatos llamados *pilas termo-eléctricas*, formadas por la reunion de muchos *pares* análogos al ideado por Seebeck. La más sencilla de estas pilas consiste (fig. 48) en una serie de barritas de bismuto y antimonio, soldadas por sus extremos sin el auxilio de ningun metal intermedio, formando una especie de zig-zag. Si se une la primera lámina de bismuto con la última de antimonio por medio de un conductor metálico, y se calientan las soldaduras pares con auxilio de unas pequeñas lámparas de alcohol, miéntras que se enfrian las impares, introduciéndolas en hielo machacado, se establecerá por todas ellas una corriente eléctrica, cuya tension dependerá del número de elemento de que conste la pila, y de la diferencia de tempe

Fig. 48. Pila termo-eléctrica.

raturas á que se hayan sometido dichas soldaduras. Agrupando várias pilas de esta clase en una caja cúbica, ha conseguido Melloni formar un aparato de la mayor importancia para el estudio del calor.

Últimamente Becquerel, y despues C. Clamond, han dado á conocer otras pilas termo-eléctricas, cuya potencia puede igualar á las baterías de Bunsen, si bien económicamente no pueden competir con éstas. El primero de dichos físicos se ha valido para formar su pila del *metal blanco* y el *sulfuro de cobre* artificial, fuertemente comprimido; y el segundo, del *hierro* y de una *aleacion de zinc* y *antimonio*.

Las corrientes termo-eléctricas no presentan hasta hoy ninguna ventaja sobre las hidro-eléctricas, si bien tienen sobre éstas la buena cualidad de ser perfectamente constantes, miéntras la temperatura que las produce permanece invariable, condicion de gran valer en muchas aplicaciones científicas de la electricidad.

CAPITULO III.

ELECTRO-DINÁMICA.

Una vez descritos los principales aparatos que se usan para producir corrientes eléctricas, vamos á dar á conocer las propiedades más importantes de éstas, empezando por la accion mútua que entre sí ejercen.

A esta parte de la electricidad se la ha dado el nombre de *electro-dinámica*, y á fin de hacer el

lenguaje más breve y sencillo, se ha convenido en llamar *corrientes* á los conductores por donde circula la electricidad; en este supuesto se dice *corrientes fijas, movibles, circulares*, etc., para dar á entender que los conductores correspondientes son fijos, movibles ó tienen la forma circular.

Las principales leyes á que está sometida la accion de unas corrientes sobre otras son las siguientes:

1.ª *Dos corrientes paralelas que marchan en un mismo sentido se atraen, y se repelen si van en sentido contrario.*

2.ª *Dos corrientes angulares que se dirigen ó separan del vértice del ángulo que forman, se atraen; pero si una va hácia el vértice y la otra se separa, se repelen.*

Se demuestra la primera de estas leyes con el aparato que representa la fig. 49. Consiste éste en

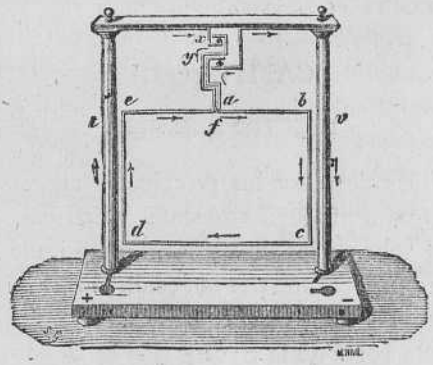

Fig. 49. Leyes de las corrientes paralelas.

un pié de madera sobre el que descansan dos columnas de laton *t* y *v*, comunicando respectivamente con las cazoletas de hierro *x* é *y*, llenas de mercurio; en estas capsulitas se apoya, por medio de unas puntas de acero, un rectángulo *b d*, formado de alambre de cobre y, efecto de esta disposicion que puede verse en mayor escala en la figura 50, el flúido eléctrico puede pasar desde las puntas á las cazoletas, favorecido por el contacto que entre ambos cuerpos establece el mercurio, permitiendo, sin embargo, el movimiento giratorio al rectángulo sostenido por dichas puntas. Los pies de ambas columnas comunican tambien, por medio de un alambre de hierro, con unas cavidades practicadas en la tabla que sirve de sosten al aparato, en las que se echa un poco de mercurio para establecer la comunicacion con los reóforos de una pila. Colocando los lados del rectángulo á poca distancia de las columnas de laton, y haciendo comunicar la *t* con el polo positivo de una pila, compuesta de tres ó cuatro elementos Bunsen, y la *v* con el negativo de la misma, la corriente se establecerá en el sentido que indican las flechas, y como en ambos lados las corrientes son *paralelas* y *van en el mismo sentido*, el rectángulo *b d* girará hasta ponerse en el plano de dichas columnas.

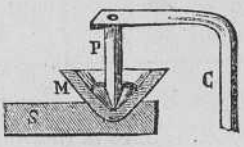

Fig. 50. Detalle de las cápsulas.

Para probar que *hay repulsion cuando las co-*

rrientes van en sentido contrario, se sustituye el rectángulo de la fig. 49 por el que representa la 51, el que, una vez colocado en el plano de las columnas, se separa de ellas hasta ponerse en ángulo recto, si la corriente de que se hace uso tiene suficiente intensidad.

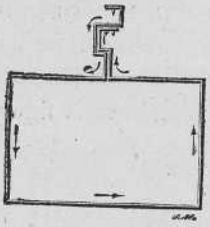

Fig. 51.

La segunda ley, relativa á las corrientes angulares, se puede demostrar con el mismo aparato, colocando para ello sobre la tabla que le sirve de base un conductor grueso de cobre, de manera que forme un ángulo agudo con el alambre del rectángulo movible; si se hace pasar despues por ambos conductores una corriente eléctrica, se observará que el movible gira hasta colocarse en la direccion que tenga el conductor fijo, pudiendo notarse en este caso que la corriente marcha por ambos en el mismo sentido.

Esta experiencia prueba de una vez las dos partes de la ley de las corrientes angulares, pues si consideramos la proyeccion de los dos conductores (fig. 52), observaremos que, de ser cierta dicha ley, debe haber atraccion mútua en los dos ángulos agudos y repulsion en los dos obtusos, como en

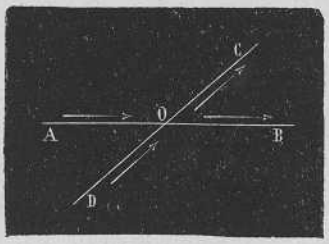

Fig. 52. Corrientes angulares.

efecto se verifica, pues en los primeros la corriente se dirige en ambos ó se separa del vértice *O*, y en los segundos, marcha en un lado hácia el vértice, y en otro se separa de él.

Accion de la tierra sobre las corrientes.—Solenóides.

La tierra ejerce una influencia notable sobre las corrientes movibles, y se ha observado que las coloca en la direccion de *Este á Oeste*.

Puede demostrarse esta importante propiedad por medio de un aparato análogo al de la fig. 49, pero que se diferencia de él en que sólo tiene una columna de apoyo, por la que suben dos alambres aislados para llevar la corriente de la pila á las capsulitas en que descansan los extremos de un conductor rectangular ó circular. Puesto en accion el aparato, se notará que, bajo la influencia de la tierra y de una corriente eléctrica algo intensa, gira el conductor movible hasta colocarse en la direccion de E. á O., marchando en este sentido la corriente por la parte inferior del conductor.

Si en vez de un sólo conductor circular se utiliza en esta experiencia un alambre de cobre, formando varios círculos paralelos (fig. 53), el efecto será más enérgico que anteriormente, y puesto que los planos de dichos círculos se dirigen de E. á O., el eje comun de los mismos se colocará en la direccion de N. á S., bastando, ademas, invertir el sentido de la corriente, para que la extremidad que miraba al N. se dirija al S. y viceversa. A los con-

ductores que tienen la forma que acabamos de indicar se les ha dado el nombre de *solenóides*.

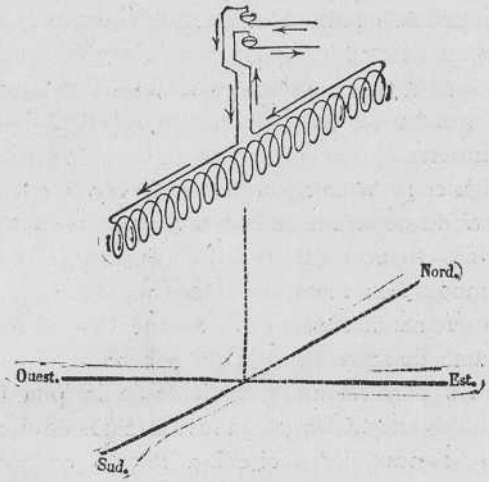

Fig. 53. Solenóide orientado.

Estos interesantes aparatos ejercen tambien entre sí acciones muy importantes. En efecto, aproximando á un solenóide movible *a b* (fig. 54) uno de los extremos *B* de otro fijo, se observará una viva atraccion entre ambos, si la corriente marcha en ellos en la misma direccion, miéntras que se repelerán, si la electricidad se dirige en sentido opuesto.

Para explicar la accion que ejerce la tierra sobre los conductores movibles y sobre los solenóides, se ha supuesto que aquélla está rodeada constantemente por corrientes eléctricas que marchan en

la direccion de E. á O., paralelamente al ecuador, formando en realidad un enorme solenóide. Estas corrientes deben probablemente su orígen al desigual caldeo que experimentan las diferentes partes de la tierra por la radiacion solar. Admitiendo esta hipótesis, se explican perfectamente aquellas acciones por las leyes de las corrientes angulares y paralelas.

Siguiendo la comparacion entre los solenóides y la tierra, se ha convenido en llamar polo *Boreal, Norte* ó *positivo*, al extremo de un solenóide en que la electricidad marcha en la misma direccion que en el polo N. de dicho planeta; y polo *Austral, Sur* ó *negativo*, al extremo opuesto del solenóide. Admitiendo esta semejanza, y teniendo en cuenta la accion que hemos visto ejerce la tierra sobre estos aparatos, resulta que el polo N. de un solenóide es el que se dirige al S. de la tierra y recíprocamente; así que, si no hubiera otros medios más sencillos de averiguar en qué parte del horizonte caen dichos puntos, podria saberse por este procedimiento.

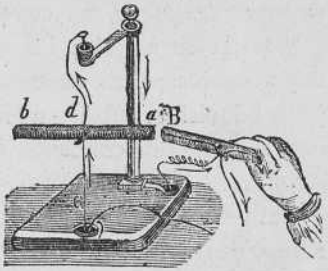

Fig. 54. Accion mútua de dos solenóides.

Otra propiedad sumamente notable de los solenóides, y que, como veremos más adelante, ha recibido importantes aplicaciones, es la siguiente. Si

en el interior de uno de estos aparatos se introduce una barra de *hierro dulce*, se observa que, en el momento que se haga pasar por dicho conductor una corriente eléctrica, la barra de hierro adquiere la singular propiedad de atraer con gran fuerza al mismo hierro y algun otro metal, como el níquel y cobalto; pero tan pronto como se interrumpe la corriente que determinó estas atracciones, cesan sus efectos; no sucede así si en esta experiencia se sustituye el hierro por una varilla de *acero templado*, en cuyo caso se notará que ésta tarda en adquirir las mencionadas propiedades atractivas; pero en cambio, una vez que las haya adquirido, subsisten en dicho cuerpo aunque deje de obrar la corriente eléctrica que las produjo.

Para explicar este diferente modo de obrar los solenóides sobre el hierro dulce y acero, se ha supuesto que, en este último existe una causa, llamada *fuerza coercitiva*, que dificulta, no tan sólo el adquirir dichas propiedades atractivas, sino que evita perderlas una vez adquiridas; segun esto, la fuerza coercitiva del acero templado debe ser muy grande, miéntras que en el hierro dulce es casi nula esta propiedad.

La naturaleza presenta tambien por su parte un mineral de hierro ($Fe^3\ O^4$) con propiedades idénticas á las que hemos dicho adquiere el acero bajo la influencia de los solenóides, cuyo cuerpo ha recibido el nombre de *piedra iman* ó *iman natural*, y por analogía se llaman *imanes artificiales* á los

que el hombre obtiene, bien por la accion de los solenóides ó por otros medios de que luégo nos ocuparemos.

Tratando los antiguos de explicarse la causa de las propiedades que poseian los imanes naturales, supusieron que existia un flúido, llamado **magnético**, al que eran debidas aquellas atracciones, y dieron el nombre de sustancias magnéticas á los cuerpos que eran atraidos por los imanes, tales como el hierro, acero, cobalto, níquel, cromo, algunos óxidos de hierro y el manganeso cuando está muy frio.

Esta teoría se ha seguido universalmente, hasta 1820, en que el célebre físico Ampere, examinando las grandes analogías que existen entre los solenóides y los imanes, admitió que la causa de las atracciones magnéticas era debida únicamente á la existencia de ciertas corrientes eléctricas que se verifican alrededor de las moléculas de los cuerpos magnéticos, convirtiéndolos en verdaderos solenóides; si estas corrientes marchan en diferentes direcciones quedan destruidos sus efectos, y el cuerpo, como sucede en el hierro dulce, no presenta propiedades especiales; mas si por un medio á propósito se consigue dirigirlas en el mismo sentido ú *orientarlas*, entónces el cuerpo magnético se convierte en un verdadero iman.

Esta ingeniosa teoría ha recibido el apoyo de una multitud de hechos que ya tendremos ocasion de exponer, presentando al mismo tiempo la ventaja de suprimir la idea del flúido magnético, con

lo que se simplifica notablemente el estudio del electro-magnetismo; no obstante, á fin de abreviar el lenguaje, se siguen usando, como nosotros lo haremos, las palabras *imanar*, *magnetismo*, etc., tomadas de la teoría antigua.

Veamos ahora cómo puede conseguirse la orientacion de las corrientes moleculares en los cuerpos magnéticos, ó sea la manera de obtener los imanes artificiales.

CAPITULO IV.

IMANACION ARTIFICIAL.

Los imanes obtenidos artificialmente pueden ser *temporales* y *permanentes*, segun se use para su construccion el hierro dulce ó el acero templado.

El hierro dulce, que segun hemos visto carece casi en absoluto de fuerza coercitiva, se imana con la mayor facilidad, sin más que ponerle en contacto con otro iman permanente. El hierro así imanado adquiere todas las propiedades de los verdaderos imanes, y puede á su vez comunicar el magnetismo á otro cilindro de hierro que se le aproxime, y éste á un tercero, y así sucesivamente (fig. 55), segun sea la intensidad del primer iman. Esta manera especial de imanarse el hierro ha recibido el nombre de *imanacion por influencia*, la que vemos presenta gran analogía con la electrizacion que adquieren los cuerpos buenos con-

ductores bajo la accion de otros préviamente electrizados, pues, como sucede en aquel fenómeno, la imanacion sólo dura miéntras subsiste el contacto entre el iman y el hierro, y basta separar el pri-

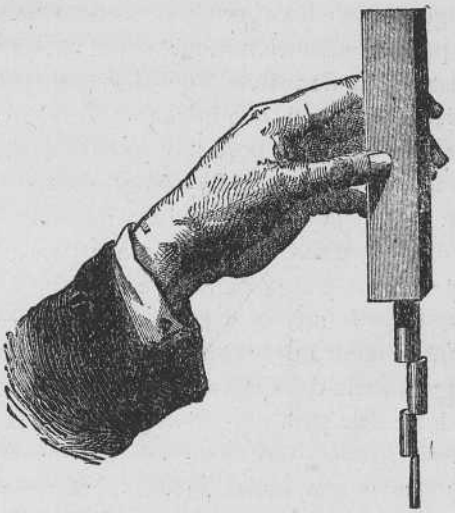

Fig. 55. Imanacion por influencia.

mer cilindro para que todos se desunan inmediatamente. De esta facilidad con que se imana el hierro dulce bajo la influencia de otros imanes se ha sacado un gran partido en la construccion de várias máquinas, que más adelante tendremos ocasion de exponer.

Otro medio de imanar fuertemente el hierro dulce consiste en someterle á la accion de un solenóide en circunstancias á propósito, habiendo re-

cibido el nombre de *electro-imanes* los que se obtienen por este procedimiento.

Como quiera que estos órganos son de suma importancia para la construccion de la mayor parte de los aparatos eléctricos, vamos á indicar con algunos detalles el modo de obtenerlos.

La primera condicion á que debe atenderse en la construccion de los electro-imanes es á la calidad del hierro con que hayan de formarse; éste debe ser lo más puro posible y trabajado con carbon vegetal. Una vez forjado y limado en la forma que deba tener, conviene introducirle en un crisol con cal recientemente apagada y, despues de bien tapado, exponerle al rojo durante una hora por lo ménos, dejándole enfriar despues lentamente dentro del crisol; por último, para concluirle y afinarle debe usarse una lima suave, evitando golpearle para que no adquiera fuerza coercitiva.

Los imanes temporales pueden afectar muy diferentes formas, pero en la mayoría de los casos se usan en línea recta y en herradura. Los *electro-imanes rectos* consisten (fig. 56) en una barra de hierro dulce *ab*, introducida en un carrete, sobre el cual se arrolla un alambre de cobre recubierto de seda, y segun se den las vueltas á derechas ó á izquierdas, así se dice que la hélice es

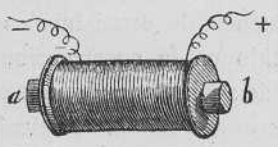

Fig. 56. Electro-iman recto

dextrorsum ó *sinistrorsum*. El carrete puede ser de cualquier sustancia no magnética, pero en general se hacen de laton, ebonita, marfil ó madera; y en cuanto al alambre de cobre, debe ser lo más puro posible, y áun sería preferible la plata, que conduce mejor el flúido eléctrico, si no fuera tan elevado su precio.—A fin de que no estorbe el principio del alambre al dar las vueltas sucesivas, se le saca fuera por un taladro practicado en uno de los discos del carrete.

Montado el aparato en las condiciones indicadas, basta poner en comunicacion los dos extremos del alambre con los polos de una pila, para que la barra de hierro del electro-iman se convierta casi instantáneamente en un vigoroso iman, permaneciendo en tal estado miéntras dure el paso de la corriente eléctrica. Segun se haya arrollado dicho alambre sobre el carrete á derechas ó á izquierdas, así aparecerá la barra de hierro *ab* con el polo positivo en *a* ó en *b*; pero basta invertir el sentido de la corriente para que cambien tambien de posicion dichos polos.

Si se interrumpe despues la comunicacion entre los reóforos de la pila y los extremos del alambre que forma el electro-iman, la barra *ab* perderá tambien rápidamente sus propiedades magnéticas mas no tan pronto como las adquirió, y este magnetismo, que subsiste despues de cesar la corriente y que, segun veremos, perjudica mucho en las aplicaciones de los electro-imanes, es el que ha recibido el nombre de *remanente*. Para evitarle

cuanto es posible, se aconseja recocer bien el hierro de los electro-imanes é impedir la union entre sus *polos* ó extremos y el trozo de hierro ó *armadura* á que se apliquen, interponiendo entre ambos una lámina muy delgada de laton ó simplemente una hoja de papel.

A pesar de la sencillez que presentan los electro-imanes rectos, se usan muy poco en los aparatos eléctricos, por no aprovecharse en ellos más que la atraccion de uno de sus extremos, y suelen construirse generalmente en forma de *herradura*.

Esta clase de electro-imanes consiste en una barra de hierro dulce doblada en forma de *U* (figura 57), en cuyas extremidades se introducen dos carretes ó *bobinas*, llenos de alambre de cobre forrado de seda. Estos carretes se cubren de alambre por medio de un torno, separados del electro-iman, pues de otra manera la operacion es muy pesada; lo único que hay que tener en cuenta al verificarlo es que las vueltas vayan en ambos en el mismo sentido, pues de lo contrario, el efecto de un carrete quedaria destruido por el del otro; luégo se introducen en las ramas de la herradura de hierro y se unen íntimamente los extremos interiores de los alambres.

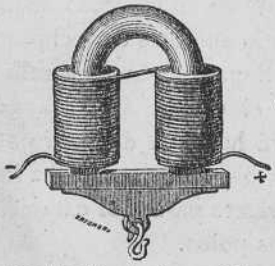

Fig. 57. Electro-iman en herradura.

En vez de doblar en forma de *U* la barra de

hierro de estos electro-imanes, operacion que no deja de presentar sus dificultades cuando es de gran diámetro, pueden obtenerse con más facilidad é iguales condiciones por medio de dos cilindros de hierro dulce, unidos á una platina gruesa del mismo metal con tornillos, ó simplemente remachados (fig. 58), cuya forma presenta ademas la ventaja de ocupar ménos espacio y poderse fijar con más facilidad verticalmente sobre la base de cualquier aparato.

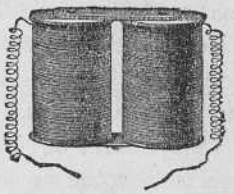

Fig. 58. Electro-iman compuesto.

Para sacar de los electro-imanes el mayor partido posible, ha de someterse su construccion á las siguientes reglas: En primer lugar, el diámetro y longitud del alambre debe ser proporcional á la *resistencia* que presente el circuito de que aquél forma parte, incluyendo en él la pila. La resistencia que opone un conductor al paso de la corriente eléctrica es comparable á la que presenta un tubo de conduccion de agua al movimiento del líquido que por él circula. En efecto, por un tubo estrecho y largo no puede pasar una gran cantidad de agua á ménos que su *velocidad* sea muy grande; y de un modo análogo, un alambre delgado y de gran longitud no permitirá el paso á una corriente eléctrica, á no poseer ésta una gran *tension*.

Asimismo una gran *cantidad* de agua, que marcha con poca *velocidad*, no podrá correr por un

tubo si no es éste grueso y relativamente corto, y lo mismo sucede cuando una pila produce gran *cantidad* de flúido eléctrico con poca *tension*, en cuyo caso, para que circule con facilidad todo el flúido desarrollado por aquélla, se necesita usar un alambre corto y grueso. De aquí se deduce que en todos los casos conviene usar alambres gruesos y de un metal buen conductor, y así se hace, en efecto, cuando nada se opone á ello; pero en los electro-imanes sucede, que á medida que se separan las diferentes capas de alambre del eje central de hierro, van ejerciendo ménos influencia sobre aquél, por cuya razon sólo debe darse al conductor, á fin de que el carrete tenga el mayor número de vueltas posible, el diámetro estrictamente necesario para que circule con facilidad la corriente de la pila. Así, cuando se usan pilas intensas, como las de Bunsen ó Grenet, conviene poner alambre grueso y relativamente corto; pero si la pila de que nos valemos es débil, como la de Daniell ó Leclanché, el alambre deberá tener cuando más medio milímetro de diámetro.

En cuanto á las dimensiones de los cilindros de hierro y carretes correspondientes, nada fijo puede decirse, pero en general los constructores se atienen á las siguientes medidas. Llamando *uno* el diámetro de los cilindros de hierro, su longitud debe ser próximamente *ocho*; la distancia entre sus centros *cuatro*; el ancho de la platina de hierro en que están fijos *dos*; su grueso unos *dos tercios*, y su

longitud *seis*; el diámetro de los carretes *tres* y *medio*, y su altura *siete* y *medio*.

Debemos tambien advertir que, si por circunstancias especiales conviniera que los electro-imanes fuesen poco pesados, pueden hacerse huecos los cilindros de hierro, sin que por esto pierdan nada de su fuerza, con tal que el grueso de las paredes del tubo sea por lo ménos la cuarta parte de su diámetro.

Por último, las armaduras ó contactos á que se aplican los electro-imanes deben ser de buen hierro dulce y tener una masa proporcional á su tamaño, á excepcion de los casos en que deban moverse con gran velocidad, como sucede en los telégrafos, en que convendrá hacerlas muy ligeras.

Imanes permanentes.—Existen diferentes procedimientos para obtener esta clase de imanes, pero en la práctica sólo se usan los que vamos á exponer.

La primera condicion á que debe atenderse, cualquiera que sea el método que para la imanacion se siga, es á la calidad y temple del acero; éste debe ser muy rico en carbono, y su fractura ha de presentar un grano fino y unido; con estas condiciones debe templarse al *rojo cereza* y recocerle hasta el *azul*. Si el acero es pobre en carbono y de grano grueso, debe templarse *á toda agua* y no recocerle.

Si el iman que se quiere obtener no es muy grande y su forma lo permite, el mejor procedimiento consiste en frotar cada una de sus dos mi-

tades, partiendo siempre del centro y en el mismo sentido, con uno de los polos de un iman poderoso, y aún mejor con los de un electro-iman (figura 59) fijo en una tabla, como indica el dibujo. De

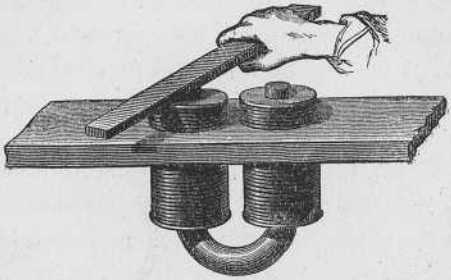

Fig. 59. Imanacion por contacto.

esta manera aparecerá el polo positivo del nuevo iman en el extremo que se haya frotado con el negativo de aquél, bastando en general unas veinte fricciones por cada una de sus caras para que adquiera el mayor grado posible de magnetismo ó quede *saturado*.

Si el iman que se va á formar es de grandes dimensiones, este método es ineficaz, y entónces se opera del siguiente modo: Para ello se coloca la barra que se quiere imanar, apoyada por sus extremos en los polos contrarios de dos poderosos electro-imanes rectos (fig. 60), y se la frota dife-

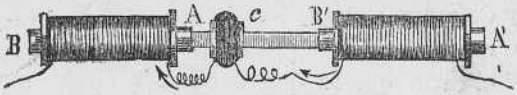

Fig. 60. Imanacion eléctrica.

rentes veces por todas sus caras con un carrete de

laton *C*, rodeado por muchas vueltas de alambre de cobre recubierto de seda, teniendo ademas cuidado de que cada mitad de la barra reciba el mismo número de fricciones. El alambre de los dos electro-imanes y el del carrete debe estar arrollado en el mismo sentido y sus extremos en comunicacion, para que la corriente de una pila enérgica pase á la vez por todos ellos. En este procedimiento el polo N. de la barra aparece en la extremidad que esté apoyada en el polo S. de los electro-imanes.

Cuando el iman que se desea obtener tiene una forma tal que no permite seguir ninguno de los procedimientos anteriores, se le rodea várias veces y en el mismo sentido, con un alambre de cobre cubierto de seda, de un milímetro próximamente de diámetro, siguiendo el mismo órden que hemos indicado al ocuparnos de los electro-imanes; despues se hace pasar por dicho alambre la corriente de 4 ó 5 elementos Bunsen montados en tension, y á la vez se dan repetidos y pequeños golpes á la barra para facilitar el movimiento de sus moléculas.

Para aplicar este método con más prontitud á la imanacion de várias láminas ó barras de acero, conviene envolver el alambre de que hemos hablado alrededor de un carrete hueco de madera ó laton, que tenga una longitud mitad que aquéllas y permita el orificio central introducirlas en su interior.—Haciendo pasar despues por dicho alambre una corriente intensa, no hay más que introducir

las barras una á una, haciéndolas ir y venir várias veces, para facilitar su imanacion.—Este procedimiento se usa con ventaja para obtener los imanes que componen los *haces* magnéticos de que luégo hablaremos.

Forma de los imanes.—Los imanes suelen hacerse generalmente en forma *rectilínea* ó en *herradura*, y en ambos casos pueden estar compuestos por una sola lámina ó por várias, constituyendo en este caso los *haces* ó *manojos magnéticos*.

Los rectilíneos se hacen con barras de acero prismáticas, de una longitud proporcionada al objeto á que se destinen, y generalmente sus dimensiones guardan la relacion de *uno* de grueso por *dos* de ancho y *treinta* de largo.

Los *haces* se obtienen agrupando los rectilíneos en la forma que indica la fig. 61, teniendo cuidado

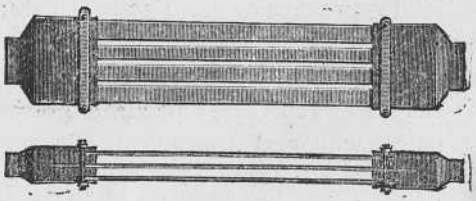

Fig. 61. Haz de imanes rectilíneos.

que los del centro sean algo más largos que los de la parte exterior; sus extremos se hallan unidos á unas piezas de hierro dulce llamadas *armaduras*, que condensan, si así puede decirse, el magnetismo de todas las barras.—No se crea, sin embargo, que un manojo magnético puede sostener

nunca la suma de los pesos que aisladamente sostendrian los imanes que le forman, pues por la accion contraria que ejerce cada uno sobre el inmediato, resulta muy debilitada la potencia del manojo.

Los imanes en *herradura* tienen la forma que indica su nombre, y pueden hacerse como los anteriores, de una ó de várias láminas (fig. 62), cuidando tambien en este último caso de que la lámina central sea más larga que las inmediatas.

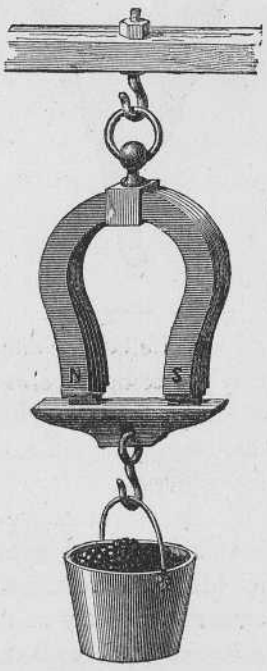

Fig 62. Haz de imanes en herradura.

M. Jamin se ha ocupado recientemente de las condiciones que deben reunir los imanes en herradura, y ha deducido las siguientes reglas para su construccion.

Desde luégo deben hacerse de láminas delgadas de acero aplicadas unas sobre otras, y unidos sus extremos, por medio de otra lámina de laton que las rodea, á dos grandes amaduras de hierro dulce de la forma que indica la (fig. 63). Estas dos armaduras sue-

len tambien unirse con chapas de laton que, por no ser un metal magnético, en nada alteran la fuerza del iman.—El número de láminas debe ser proporcional á la longitud del iman, partiendo del supuesto que, para 30 centímetros de largo, deben ponerse 10 ó 12 láminas.

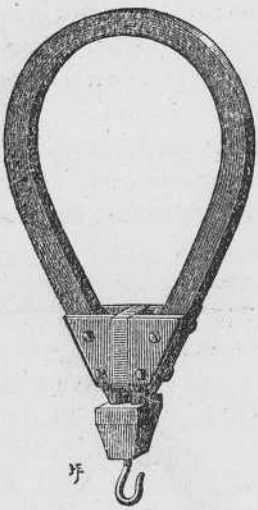

Fig. 63. Iman Jamin.

Las armaduras deben ser anchas, bien aplicadas á los extremos de las láminas, y conviene que queden bastante inmediatas. Su masa ha de ser tal que, aplicando sobre ellas el contacto de hierro, desaparezca casi por completo el magnetismo exterior.

Las mejores láminas para obtener esta clase de imanes son los muelles de relojes de sobremesa.

Teniendo en cuenta estas indicaciones y lo que hemos dicho al principio sobre el temple del acero, M. Jamin ha logrado obtener imanes capaces de sostener diez y seis veces su peso.

Recientemente obtenidos los imanes, presentan en general más fuerza que despues de haber trascurrido algun tiempo, y esto es debido á que, bajo la influencia poderosa de los imanes ó corrientes

eléctricas á que se les somete para imanarlos, se consigue sobrepasar su punto de *saturacion*, y es claro que, cuando cesa la influencia de aquéllos, pierden por sí solos el magnetismo en exceso que poseian.

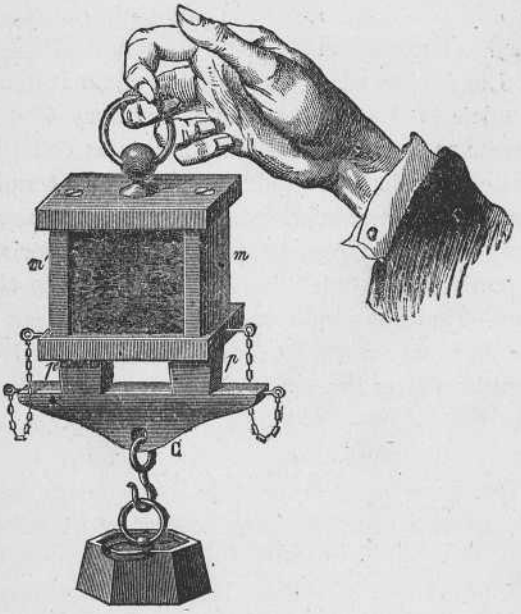

Fig. 64. Iman natural montado.

Para conservar algo este magnetismo y evitar en lo posible la pérdida del que les corresponde por su tamaño, conviene tener siempre aplicadas á sus armaduras piezas de hierro dulce, llamadas *contactos*, las que se imanan por influencia y retie-

nen el magnetismo que de otro modo se perderia.

Se ha observado, ademas, que aumentando gradualmente el peso que sostiene un iman, por medio de un vaso en el que se van echando perdigones, como indica la fig 62, aquél adquiere mucha mayor fuerza; mas si se pasa el límite de su carga y cae el contacto, pierdè entónces de repente cuanto hubiere ganado.

Los imanes naturales necesitan aún más que los artificiales el uso de armaduras de hierro. Generalmente se montan aplicando á sus polos dos gruesas chapas de hierro dulce *mm'* (fig. 64), terminadas por su parte inferior en dos troncos de pirámide *pp'* del mismo metal, unidas entre sí por aros ó platinas de un metal no magnético, como el laton.—En estas condiciones, y aplicando á sus polos un grueso contacto *C* de hierro dulce, son susceptibles estos imanes de soportar grandes pesos.

CAPITULO V.

PROPIEDADES DE LOS IMANES.

Estudiada la manera de obtener los imanes artificiales, vamos á ocuparnos de sus principales propiedades.

Si se coloca un iman natural ó artificial en presencia de limaduras de hierro, se observa (fig. 65) que aquéllas se adhieren fuertemente á sus extremos formando unas especies de penachos, mién-

tras que en su centro apénas es sensible dicha atraccion; igual fenómeno tiene lugar cuando en la experiencia anterior se reemplaza el iman por un selenóide en actividad.

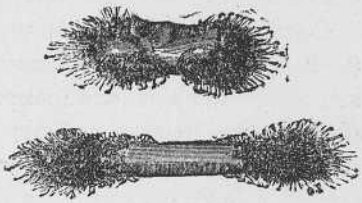

Fig. 65. Polos de los imanes.

A estos puntos en que parece residir la fuerza atractiva de los imanes, se les ha dado el nombre de polos N. y S., por la analogía que guardan con los de la tierra y con los selenóides, y á su vez ha recibido el nombre de *línea* neutra la porcion central en que es nula dicha atraccion.

No se crea, sin embargo, que esta línea carece de magnetismo, pues si se corta por ella un iman, como es fácil verificarlo imanando una *aguja de hacer media*, cada mitad aparecerá con sus dos polos y línea neutra, pudiendo repetirse esta operacion un número casi indefinido de veces (fig. 66). La causa de esta aparente contradiccion consiste, en que las corrientes eléctricas que circulan alrededor de las moléculas del centro están neutralizadas en sus efectos, como sucede en los selenóides, por la influencia de las inmediatas, y no

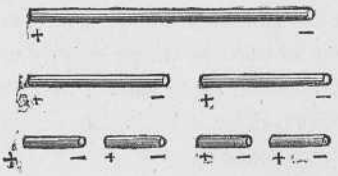

Fig. 66. Division de un iman.

pueden por lo tanto hacer sensibles sus propiedades sino en sus dos extremos.

Continuando la analogía que en todas sus propiedades presentan los imanes con los selenóides, se observa tambien que, suspendiendo un iman por su centro de gravedad con un hilo sin torsion de manera que pueda girar libremente, al aproximar el polo N. de otro iman fijo, es atraido con gran fuerza el polo S. del primero, miéntras que, presentando el polo S. del iman fijo, gira rápidamente el movible y es atraido su polo N. Esta experiencia hace ver claramente que los *polos contrarios* de los imanes se *atraen*, miéntras que *se repelen los del mismo nombre*, ley idéntica á la que vimos se verificaba en los selenóides.

Si el iman suspendido por el hilo sin torsion de la anterior experiencia se le deja en completa libertad, observaremos tambien que no se fija en una posicion cualquiera del horizonte, sino que gira hasta colocarse próximamente en la direccion de N. á S., como vimos hacian los solenóides movibles en iguales circunstancias. Teniendo en cuenta ademas la accion que hemos visto ejercen entre sí los polos de los imanes, se deduce fácilmente que el polo N. de un iman movible será el que se dirija al S. de la tierra, miéntras que el polo S. del mismo debe ser el que se incline hácia el N. de dicho planeta.

Brújula.—La accion directriz que acabamos de ver ejerce la tierra sobre los imanes ha dado orígen á un aparato tan sencillo como útil, llamado

brújula de declinacion. Consiste ésta (fig. 67) en un iman en forma de rombo muy prolongado, en cuyo centro lleva una pieza de ágata con una cavidad cónica, por la que descansa sobre una punta aguda de acero. Por este procedimiento, resulta sumamente movible dicho iman y puede colocarse en la direccion en que le dirija la tierra.

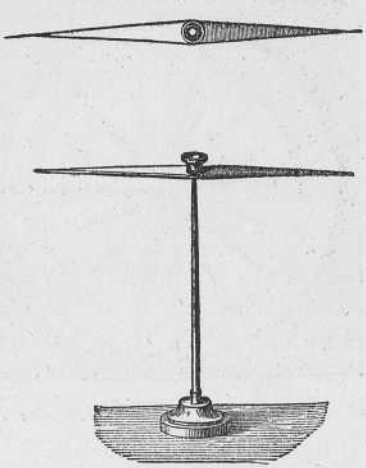

Fig. 67. Aguja magnética.

Generalmente va montado este aparato dentro de una caja de madera, cubierta con un disco de cristal (fig. 68), en cuyo fondo está pintada la *rosa de los vientos*.

Colocando la línea N. S. de dicha *rosa* en la direccion del meridiano geográfico del sitio en que se haga la experiencia, se observa que los polos de la brújula, ó sea el *meridiano magnético*, no coinciden con aquélla, desviándose, en Madrid, el que mira al N., unos 19 grados hácia el Occidente. El conocimiento de este ángulo, llamado de *declinacion*, es de la mayor importancia para sacar partido

de tan notable aparato, pero hay que advertir que varía con el trascurso de los años y, aún mucho más, de un sitio á otro de la tierra.

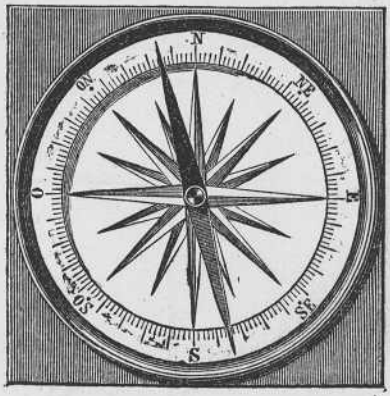

Fig. 68. Brújula de declinacion.

Agujas astáticas.—En algunas aplicaciones de los imanes, que más adelante tendremos ocasion de exponer, se necesita valerse de brújulas sobre las que no ejerza influencia sensible la tierra, y la manera más sencilla de conseguirlo consiste en colocar una sobre otra y unidas invariablemente, dos agujas imanadas (fig. 69) con sus polos invertidos. De esta manera, si los imanes son exactamente de igual fuerza, la accion directriz de la tierra quedará completamente destruida; pero si uno de dichos imanes es un poco más enérgico que el otro, como en general sucede, entónces la tierra dirigirá al sistema con una fuerza proporcional á la diferencia de sus intensidades magnéticas, originándose las llamadas agujas semi-astáticas.

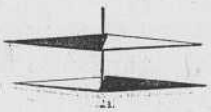

Fig. 69. Agujas astáticas.

La accion atractiva que los imanes ejercen sobre los cuerpos magnéticos, decrece rápidamente cuando aumenta la distancia que los separa, de tal manera, que si un iman puede sostener 100 gramos á la distancia de un milímetro, á la de dos sólo podrá levantar 25, y á la de tres 12 escasamente. Haciendo repetidas experiencias en este sentido, se ha llegado á deducir la siguiente ley: *Las acciones magnéticas decrecen en razon inversa del cuadrado de la distancia.* Ademas se ha observado que dichas atracciones subsisten aunque se interponga entre el iman y el cuerpo atraido sustancias no magnéticas, como la madera, cristal, cobre, laton, etc., circunstancia muy favorable para la construccion de algunos aparatos de que más adelante hablaremos.

CAPÍTULO VI.

ELECTRO-MAGNETISMO.

Accion de las corrientes sobre los imanes.— Estudiando Œrsted en 1819 la influencia que pudieran tener las corrientes voltáicas sobre los imanes, observó que, haciendo pasar una corriente eléctrica por un conductor colocado cerca de un iman libremente suspendido en la direccion de su eje, el iman giraba alrededor de su centro y tendia á ponerse en cruz con dicha corriente.

Para repetir la importante experiencia del citado físico, puede usarse el aparato indicado en la figu-

ra 70, el cual consiste en una pequeña brújula colocada entre dos conductores metálicos, sostenidos horizontalmente por unas columnitas de cristal. Situando el plano de dichos conductores en la direccion que indique la brújula y haciendo despues

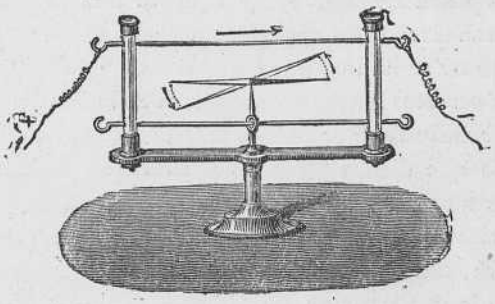

Fig. 70. Aparato de Œrsted.

pasar la corriente de una pila por el conductor superior en la direccion N. S., veremos que el polo *austral* de aquélla gira hácia el E., y se verificaria lo contrario si la corriente marchase de S. á N. Estableciendo luégo el circuito por el conductor inferior, los movimientos del iman se verificarán con igual energía, pero en un sentido completamente opuesto.

Resulta, pues, que un iman libre puede tomar cuatro posiciones distintas bajo la influencia de una corriente eléctrica, segun ésta se dirija de N. á S. ó de S. á N., y el conductor por donde circula el flúido eléctrico esté colocado encima ó debajo de dicho iman. Estas distintas posiciones las ha reasumido Faraday en la siguiente ley: *Suponien-*

do personificada la corriente, el polo austral del iman se dirige siempre á la izquierda.

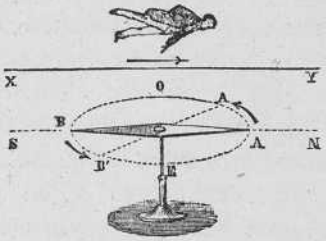

Fig. 71. Personificacion de una corriente.

Personificar una corriente eléctrica es suponer que un observador forma parte del circuito, de manera que la corriente penetre por sus piés y salga por su cabeza, y esté ademas colocado de cara al iman, así es que, si la corriente marcha sobre éste, el observador habrá de situarse como indica la figura 71, y en este caso el polo austral se dirige, en efecto, hácia su izquierda; pero si el conductor por donde circula el flúido eléctrico se halla colocado debajo de dicho iman, el observador tendria que situarse en la posicion representada por la figura 72, y tambien en este caso el polo austral girará hácia la izquierda.

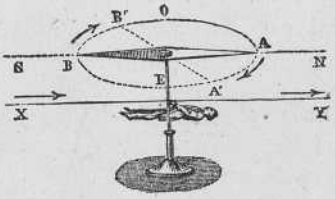

Fig. 72. Corriente inferior.

Esta accion que las corrientes ejercen sobre los imanes se explica perfectamente recordando la teoría de Ampere, pues siendo los imanes unos verdaderos solenóides en que sus corrientes mar-

chan, segun sabemos, perpendicularmente á la línea que une sus polos, tenderán aquéllos á colocarse en la misma direccion que la corriente voltáica, lo que se verificará cuando se sitúe el iman en ángulo recto con la corriente.

La misma explicacion cabe en la accion que la tierra ejerce sobre los imanes, con tal que se considere á dicho astro, segun ya indicamos, como un gran selenóide cuyas corrientes marchan de E. á O.

La desviacion que experimenta un iman bajo la influencia de una corriente eléctrica depende de la intensidad de ésta y de la distancia que medie entre ambos; luego si esta distancia permanece constante, el número de grados que gire el iman dependerá únicamente de la intensidad de la corriente y podrá, por lo tanto, servir para comparar entre sí dos ó más corrientes voltáicas. En general esta desviacion es muy pequeña, y á fin de aumentar su valor, se coloca el iman dentro de un marco rectangular de madera (figura 73), llamado *multiplicador*, á cuyo alrededor se arrolla várias veces un alambre de cobre cubierto de seda, y de esta manera el efecto de la corriente queda multiplicado por el número de vueltas que dé el alambre, prescindiendo, por supuesto, de la

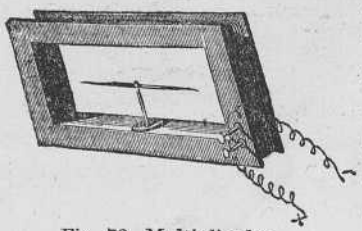

Fig. 73. Multiplicador.

resistencia que este mismo conductor oponga al paso de la electricidad.

Fundándose en este principio, se ha construido un aparato sumamente útil, llamado *galvanómetro multiplicador*, cuyo objeto es apreciar la existencia de las corrientes eléctricas por débiles que sean y compararlas entre sí. Consiste tan interesante

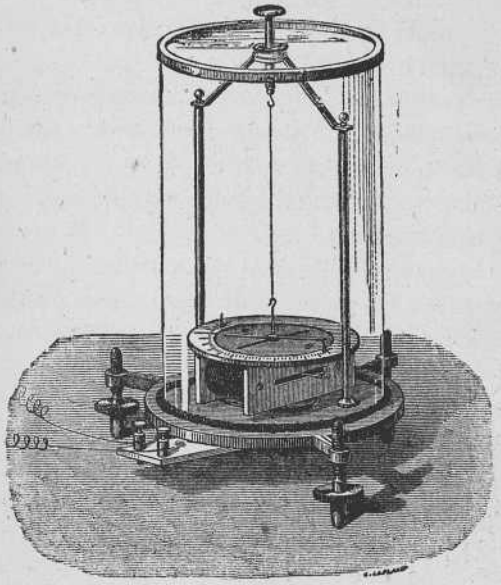

Fig. 74. Galvanómetro multiplicador.

instrumento en un marco de madera (fig. 74), á cuyo alrededor está arrollado un alambre de cobre revestido de seda; el iman del multiplicador descrito anteriormente, se sustituye en éste por un

sistema de agujas semi-astáticas suspendidas por un hilo muy fino de seda sin torsion y colocadas de manera que la aguja inferior quede dentro del marco de madera, y la superior sobre él y próxima á un círculo graduado. De esta manera, la accion de la electricidad sólo tiene que vencer la poca atraccion que sobre dichas agujas ejerce la tierra, y como, ademas, las corrientes que marchan por la parte superior del marco tienden á dirigir en el mismo sentido á ambas agujas, por tener cambiados sus polos, resulta que éstas giran bajo el influjo de cualquier corriente por débil que sea. Todo el aparato va protegido por un fanal de cristal para evitar el movimiento de las agujas por efecto del aire.

El diámetro y longitud del alambre con que se construyen los galvanómetros, tiene que estar en relacion con la intensidad de la corriente que se quiere medir; si se trata de apreciar corrientes débiles debe usarse un alambre largo y de poco diámetro, á fin de multiplicar mucho su efecto, y al contrario, para medir las corrientes intensas debe ser aquél corto y grueso. Sin embargo, cuando la corriente que ha de circular por el galvanómetro procede de una pila que tiene poca *resistencia*, como sucede en las *termo-eléctricas*, es necesario, aunque aquélla sea débil, valerse de un alambre grueso y corto, para que pueda vencer la *resistencia* que opone todo conductor.

Para usar un galvanómetro hay que empezar por *orientarle*, ó sea hacer que las agujas se que-

den en la misma direccion que tienen las diferentes vueltas del alambre, en cuyo caso la aguja superior marcará en el limbo graduado el cero de su division; ademas, hay que colocar el eje de dichas agujas en el centro de dicho limbo, para lo que se mueven convenientemente los tornillos colocados en el pié del aparato.

Conseguido esto, se hacen pasar por él las dos corrientes cuyas intensidades se quieren comparar, y si no pasan de 30 los grados marcados por la más enérgica, en la misma relacion que aquéllos estarán las intensidades de las corrientes empleadas; es decir, que si una corriente señala en el galvanómetro 24 grados, tiene una intensidad tres veces mayor que otra que sólo marque 8. Cuando el número de grados pasa de dicho límite, ya no existe esta proporcionalidad, y entónces lo que debe hacerse es, reducir la más intensa á unos 30 grados, obligándola á pasar por un alambre largo ó un líquido poco conductor, y despues se hace pasar tambien la más débil por dicho cuerpo, en cuyo caso las intensidades de ambas corrientes guardarán entre sí la misma relacion que los grados correspondientes.

Si no se quiere introducir esta *resistencia* artificial, hay necesidad de formar para cada galvanómetro una tabla especial que indique la relacion que existe entre sus grados y las intensidades eléctricas correspondientes, operacion algo difícil y de poco resultado, pues las indicaciones de un galvanómetro dependen del magnetismo de las

agujas, el cual varía con el tiempo y á veces por la accion de una corriente algo intensa.

Afortunadamente se han construido galvanómetros que nos dan á conocer la intensidad de las

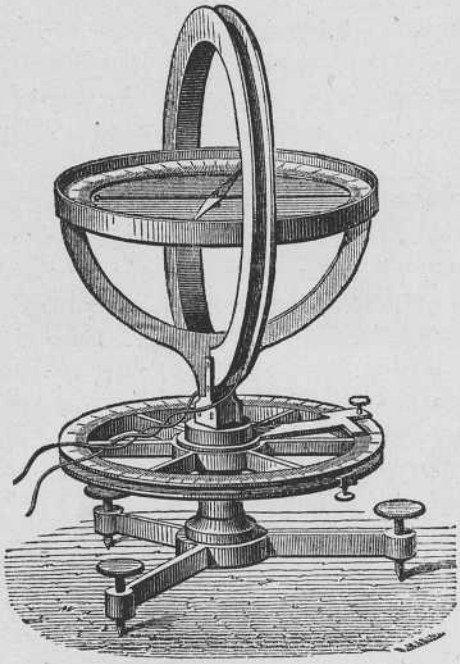

Fig. 75. Brújula de senos.

corrientes en proporcion del *seno* ó *tangente* del ángulo de desviacion.

El primero de éstos, llamado *brújula de senos*, consiste (fig. 75) en un anillo de madera de bastante diámetro, colocado verticalmente y provisto

en toda su circunferencia de una ranura, en la que se arrolla una ó muchas veces un alambre de cobre cubierto de seda; en medio de este anillo se halla colocado horizontalmente un círculo graduado, que lleva en su centro una brújula ordinaria. Todo este conjunto puede moverse alrededor de un eje vertical, provisto de una alidada para marcar el ángulo que ha girado el aparato sobre un círculo horizontal graduado con gran esmero.

Para usar este instrumento se coloca el anillo vertical en la direccion del meridiano magnético, en cuyo caso la brújula marcará cero grados; como entónces se queda dicha brújula debajo del anillo vertical, es difícil asegurarse si ocupa precisamente el cero del limbo graduado, y á fin de evitar esta dificultad lleva fija en su centro y en ángulo recto otra aguja muy ligera de ballena, que marca con gran precision dicho grado. Despues se hace pasar por el alambre que rodea al anillo vertical la corriente cuya intensidad se quiere medir, en cuyo caso el polo austral de la brújula se inclinará hácia la izquierda de dicha corriente, y por medio de la alidada se hace girar el aparato en el mismo sentido, hasta que la aguja de ballena vuelva á coincidir con el cero. Midiendo entónces con exactitud el ángulo que ha recorrido dicha alidada y repitiendo la misma operacion con otra corriente cualesquiera, las intensidades respectivas de ambas estarán en la misma relacion que los *senos* de los ángulos correspondientes.

Unidades eléctricas. – La comparacion de las co-

rrientes por medio del galvanómetro exige, ademas, la eleccion de u idades eléctricas á que puedan referirse las demas, y aunque todavía no se ha convenido universalmente en cuáles hayan de ser aquéllas, las siguientes, propuestas por la ASOCIACION BRITÁNICA, son las más generalmente usadas.

La unidad de *resistencia* ha recibido el nombre de *Ohm*, y representa el obstáculo que tiene que vencer una corriente para recorrer un alambre de hierro de 100 metros de longitud y 4 milímetros de diámetro.

La unidad de *fuerza electro-motriz* se llama *Volt*, y equivale próximamente á la que posee un elemento de Daniell.

La unidad de *intensidad* se llama *Weber*, y se obtiene dividiendo un Volt por un Ohm.

La unidad de *capacidad electro-estática* se llama *Farad*, y representa la que tendria un condensador que se cargase con un Volt al hacer actuar sobre él la unidad de fuerza electro-motriz á través de la unidad de resistencia.

Para expresar los múltiplos y divisores de estas unidades, se sigue un método análogo al que se usa en el sistema métrico, pero, en general, sólo se aplican las palabras *mega* y *micro*, que significan respectivamente *un millon* y *una millonésima*. Así se dice, un *megohm*, para representar una resistencia de un millon de Ohm, y un *microfarad*, para indicar una capacidad electro-estática un millon de veces menor que un Farad.

Causa de las corrientes voltáicas.—Entre las muchas é interesantes aplicaciones del galvanómetro, una de las más importantes se refiere al exámen de la causa que produce las corrientes voltáicas.—Para demostrar esta interesante proposicion se procede del siguiente modo. En un vaso de cristal que contenga ac. nítrico puro, se introducen verticalmente y algo separados dos alambres de platino, los que se ponen en comunicacion con un galvanómetro sensible.—Como el platino tiene la propiedad de no ser atacado por dicho ácido, ninguna reaccion química tiene lugar en este caso, y el galvanómetro permanece en el cero de su graduacion; pero si al lado de uno de dichos alambres se echan unas gotas de ac. clorhídrico, se formará inmediatamente *agua régia* que ataca vivamente al platino, y entónces el galvanómetro acusará instantáneamente el paso de una corriente que se dirigirá, por el interior del líquido, desde el alambre atacado al que no lo es.—Si se agita dicho líquido con una varilla de cristal, á fin de hacerle homogéneo, cesarán inmediatamente las indicaciones del galvanómetro, pues en este caso son atacados los dos alambres con igual energía y se producen dos corrientes iguales y contrarias.

Resulta, pues, comprobado que la causa de las corrientes eléctricas es debida á las acciones químicas; ademas, nos prueba la anterior experiencia que en toda pila deben existir dos cuerpos, de los cuales uno tan sólo sea atacado por el líquido en que se sumergen, miéntras el otro esté encargado de

trasmitir la electricidad de dicho líquido. Así hemos visto, en efecto, que sucede en las diferentes pilas que se han descrito, y en todas tambien se verifica que la corriente marcha desde el metal atacado al otro elemento, por el interior de la pila.

CAPÍTULO VII.

CORRIENTES DE INDUCCION.

Ademas de los medios indicados anteriormente para producir corrientes eléctricas, existe otro, descubierto por Faraday en 1831, de mayor importancia aún que aquéllos. Estas corrientes que se desarrollan, segun vamos á ver, por la influencia de otras, han recibido el nombre de *corrientes de induccion.*

Para demostrar su existencia, se usa generalmente un carrete de madera *B* (fig. 76), sobre el cual

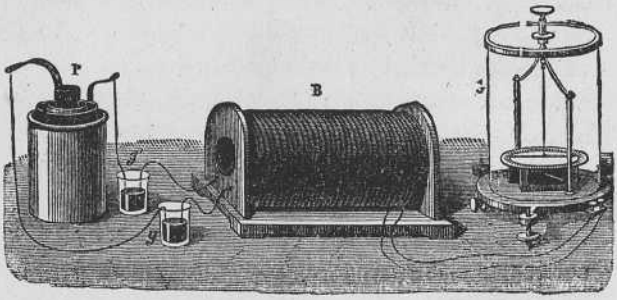

Fig. 76. Induccion por una corriente.

se arrolla hasta una tercera parte de su diámetro un alambre grueso de cobre cubierto de seda, cuyos

extremos se introducen en el mercurio contenido en dos vasitos de cristal *g* y *g'*; sobre este alambre se arrolla otro muy fino y perfectamente aislado, tambien de cobre, comunicando por sus extremos con un galvanómetro *G*. Si en esta disposicion se hace pasar por el alambre grueso, llamado *circuito inductor*, la corriente de una pila *P*, inmediatamente el galvanómetro acusará el paso de otra corriente por el alambre delgado ó *circuito inducido*, pero en sentido *contrario* á la de la pila. Miéntras continúe pasando por el alambre grueso la primera corriente, llamada *inductora*, el galvanómetro permanecerá en el cero, mas si se interrumpe ésta, sacando del mercurio uno de los reóforos de la pila, instantáneamente volverá á establecerse por el alambre delgado otra corriente inducida en la misma direccion que la inductora.

Reasumiendo los anteriores fenómenos, resulta que, al pasar por el circuito inductor una corriente voltáica, se establece otra *instantánea* é *inversa* en el circuito inducido, y al cesar nuevamente la corriente de la pila, vuelve á originarse otra *instantánea* y *directa* en dicho circuito.

Resulta, pues, que solamente al cerrar y abrir el circuito voltáico se producen las corrientes inducidas; mas en realidad no es necesario que cese del todo la corriente inductora para que aquéllas tengan lugar, y basta, en efecto, que su intensidad varíe bruscamente, por establecer una derivacion que la debilite, ó bien que varíe la distancia que media entre los circuitos inductor é inducido, para que en proporcion

con estos cambios, se desarrollen dichas corrientes.

Otro medio muy ventajoso de producir corrientes inducidas, consiste en sustituir el solenóide formado por el alambre grueso del aparato anterior por un iman permanente, como indica la fig. 77. En este caso no es necesario más que un alambre fino de cobre cubierto de seda y arrollado sobre un carrete hueco de madera ó carton. Si se hacen comunicar los extremos f y f' de dicho alambre con un galvanómetro y se introduce en el carrete un iman vigoroso, se observará que aquel instrumento indica el paso de una corriente *inversa* á la que, segun la teoría de Ampere, constituye dicho iman, cambiando de direccion cuando se saca la barra imanada del interior del carrete. La intensidad de estas dos corrientes se observa, ademas, que es proporcional á la velocidad con que se introduzca ó saque el iman, por lo cual es más conveniente colocar dentro del carrete una barra de hierro dulce (figura 78), y aproximar rápidamente á uno de sus extremos un iman enérgico, en cuyo caso, imanándose por influencia el hierro dulce, produce las mismas corrientes, pero más intensas, que el iman de la anterior experiencia.

Fig. 77. Induccion por un iman.

Vemos, por lo tanto, que en este caso, y lo mismo en otros muchos que podríamos citar, pueden sustituirse mútuamente los imanes y los solenóides, lo que prueba una vez más la verdad de la teoría de Ampere respecto al magnetismo.

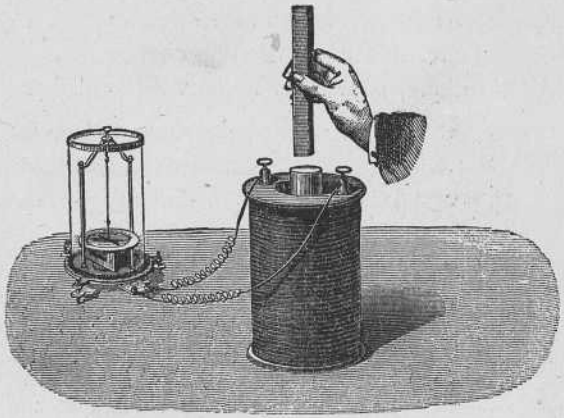

Fig 78. Induccion por el hierro imanado.

La causa de las corrientes inducidas, segun M. de la Rive, se debe á la accion que ejercen las moléculas electrizadas del circuito inductor sobre las del inducido. En efecto, si se considera una serie de moléculas *AB* (fig. 79), correspondientes á un conductor metálico, por el que circule una corriente elétrica, puede admitirse que aquéllas se encuentran constantemente polarizadas por las descargas intermoleculares á que da orígen la corriente de la pila; á su vez, dichas moléculas obrarán por influencia sobre las inmediatas *a b c* del circuito in-

ducido, electrizándolas de un modo opuesto, miéntras que las *m n m' n'* que se encuentran á mayor distancia, se electrizarán tambien por la accion de aquéllas, dando orígen á una serie de descargas, ó sea á una verdadera corriente eléctrica, en sentido contrario de la inductora. Pasado este primer período, desaparecerá todo movimiento eléctrico y queda el circuito inducido en una especie de equilibrio hasta que, suprimida la corriente de la pila,

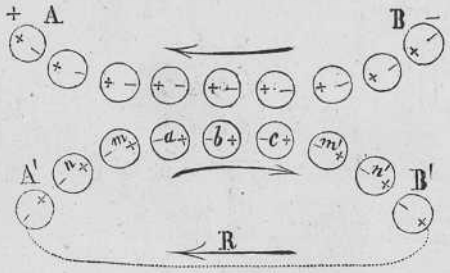

Fig. 79. Teoría de las corrientes de induccion.

vuelven las moléculas *a b c* á su estado natural; entónces las moléculas *m* y *m'* electrizadas, negativamente la primera y positivamente la segunda dan orígen á una nueva corriente eléctrica en sentido contrario á la anterior, por combinarse sus respectivos flúidos á través del circuito *B' R A'*. Vemos, ademas, que esta última sólo se establece por la parte de circuito no inducido, miéntras que la corriente inversa se verifica á través de todo el conductor, lo que da por resultado que la corriente directa sea más intensa que la inversa.

Las corrientes inducidas pueden dar orígen á

otras llamadas de segundo órden, y éstas á otras de tercero, y así sucesivamente, pero únicamente en algunos aparatos de medicina tienen aplicacion dichas corrientes.

Tambien puede inducirse á sí misma una corriente voltáica, originando el fenómeno llamado *extra-corriente*. Para observarle se hace pasar la corriente de una pila por un electro-iman de alambre largo, y al romper el circuito en un punto cualquiera, resulta que las diferentes moléculas del conductor vuelven á su estado neutro sucesivamente unas despues de otras, induciéndose á sí mismas y originando una corriente instantánea directa, llamada como acabamos de indicar.

Esta *extra-corriente* es la causa de que salte una chispa muy fuerte entre los puntos separados en el circuito, y su efecto, en general, perjudica al buen uso de los aparatos eléctricos, pues ademas de oxidar los contactos con que se abre y cierra el circuito, retarda la desimanacion de los electro-imanes que en aquéllos suelen usarse.

CAPITULO VIII.

MÁQUINAS DE INDUCCION.

Estudiados los diferentes casos en que se producen las corrientes de induccion, pasemos á ocuparnos de las máquinas ideadas para utilizar sus efectos.

Estos aparatos pueden dividirse en tres grupos

distintos, segun se utilice para su construccion el efecto de las corrientes voltáicas, el de los imanes permanentes ó tan sólo el movimiento de ciertos órganos; á los primeros se les ha dado el nombre de *carretes* ó *bobinas de induccion*, á los segundos *máquinas magneto-eléctricas*, y á los últimos aparatos *dínamo-eléctricos*.

Bobina de induccion de M. Ruhmkorff.—Este interesante aparato, que corresponde al primero de los grupos indicados, consiste en un carrete hueco de madera ó cautchú (fig. 80), sobre el que se

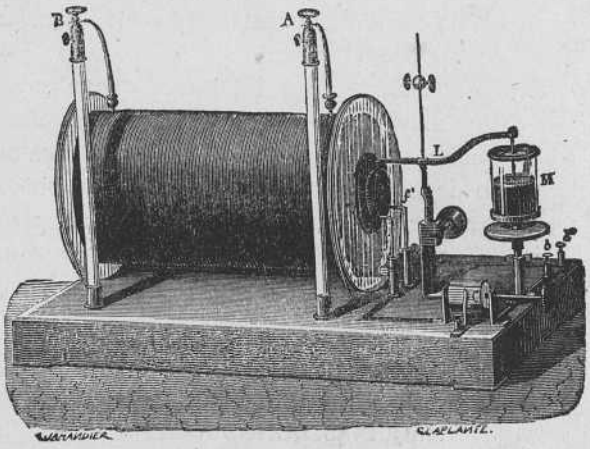

Fig. 80. Bobina de Ruhmkorff.

arrolla un alambre grueso de cobre cubierto de seda, separando cuidadosamente unas espiras de otras por medio de un barniz aislador, compuesto de partes iguales de esperma de ballena, esteari-

na, cera y aceite secante; una vez arrollada una capa de alambre, se aplica sobre ella, por medio de una brocha plana, una mano de dicha mezcla fundida, y se espera á que se solidifique totalmente para arrollar otra; así se continúa hasta llenar una tercera parte del diámetro del carrete, y luégo se cubre cuidadosamente con dos ó tres capas de hule de seda, y áun mejor con un tubo de cristal de paredes delgadas. Sobre éste se arrolla otro alambre de cobre muy fino y perfectamente aislado por el procedimiento que ántes hemos dicho, y sus extremos se hacen comunicar con los soportes de cristal *A* y *B*.

En las grandes bobinas, el diámetro del alambre grueso ó inductor suele ser de 2 milímetros, y su longitud de unos 40 á 50 metros, miéntras que el alambre delgado apénas llega á un cuarto de milímetro y alcanza una longitud de 50 kilómetros próximamente.

En el interior del carrete se coloca un manojo de alambres finos de hierro *quemado*, formando un paquete cilíndrico; y, por ultimo, los extremos *f* y *f'* del circuito inductor se hacen comunicar con un interruptor formado por una palanquita *L*, que puede oscilar alrededor de un muelle, y termina por el extremo más próximo á la bobina en una pequeña masa de hierro dulce, y por el otro en un alambre de platino tangente á la superficie del mercurio colocado en el vaso *M*; el fondo de este vaso es metálico, y comunica á su vez con el casquillo de empalme *b'*. En las bobinas pequeñas se

suele usar como más sencillo un interruptor automático con contactos de platino.

Uniendo los reóforos de una pila de dos ó tres elementos Bunsen á los tornillos *b* y *b'*, la corriente marchará desde *b* á un *conmutador C*, que luégo describiremos, y desde allí, por una lámina de cobre fija en el pié del aparato, á uno de los extremos *f* del circuito inductor; despues de recorrer éste, saldrá por *f'* é irá á parar al pié de la palanca *L* y, por el alambre de platino y el mercurio, terminará en el tornillo *b'* unido al otro polo de la pila.

Al pasar la corriente por el circuito inductor, se imana el manojo de alambres del interior de la bobina y atrae á la pieza de hierro de la palanca *L*, con cuyo movimiento se eleva el alambre de platino del otro extremo y, al abandonar la superficie del mercurio, abre el circuito de la pila. Entónces se desimana el manojo de alambres de hierro, y por la elasticidad del muelle que sostiene la palanca *L*, vuelve á introducirse su extremidad de platino en el mercurio, repitiéndose estas oscilaciones durante el paso de la corriente de la pila con una velocidad que depende de la altura á que se fije un contrapeso que lleva dicha palanca.

Recordando ahora lo que ántes hemos dicho sobre la produccion de las corrientes inducidas, se comprenderá fácilmente que á cada interrupcion de la corriente de la pila se ha de originar en el circuito inducido una corriente directa, y al cerrarse nuevamente otra inversa. La cantidad de

flúido eléctrico desarrollado en ambos casos, es completamente igual; pero la corriente directa ó de interrupcion, alcanza una tension tan considerable que en los grandes aparatos pueden obtenerse chispas de más de 30 centímetros.

Aún puede aumentarse bastante dicha tension, haciendo comunicar con el pié de la palanca *L* una de las armaduras de una botella de Leyden, y la otra con el fondo del vaso de mercurio. Esta botella se sustituye generalmente por un condensador formado de várias láminas de papel de estaño, separadas unas de otras por hule fino de seda ó papel barnizado de goma laca, cuyo conjunto se fija en el interior de la base del aparato. El objeto de estos condensadores es recoger la extra-corriente que se origina al abrir el circuito inductor, permitiendo la desimanacion rápida del manojo interior de alambres de hierro. Con este mismo fin se suele echar sobre el mercurio un poco de alcohol que, efecto de su mala conductibilidad, hace más rápida la ruptura de la corriente de la pila.

El conmutador *C* tiene por objeto variar á voluntad el sentido de la corriente inductora, ó bien interrumpirla del todo. Consiste en un cilindro de madera ó ebonita (fig. 81), en cuya superficie se hallan fijas dos bandas de cobre *c* y *c'*, comunicando, por el intermedio de los tornillos *g* y *g'* con dos ejes metálicos que le sirven de apoyo; estos ejes descansan en dos platinas *D* y *D'* provistas en su base de tornillos de empalme. En los extremos de un diámetro horizontal hay dos chapas

elásticas f y f' en comunicacion por su base con los casquillos A y A', y por su parte superior con las bandas c y c' del cilindro.

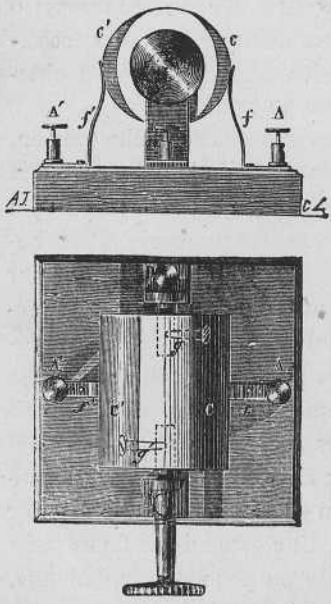

Fig. 81. Conmutador.

Si se ponen en comunicacion los polos de una pila con los tornillos D y D', y se atornillan los alambres del circuito á los A y A', la corriente penetrará por D', y marchando por la platina y eje correspondientes, seguirá por el tornillo g' y llegará á la banda c'; desde allí se dirigirá por la chapa f' al casquillo A', recorriendo despues el circuito á que se halle aplicado el aparato. Verificado esto, volverá la corriente por A y f á la banda c, y por el tornillo g y platina D llegará al otro polo de la pila.

Si ahora damos media vuelta al cilindro del conmutador, la lámina f se apoyará sobre la banda c', y la f' sobre la c; de modo que la corriente que ántes llegaba primero al tornillo A' lo hará ahora al A, y recorrerá por lo tanto el circuito en una direccion opuesta á la anterior.

Si sólo se hace girar el aparato un cuarto de vuelta, las chapas *f* y *f'* descansarán sobre la superficie aisladora del cilindro de ebonita, y la corriente quedará interrumpida.

El boton con que se hace girar el anterior conmutador debe estar bien aislado del resto del aparato por medio de piezas de marfil ó ebonita, pues de otro modo pueden recibirse violentas conmociones al manejarle.

El carrete de Ruhmkorff es notable por trasformar con gran facilidad la electricidad *dinámica* en *estática*, siendo por lo tanto el lazo de union entre ámbas manifestaciones del flúido eléctrico; con su auxilio se consigue, en efecto, por medio de 3 ó 4 pares de Bunsen, reproducir todos los fenómenos que originan las mejores máquinas estáticas, y en virtud de la gran tension que en él puede adquirir la electricidad, ha recibido este aparato numerosas é interesantes aplicaciones, que dentro de poco tendremos ocasion de exponer.

Máquinas magneto eléctricas.— Con este nombre se designan, como ya hemos indicado, los aparatos de induccion en que la electricidad se desarrolla por la influencia de un iman permanente.

La primera máquina de este género, realizada en 1833 por el constructor francés **M Pixii**, consiste (fig. 82) en un electro-iman fijo *B B'*, debajo del cual puede girar, por el intermedio de un engranaje cónico, un poderoso iman permanente *A*; al pasar los polos de éste delante de los del electro-iman, se imanan por influencia las barras de hierro

dulce que le forman, y en el alambre que las rodea se origina una corriente inducida de una tension proporcional á la intensidad del iman y á la

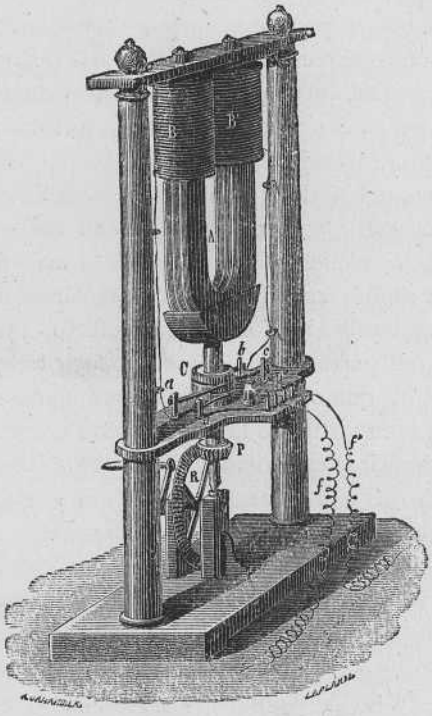

Fig. 82. Máquina de M. Pixii.

distancia que medie entre los extremos de ambos órganos. Esta corriente cambia de direccion á cada media vuelta del iman, puesto que entónces muda tambien de signo la imanacion del electro-iman;

pero se puede conseguir que ambas corrientes presenten en el circuito exterior la misma direccion por medio de un conmutador *C* fijo en el eje del iman, análogo en un todo al descrito anteriormente.

De esta manera salen, por los reóforos del aparato, una série de corrientes inducidas en la misma direccion, que si bien se originan con cierta intermitencia, producen los mismos efectos que una corriente contínua, atendiendo al poco intervalo que las separa.

En algunas aplicaciones, que más adelante tendremos ocasion de exponer, no es necesario que estas corrientes marchen en el mismo sentido, y en este caso se suprime por innecesario el conmutador.

La máquina de Pixii presenta, entre otros, el inconveniente de gastar mucha fuerza en hacer girar el iman, que es el órgano más pesado de los que figuran en ella, por cuya razon el físico inglés **M Clarke** la modificó ventajosamente, haciendo girar el electro-iman, miéntras que la herradura magnética permanecia fija. Ademas, observó que la longitud de las ramas del electro-iman influía muy poco en la produccion de las corrientes inducidas, por no darlas tiempo á imanarse sino en sus extremos, efecto de la velocidad con que esto debe verificarse.

Respecto al grueso y longitud del alambre con que debe cubrirse el electro-iman, tambien notó este físico que, la *cantidad* de flúido desarrollado por esta

clase de aparatos, dependia del diámetro de dicho conductor, miéntras que la *tension* de la corriente era debida á su longitud.

Atendiendo á estas condiciones, la máquina de

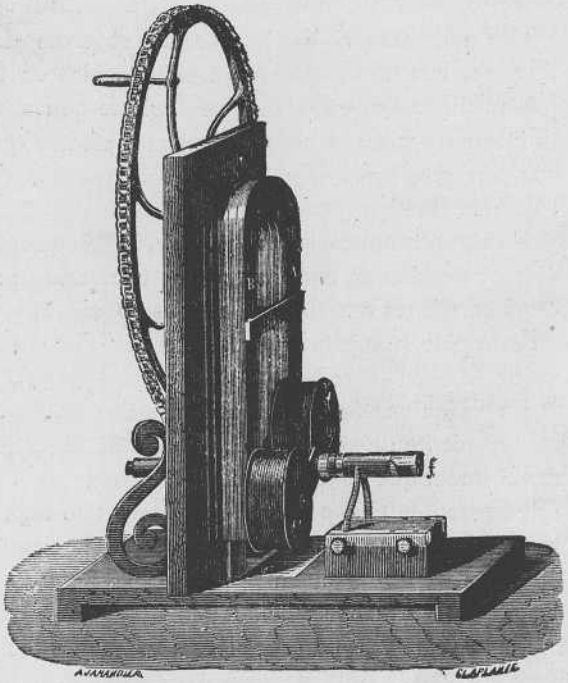

Fig. 83. Máquina de Clarke.

Clarke, consiste (fig. 83) en un poderoso iman de herradura *AB*, sujeto verticalmente á una fuert tabla, fija á su vez en otra horizontal, que sirve de base al aparato. Delante de los polos de aquél

pueden girar rápidamente, por el intermedio de un volante y una cadena sin fin, un electro-iman muy corto, cuyas barras de hierro dulce están unidas con una chapa de laton por el frente que mira al iman; desde su centro sale horizontalmente un eje que atraviesa la tabla vertical del aparato y termina en una especie de piñon, en cuyos dientes engranan los eslabones de la cadena indicada anteriormente. – En la parte opuesta y exterior del electro-iman se halla fijo un conmutador *f*, al que van á parar los extremos del alambre de dicho órgano, y sobre cuya superficie se apoyan dos láminas elásticas de laton que recogen la electricidad desenvuelta por la máquina, haciendo, por lo tanto, oficio de reóforos.

Puesta la máquina en movimiento, se desarrollan en los alambres del electro-iman corrientes inducidas que cambian de direccion á cada media vuelta, pero que, recogidas por el conmutador *f*, marchan siempre en el mismo sentido por el circuito exterior.

Con esta máquina, muy usada hasta ahora en los gabinetes de física, pueden producirse la mayor parte de los efectos originados por las pilas, bastando disponer de dos electro-imanes, que se sustituyen fácilmente en el aparato, uno con alambre grueso para los efectos de *cantidad*, y otro con alambre delgado y largo, para los fenómenos que dependen de la *tension*.

Ultimamente ha sido modificada ventajosamente la máquina de Clarke, por **M. Siemens, de Berlin**, en

la parte correspondiente al electro-iman.—Este órgano debe necesariamente ser muy corto en aquel aparato, á fin de que puedan imanarse las barras de hierro dulce que le forman, y en este caso, el circuito inducido presenta una longitud muy reducida.

Para evitar este inconveniente, M. Siemens ha ideado un electro-iman especial de la forma que indica la figura 84. Este consiste en un cilindro de

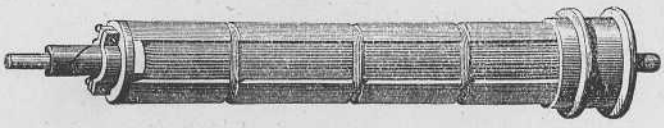

Fig. 84. Electro-iman de M. Siemens.

hierro colado, hendido á lo largo de dos generatrices opuestas por dos ranuras, en las que se aloja el alambre del circuito inducido; perpendicularmente á su eje tiene practicadas otras ranuras para dar cabida á una cuerda, con la que se sujetan lateralmente las diferentes vueltas de dicho alambre, y en uno de sus extremos termina el electro-iman en cuestion por una polea, miéntras en el otro lleva un conmutador donde se sueldan los extremos del circuito.—Este electro-iman se introduce dentro de una cavidad cilíndrica, formada por cuatro piezas, dos de laton *M* y *N* (fig. 85), que sólo sirven para dar solidez al aparato, y otras dos *A* y *B* de hierrro dulce, sobre las que se apoyan una serie de imanes en herradura, formando una especie de túnel; de esta manera se convierten dichas piezas en un poderoso iman semi-cilíndri-

co é imanan por influencia el electro-iman *a b*.

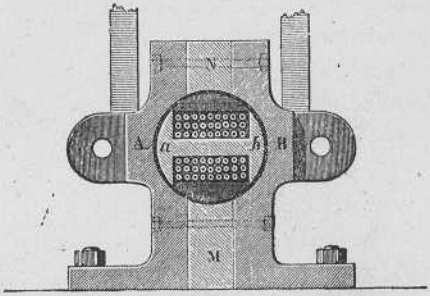

Fig 85. Seccion del electro-iman de M. Siemens.

Montado el aparato como indica la figura 86,

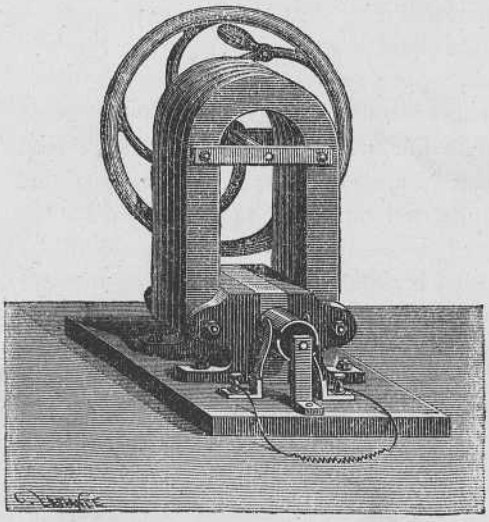

Fig. 86. Máquina de Siemens.

y haciendo girar rápidamente el electro-iman de

Siemens, por intermedio de un volante y correa de trasmision, el circuito inducido origina una serie de corrientes alternativamente directas é inversas que, recogidas por unas láminas metálicas que descansan sobre el conmutador, dan lugar á una corriente contínua en el circuito exterior del aparato.

Las ventajas de esta disposicion son grandes, pues ademas de la gran velocidad que por su forma puede adquirir el electro-iman, éste es influido con mayor energía por los imanes, cuyo número, ademas, puede ser casi ilimitado; por estas razones las máquinas de este sistema dan resultados muy superiores á las de Clarke, áun teniendo menores dimensiones.

Ademas de estas máquinas, se han ideado otras muchas por diferentes físicos y constructores, que sólo se diferencian por la disposicion relativa de los imanes y electro-imanes que en todas figuran, siendo una de las mejores la ideada por M. Nollet, de Bruselas, construida en los talleres de *La Alianza;* ésta en realidad consiste en várias máquinas de Clarke unidas á un eje comun, susceptible de girar con velocidad, pero su complicacion y elevado precio la han hecho ir desapareciendo de los puntos en que se habia instalado para producir grandes corrientes eléctricas.

No sucede así con la máquina de *M. Gramme,* cuyo principio se aparta por completo de las anteriores, si bien es una modificacion ventajosa de otra anterior debida á Pacinotti de Pisa.

Consiste este interesante aparato (fig. 87) en un poderoso iman en herradura *N O S*, entre cuyos polos, provistos de unas armaduras semi-cilíndricas de hierro dulce *A* y *B*, puede girar rápidamen-

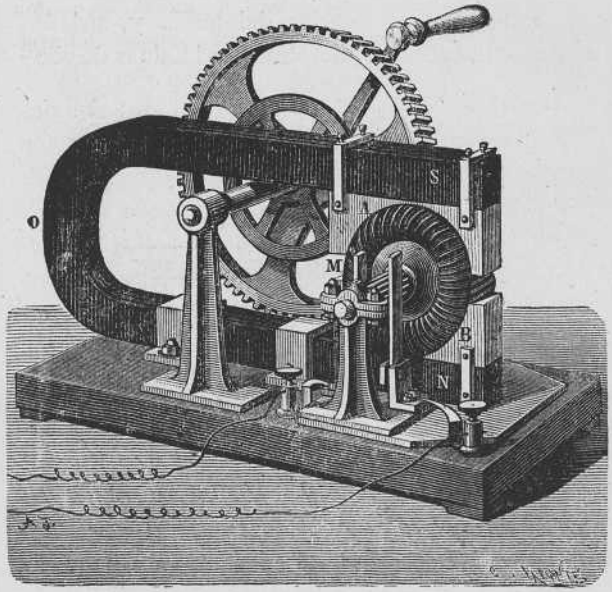

Fig. 87 Máquina de M. Gramme.

te, por intermedio de un piñon y una rueda dentada, una especie de anillo *M*. La constitucion de este anillo, principal elemento de la máquina de M. Gramme, es la siguiente: Su núcleo (fig. 88) está formado por una madeja circular *A* de alambre delgado de hierro dulce, sobre cuya superficie se arrollan en un sentido perpendicular al suyo,

hasta cubrirle por completo, diferentes hélices *B B* de alambre de cobre forrado con seda. El principio del alambre de cada hélice se une al extremo en que concluye la siguiente, y ambos se sueldan á unas piezas de cobre *R R*, en forma de escuadra, que atraviesan el interior del anillo y, aisladas cuidadosamente unas de otras por láminas de ebo-

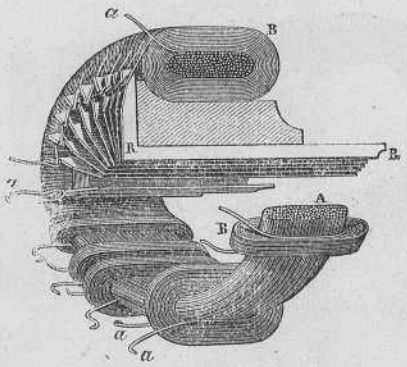

Fig. 88. Anillo de la máquina de M. Gramme.

nita, forman hácia uno de sus lados un pequeño cilindro, cuyas generatrices son alternativamente de cobre y de dicha materia aisladora; sobre la superficie de este cilindro se apoyan dos escobillas colocadas verticalmente (fig. 87), formadas con alambres sueltos de laton, á fin de asegurar más el contacto, y á ellas acude, como ahora veremos, la electricidad desenvuelta por el aparato.

La teoría de esta máquina, algo compleja en el fondo, puede reducirse á lo siguiente: Bajo la in-

fluencia del iman en herradura NS (fig. 89), el anillo interior de alambre de hierro se convierte en dos imanes semi-circulares, cuyos polos semejantes se hallan unidos enfrente de los del iman, y como

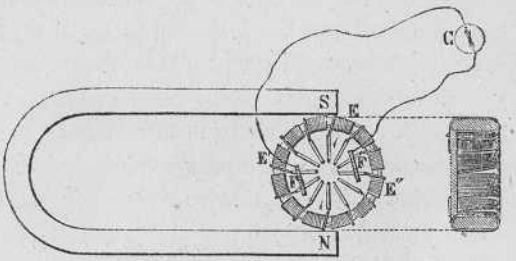

Fig. 89. Teoría de la máquina de M. Gramme.

el hierro dulce carece de fuerza coercitiva, aquéllos permanecen en el mismo sitio, á pesar del movimiento giratorio de dicho anillo; puede, por lo tanto, suponerse que las diferentes hélices de alambre de cobre $E\ E'\ E''$ recorren este doble iman circular marchando siempre en el mismo sentido. Esto supuesto, al aproximarse la hélice E' hácia el polo S, se desarrolla en ella una corriente inducida en sentido inverso á la que, segun Ampere, forma este iman; desde E hasta E'' se separa dicha hélice del mismo polo, y por este motivo la corriente inducida deberia cambiar de direccion; pero como la del iman formado por el anillo de hierro es opuesta á la anterior, resulta en la hélice dicha corriente en la misma direccion. Igual fenómeno tiene lugar cuando la hélice E'' recorre el semicírculo

E' N E', pero en este caso las corrientes inducidas se desenvuelven en una direccion opuesta á la anterior. Resulta, por lo tanto, que todas las hélices comprendidas en el semicírculo superior originan una serie de corrientes en un determinado sentido, dependiente de la posicion de los polos del iman en herradura, y todas las del semicírculo inferior desarrollan otra serie de corrientes en sentido opuesto, pero de la misma intensidad que las anteriores; pueden, pues, compararse estas dos series de hélices á dos baterías voltaicas de igual número de elementos unidas por los polos del mismo nombre. Para recoger estas corrientes, que de otra manera se neutralizarian mútuamente, se colocan en los puntos F y F' las escobillas metálicas de que ántes hemos hablado, y que constituyen, por lo tanto, los reóforos de esta ingeniosa máquina.

Si se cambia el sentido en que gira el anillo de hierro, inmediatamente cambia de direccion la corriente que origina; siendo ésta una de las buenas propiedades que posee este aparato.

La intensidad de la corriente producida es, ademas, proporcional á la velocidad de dicho anillo, pudiendo regularse aquélla á voluntad del operador entre límites bastante lejanos; por último, dicha corriente es contínua y sin intermitencias, puesto que las escobillas colectoras establecen la comunicacion con cada una de las hélices que pasan delante de ellas ántes de abandonar las anteriores.

Por estas razones, y por el poco volúmen que

presenta la máquina de M. Gramme, es de un uso muy ventajoso, tanto en las aplicaciones generales de la electricidad, de que muy pronto nos ocuparemos, como para hacer funcionar los diferentes aparatos de los gabinetes de física, pues evita montar una batería de 5 ó 6 elementos Bunsen, que es á lo que equivale la corriente producida por las máquinas destinadas á este objeto.

Máquinas dínamo-eléctricas. - Como ya indicamos anteriormente, han recibido este nombre los aparatos en que la electricidad se desarrolla por el movimiento de ciertos órganos, cuyo flúido en realidad se debe á una trasformacion de la fuerza que consumen para funcionar.

M. Siemens fué el primero que, en 1866, pensó sustituir los imanes de las máquinas usadas hasta entónces por electro-imanes animados por la corriente de la misma máquina. Parece al pronto indispensable, para que el aparato pueda funcionar, valerse en los primeros momentos de una pila voltáica que imane los electro-imanes de la máquina, pero se ha observado que basta el poco *magnetismo remanente* de aquellos órganos para que se origine una corriente que, si bien es débil al principio, gana rápidamente en intensidad á medida que aumenta la velocidad de la máquina.

Realizado este ingenioso pensamiento por M. Siemens, se han construido, fundándose en él, una multitud de aparatos más ó ménos útiles, de los cuales sólo describiremos los que mejor resultado han producido.

Máquina de Siemens.—Este aparato, despues de las modificaciones que la práctica ha aconsejado á su autor, consiste (fig. 90) en un tubo ancho de

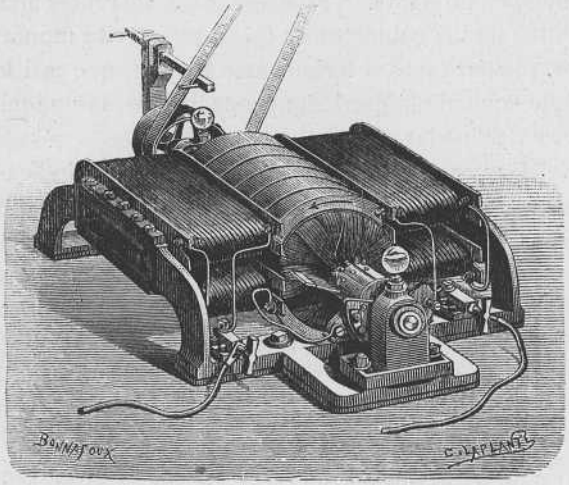

Fig. 90. Máquina dinamo-eléctrica de Siemens.

cobre, susceptible de girar rápidamente alrededor de su eje, sobre el que se arrollan en sentido longitudinal cuatro madejas de alambre de cobre forrado de seda; los extremos de dichos alambres se unen en tension y se sueldan á unas roldanas metálicas fijas sobre un casquillo de ebonita concéntrico con el eje de dicho cilindro, y sobre estas roldanas se apoyan unas escobillas de laton que sirven para recoger la corriente producida por la máquina. En ambos lados de ésta hay dos electroimanes muy anchos formados por gruesas chapas

de hierro, unidas entre sí, tanto las superiores como las de debajo, por unas láminas semi-cilíndricas del mismo metal, divididas por ranuras en cierto número de secciones trasversales, y dentro del cilindro de cobre se halla un armazon de hierro dulce que hace oficio de armadura de dichos electro-imanes. Poniendo en comunicacion el alambre de éstos con las escobillas colectoras, y haciendo girar rápidamente el cilindro de cobre, el magnetismo remanente de los electro-imanes da orígen, por induccion sobre las madejas movibles, á una serie de corrientes que imanan á aquéllos cada vez con más energía, y como resultado se produce en el aparato una corriente que crece con su velocidad.

En esta máquina, como en todas las de su género, conviene que el conductor de que están forrados los electro-imanes sea de gran seccion, pues de otro modo se debilitaria notablemente la corriente producida.

Máquina de Gramme.—Aplicando Gramme á su máquina magneto-eléctrica el principio ideado por Siemens, ha obtenido uno de los mejores aparatos dínamo-eléctricos. Consiste éste (fig. 91) en dos electro-imanes cilíndricos colocados horizontalmente y unidos entre sí por los polos del mismo nombre; éstos terminan en unas espansiones de de hierro semicirculares, dentro de las cuales gira un anillo, como el descrito en la pág. (174), provisto de sus correspondientes escobillas colectoras, las que se hacen comunicar con el alambre que rodea á los electro-imanes.

Haciendo girar rápidamente el anillo central, por medio de un motor á propósito, se obtiene con

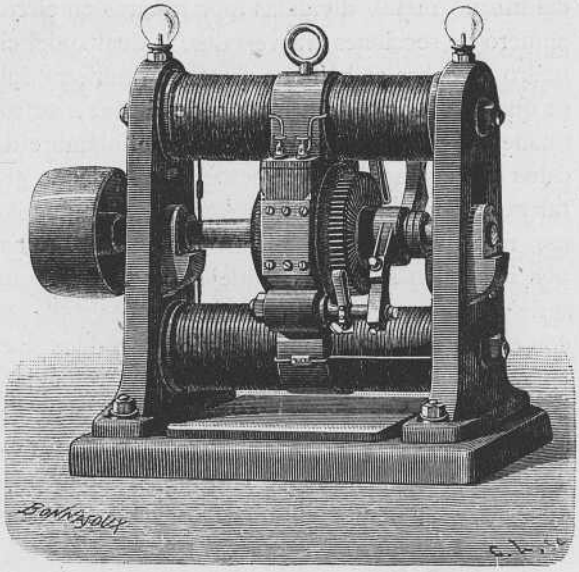

Fig. 91. Máquina dínamo-eléctrica de Gramme.

este aparato, por la misma razon que en la máquina de Siemens, una corriente contínua de una intensidad proporcional á la velocidad con que se verifique dicho movimiento.

Produccion económica del flúido eléctrico. — Al comparar entre sí las diferentes pilas hidro-eléctricas, vimos (pág. 110) que la de **Bunsen** era la única capaz de producir corrientes de gran intensidad, si bien presenta ciertos inconvenientes que la hacen inaplicable en muchos casos.

Prescindiendo de ellos por el momento y tratando de comparar los efectos de dicha pila con los obtenidos por las **máquinas de induccion**, debemos desde luégo manifestar que, despues de muchas experiencias comparativas, y aparte del mayor coste de instalacion de dichas máquinas, se ha visto que la electricidad producida por dichas pilas sale á un precio *diez veces más elevado* que empleando, para el mismo objeto, los aparatos de induccion.

Por lo tanto, sólo en casos excepcionales y, sobre todo, cuando los efectos hayan de ser de corta duracion, podrá haber ventaja en valerse de la pila de Bunsen como medio de producir grandes cantidades de flúido eléctrico; en todos los demas casos habrá siempre economía en el uso de las máquinas dínamo-eléctricas.

No resulta tan clara la comparacion mútua de las diferentes máquinas de este genero, pero, por várias experiencias que citaremos al hablar del alumbrado eléctrico, se deduce que las dos descritas últimamente son las más económicas de cuantas se conocen hasta el dia, mas sin que pueda precisarse de una manera absoluta si la de Siemens lleva ventaja á la de Gramme ó ésta á aquélla.

LIBRO II.

APLICACIONES DE LA ELECTRICIDAD.

CAPÍTULO I.

EFECTOS CALORÍFICOS.

Ya hemos visto al tratar de las pilas hidro-eléctricas (pág. 153), que el flúido que en ella se desarrolla es debido á las combinaciones químicas que se verifican entre los elementos que las constituyen. Estas combinaciones originan tambien una gran cantidad de calor que se hace sensible en el conductor que une sus polos, bastando, para probarlo, hacer pasar la corriente de una pila *de gran superficie* por un alambre delgado de hierro, para que éste se enrojeza y áun llegue á fundirse si la *cantidad* de electricidad es suficiente.

Las principales leyes á que está sometido el desprendimento de calor en este fenómeno, son debidas á **Joule**, y pueden expresarse del siguiente modo. *La cantidad de calor originada en un conductor homogéneo por el paso de una corriente eléctri-*

ca, es proporcional á la resistencia de aquél y al cuadrado de la intensidad de dicha corriente.

Estas leyes, verificadas con la mayor exactitud por **Becquerel** y **Lenz**, explican porqué se funde con mayor facilidad un alambre de hierro que uno de cobre, á pesar de necesitar éste ménos calor que aquél para cambiar de estado; en efecto, el hierro, por ser peor conductor de la electricidad que el cobre, presenta mayor resistencia al paso de la corriente y, para un mismo diámetro, la elevacion de temperatura, segun dichas leyes, debe ser más considerable.

Vemos, por lo tanto, que este fenómeno es debido á una especie de *rozamiento*, que se establece en el circuito por el paso de la corriente eléctrica, y es claro que, cuanto más delgado y peor conductor sea aquél, mayor será el calor originado. A su vez influye notablemente en los resultados la pila de que se haga uso, siendo en general conveniente valerse de pocas pilas, pero de gran superficie.

Por medio de la electricidad se ha logrado fundir todos los cuerpos, áun los más refractarios, excepcion hecha del *carbono*, y áun éste se ha llegado á reblandecer hasta el punto de soldarse dos barritas por su mútuo contacto, haciendo pasar por ellas la corriente de una pila de 600 pares Bunsen.

Se ha sacado partido de la incandescencia que experimenta un alambre de platino, bajo la influencia de una corriente eléctrica, para cauterizar en

cirujía algunos puntos del cuerpo humano donde no sería posible introducir un hierro candente, presentando ademas este procedimiento la buena propiedad de no producir hemorrágias.

Tambien se usan algunos aparatos fundados en este mismo principio, llamados en general *pirófo-ros*, los que tienen por objeto proporcionarse luz sin necesidad de acudir al fósforo.—Consisten en una pequeña pila de **Grenet,** cuyos reóforos están unidos por una espiral de platino, la que se enrojece al bajar el zinc, é inflama el *gas mille* contenido en una pequeña lámpara inmediata á dicha espiral. Como en estos aparatos sólo se introduce el zinc en el líquido excitador durante unos segundos, pueden durar bastante tiempo sin renovarle.

Otra notable aplicacion del calor producido en los alambres delgados por el paso de una corriente eléctrica, es la que tiene por objeto dar fuego á las *minas* desde una distancia considerable, evitando los sensibles accidentes que con el uso de las *mechas* suelen ocurrir.—Supongamos, en efecto, dos conductores aislados que ofrezcan poca resistencia á la electricidad, y que estén unidos en uno de sus extremos por un alambre delgado de hierro ó platino; si se introduce este alambre dentro de la pólvora que llena la mina, y se aplican los otros dos extremos de los conductores á los reóforos de una pila de suficiente intensidad, el hierro ó platino, segun ántes hemos visto, llegará á enrojecerse fácilmente, y prenderá fuego á la pólvora que les rodea, produciendo el efecto deseado.

Este sistema, sin embargo, presenta el inconveniente de no poder alejarse mucho de la mina, á no usar pilas de una gran tension, pues ya sabemos que á medida que aumenta la longitud del circuito disminuye la intensidad de la corriente, y pudiera suceder que se debilitase hasta el punto de no poner rojo el alambre de que se haga uso.

Con la bobina de Ruhmkorff, ó bien con las máquinas magneto-eléctricas, montadas en tension, se evita este inconveniente, pero en este caso es necesario valerse de *cebos* especiales para facilitar la inflamacion de la pólvora.—Uno de los mejores, debido á M. Statehan, está fundado en la propiedad que tiene el sulfuro de cobre de enrojecerse por el paso de una corriente ó chispa eléctrica.—

Fig. 92.

Consiste (fig. 92) en un alambre de cobre que haya estado durante algun tiempo cubierto con gutta-percha, la que se descubre en un espacio tal como *A B*, cortando una pequeña longitud del alambre sub-yacente. Efecto del azufre con que se prepara la gutta-percha, se habrá formado una capita de sulfuro de cobre que se enrojece fácilmente al paso de la corriente por la solucion de continuidad que presenta dicho alambre, inflamando un poco de fulminato de mercurio y la pólvora de que está lleno el cartucho *C D*.

Más eficaz aún que este cebo es el ideado por M. Abel, el cual está formado por una

mezcla de clorato de potasa, sulfuro y fosfuro de cobre, contenida en una capsulita de estaño; dentro de esta composicion se introducen los extremos descubiertos de dos conductores de cobre, dejándolos separados una pequeña distancia. Si se hace pasar por ellos la corriente eléctrica de una bobina de Ruhmkorff, saltará una chispa entre sus extremos, produciendo la inflamacion inmediata de dicha mezcla y, como consecuencia, la explosion de la mina en que se halle introducida.

La bobina de Ruhmkorff puede sustituirse, para este objeto, por una máquina magneto-eléctrica ideada por Breguet, que tiene la ventaja de no necesitar pila ninguna para funcionar. Este curioso aparato, llamado *explosor Breguet*, consiste (figura 93) en un poderoso iman en herradura *I*, cuyos extremos se hallan dentro de dos carretes *E E* rodeados por un alambre delgado de cobre perfectamente aislado y en comunicacion, por sus extremos, con los tornillos de empalme *D D*. Delante de los polos *N Z* del iman, y fuertemente atraida por ellos, se encuentra una armadura de hierro dulce *A A*, fija en el extremo de una palanca acodada *M B*, que puede girar alrededor de un eje *a*. Si se ponen en comunicacion los conductores de la mina con los botones *D D*, y se da con la mano un fuerte golpe en el agarrador *B*, la palanca *M B* girará, y la armadura *A A* se separará bruscamente de los polos del iman; este movimiento da orígen á un cambio notable en el estado magnético de los imanes, produciéndose por su causa, en el alambre

que los rodea, una corriente inducida de tal tension, que puede recorrer una gran distancia por los conductores á que se halle unido el aparato, y origi-

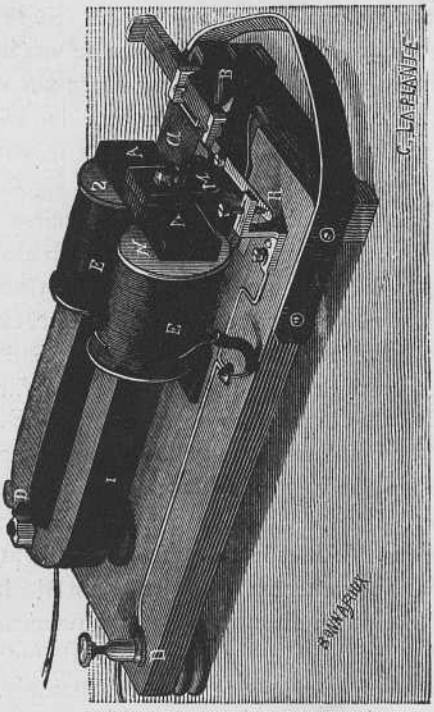

Fig. 93. Explosor Breguet.

nar en sus extremos la chispa necesaria para dar fuego al cebo de que se haya hecho uso.

Para aumentar aún más el poder de esta máquina, ha ideado Breguet cortar la corriente inducida en el momento que presenta su mayor ten-

sion, aprovechando á la vez la extra-corriente que se origina en el mismo instante. Para esto lleva la palanca *M B* una lámina elástica *R*, que cierra el circuito por su contacto con un tornillo fijo en un puente de laton unido al casquillo *D*; de esta manera, á poco de empezar su movimiento dicha palanca, se separa la lámina *R* del tornillo, que debe estar á una distancia conveniente, y queda cortada bruscamente la corriente inducida, dando orígen á una poderosa extra-corriente en el mismo sentido que se suma con aquélla.

Cuando se necesita prender fuego á la vez á muchas minas, se unen todas ellas por medio de un conductor, haciendo comunicar sus extremos con el explosor Breguet ó con la bobina de Ruhmkorff; y al hacer funcionar despues estos aparatos saltará una chispa en el cebo de cada mina, produciendo una explosion casi simultánea. Sin embargo, por este procedimiento sólo pueden inflamarse 4 ó 5 minas á lo sumo, puesto que la corriente originada tiene que vencer la suma de las resistencias que presenten las diferentes soluciones de continuidad de todo el circuito.

Para prender á la vez un gran número de minas, se usa el siguiente procedimiento, debido á M. Du-Moncel. Cada 3 ó 4 minas se unen entre sí como ántes hemos dicho, y uno de los extremos de sus conductores se pone en comunicacion con el alambre *M M* (fig. 94), que va á parar á un polo de la bobina *A*; los otros extremos *N N' N''*, se hacen comunicar respectivamente con unas piezas metá-

licas colocadas en círculo sobre una tabla B, en cuyo centro hay una especie de radio metálico unido al conductor H, que á su vez comunica

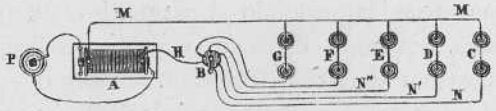

Fig. 94. Sistema para dar fuego á várias minas.

con el otro polo de la bobina. Si estando todo dispuesto como hemos indicado, se hace girar rápidamente el radio B, éste establecerá el circuito sucesivamente, por el intermedio de las piezas metálicas de la tabla circular, á través de todas las minas, las que estallarán con un intervalo de tiempo casi inapreciable.

La distancia á que se puede colocar la mina del explosor es casi indefinida, y sólo depende del cuidado con que se aislen los conductores que unen ambos cuerpos. Haciendo uso de los alambres del telégrafo, M. Michel ha podido inflamar desde París una mina colocada en Burdeos, á pesar de mediar entre ambas capitales una distancia de cerca de 600 kilómetros.

Si los alambres con que se une la mina al explosor están recubiertos de gutta-percha, pueden sin inconveniente alguno introducirse dentro del agua, produciéndose en el seno de este líquido la explosion de la pólvora dispuesta en pellejos ó sacos impermeables. En esto consisten precisamente

los *torpedos eléctricos*, cuyo uso fatal tanto se ha generalizado en el arte de la guerra.

Otra aplicacion muy curiosa del calor producido por la chispa eléctrica, es la ideada por M. Du-Moncel para encender instantáneamente un gran número de faroles de gas.

Supongamos, en efecto, unidos entre sí por conductores metálicos diferentes mecheros, sobre cuyos orificios presente el conductor una solucion de continuidad formada por dos alambres de platino muy inmediatos, como indica la figura 95. Si en un momento dado se abre la llave del gasómetro, y se ponen en comunicacion con una bobina de Ruhmkorff los extremos del conductor que los une, saltarán una serie de chispas entre las puntas de platino, que darán por resultado la inflamacion instantánea de todos ellos. Es posible que este ingenioso sistema, aparte de su rapidez, resultase más económico que el que hoy se usa para encender los faroles de las grandes poblaciones.

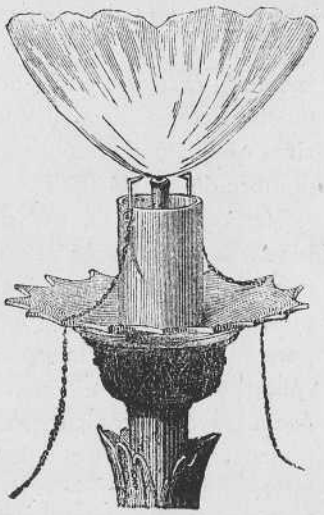

Fig. 95. Incandescencia del gas por la chispa eléctrica.

CAPITULO II.

EFECTOS LUMINOSOS.

Hemos visto en el capítulo anterior que, cuando se hace pasar una corriente eléctrica de suficiente intensidad por un cuerpo que ofrece gran resistencia á aquél flúido, la temperatura de dicho conductor se eleva, y despues de enrojecerse, puede llegar á fundirse; mas si el cuerpo usado en esta experiencia tiene un punto de fusion muy elevado, como le sucede al *platino*, al *iridio*, y principalmente al *carbono*, podrá aquél permanecer al rojo mucho tiempo, despidiendo á la vez una luz vivísima que, atendiendo á su orígen, ha recibido el nombre de **luz eléctrica**.

Vemos, pues, que este notable fenómeno es debido á la incandescencia que experimentan ciertos cuerpos al ser atravesados por la corriente de la pila; mas no se crea por esto que es indispensable para su produccion la presencia de un conductor sólido, pues, segun vamos á ver, tambien se verifica á través de los cuerpos gaseosos. Para ello se ponen en contacto con los reóforos de una pila intensa dos conos de carbon de retorta (1), sujetos en casquillos metálicos y aislados uno de otro

(1) Se llama así un carbon muy compacto que se forma en las paredes de las *retortas*, donde se destila la hulla para obtener el gas del alumbrado.

por medio de un soporte de cristal (fig. 96); apro-

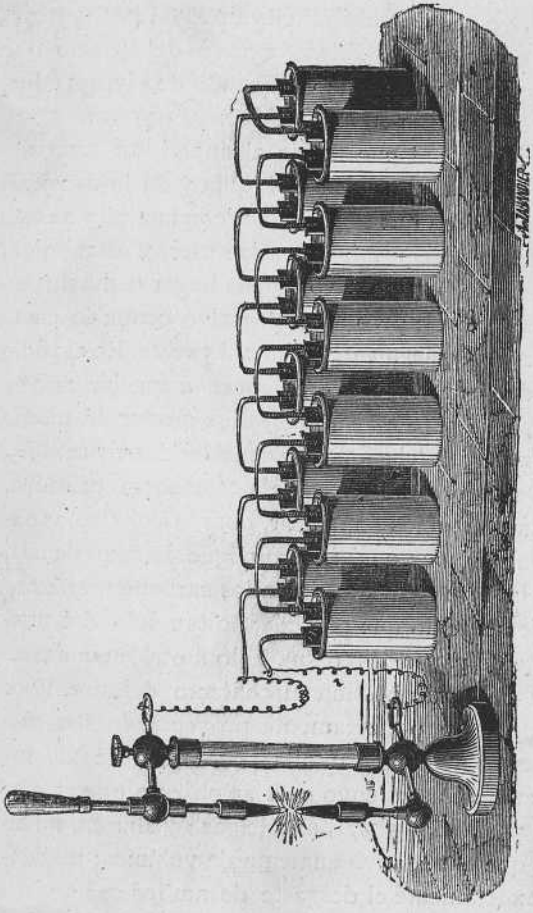

Fig. 96. Arco voltáico.

ximando luégo el carbon superior, que es movible, hasta que toque al de debajo, se origina inme-

diatamente una luz muy viva en el carbon unido al polo negativo, y se enrojece una gran parte del positivo. Si despues se eleva poco á poco el carbon superior se establece, á través del espacio que los separa, un penacho arqueado de vivísima luz, que ha recibido el nombre de *arco voltáico*.

La longitud que puede alcanzar este arco depende de la intensidad de la pila y de la densidad del medio en que se verifique; con una pila de 600 elementos, dispuestos en seis series, y estando encima el carbon positivo, puede llegar dicha distancia á 7 cents.; pero si el negativo ocupa la parte superior, escasamente alcanza á 5 cents. En el vacío pueden separarse los carbones á mucha mayor distancia, pero en cambio la luz producida pierde en la misma relacion su intensidad luminosa.

Dejando establecido de una manera contínua, segun acabamos de indicar, el arco voltáico, se observa, á poco que se prolongue la experiencia, que la forma y distancia de los carbones varía notablemente, lo que procede, no tan sólo del trasporte de partículas de un polo á otro, si que tambien de su combustion al contacto del aire. Esto puede verse perfectamente proyectando los carbones sobre una pantalla por medio de vidrios de aumento, en cuyo caso se observa que el carbon positivo (fig. 97), se adelgaza y ahueca, miéntras que el negativo aumenta de volúmen; midiendo exactamente el desgaste de ambos se ha visto que el positivo se consume con *doble* rapidez que el negativo.

A la vez se notan unos glóbulos brillantes y

Fig. 97. Imágen de los carbones en la luz eléctrica.

fundidos, efecto de ciertas materias silíceas que

acompañan al carbon de retorta, que ruedan por la superficie de ambos para dirigirse al polo contrario; tambien se advierte que no es igual el brillo que presentan ambos carbones, y miéntras el positivo tiene una gran extension al rojo blanco, el negativo sólo está iluminado en su extremidad polar.

De este curioso experimento se deduce que el arco voltáico es debido á la incandescencia de las partículas de carbon arrastradas de un polo á otro, y si bien es posible la obtencion de tan brillante fenómeno valiéndose de electrodos metálicos, ninguna sustancia puede ser tan á propósito como el carbon para producirle, puesto que su poder lumínico al arder es superior al que presentan los demas cuerpos en igualdad de circunstancias.—Por último, el arco voltáico tiene la propiedad, descubierta por M. Arago, de ser repelido por los imanes poderosos, consecuencia legítima de su constitucion y en completa armonía con los principios del electro-magnetismo.

Las propiedades físico-químicas del arco voltáico ó *luz eléctrica*, se acercan mucho á las de la luz solar.—Pueden, en efecto, reproducirse por medio de la fotografía los objetos iluminados con ella, y hasta los vegetales se desarrollan bajo su accion con gran rapidez, segun experimentos recientes de M. Siemens.

Trasmitida la luz eléctrica á través de un prisma de cristal, se descompone en los siete colores del *arco íris*, propiedad preciosa que la hace muy

superior á las demas luces artificiales, por no alterar, como éstas, los matices de los diferentes colores.

Respecto á su intensidad, sólo diremos que es la que sigue en brillo á la luz solar, pudiendo llegar, en circunstancias favorables, á valer una mitad que ésta. Las comparaciones hechas por M. Foucault y Fizeau en tan interesante punto, han dado por resultado que, si se supone la luz solar equivalente á 5.774 bujías colocadas á 33 cents. de una pantalla, la luz eléctrica puede llegar á valer unas 2.800 en igualdad de circunstancias, ó lo que es lo mismo, una mitad que aquélla próximamente.

Comparando ademas varios físicos la luz eléctrica producida por pilas de diferente número de pares, han observado que su intensidad no crece proporcionalmente al número de aquéllos, siendo conveniente ordenarlos en series de 40 ó 50, y no en tension, cuando pasan de este número.

La luz eléctrica presenta tambien la singular propiedad de irradiar muy poco calor respecto á su gran brillo, tanto que se puede aproximar á ella un cuerpo combustible, sin que arda, más de lo que podria acercarse á una luz algo intensa de gas ó petróleo. Esto se explica por la abundancia de rayos azules y violados que se notan en su *espectro*, los cuales tienen la propiedad de alumbrar mucho y calentar poco, á la inversa de lo que sucede en el espectro de las demas luces artificiales, en que dominan los rojos y amarillos dotados de propiedades contrarias á aquéllos.

Este exceso de rayos violados hace que la luz eléctrica sea muy perjudicial á la vista cuando se la mira de cerca y sin la precaucion de ponerse anteojos azules, ó bien cubriéndola con globos de porcelana que la dispersen y mitiguen su extraordinario brillo.

Las notables propiedades que, segun acabamos de ver, reune la luz eléctrica, han sido causa de que se haya procurado utilizarla para infinidad de aplicaciones desde su descubrimiento, y hoy, gracias á los esfuerzos perseverantes de muchos sabios, puede decirse que el alumbrado eléctrico es una cuestion resuelta.

El primer inconveniente con que se ha luchado para la resolucion de tan interesante problema, estriba en la calidad de los carbones entre cuyas puntas ha de originarse el arco voltáico. Davy se valió en un principio del carbon de pino recientemente apagado en mercurio; pero, aparte de que este cuerpo no conduce muy bien el flúido eléctrico, presenta ademas el grave inconveniente de arder con tanta rapidez que hace forzosa su frecuente renovacion.

M. Foucault ideó despues valerse de los depósitos de carbon adheridos á las paredes de las vasijas en que se obtiene el gas del alumbrado y que, segun hemos dicho, recibe el nombre de *carbon de retorta*; este carbon es muy compacto y excelente conductor, pero tiene tambien el defecto de ser poco homogéneo y contener materias silíceas, lo que produce frecuentes roturas y grandes variaciones en la intensidad de la luz eléctrica.

En vista de estos desagradables resultados, un gran número de constructores se han dedicado con afan á la confeccion de carbones artificiales que reunan las condiciones apetecidas y, si no se ha conseguido totalmente el objeto, al ménos se ha adelantado mucho en este camino.—Los carbones de **M. Carré** son los que hasta ahora producen mejores resultados, y se preparan con negro de humo calcinado, coke en polvo y jarabe de azúcar; despues de pulverizar perfectamente y mezclar las dos primeras sustancias, se añade el jarabe y se hace una pasta que se estira en barritas de 6 ú 8 milímetros de diámetro, sometiéndolas luégo, por espacio de muchas horas, dentro de un crisol á propósito, á una elevada temperatura. Así resultan carbones muy homogénos y buenos conductores del flúido eléctrico, cuyo precio, efecto de su fabricacion en gran escala, es relativamente bajo.

Salvado, en cuanto es posible, el primer inconveniente que, segun dijimos, se presenta para la produccion de la luz eléctrica, aparece en seguida otro que no es de menor importancia. Indicamos, en efecto, al ocuparnos de la constitucion del arco voltáico, que en él tenía lugar un contínuo trasporte de partículas de carbon incandescentes de uno á otro polo y, como quiera que esto no se verifica con igualdad entre ambos carbones, necesariamente ha de aumentar poco á poco la distancia que los separa, lo que da por resultado la extincion de la luz eléctrica cuando llega un momento en que la

corriente de la pila no puede vencer la resistencia que la opone la creciente capa de aire que se interpone en su camino. En este caso es indispensable aproximar los carbones hasta que vuelva á establecerse la corriente y separarlos de nuevo más ó ménos, segun la intensidad de la pila.

Este gravísimo defecto haria, por sí sólo, que se hubiera abandonado la luz eléctrica, si no se hubiesen inventado aparatos llamados *reguladores*, que aproximan automáticamente los carbones con la frecuencia que exige su mútuo consumo, y áun con las variaciones de intensidad que tan frecuentemente se observan en las pilas. Para la construccion de estos aparatos debe tenerse presente, segun dijimos ántes, que el carbon positivo se consume con *doble* rapidez que el negativo, y por lo tanto, el movimiento de ambos debe establecerse guardando esta misma relacion; sin embargo, si se usan para la produccion de la corriente eléctrica máquinas de induccion de corrientes alternadas, el desgaste de ambos carbones se verifica con igualdad por cambiar á cada instante el sentido de la corriente, y en este caso, que es hoy el más usado, deben moverse los dos carbones con igual velocidad.

Entre el gran número de aparatos de este género que se han inventado, sólo daremos á conocer los que, despues de una larga práctica, han sido reconocidos como buenos.

Regulador de M. Serrin.—En este ingenioso apa-

rato (fig. 98) se consigue la aproximacion automática de los carbones por el peso del porta-carbon superior *B C*, regulado por la atraccion más ó ménos enérgica de un electro-iman *E*, intercalado en el circuito de la pila.

Para ello dicho porta-carbon puede deslizarse por el interior de un tubo colocado en la parte superior de la caja que contiene el mecanismo, y está dentado en su parte inferior *A*; los dientes de esta cremallera engranan en la primera rueda *F* de un sistema de tres

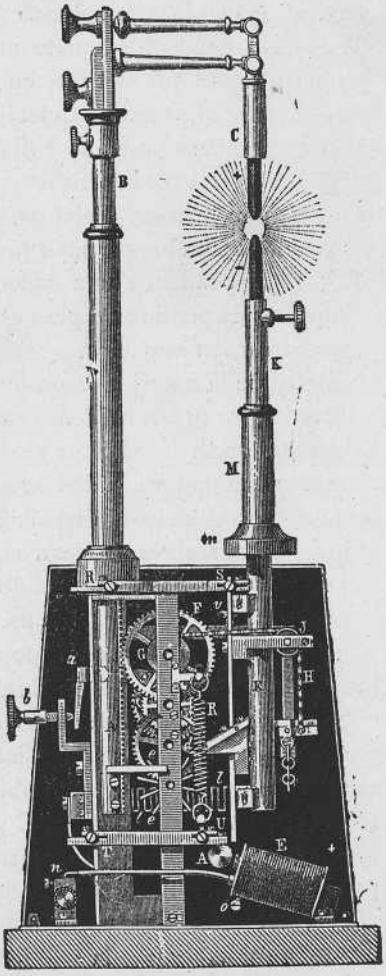

Fig. 98. Regulador Serrin.

móviles y un volante *e*, sostenidos en una platina vertical, fija en la caja del instrumento. Dicha rueda *F* lleva concéntricamente una polea *G* de un diámetro mitad que el suyo, en cuya circunferencia se arrolla al girar una cadenilla á la *Vaucanson* que pasa por una polea *J*, y despues, por *H*, va á terminar en una pieza saliente que corresponde al porta-carbon inferior. Dicha pieza sale al exterior por una abertura longitudinal practicada en el tubo *K*, y lleva pendiente una cadena que sirve para compensar la pérdida de peso que experimenta al arder el carbon negativo.

Efecto de la anterior disposicion resulta que, al descender por su peso el porta-carbon positivo *B C*, la cremallera *A* hace girar el sistema de ruedas dentadas con una velocidad moderada por el volante *e*, y arrollándose la cadenilla *J H* en la polea *G*, obliga á elevarse al carbon negativo la mitad de lo que él haya descendido.

Si el aparato no tuviese otro mecanismo, este movimiento continuaria hasta ponerse en contacto los dos carbones, pero á fin de regular su distancia con arreglo á la intensidad de la corriente, el porta-carbon inferior se encuentra dentro de un tubo *K M*, unido á un doble paralelógramo *R S T U*, fijo por los puntos *R* y *T*, alrededor de los cuales puede girar; en la parte inferior de este paralelógramo se halla un cilindro de hierro dulce *A*, que es atraido tangencialmente por un electro-iman *E*, animado por la corriente de la pila; dos resortes análogos al *R*, fijos por su parte superior

en el soporte de las ruedas, y por la inferior en los brazos horizontales del paralelógramo, contrarestan en parte el efecto atractivo del electro-iman, y elevan dicho paralelógramo y el tubo *K*, unido á él, cuando la corriente se debilita; dicho tubo *K* está provisto de una pieza de tope *d*, en forma de escuadra, que tropieza al descender en las paletas del volante *e*, deteniendo su movimiento.

Esto supuesto, la manera de hacer funcionar este regulador es como sigue: Efecto del mecanismo que acabamos de describir, los carbones avanzan por sí solos hasta tocarse, y por medio del tornillo *b* y una pieza acodada *a*, se regula la fuerza de otro resorte oculto en el dibujo, que tiende, como los *R*, á elevar el porta-carbon negativo *K*; despues se centra bien el carbon positivo por medio de los dos botones que hay encima del *B*, que le obligan á moverse en dos direcciones perpendiculares. Una vez conseguido esto, se hace comunicar el polo positivo de la pila con el tornillo del empalme *n* y el negativo con otro oculto en el dibujo, que comunica con el carbon inferior por medio de la pieza flexible *l l*, á fin de no impedir sus movimientos. La corriente entónces marchará por el electro-iman *E* á buscar el carbon positivo *B C*, carbon negativo *K M K*, para volver á la pila por la pieza en zig-zag *l l* y casquillo de empalme correspondiente; al verificarse esto, el electro-iman *E* atrae la armadura *A*, y hace descender al paralelógramo en que se halla fija, y con él al porta-carbon negativo, produciéndose en el mismo instante el arco voltáico.

A medida que se van gastando los carbones, la corriente se debilita, por tener que vencer mayor resistencia, y entónces el electro-iman, perdiendo algo de su fuerza, permite la elevacion del paralelógramo y del carbon inferior, con cuyo movimiento la escuadra *d* deja libre al volante *e*, y entónces el carbon superior desciende, haciendo girar el sistema de ruedas dentadas; este descenso continúa hasta que, por el aumento de tension que adquiere otra vez la corriente, vuelve el electro-iman á atraer su armadura, haciendo que la escuadra *d* detenga nuevamente al volante *e*.

Vemos, por lo tanto, que la distancia entre ambos carbones debe permanecer constante, miéntras la corriente no varíe entre ciertos límites y, por consecuencia, el arco voltáico ha de presentar la constancia que puede exigirse en las diferentes aplicaciones de la luz eléctrica.

Regulador de M. Foucault.—El regulador de M. Serrin que acabamos de describir, aparte de sus excelentes condiciones para un alumbrado contínuo y fijo, tiene el inconveniente de no poder usarse si no está colocado verticalmente, puesto que la aproximacion de los carbones se obtiene, en definitiva, por el peso del porta-carbon superior, y éste varía en su manera de obrar cuando se inclina el aparato, como sucede con frecuencia en los barcos. Para evitar este defecto, puede usarse el de M. Foucault, en el que el movimiento de los carbones se verifica por la accion opuesta de dos resortes, cuya fuerza es independiente de la posicion en que se les coloque.

Consiste este aparato, construido por M. Duboscq con el esmero que sabe hacerlo, en una caja metálica *B B* (figura 99), dentro de la cual hay dos movimientos de relojería que marchan en sentido opuesto, y tienden á separar ó á aproximar los carbones, segun sea mayor ó menor la intensidad de la corriente. Para esto, las barras en que aquéllos se hallan sujetos, están dentadas en su parte inferior y engranan con los dientes de dos ruedas solidarias en un eje comun. Con objeto de que los dos carbones se aproximen ó separen al mismo tiempo y en la re-

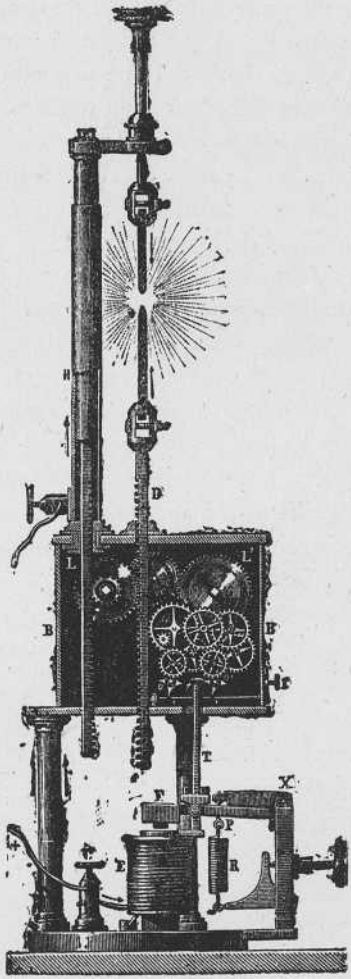

Fig 99. Regulador de M. Duboscq.

lacion en que se consumen, estas cremalleras caen á diferente lado del eje de dichas ruedas, y el diámetro de la que mueve el carbon inferior ó positivo, es doble del que presenta la otra, con lo cual resulta que, por cada milímetro que desciende el carbon superior ó negativo, se eleva dos el positivo; de esta manera el foco luminoso se presenta siempre á la misma altura, á pesar del desgaste desigual de los carbones.

Veamos ahora cómo se produce este doble movimiento bajo la accion variable de la corriente eléctrica. Para esto un electro-iman de alambre grueso *E*, colocado en la parte inferior del aparato, forma parte del circuito general, y puede atraer con más ó ménos fuerza una armadura de hierro dulce *F*, venciendo la resistencia de un resorte antagonista *R*. Este resorte no actúa, como sucede generalmente, en la extremidad de la palanca de que forma parte la armadura, sino que lo verifica por medio de otra palanca *X*, cuya cara inferior está ligeramente encorvada; de esta manera resulta que la fuerza del muelle crece en la misma relacion que la atractiva del electro-iman, puesto que el punto de aplicacion de ambas palancas se separa tanto más del eje de la armadura cuanto más cerca se halla ésta de los polos de aquél. Esta disposicion, usada con frecuencia en algunos aparatos eléctricos, es debida á M. R. Houdin. Por último, encima de dicho eje lleva implantada la palanca *P* una varilla *T*, terminada por su parte superior en un doble corchete *t*, que puede detener ó dejar

en libertad, segun sea su posicion, uno ú otro de los volantes *o* y *o'*, los cuales corresponden á los mecanismos de avance y retroceso de los carbones de que ántes hemos hablado.

Esto supuesto, la manera de hacer funcionar este regulador es la siguiente: Una vez colocados los carbones en sus correspondientes tornillos de presion, y despues de bien centrados, se da cuerda á los dos mecanismos de relojería que hay en el interior de la caja, templando á la vez convenientemente el resorte *R*; esto hará que se incline el corchete *t* hácia la derecha, y quedando entónces libre el volante *o*, los carbones se irán acercando hasta tocarse por sus puntas. En seguida se sujeta el reóforo positivo en el casquillo inferior *C*, y el negativo en el que tiene el carbon superior, y en el mismo instante se establecerá la corriente eléctrica á través del electro-iman y de los carbones; lo que dará por resultado que aquél atraiga con gran fuerza á la armadura *F*, y entónces el corchete *t* abandonará al volante *o'*, para dirigirse á la izquierda y detener al *o*. En este caso el mecanismo correspondiente al volante *o'*, ó separador, produce el movimiento de retroceso de los carbones, y al separarse éstos, *estalla* el arco voltáico; pero al mismo tiempo se debilita la corriente por tener que vencer la resistencia que le opone el aire que media entre ambos carbones, y entónces el electro-iman *E*, perdiendo parte de su fuerza, permite cierta separacion á su armadura, y hace que el corchete *t* se quede entre los dos volantes *o*

y o', deteniendo su movimiento si el resorte R tiene la tension debida. En otro caso, se le da ó quita fuerza por medio del tornillo y la escuadra colocados en la parte inferior y derecha del aparato, hasta que, produciéndose bien el arco voltáico, queden parados dichos volantes.

Así las cosas, empieza á debilitarse rápidamente la corriente eléctrica, por aumentar la distancia entre los carbones, y en este caso, el electro-iman, perdiendo fuerza, permite separarse un poco á la armadura F, con cuyo movimiento el corchete t deja libre al volante o, y el mecanismo de relojería de que forma parte, produce la aproximacion necesaria de los carbones; si éstos se acercan demasiado, la corriente aumenta muy luégo en tension, y la armadura F se acerca más á los polos del electro-iman, con lo cual el corchete t, inclinándose á la izquierda, deja libre al volante o', que corresponde al mecanismo de separacion.

Vemos, pues, que una vez regulada la fuerza del resorte R, segun la tension de la pila, la distancia entre ambos carbones ha de permanecer sensiblemente constante, y por lo tanto, la luz originada debe presentar igual intensidad.

Tal como hemos descrito los reguladores de Serrin y Foucault, sólo pueden aplicarse á las corrientes producidas por las pilas ó por las máquinas de induccion de corriente contínua. Con ellas, en efecto, el desgaste de los carbones positivo y negativo se verifica, segun sabemos, en la relacion de 2 á 1, y en esta misma proporcion se mueven

las cremalleras correspondientes; mas si, como es frecuente, se usan las máquinas de corrientes alternadas, el consumo de aquéllos es igual para ambos polos, y entónces el arco voltáico se iria elevando ó descendiendo poco á poco, por moverse más rápidamente el carbon positivo que lo que se desgasta, siendo esta variacion muy perjudicial cuando se trata de reflejar la luz por medio de un espejo. Para este caso, M. Duboscq ha modificado su regulador de manera que, por una sencilla adicion, pueden moverse con igual velocidad ambos carbones, con lo cual queda invariable el foco luminoso y el aparato dispuesto para utilizarle con toda clase de corriente. Una modificacion análoga podria hacerse con facilidad en el de Serrin, consiguiéndose el mismo objeto.

Estos dos reguladores, si bien son los más hábilmente combinados, presentan el grave inconveniente de aproximar los carbones con ciertas intermitencias, que producen en la luz cambios de intensidad muy desagradables. Esto depende de que el electro-iman, que es en definitiva el regulador de sus movimientos, sólo funciona cuando la corriente ha sufrido un cambio notable en su intensidad, y entónces, acercándose de repente los carbones, crece de una manera brusca la luz del arco voltáico.

El regulador de M. Siemens, que ahora vamos á describir, y sobre todo las bujías de M. Jablochkoff, de que luégo hablaremos, no presentan este grave defecto.

Regulador de M. Siemens.—Este notable físico, autor de la máquina de induccion que lleva su nombre, ha inventado no hace mucho un regulador de la luz eléctrica que está produciendo excelentes resultados. El fundamento de este aparato es el siguiente: Supongamos (fig. 100) una barra de hierro dulce introducida por sus extremos dentro de dos hélices *g* y *d* formadas de alambre de cobre, grueso la primera y delgado la segunda. Dicha barra de hierro está articulada por su parte media en el extremo *b* de una palanca metálica, que puede girar alrededor de su centro, y en cuya otra extremidad *a* se encuentra uno de los carbones que han de originar el arco voltáico. El otro carbon *c* se halla fijo y en comunicacion directa, por medio de un conductor *L'*, con uno de los reóforos de la pila, miéntras que el otro polo de la misma se une al alambre *L*, en que se juntan dos de los extremos de las hélices ántes citadas. La otra punta del alambre que forma la hélice *g* va á parar al pié metálico *p*, en que se apoya la palanca *a b*, y el de la hélice *d* al carbon fijo *c*, por medio del conductor *l l'*.

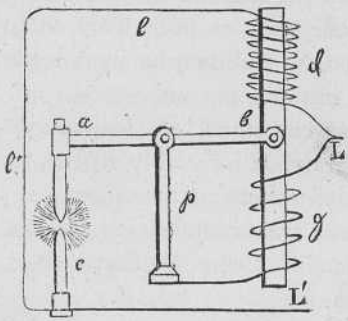

Fig. 100. Teoría del regulador de M. Siemens.

Suponiendo todo el sistema en equilibro, y en

contacto los extremos de los carbones, si se pone en comunicacion el conductor *L* con el polo positivo de una pila, la corriente eléctrica se irá en su mayor parte por la hélice gruesa *g*, y de aquí, por *p* y *a*, marchará por los carbones y alambre *L'* al otro polo de la misma; mas al pasar dicha corriente por la hélice *g*, el magnetismo que en ella se desarrolla hace descender la barra de hierro dulce, y como consecuencia, el carbon *a* se levanta, produciéndose en este instante el arco voltáico.

A medida que se consumen los carbones y la luz eléctrica tiende á debilitarse, la resistencia del circuito aumenta considerablemente y parte de la corriente marcha por la hélice *d*, y el conductor *l l'* al polo negativo de la pila; esta derivacion da lugar á que la barra de hierro sea atraida por dicha hélice *d*, y girando entónces la palanca *a b*, desciende el carbon *a* para quedar á la misma distancia que al principio. Vemos, pues, que en este regulador se mantienen los carbones á una distancia constante por la diferencia entre las acciones magnéticas de las dos hélices *g* y *d*, por cuya razon ha recibido el nombre de *lámpara diferencial*. Todo el mecanismo va encerrado en una caja metálica colocada en la parte superior del aparato, miéntras que los carbones ocupan la inferior y se hallan cubiertos por un cilindro de porcelana semi-trasparente que mitiga la excesiva intensidad de la luz.

Una de las principales ventajas de este regulador, consiste en la posibilidad de establecer con su auxilio várias lámparas eléctricas en un sólo cir-

cuito, y todo está en él tan previsto, que para el caso de romperse alguno de los carbones, tiene un *contacto* de platino que establece inmediatamente el circuito á través de los demas.

Division de la luz eléctrica — Por medio de los anteriores aparatos se consigue mantener con una intensidad casi constante el arco voltáico procedente de una batería de muchos elementos ó de una poderosa máquina de induccion; pero, excepcion hecha de su aplicacion á los faros y algun otro caso particular, es preferible á un sólo foco de gran intensidad el empleo de varios más débiles, colocados en diferentes puntos del sitio que se desea iluminar. Este problema de dividir en pequeños focos la luz eléctrica presenta hasta ahora grandes dificultades, las que han tratado de vencer varios físicos y constructores ideando *lámparas* de diferentes clases, y si bien no llenan completamente el objeto apetecido, se acercan mucho á su resolucion.

Siguiendo nuestro propósito de no describir sino los aparatos sancionados por la experiencia, sólo daremos á conocer los que mejor resultado han producido.

Bujías Jablochkoff.—El ingeniero ruso de este nombre ha dado á conocer, en 1876, un procedimiento para utilizar el arco voltáico que hasta ahora produce excelentes resultados, el cual, atendida su extraordinaria sencillez, es preferible á cualquier otro regulador de los conocidos hasta ahora.

Consiste dicho sistema (fig. 101) en dos barritas de carbon artificial *c* y *d*, colocadas paralelamente y separadas por una capa de 2 á 3 milímetros de una sustancia *i* aisladora y fusible; cada carbon está rodeado en su parte inferior por un tubito de cobre que sirve para ponerlos en comunicacion con el orígen eléctrico y á la vez se hallan unidos por una ligadura *M*, compuesta de una sustancia aisladora que evita su separacion; por último, dichos carbones están adelgazados en su parte superior, y se hallan unidos por una laminita de plombagina *a b*, sujeta con un poco de papel de amianto.

Fig. 101.

Poniendo en comunicacion cada uno de los carbones con los polos de una máquina de induccion de *corrientes alternadas*, se establece el circuito á lo largo de ellos, pasando por la lámina de plombagina que los une, y como ésta es muy delgada, se enrojece y desaparece pronto, dejando establecido el arco voltáico entre las puntas de ambos carbones. A medida que se desgastan éstos, se funde y desaparece la materia aisladora que los separa, consumiéndose todo poco á poco como si en realidad fuera una bujía esteárica, y por esta semejanza se ha dado á este sistema el nombre que lleva.

El estado de fusion en que se encuentra la materia aisladora facilita extraordinariamente el paso

de la corriente eléctrica, y de aquí que por este sistema se puedan intercalar várias bujías en un mismo circuito.

Se comprende fácilmente que en esta clase de alumbrado sólo pueden utilizarse las máquinas de corrientes alternadas, pues de no ser así, se consumiria con doble rapidez el carbon positivo, aumentando la distancia entre ambos hasta el punto de extinguirse el arco voltáico.

Despues de repetidas experiencias, se ha visto que el carbon más á propósito para este objeto es el fabricado por M. Carré, debiendo presentar 25 centímetros de longitud por 4 milímetros de diámetro.

Tambien se han ensayado multitud de sustancias aisladoras para llenar el espacio que separa ambos carbones, y la que mejor resultado ha producido es una mezcla de escayola y sulfato de barita. Ademas se ha visto que, en vez de unir las puntas de los carbones con la lámina de plombagina de que ántes hemos hablado, basta introducir sus extremos en una mezcla de dicha sustancia en polvo y agua de goma.

Con estas condiciones puede durar cada bujía *hora* y *media*, produciendo la luz de 30 á 40 mecheros de gas, y á pesar de estar naciente su fabricacion, se venden ya en París á 20 cents. de peseta cada una.

Cuando el tiempo que ha de durar el alumbrado es superior á la duracion de una bujía, se colocan várias en un mismo soporte (fig. 102), fijo en la

parte superior del candelabro. Cada bujía se introduce entre dos piezas metálicas acanaladas *B* y *C*, que pueden acercarse por la fuerza de un resorte *R*, y el intermedio de una pieza movible *D*, cuidando que cada tubo de cobre de ambos carbones sólo toque á una de dichas piezas. Todas ellas se hallan fijas en un disco aislador de ebonita, en cuyo centro están colocadas las cuatro piezas análogas á la *B*, y en comunicacion con uno de los conductores de la máquina eléctrica; cada una de las otras cuatro se hace llegar á un *conmutador* colocado generalmente en el pié del candelabro, el que, á voluntad del encargado, deja pasar la electricidad sucesivamente por cada bujía á medida que se van consumiendo; de esta manera se comprende fácilmente la posibilidad de prolongar este alumbrado cuanto sea necesario, pues á nada se opone que cada farola tenga 8 ó 10 bujías.

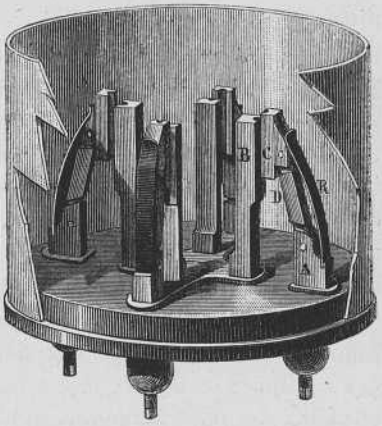

Fig. 102 Soporte de las bujías Jablochkoff.

La luz producida por este sistema es de un co-

lor rosado bastante agradable y, efecto de la llama que produce la materia aisladora al fundirse, molesta ménos y hace sombras más diluidas que la de los reguladores anteriores; ademas, tiene la ventaja de presentar mayor fijeza que en aquéllos, por estar los carbones constantemente á una misma distancia. Generalmente se cubren las bujías con un globo de cristal esmaltado (fig. 103), el que esparce la luz y la hace más á propósito para el alumbrado público, si bien pierde así próximamente un 40 por 100 de su intensidad.

Uno de los inconvenientes que presentan estas bujías es el no poderse encender por sí solas, si por cualquier causa llegan á apagarse, puesto que faltando la materia conductora que al principio establece la comunicacion entre ambos carbones, la corriente eléctrica no puede salvar el espacio que luégo los separa. Parece, sin embargo, que su autor ha resuelto la dificultad mezclando la sustancia aisladora con limaduras muy finas de cobre, las que se volatilizan al arder la bujía, y despues de apagada forman, al condensarse, una capita algo conductora que permite el paso á la corriente eléctrica.

Por último, á fin de aumentar el poder lumínico de este sistema, M. Jablochkoff ha tenido la idea de interponer en el circuito de cada grupo de cuatro bujías unos condensadores, formados por grandes láminas de papel de estaño separadas con hojas de papel impregnadas de parafina, los que convierten en estática la electricidad del generador,

permitiendo por este medio introducir mayor nú-

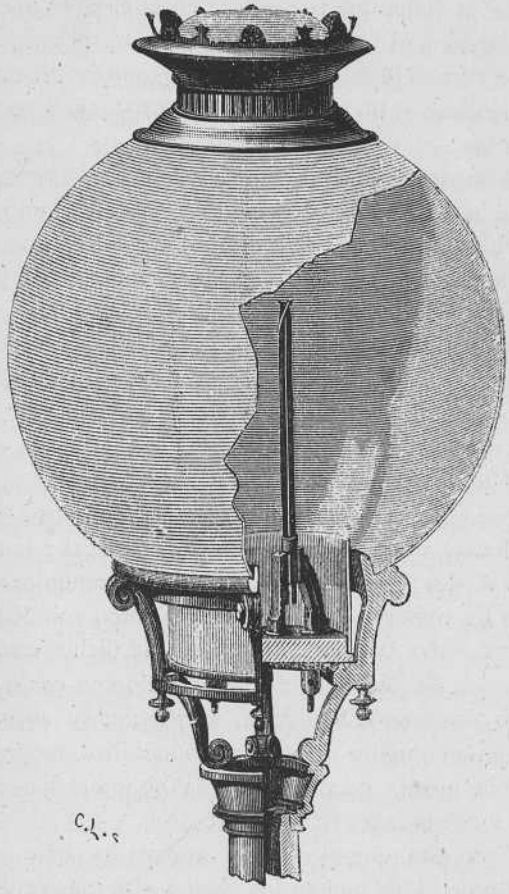

Fig. 103. Farola de las bujías Jablochkof.

mero de bujías en cada circuito. Por otra parte, sin este recurso, acaso no se hubiera podido apli-

car este sistema para un alumbrado permanente, pues la bujía que presentase en el circuito ménos resistencia al paso de la corriente, absorberia casi por completo la electricidad del generador, extinguiéndose al poco rato el arco producido por las demas.

Lámpara de M. Jamin. — A pesar de la sencillez que presentan las anteriores bujías, M. Jamin ha creido que aún podian simplificarse suprimiendo la materia aisladora que separa los carbones, y en efecto, fundado en esta idea ha inventado una lámpara que, á juzgar por la reciente descripcion que de ella ha hecho ante la Academia de Ciencias de París, ha de proporcionar grandes ventajas en el alumbrado eléctrico.

En este nuevo sistema los dos carbones están colocados paralelamente á la distancia de unos 2 mm y se hallan sujetos en una posicion vertical por medio de dos tubos de cobre puestos en comunicacion con los reóforos de la máquina. El arco voltáico se forma entre las puntas inferiores de dichos carbones, y á fin de impedir su produccion en cualquier otro punto de los mismos, aprovecha su autor la accion magnética de un circuito metálico, recorrido por la misma corriente, que le obliga á fijarse en las extremidades de aquéllos.

Con esta disposicion se aprovecha una gran parte de la luz que en los demas sistemas se pierde inútilmente en el espacio, y ademas, segun asegura su autor, la resistencia del circuito es menor que en las bujías Jablochkoff, pudiendo con igual

intensidad eléctrica alimentarse duplo número de focos y de mayor poder luminoso.

Lámparas de incandescencia.—Ademas de las lámparas de arco voltáico que hemos dado á conocer, y que, á no dudarlo, son las únicas que pueden usarse para utilizar en gran escala el alumbrado eléctrico, varios físicos han creido ventajoso para el alumbrado particular, valerse de la incandescencia que experimentan ciertos cuerpos poco fusibles, bajo la accion de una corriente eléctrica de suficiente intensidad.

Aparte de la sencillez que, en general, presentan estos aparatos, la teoría prueba desde luégo lo inconveniente de este sistema, pues la gran cantidad de calor desprendida en estas lámparas, es á espensas de un consumo inútil de flúido eléctrico y, bajo este concepto, no pueden establecer competencia con las de arco voltáico, en las que abundan más los rayos luminosos que los caloríficos.

MM. King y Lodyguine parece que fuéron los primeros en idear una lámpara de este género, y su sistema consistia en hacer pasar una corriente eléctrica por una barrita delgada de carbon, encerrada en un tubo de cristal privado del aire. Al enrojecerse dicho cuerpo por el paso de la corriente, se producia una luz bastante viva y, efecto de verificarse la incandescencia fuera del contacto del aire, el gasto del carbon era relativamente insignificante.

Una vez conocida esta idea, se han inventado, bajo el mismo principio, una porcion de lámparas

que, si bien tienen todas el defecto propio del sistema, presentan caractéres de sencillez que las hacen recomendables para el uso doméstico del alumbrado por la electricidad.

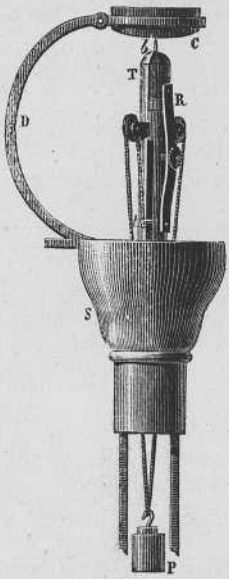

Fig. 104 Lámpara de M. Werdermann.

Una de las más sencillas y que mejor resultado han producido es la de **M. Werdermann**, representada en la figura 104.

Consiste esta lámpara, que en realidad es una modificacion de otra anterior debida á Reynier, en un disco de carbon de retorta *C*, de unos 5 cents. de diámetro, sostenido horizontalmente por un aro de cobre y una barra metálica arqueada *D*. En el centro de este disco viene á apoyarse ligeramente una barrita de carbon artificial de 2 á 3 milímetros de diámetro, colocada dentro de un tubo de cobre *T*, por el que se eleva movida por un peso *P* y dos cordones unidos á un tope interior *t*; ademas, un resorte *R* permite arreglar la presion de dicha barrita con el disco *C*.

Haciendo comunicar el tubo *T* con el polo positivo de una pila ó máquina de induccion, y el negativo con el disco *C*, se enrojece la parte libre *b*

de la barrita de carbon, produciendo una luz bastante fija y de una intensidad más que suficiente para las necesidades del alumbrado particular; á esto contribuye tambien un pequeño arco voltáico que se forma entre los dos carbones por efecto de su contacto imperfecto.

El gasto del carbon positivo en esta lámpara es de 5 á 6 cents. por hora, y atendido el bajo precio que van teniendo los carbones de M. Carré, resulta este sistema poco costoso; el carbon negativo *C* no se consume ni altera por tener una masa y superficie extraordinariamente mayor que el positivo. Con objeto de recoger las cenizas procedentes de su combustion, tiene el aparato en su parte inferior una especie de embudo *S*, que sirve, ademas, para sostener un globo de cristal deslustrado que esparce y mitiga la luz originada.

La mayor ventaja que presenta este aparato y todos los de su género, consiste en la posibilidad de interponer 8 ó 10 lámparas en un mismo circuito, si bien hay que tener en cuenta que *la suma de luz producida por una cierta cantidad de flúido eléctrico es tanto menor, cuanto mayor sea el número de focos en que se divida.*

Lámpara de M. Edison — No ha mucho tiempo que los diarios americanos trajeron la nueva de que M. Edison, ingenioso autor del *fonógrafo*, habia inventado una lámpara eléctrica de una sencillez admirable, con la que se resolvia completamente el problema de dividir la luz eléctrica; no paraba aquí el descubrimiento, sino que, ademas,

dicho físico habia combinado una nueva máquina de induccion, con la que se producian torrentes de electricidad, empleando una fuerza motriz insignificante.

La noticia era de tal importancia, y tantas las seguridades de buen éxito dadas por los periódicos del Nuevo mundo, que las acciones de las COMPAÑÍAS DEL GAS experimentaron una considerable baja en Francia é Inglaterra.

A su vez, alguno de nuestros periódicos, sin detenerse á estudiar las dificultades que habria que vencer para lograr tan apetecido fin, tomó por su cuenta el asunto y dió por resuelto el problema del alumbrado eléctrico, tratando con infundado desprecio al humilde *gas* y fétido *petróleo*.

Veamos, sin embargo, en qué consistia tan portentoso descubrimiento.

Ya hemos indicado, al hablar de los efectos térmicos de la electricidad, que si se hace pasar una corriente eléctrica por un alambre delgado de platino, éste se enrojece, produciendo una luz más ó ménos intensa, segun la tension de la pila y diámetro del alambre, pero limitada siempre por el punto de fusion de dicho metal.

Ahora bien, Edison, fundándose en esta primitiva experiencia, combinó su primera lámpara por medio de una espiral de *platino* é *iridio*, que enrojecida por la corriente del generador habia de producir la luz deseada; á fin de evitar la fusion de dicha espiral, dícese que colocó en su interior una varilla metálica que, por su dilatacion, debia esta-

blecer una derivacion de la corriente, salvando de este modo la indicada espiral.

Sin duda este procedimiento no dió á su autor todo el resultado que de él se prometia, cuando al poco tiempo se ocupó en combinar otra disposicion tan poco nueva, por cierto, como la anterior.

Su segunda lámpara consiste en una lámina de *carbon de papel*, en forma de herradura, encerrada en un globo de cristal privado de aire. Para obtener este carbon se calcina en un molde de hierro de dicha forma una ó várias láminas de cartulina Bristol. Haciendo pasar despues por ella una corriente eléctrica de cierta intensidad, se pone incandescente y produce una luz más suave, segun los diarios americanos, que la obtenida con las lámparas que hemos descrito anteriormente; ademas, como dicha lámina de carbon está colocada en el vacío, su consumo es insignificante.

A poco que discurran nuestros lectores sobre las dos lámparas de M. Edison, comprenderán su poca novedad, y lo impracticables que son ambos sistemas para un alumbrado eléctrico permanente. En efecto, en el primer procedimiento, á pesar del regulador térmico de la corriente, es casi seguro que la espiral de platino se fundiria con harta frecuencia, ocasionando la extincion de la lámpara y un gasto considerable; respecto á la novedad del segundo, bastará recordar que el célebre Davy, que fué el primero que logró obtener el arco voltáico, encerró ya los carbones en un globo vacío, á fin de evitar su rápida combustion. Ademas de esto,

el reemplazo de la lámina de carbon cuando se volatilizase ó rompiera, habia de ser bastante difícil, por tratarse de un globo cerrado á la *lámpara de esmaltar*, y, por último, económicamente no puede darse peor sistema que el de Edison, puesto que presentando una gran superficie la parte enrojecida, se habian de producir muchos rayos caloríficos y pocos luminosos.

A pesar de todo, la prensa americana sigue hablando de las lámparas de dicho físico como de una cosa resuelta, y áun indican el precio de 2,50 pesetas como valor de cada lámpara capaz de durar 400 á 600 horas. Si así es, habrá que doblar la cabeza ante los hechos, pero parece raro que un sistema tan ventajoso no se haya extendido con la rapidez que circula todo lo verdaderamente notable.

Respecto á la máquina de induccion con que estas lámparas debian funcionar, no ha estado tampoco M. Edison muy afortunado en su idea, pues queda aquélla reducida á unos grandes *diapasones*, provistos en el extremo de sus ramas de unos carretes inductores que, al aproximarse y separarse con movimientos sincrónicos, de unos imanes permanentes ó temporales, debian producir la corriente eléctrica necesaria. Sin duda alguna será este aparato, si es que se ha llegado á construir, la peor máquina de induccion conocida, pues con tal disposicion debe perderse inútilmente la mayor parte de la fuerza empleada en hacer vibrar dichos diapasones.

Coste de la luz eléctrica —Una vez descritos los principales aparatos que hoy se usan para el

aprovechamiento del arco voltáico, vamos á ocuparnos de la comparacion económica de estos diferentes procedimientos.

Dos medios tiene á su alcance la ciencia para producir la corriente eléctrica necesaria: las pilas hidro-eléctricas y las máquinas de induccion.

Entre las diferentes pilas, de que hicimos memoria en el lugar correspondiente, sólo la de Bunsen posee suficiente energía para el objeto que nos ocupa. Este medio, no obstante, presenta en la práctica grandes dificultades. En primer lugar, la operacion de montar una pila de Bunsen de 60 ó 100 elementos, ademas de exigir la presencia de un operario de cierta ilustracion, es muy pesada y hasta peligrosa, pues hay que manejar grandes cantidades de ac. nítrico y sulfúrico, cuya accion destructora sobre el organismo es bien conocida; su colocacion no puede tampoco tener lugar sino en un patio ó sitio despejado, que no siempre existe inmediato, pues la gran cantidad de vapores corrosivos que de ella se desprenden viciaria muy pronto el aire de la habitacion en que se colocase y, por último, cada cinco horas, cuando más, hay necesidad de renovar parte de los ácidos, á fin de evitar que la corriente se debilite hasta el punto de ser insuficiente para la produccion del arco voltáico. En cambio de todos estos defectos, tienen las baterías voltáicas la ventaja de ocasionar un gasto de instalacion relativamente insignificante.

El segundo medio de obtener la electricidad necesaria, valiéndose de las máquinas de induccion,

no tiene los inconvenientes que presentan las pilas, y ya indicamos al tratar de ellas que, con la mayor facilidad, producen corrientes tan intensas como se requieran; pero en cambio necesitan mucho espacio para su colocacion y la del motor de vapor ó gas que las haya de poner en movimiento, y su adquisicion, comprendido aquél, es de gran importancia.

Para decidirnos, pues, entre ambos sistemas, es necesario examinar el precio que en cada uno alcanza el alumbrado eléctrico.

Segun las experiencias verificadas en Lyon por MM. Lacassagne y Thiers, durante 100 horas de alumbrado eléctrico por medio de una pila de 60 elementos Bunsen, el gasto fué el siguiente:

Zinc.....	72 kilógs.....	57,68	pesetas.
Ac. sulfúrico....	174 —	18,48	—
Ac. nítrico.....	247 —	138,32	—
Mercurio.....	9,5 —	57,00	—
Carbon de retorta.	$6^{m},6$	19,85	—
Encargado de la pila.	0,60 ptas. hora..	60,00	—
Gasto total en 100 *horas*.....		351,33	pesetas.

Lo que equivale á 3,48 pesetas por hora para producir por término medio la luz de 50 *mecheros Carcel* (1).

(1) El mechero Carcel, que es uno de los tipos usados para comparar el poder lumínico de las luces, corresponde á una lámpara de resorte que consume 42 gramos de aceite de colza por hora, y equivale á la luz de siete bujías próximamente.

Para producir por medio de las máquinas dínamo-eléctricas un alumbrado equivalente á 120 mecheros Carcel, durante 100 horas, se gastan tan sólo 153 pesetas, repartidas del siguiente modo:

Interés y amortizacion de un capital de 15.000 pesetas, empleado en el motor y máquinas	27 pesetas.
Carbon para alimentar el motor	36 —
Carbon de retorta para el regulador	20 —
Grasa para las máquinas	10 —
Salario del maquinista	60 —
Gasto total en 100 horas	153 pesetas.

Lo que equivale á 1,53 pesetas por hora, para producir la luz equivalente á 120 mecheros Carcel.

Deduciendo ahora de los anteriores datos el precio del alumbrado por hora de un sólo mechero Carcel, resulta:

Por medio de la pila de Bunsen	0,07 pesetas.
Por las máquinas dínamo-eléctricas	0,01 —

Estos resultados han hecho que se abandone por completo, al ménos para un alumbrado permanente, el uso de dicha pila, y se estudie detenidamente cuál de las máquinas de induccion produce mejor efecto.

Desde luégo se comprende la dificultad de esta comparacion, por mediar en el asunto intereses personales, que deben influir no poco en los resultados obtenidos, y sería muy conveniente se nom-

brase una Comision internacional que decidiese en un asunto tan importante.

En Inglaterra se ensayaron en 1877 las máquinas dínamo-eléctricas conocidas hasta entónces, ante una junta de sabios respetables, que es de creer no estarian afectados de pasion de ningun género.

Los resultados obtenidos con relacion á las dos mejores máquinas ensayadas, son los siguientes:

	PRECIO. — *Pesetas.*	Luz por cada caballo de vapor. — *Mecheros Carcel*
Gramme (modelo de 1873).	8.000	108,29
Siemens (modelo mediano).	2.500	136,29

De la observacion de este cuadro resulta con grandes ventajas la máquina de Siemens; pero hay que tener en cuenta que despues de aquella fecha M. Gramme ha introducido notables mejoras en su máquina, la que, segun recientes experimentos, con un peso de 175 kilógs., para una fuerza motriz de 2,5 caballos, produce una intensidad luminosa total de 612 mecheros Carcel, ó sean 245 por cada caballo de vapor, siendo solamente su precio 1.500 pesetas. Si estos datos son ciertos, la máquina de Gramme es sin disputa la primera de cuantas se conocen y, por lo tanto, debe preferirse á todas para el alumbrado eléctrico.

Comparando ahora el coste de esta clase de alumbrado con el que hoy tiene el de gas, resultan números que prueban la ventaja de aquél flúido cuando se trata de iluminar grandes espacios, pero si la luz ha de dividirse en un gran número de focos, es mucho más económico el empleo del gas.

Esto se comprende perfectamente observando que, con la fuerza de un caballo-vapor aplicada á una máquina de induccion, se han obtenido los siguientes resultados:

En un sólo foco, con regulador Serrin.....	120	mech.	Carcel.
En cuatro, con reguladores Mersanne.....	106	—	—
En diez y ocho, con id. id.....	80	—	—
Por medio de las bujías Jablochkoff.	38	—	—

En donde vemos que á medida que aumenta el número de focos disminuye su intensidad luminosa y crece, por lo tanto, el precio de dicho alumbrado.

Hasta hoy puede decirse que, necesitando una iluminacion superior á 20 mecheros Carcel, hay economía en el uso de la luz eléctrica, pero si aquel número es menor, resulta más barata la luz del gas.

Los anteriores datos, sin embargo, pueden sufrir un aumento considerable en las localidades, como Madrid, en que tanto el carbon de piedra como el de los *reguladores* ó *bujías*, alcanzan un precio muy elevado; así, miéntras en Lóndres y

París cuesta el alumbrado eléctrico por el sistema Jablochkoff 0,02 y 0,73 de peseta respectivamente por foco y hora, en Madrid llega á 1,13 pesetas en el mismo tiempo por igual cantidad de luz; por lo tanto, mal que nos pese, nos vemos obligados por ahora á renunciar en la Córte á tan excelente alumbrado, debiendo contentarnos con el ensayo verificado en la *Puerta del Sol*, el que, á pesar de su modestia, costaba al Municipio más de 40 pesetas diarias.

Procedimiento de M. Tomasi.— El alumbrado eléctrico por medio de las máquinas de induccion, por más que sea el único que puede establecerse con ventaja, cuando se trata de iluminar grandes espacios, es completamente inaplicable si se refiere á las necesidades particulares, y por desgracia no puede introducirse todavía en los usos de la vida doméstica.

Tratando, sin embargo, de realizar este importante objeto M. Tomasi, ha modificado de tal manera la pila de Bunsen que presenta, segun él, las siguientes ventajas:

1.° Gran economía en su gasto diario.

2.° Desaparicion de los vapores nitrosos.

3.° Intensidad constante.

4.° Precio moderado. (20 elementos, 300 pesetas).

Y 5.° Colocacion fácil y manipulacion sencilla.

Para lograr esto M. Tomasi, ha sustituido el acnítrico de la pila de Bunsen por una mezcla de ni-

trato de potasa, disuelto en agua y ac. sulfúrico; los zines quedan amalgamados hasta su completa desaparicion añadiendo, al fundirlos, una cantidad conveniente de mercurio; para unir entre sí los diferentes elementos de esta pila, se vale su autor del metal *aluminio*, que es inalterable por el ac. nítrico; los vasos exteriores se hallan en comunicacion por medio de sifones, siempre cargados, que renuevan el agua acidulada, y los vasos porosos lo son solamente en su mitad superior.

Para que la pila deje de funcionar basta levantar un travesaño que sostiene todos los carbones y abrir una llave que da salida al agua acidulada.

El gasto que ocasiona una pila de este género, compuesta de 20 elementos, funcionando *diez* dias á *cuatro* horas, es solamente de 3,31 pesetas, segun los experimentos de su autor.

Para completar su sistema de alumbrado, M. Tomasi ha ideado tambien una lámpara de incandescencia que, por un mecanismo análogo al de un rewolver, puede arder durante veinte horas seguidas sin renovar los carbones.

Segun las experiencias de dicho físico, la mayor ventaja de este sistema es la gran economía que proporciona, pues miéntras con la antigua pila de Bunsen cuesta 0,50 pesetas por hora una luz equivalente á 10 mecheros, con el aparato Tomasi sólo llega á 0,13 en igualdad de luz. De ser así, resulta este alumbrado más barato que el que se obtiene con las máquinas de induccion, y áun más tambien que el producido por el gas.

Mucho nos alegraríamos, aunque nos parece dudoso, ver confirmados por la experiencia los datos anteriores, y que la *Sociedad Tomasi*, creada recientemente en París para la explotacion de este sistema, obtenga cuantiosos beneficios, pues en este caso no serán menores los que la sociedad en general habrá recibido de dicho sabio.

Tubos de Geissler —Ademas de los anteriores medios para producir en gran cantidad la luz eléctrica, existe otro más humilde, y que no por eso carece de propiedades importantes.

Recordarán nuestros lectores que, al hablar de los efectos de la electricidad estática, dijimos (página 54), que introduciendo en el *huevo eléctrico* pequeñas cantidades de diferentes gases, éstos se hacian luminosos al pasar la chispa eléctrica, produciendo coloraciones especiales, correspondientes á su distinta composicion química.

Fundándose en esta propiedad M. Geissler, ha ideado unos tubos, que llevan su nombre, por medio de los cuales se puede obtener una luz que, aunque algo débil, presenta una constancia y facilidad de produccion de que carece el arco voltáico. Consisten aquéllos en unos tubos de cristal *r r'* (fig. 105), dentro de los cuales se ha hecho el vacío, dejando penetrar despues una pequeña cantidad del gas que se quiera someter á la experiencia; en sus dos extremos, cerrados con la lámpara de esmaltar, tienen unos alambres de platino que terminan exteriormente en un anillo y penetran dentro 2 ó 3 centímetros.

Para hacerlos funcionar se colocan sobre el soporte *R* y, por el intermedio de los casquillos de empalme *A* y *B*, se ponen en comunicacion cada uno de los alambres de platino con un polo de la bobina de Ruhmkorff; en el mismo instante salta la chispa en su interior, y se produce una luz fosforescente que presenta la particularidad de apa-

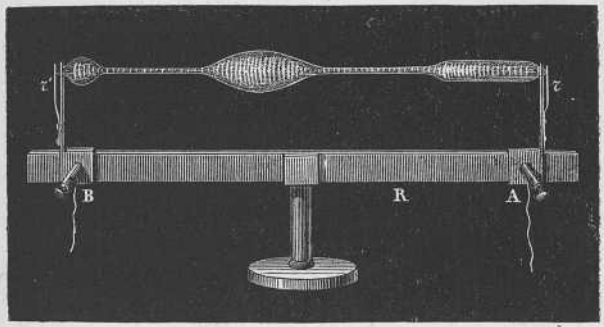

Fig. 105. Tubo de Geissler.
(Catálogo de M. Ducretet.—París.)

recer surcada por líneas oscuras, en una direccion perpendicular á la longitud del tubo. Este fenómeno, llamado *extratificacion* de la luz eléctrica, es debido, segun M. de la Rive, á una serie de impulsiones isócronas ejercidas sobre la columna gaseosa por las descargas que se verifican entre los polos del carrete de Ruhmkorff.

La intensidad de la luz producida con estos aparatos depende de la naturaleza del gas que contengan y de la energía de la corriente eléctrica á que se sometan. Puede, sin embargo, aumentarse

aquélla construyendo los tubos con vidrio de *urano*, ó bien introduciendo en ellos sustancias, como el *sulfuro de cálcio* ó *bário*, que tengan la propiedad de hacerse fosforescentes bajo la accion de la electricidad. A pesar de todo, este procedimiento no puede servir sino para alumbrar débilmente un sitio completamente oscuro.

Aplicaciones de la luz eléctrica. — La extraordinaria intensidad que posee la luz eléctrica, y la facilidad relativa con que puede producirse, han sido causa de que se haya aplicado desde hace tiempo, en una porcion de circunstancias en que serian impotentes los demas focos luminosos. Por otra parte, el arco voltáico, segun sabemos, no necesita para su produccion la presencia del aire, y esto hace que sea este el único medio de obtener un foco de luz artificial fuera del contacto de aquel gas.

La aplicacion más importante que, sin duda alguna, ha recibido la luz eléctrica, es al alumbrado público, y ahora acabamos de ver que este problema, científicamente, está completamente resuelto, si bien, económicamente considerado, sólo puede establecerse en casos especiales. Uno de estos, y acaso en el que mejor se resuelve la cuestion, es para iluminar los *faros* situados en las costas. En estos aparatos conviene usar una luz muy intensa y lo más pequeña posible, y bajo este concepto, no hay ninguna otra que se preste tan perfectamente para este fin.

Generalmente se usan reguladores de Serrin ó

Siemens alimentados por aparatos dínamo-eléctricos de corrientes alternadas, movidos por máquinas de vapor, y á pesar del gran coste de una instalacion semejante, resulta una economía de un 80 por 100 sobre el alumbrado por aceite. Colocado el regulador en el centro de un sistema de *lentes de Fresnel*, salen los rayos de luz paralelos, y pueden verse, en tiempo despejado, desde una distancia de más de 50 kilómetros.

En la marina, y lo mismo en los ferro-carriles, puede prestar tambien grandes servicios el alumbrado eléctrico, evitando las terribles *colisiones* que con tanta frecuencia se verifican, y facilitando la entrada de los barcos en los puertos durante la noche; mas á pesar de todo, y por razones infundadas, son hasta ahora muy pocos los barcos que han adoptado este sistema.

En el arte militar hay tambien necesidad de producir durante la noche señales que sean visibles desde larga distancia; asimismo, para reconocer las posiciones y trabajos del enemigo, ó bien para evitar una sorpresa durante la noche, es necesario valerse de un poderoso medio de iluminacion, y ningun otro foco puede llenar tan cumplidamente este objeto como la luz eléctrica. Para producirla con facilidad y trasportarla de un sitio á otro, se ha adoptado en Francia un aparato locomóvil en el que se hallan reunidas una máquina de Gramme y una de vapor de tres cilindros, sistema Brotherhood; con ella puede obtenerse una luz equivalente á 2.500 mecheros Carcel, consumiendo

una fuerza de 8 caballos-vapor; si ademas se concentran sus rayos con un sistema de lentes y de espejos, pueden distinguirse claramente los objetos á más de 6 kilómetros de distancia.

La luz eléctrica puede utilizarse tambien con gran ventaja para amplificar, por *proyeccion*, la imágen de pequeños objetos, y hacerlos visibles á un gran número de personas, lo cual es un auxiliar poderoso para el estudio de las ciencias experimentales.

Los fotógrafos, á su vez, pueden servirse de este sistema de alumbrado, que obra sobre el ioduro de plata con una actividad casi igual á la del sol, tanto para obtener sus retratos en una habitacion colocada en un piso bajo, como para reproducir el interior de ciertos edificios y objetos de arte colocados en sitios poco alumbrados por la luz del dia.

En el teatro, en que tanto partido se saca de la iluminacion parcial de ciertos personajes ú objetos, puede tambien la luz eléctrica prestar importantes servicios.

Por último, para iluminar el fondo del mar ó el interior de una mina, ningun otro sistema puede dar tan excelentes resultados como el que nos ocupa. Sabido es, en efecto, el creciente uso que se hace de las *escafandras*, tanto para explorar el interior de los mares como para echar los cimientos de las construcciones navales. En general, la luz que penetra á través del agua basta para efectuar dichas operaciones; pero hay casos en que,

efecto de la gran profundidad á que se necesita descender, llega tan debilitada la luz exterior, que es indispensable el uso de la artificial; en este caso la luz eléctrica sirve como ninguna otra para dicho objeto.

La lámpara adoptada en este caso se encierra en un globo de cristal, en el que se ha hecho el vacío, y los conductores, convenientemente aislados, suben á la superficie á unirse con los polos de la máquina de induccion. En estas circunstancias la luz se produce con igual facilidad debajo del agua que en el aire, iluminando perfectamente un gran espacio á su alrededor; ademas, los carbones se gastan con ménos rapidez que en el aire por hallarse fuera del contacto de este agente.

Respecto al alumbrado de las minas de carbon de piedra, solamente la luz eléctrica, que segun acabamos de ver puede producirse en el vacío, es capaz de evitar completamente las terribles explosiones á que da lugar el desprendimiento de *hidrógeno carbonado*. Cierto es que por medio de la lámpara de Davy se han disminuido mucho estas catástrofes; pero, efecto de várias circunstancias que no son de este lugar, aún se verifican dichos siniestros con bastante frecuencia.

El método más sencillo y económico para el alumbrado eléctrico de las minas es, sin duda alguna, por medio de los tubos de Geissler, que aunque producen una luz algo débil, basta en general para guiarse en la profunda oscuridad que allí reina. El aparato ideado para este objeto por

MM. Dumas y Benoit, consiste (fig. 105) en una caja de cuero que puede colgarse el operario en su cinturon, dentro de la cual se halla una pila de Grenet y una bobina de Ruhmkorff; los reóforos de

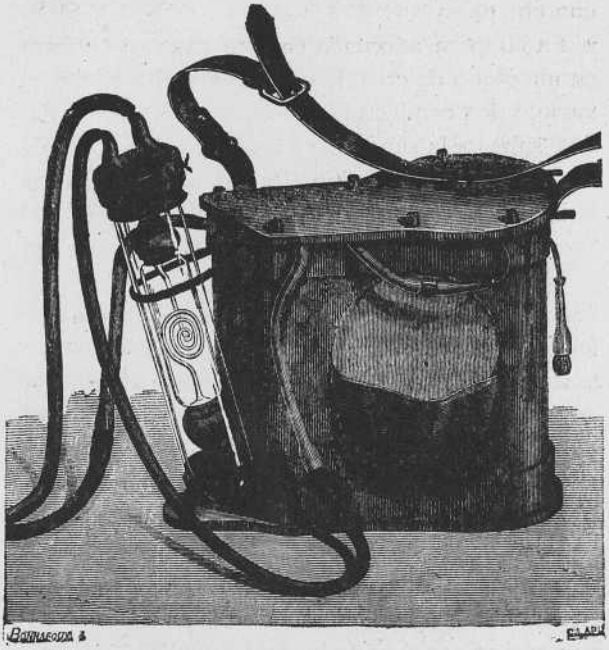

Fig. 106. Alumbrado de las minas

ésta salen al exterior cuidadosamente aislados, y van á unirse á los extremos de platino de un tubo de Geissler colocado dentro de otro resistente de cristal. A fin de producir la mayor cantidad de luz posible, se hace de *urano* el tubo interior, dándole la forma de espiral, y se llena de nitrógeno puro á

unos 20 milím. de presion. El operario puede llevar en la mano el tubo de Geissler, ó colgado en la caja de la bobina, quedando así con los dos brazos libres para el trabajo. El peso de todo el aparato no excede de 6 kilógs., y el líquido de la pila sólo necesita renovarse cada 10 ó 12 horas, siendo su coste en dicho tiempo de unos 25 céntimos de peseta.

CAPÍTULO III.

EFECTOS MAGNÉTICOS.

La extraordinaria velocidad con que se propaga el flúido eléctrico por los cuerpos buenos conductores hicieron pensar, desde el siglo pasado, la gran ventaja que reportaria servirse de esta propiedad para trasmitir señales de un punto á otro. Dicha velocidad es, en efecto, tan considerable que, suponiendo establecido un alambre que rodease la tierra por el Ecuador, le recorreria la electricidad en ménos de *medio segundo* de tiempo.

Nuestro compatriota **D. Francisco Salvá**, fué el primero que abordó la cuestion en 1801, tratando de establecer comunicaciones eléctricas entre Madrid y Sevilla, si bien, por haberse valido de la electricidad estática y no estar suficientemente aislados los conductores, no obtuvo el resultado que esperaba. Diez años despues, Sœmmering ideó utilizar las corrientes voltáicas para el mismo objeto, y pensó aprovechar la descomposicion que

experimenta el agua, bajo la accion de este flúido, para producir las señales necesarias; pero presentaba este sistema, entre otros, el inconveniente de tener que valerse de corrientes de una gran tension para lograr el efecto deseado. Al poco tiempo, M. Ampere, fundándose en el descubrimiento de Œrsted, acaecido el año ántes, propuso el empleo de agujas magnéticas colocadas cerca de los conductores que enlazasen ambas *Estaciones*, las que, al moverse bajo la accion de la corriente respectiva, habian de servir de signos convencionales. Esta idea fué tan excelente, que al poco tiempo, Wheatstone, en Lóndres, y Steinheil, en Munich, construyeron telégrafos eléctricos bajo este principio, que funcionaban con cierta regularidad, si bien se necesitaban tantos conductores diferentes como letras querian trasmitirse. Este defecto, sin embargo, fué eliminado bien pronto por M. Schelling, en Rusia, haciendo uso de un galvanómetro vertical, cuyas indicaciones hácia la *derecha* é *izquierda*, producidas por la inversion de la corriente á través de un sólo alambre, bastaban para representar todas las letras, combinándolas de una manera conveniente, y, en efecto bajo este principio, aunque algo mejorado por Wheatstone en los detalles, quedó establecido en Inglaterra hácia 1840 el primer telégrafo eléctrico.

A pesar de todo, hasta que no se aplicaron los electro-imanes á la construccion de estos aparatos, el problema de la telegrafía eléctrica no recibió el impulso que despues ha tomado, y hoy puede de-

cirse que se ha llegado en esta cuestion á una altura tal, que parece imposible pueda perfeccionarse.

Teoria de los telégrafos eléctricos.—La mayor parte de los telégrafos inventados se fundan en la posibilidad de imanar, por la accion de una corriente voltáica, un electro-iman colocado á gran distancia.

Supongamos, en efecto (fig. 107), una electro-iman *E*, cuyo alambre esté en comunicacion, por

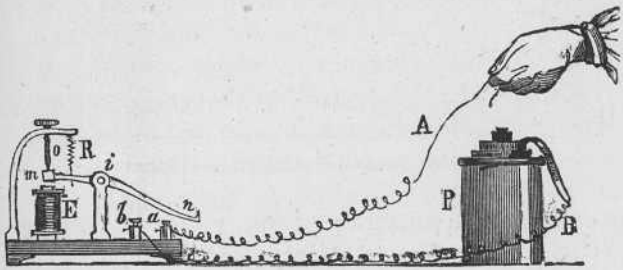

Fig. 107. Teoría de los telégrafos eléctricos.

medio de los casquillos de empalme *a* y *b*, con los reóforos *A* y *B* de una pila *P*, colocada á gran distancia. Miéntras se mantenga alejado el reóforo *A* del polo positivo de la pila, la armadura *m* del electro-iman estará separada de él, por la accion del resorte antagonista *R*, cuanto se lo permita el tornillo de tope *O*; pero si se establece el contacto entre dicho polo y el alambre *A* (fig. 108), la corriente marchará por dicho alambre y el casquillo *a* para recorrer el electro-iman y volver despues,

por *b* y el conductor *B*, al polo negativo de la pila. Al verificarse esto, el electro-iman se hace activo y atraerá, por lo tanto, la armadura *m*, venciendo la resistencia del resorte *R*, y así permanecerá todo el tiempo que esté cerrado el circuito. Si nuevamente se abre éste, separando el alambre *A* del polo respectivo de la pila, la armadura *m* volverá

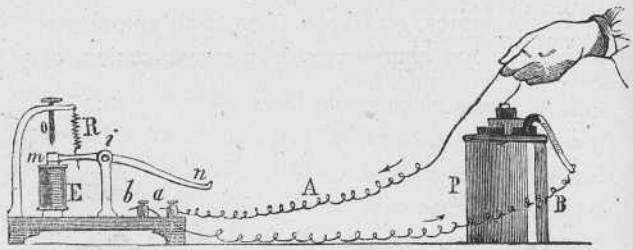

Fig. 108. Teoría de los telégrafos eléctricos.

otra vez á su primera posicion, y esto se repetirá cuantas veces se establezca ó interrumpa la corriente.

Vemos, por lo tanto, que desde una distancia cualquiera se puede determinar el movimiento de la palanca *i n* unida á la armadura del electro-iman, y se comprende fácilmente que, combinados de cierta manera estos movimientos, podrán servir para representar con más ó ménos lentitud las diferentes letras del alfabeto. Observemos de paso que, á no valerse de una pila de gran tension, la amplitud en los movimientos de dicha palanca y el esfuerzo que con ella se podrá vencer, han de ser forzosamente muy pequeños, pues ya sabemos

que las atracciones magnéticas decrecen rápidamente con la distancia, y que, asimismo, las corrientes eléctricas se debilitan notablemente al recorrer un largo circuito. Por esta doble razon, en todos los aparatos telegráficos se limita mucho la separacion de la citada armadura, por medio de piezas de tope análogas al tornillo *O*, y ademas se procura que, al ser atraida, tenga que vencer resistencias sumamente pequeñas.

Vemos, por lo que se acaba de exponer, que para unir por medio de la electricidad dos puntos más ó ménos distantes, son necesarios dos conductores que establezcan la comunicacion entre ambos polos de la pila y los alambres del electroiman correspondiente; mas Steinheil, en 1837, observó que, introduciendo en la tierra el reóforo negativo de la pila y uno de los alambres del electroiman, como indica la (fig. 109), la corriente se

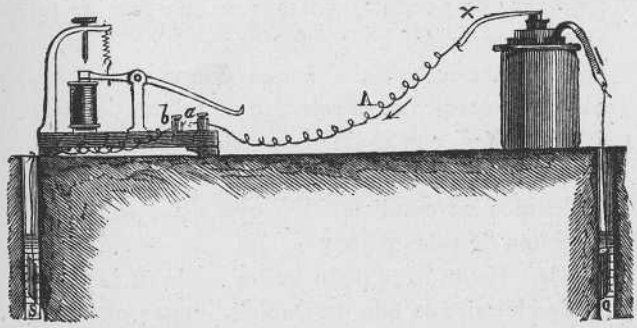

Fig. 109. Empleo de la tierra como conductor.

establece como si realmente existiesen los dos conductores. Este fenómeno se ha explicado suponien-

do que la tierra, efecto de su gran seccion, podia conducir el flúido eléctrico como un conductor metálico; mas hoy se admite que los dos flúidos de la pila se descargan en el suelo á causa de ser este el *depósito comun*, y por lo tanto, el desequilibrio eléctrico se verifica entre ambos polos como si, en efecto, existiese un segundo alambre.

La union de dichos conductores con el suelo debe ser lo más perfecta posible, y para ello se suelen terminar estos alambres, llamados de *tierra*, por planchas de cobre que se introducen á bastante profundidad, rodeándolas despues con coke machacado. Si en las inmediaciones hubiese un pozo de aguas permanente, bastaria sumergir en él la citada plancha, y mejor aún *soldar* el alambre correspondiente á una cañería de gas ó agua que pudiera haber inmediata.

Vemos, pues, que para establecer una línea telegráfica, se necesita, ademas de una *pila de corriente constante*, un conductor metálico ó *línea*, convenientemente aislado, que ponga en comunicacion el aparato de la estacion de salida, llamado *manipulador*, con el de la estacion de llegada ó *receptor*.

Veamos las condiciones á que debe satisfacer cada una de estas partes.

Pila.—Hasta hace poco se ha usado en la telegrafía eléctrica la pila de Daniell, cuyas excelentes condiciones de constancia y economía indicamos al describirla, pero hoy se ha reemplazado, casi universalmente, por la de Leclanché, que es

más intensa y limpia que la primera. El número de elementos necesarios para establecer una línea telegráfica, varía segun su longitud, esmero con que esté aislada y clase de receptor á que se aplique; ántes de adoptarse las de Leclanché, se usaban en Francia 30 elementos de Daniell por cada 100 kilómetros de línea, 50 por cada 200, y 70 por cada 400. Con las de Leclanché basta poner un elemento por cada 6 kilómetros cuando la longitud de la línea pasa de 100.

Líneas.—El conductor que sirve para establecer la comunicacion entre las estaciones de *salida* y *llegada*, es una de las partes más importantes de una instalacion telegráfica. Dicho conductor puede suspenderse en unos postes de madera colocados de trecho en trecho, ó bien conducirle por el interior de un tubo enterrado á cierta profundidad, ó ya, por último, colocarle convenientemente protegido á través de grandes masas de agua. En el primer caso se dice que la línea es *aérea*, en el segundo *subterránea*, y en el último *submarina*.

Líneas aéreas.—Para establecer una de estas líneas se hace uso de un alambre de hierro *galvanizado*, ó sea cubierto de una ligera capa de zinc que evita su oxidacion, de un grueso que varía entre tres y cinco milímetros; este alambre se halla sostenido por medio de *postes* de madera colocados verticalmente en el suelo á una distancia de cincuenta á setenta metros, á no ser en las curvas, en que deben colocarse con más frecuencia. Con objeto de evitar en lo posible su putrefaccio

y el daño que pudieran causarles los insectos, se les impregna de una disolucion de *sulfato de cobre*, y ademas se introduce en brea metro y medio próximamente de su extremidad más gruesa, que es la que despues ha de quedar bajo la tierra.

A fin de impedir que la corriente eléctrica se marche casi en su totalidad al depósito comun, se cuelgan los alambres de la línea en unos soportes de porcelana, llamados *aisladores*, sujetos con dos tornillos en la extremidad superior de dichos postes (figura 110). La forma de estos aisladores es muy variable; pero generalmente están formados por una especie de taza invertida de porcelana, en cuyo interior se fija, con azufre fundido, un gancho de hierro que sostiene el alambre de la línea; de esta manera, aunque la lluvia los moje, queda siempre una parte seca alrededor de dichos ganchos. Generalmente se ponen varios aisladores en cada poste

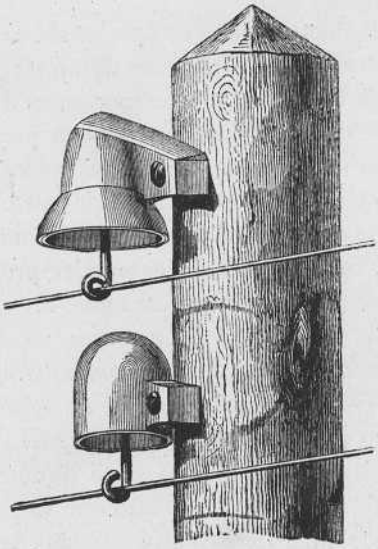

Fig. 110. Aisladores.

y, á fin de que no puedan tocarse unos alambres á otros, se fijan aquéllos alternados y á diferentes alturas, procurando que los correspondientes al mismo alambre estén en todos los postes á un mismo nivel.

Una vez colocados los postes con sus respectivos aisladores, se procede á colgar en ellos el alambre de la línea. Para ello se extienden sobre el terreno los rollos en que generalmente se venden, y despues de atar una de sus puntas á un poste ó árbol resistente, se coge la otra con una especie de tenaza provista de un *polipasto* (figura 111), con la que se estira por medio de una cuerda que pasa por otra *trócula* sujeta en otro poste; despues sólo resta colgar el alambre en los ganchos de los aisladores.

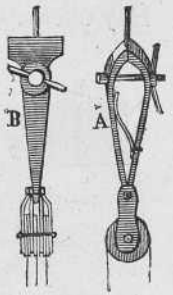

Fig. 111. Tenaza para estirar los alambres.

Como no es posible hacer los alambres de una longitud igual á la de la línea, es necesario unir entre sí sus diferentes trozos de una manera resistente, estableciendo á la vez un contacto íntimo. Esto se consigue por medio de una tenaza *C* (fig. 112), con la que se sujetan los dos alambres sobrepuestos, y despues, con auxilio de una palanqueta *B*, provista de agujeros para introducir la punta del alambre, se arrolla cada extremidad sobre el otro, resultando así el empalme representado en *A*, que es el generalmente usado.

Una vez hecho el empalme y colgados los alambres, falta aún estirarlos por medio de unos aparatos llamados *tensores*, pues siempre quedan flojos, efecto de su rigidez y mucho peso.

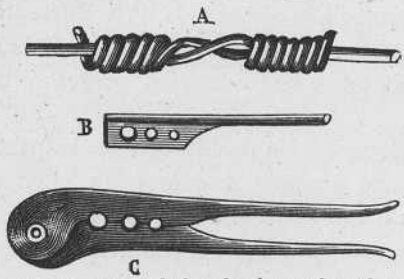

Fig. 112. Union de los alambres telegráficos.

Hay diferentes clases de tensores, pero los más usados consisten en una especie de tornito (figura 113) hecho con una chapa gruesa de hierro galvanizado, doblada en forma de óvalo; un eje de hierro *B C* atraviesa este óvalo por su parte estrecha, y está hendido por su extremo *B* hasta su parte media, terminando por el otro en un cuadrado *C*, provisto de un rochete *R* y una uñeta *U*. La chapa ovalada presenta una avertura longitudinal en *B* para introducir el alambre, y otras dos en *A* y *D* que llegan hasta su parte media, pero en sentido opuesto.

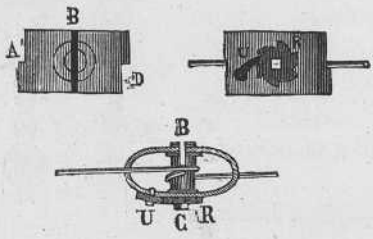

Fig. 113. Tensor.

Para usar este tensor se coloca el eje de modo que su ranura coincida con la de la chapa, y se introduce en ella el alambre que se quiere estirar; despues se le da un cuarto de vuelta, para que dicho alambre penetre en las ranuras *A* y *D* y, con una llave cuadrada, se hace girar el eje poco á poco, sobre el que se irá arrollando el alambre y hará por lo tanto que se estire. Estos tensores se colocan á cada 300 metros poco más ó ménos, y se dejan colgados en la línea, por cuya razon deben ser de hierro galvanizado para que no se oxiden.

La tension de los alambres debe estar comprendida entre ciertos límites, puesto que, si es excesiva, pueden aquéllos romperse con facilidad, y si quedan flojos, pueden tropezar con los inmediatos al ser movidos por el viento. Se ha visto que para un alambre de 4 milímetros de diámetro, la tension más conveniente es de unos 70 kilógramos, la cual produce un pandeo de un metro en una longitud de 75.

Cuando los alambres han de estar expuestos á mucha humedad, como sucede en los túneles y en las arboledas, cuyas ramas podrian establecer derivaciones de la corriente, se deben cubrir con una gruesa capa de gutta-percha.

Una vez tendido el alambre en toda la línea, como acabamos de indicar, se sujeta, tanto en su principio como en su fin, dándole una ó dos vueltas alrededor de un aislador en forma de polea *A* (fig. 114), colocado en el primero y último poste.

Para hacerle comunicar despues con los aparatos telegráficos de ambas estaciones se usa un alambre de cobre *C*, de milímetro y medio de diámetro, cubierto de gutta-percha ó forrado con dos ca-

Fig. 114. Terminacion de una línea.

pas de algodon y brea; para hacer el empalme se descubre un pedazo de 10 á 12 cents. de largo, y se retuerce alrededor del alambre de la línea, en la forma que se indica en *B*, quedando de esta manera establecido un buen contacto.

Líneas subterráneas. - El sistema de líneas aéreas que acabamos de dar á conocer, aparte de su economía y fácil revision, presenta, sin embargo, en la práctica algunos inconvenientes; tales son la molestia que ocasiona á los moradores de las casas en que se fijan por medio de palomillas, y el ruido que producen los alambres al ser agitados por el viento; ademas, en los países muy húmedos, la pérdida de la electricidad por el aire es muy considerable y, por último, en tiempo de guerra ó de trastornos políticos, es muy fácil interrumpir de una vez toda comunicacion telegráfica.

A fin de salvar estas dificultades, se ha propues-

to, y en algunos países como Prusia se halla establecido, el uso de líneas subterráneas, las que, si bien es cierto se hallan exentas de los anteriores inconvenientes, presentan en cambio otros defectos de no ménos importancia. En primer lugar, es necesario recubrir los alambres en toda su longitud con una sustancia aisladora que evite su contacto con la tierra y, ademas, hay que protegerlos, por medio de tubos resistentes, de la accion corrosiva del agua y de los ataques de los animales dañinos, como las ratas y topos, que pudieran destruirlos.

Varios son los sistemas ensayados con este objeto, y aunque todos dejan algo que desear, el de M. Baron, sin embargo, parece ser hasta ahora el más conveniente. Consiste el cable ideado por dicho físico en una especie de trenza, formada por la reunion de siete alambres de cobre muy delgados, cubiertos por dos capas de gutta-percha pura y rodeados despues por otra de estopas embreadas; estos conductores se colocan dentro de una cañería de hierro, provista cada 50 metros de una abertura longitudinal, con su correspondiente tapa de corredera, por la que se pueden arreglar los desperfectos en caso de avería. De este modo se encuentran los conductores completamente aislados y al abrigo de toda causa destructora.

En Madrid, como sucede en las demas capitales de Europa, se ha adoptado este sistema para unir la estacion central con las diferentes líneas aéreas que parten desde las afueras de la poblacion.

Líneas submarinas.—Para hacer comunicar entre sí dos puntos separados por el mar ó por un rio de gran anchura, es necesario valerse de conductores aislados sumergidos en el agua, los que han recibido el nombre de *cables submarinos*. Estos, no tan sólo deben ser impermeables á la accion del agua, sino que han de estar protejidos por una cubierta flexible y resistente, que pueda acomodarse á los diversos accidentes del fondo del mar y evite su deterioro, por el rozamiento con las arenas y ataques de los crustáceos que sobre él suelen fijarse.

A poco que se medite sobre esta cuestion, se observará la gran dificultad que presenta la resolucion de tan importante problema, así se comprende que, á pesar de haber formulado Wheatstone la idea, en 1840, no se haya podido ver realizada hasta 1851, despues de várias tentativas infructuosas. Desde esta época se han multiplicado extraordinariamente los cables submarinos, y hoy puede decirse que están unidos por este medio todos los continentes del mundo.

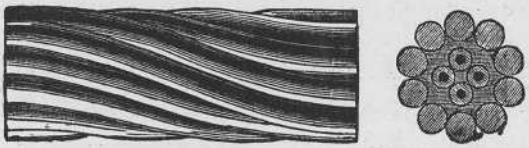

Fig. 115. Cable submarino.

Para hacer estos cables (fig. 115) se cubren los alambres de cobre que hayan de formarle con una composicion de gutta-percha, brea, resina y serrin,

torciéndolos despues entre sí en forma de cordon; éste se cubre á su vez con una capa de gutta-percha y estopas embreadas y, por último, se forra el cilindro que así resulta con una serie de alambres de hierro galvanizados, y mejor de acero, formando alrededor una especie de tornillo. A veces no se usa más que un sólo conductor central hecho con cinco alambres delgados de cobre formando una trenza.

La gran dificultad, en la instalacion de esta clase de líneas, estriba en el enorme peso que representa un cable de algunos miles de metros, y se comprende fácilmente la facilidad de una rotura ó la formacion de una grieta en su cubierta aisladora que le inutilice completamente. El cable que une á Brest con Terranova tiene una longitud de 4.105 kilómetros, y pesa unas 2.545 toneladas; solamente un barco como el *Great Eastern*, construido exprofeso para este objeto, ha podido llevar á cabo una empresa tan colosal.

Una vez estudiadas las diferentes clases de líneas que, segun las circunstancias, deben establecerse, vamos á ocuparnos de los aparatos telegráficos de más frecuente uso.

Telégrafo de M. Breguet. — En este telégrafo, adoptado generalmente por las empresas de los ferro-carriles por su fácil manejo, se usan los caractéres comunes de imprenta para expresar los diferentes signos, por cuya razon no hace falta ningun estudio prévio para poder servirse de él.

El *receptor*, visto exteriormente (fig. 116), con-

siste en una caja de madera, provista en su frente de un disco de cartulina con las veinticinco letras del alfabeto, mas una *cruz* que sirve de signo con-

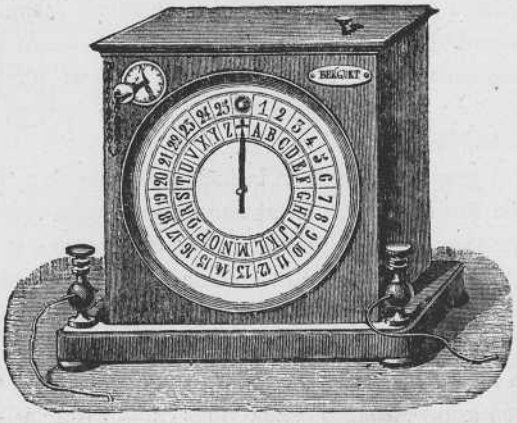

Fig. 116. Receptor de M. Breguet.

vencional; una aguja colocada en su centro puede recorrer sucesivamente dichas letras, marchando siempre en el órden en que se escriben, y basta observar en cuál de ellas se detiene un momento para saber la que se quiere trasmitir.

Dicha aguja se halla invariablemente unida al eje de una doble rueda *O*, colocada en el interior del aparato (fig. 117), la cual forma el último móvil de un pequeño aparato de relojería. Su movimiento está arreglado por las oscilaciones de una armadura muy ligera de hierro dulce *A* correspondiente á un electro-iman, suprimido en el dibujo

para mayor claridad; al girar esta armadura alrededor de sus ejes *VV'*, pone en movimiento la palanca *l*, la que á su vez hace girar al árbol *a b*, por la accion del pasador *c*, sobre la horquilla *d*, fija

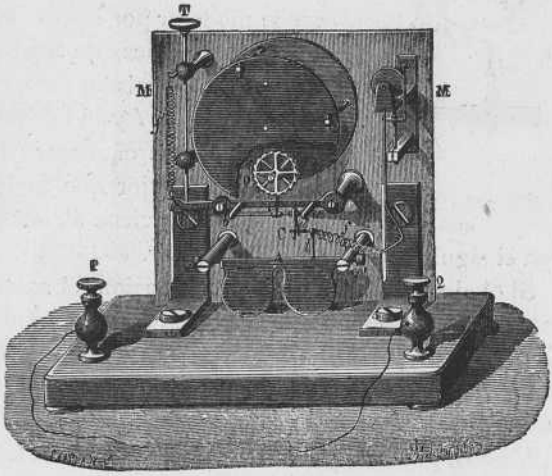

Fig. 117. Interior del receptor Breguet.

en aquél. Dicho árbol tiene una pieza de tope *i* (fig. 118), la cual, segun esté situada hácia adelante ó hácia detras, engrana alternativamente en los dientes de la doble rueda *o*, deteniendo á intervalos su movimiento que, de otra manera, sería contínuo. Ademas, los dientes de esta doble rueda, que deben ser tantos como signos tenga el círculo de la fig. 116, están inclinados en el mismo sentido, y ocupan los de cada una los huecos correspondientes á los de la otra.

Esto supuesto, cuando el electro-iman se hace activo, atrae hácia adelante la armadura *A*, venciendo la accion del resorte antagonista *f* (figura 117), cuya fuerza se puede moderar por medio del boton *M*, y la pieza de tope *i*, movida en el mismo sentido por la palanca *l* y la horquilla *d*, abandona el diente de la rueda posterior que tuviera detenido, y viene á chocar con el siguiente de la rueda anterior.

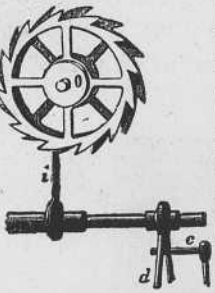

Fig. 118. Detalle del escape.

Si el electo-iman pierde su imanacion, el resorte antagonista obliga á moverse en sentido opuesto á dichas piezas, y el tope *i* se inclina hácia detras para detener el diente que sigue en la rueda posterior.

Vemos, pues, que á cada emision de la corriente la aguja del receptor adelanta una letra, y lo mismo sucede en cada supresion de la misma; teniendo, por lo tanto en cuenta las veces que se ha verificado esto, y suponiendo que la aguja estuviese colocada sobre la *cruz* al empezar la trasmision, podrá saberse la letra que señala en un momento cualquiera. Para verificar con facilidad estas interrupciones de la corriente y evitarse, á la vez, la molestia de contar su número, se usa el siguiente *manipulador*.

Sobre una plataforma cuadrada de madera (figura 119), se halla fijo un aro de laton cubierto

por un disco metálico, en el que se encuentran grabadas las mismas letras y signos que figuran en el limbo del receptor.—Dentro de esta especie de caja hay una rueda metálica de bastante grueso, y cerca de su borde tiene practicada una ranura profunda, en forma de feston, con trece partes salientes y otras tantas entrantes. A esta rueda se la puede hacer girar por medio del manubrio *M*, provisto en su extremidad de una ventanilla para ver las letras que quedan debajo, y con objeto de fijar bien su posicion sobre la que se quiere trasmitir, tiene en la parte inferior de su extremo un clavillo que penetra en unas ranuras practicadas en el borde saliente del limbo de las letras; para esto puede elevarse un poco el manubrio, girando alrededor del eje á que está unido.

En la ranura festoneada de la rueda interior penetra un cilindro de acero que tiene por debajo la palanca *T* en su extremo acodado, de manera que al girar aquélla, dicha palanca oscila alrededor de su eje *a*, obligando á una lámina flexible de platino *l* á tocar alternativamente en los tornillos *P* y *Q*. Ademas, como en las estaciones intermedias hay necesidad de comunicarse con las de los lados, valiéndose de un sólo aparato, lleva este manipulador en sus dos ángulos superiores dos *conmutadores o o'* destinados á dirigir la corriente en la direccion que se desee.

Esto supuesto, en la posicion que se indica en el dibujo, la corriente de la pila, que viene al tornillo *P* por intermedio del casquillo *R'*, se encuen-

tra detenida en dicho punto y el electro-iman de la estacion de *llegada*, que debe señalar el mismo signo que el manipulador, permanecerá inmóvil; mas si colocamos el manubrio *M* sobre la letra *A*, el extremo acodado de la palanca *T* quedará so-

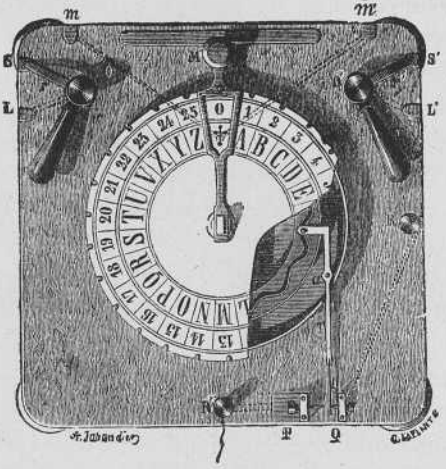

Fig. 119. Manipulador del telégrafo de M. Breguet.

bre una parte saliente del feston que le sirve de guía, y al girar dicha palanca establecerá el contacto entre el tornillo *P* y su extremidad flexible *l*. En este caso, la corriente penetra por *R'* y *P*, y despues de seguir la palanca *T*, marchará por la rueda festoneada y unas láminas metálicas, indicadas con puntos en la figura, á terminar en los contactos *m* y *m'*. Suponiendo que se quiera comunicar con la estacion de la izquierda, ántes de empezar la trasmision, deberá el telegrafista colocar el

conmutador *o* sobre el contacto *m*, y en este caso, la corriente marchará, por la lengüeta *r* y una lámina interior, al contacto *L*; desde allí se dirigirá, por el alambre de la línea, al electro-iman de la estacion correspondiente, en cuyo caso la aguja de este receptor avanzará un lugar marcando la letra *A*.

Si se hace avanzar otra letra al manubrio del manipulador, la lámina *l* abandonará el tornillo *P*, y la corriente queda en este caso interrumpida, con lo cual se desimana el electro-iman del receptor y el muelle antagonista obliga á la aguja á marcar la letra siguiente.

Por otra parte, siempre que la lámina *l* se halle en contacto con el tornillo *Q*, se podrá recibir un telégrama expedido por la otra estacion, pues la corriente de la línea que llegue á dicho tornillo, siguiendo un camino opuesto al que hemos indicado anteriormente, marchará al casquillo *R* por una lámina interior, y desde allí irá al receptor de esta estacion unido á dicho casquillo.

Los dos movimientos que hemos visto puede tomar la palanca *T*, se repiten por cada ondulacion de la rueda festoneada, y como su número es igual al de las letras marcadas en ambos aparatos, siempre indicarán éstos el mismo signo, si al empezar la trasmision estaban acordes.

Se concibe, á pesar de esto, que si se hace girar con mucha rapidez el manubrio del manipulador, la armadura del electro-iman del receptor no tendrá tiempo material de verificar el mismo número

de oscilaciones, y la aguja de su limbo quedará atrasada respecto del manipulador; en este caso, que se conoce inmediatamente por no formar sentido las letras recibidas, se da aviso á la estacion de salida para que el telegrafista ponga el manubrio sobre la *cruz* del manipulador, y á su vez se coloca la aguja del receptor sobre dicho signo sin más que apoyar el dedo sobre el boton *T* de la figura 117, que obliga á girar á la doble rueda *O* hasta que se verifica dicha coincidencia. Conseguido esto, puede seguirse nuevamente la trasmision del telégrama.

A fin de evitar confusiones, se acostumbra separar unas palabras de otras por el signo +, y para indicar que se quieren expresar los números y no las letras, basta, por ejemplo, repetir dos veces dicho signo.

El telégrafo de M. Breguet, que acabamos de describir, es de una construccion fácil y económica y, ademas, su manejo es tan sencillo que cualquier persona, áun agena al servicio telegráfico, puede servirse de él; mas á pesar de estas excelentes condiciones, tiene dos defectos capitales: uno, no dejar escrito el despacho, y el otro, ser muy lento en la trasmision, efecto, esto último, de ser necesario pasar por una porcion de letras intermedias para marcar la que se desea, perdiéndose en ello, como es consiguiente, un tiempo precioso.

Ambos inconvenientes, sobre todo el primero, se evitan con el uso del telégrafo americano de **M. Morse**, inventado hácia el año 1837. Este apa-

rato, de una sencillez admirable y de un coste relativamente insignificante, ha sido adoptado desde hace tiempo en casi todas las Naciones, y sus resultados no pueden ser más satisfactorios.

El **receptor de M. Morse**, despues de importantes mejoras que en él ha introducido M. Digney, consiste (fig. 120) en un electro-iman vertical *A*,

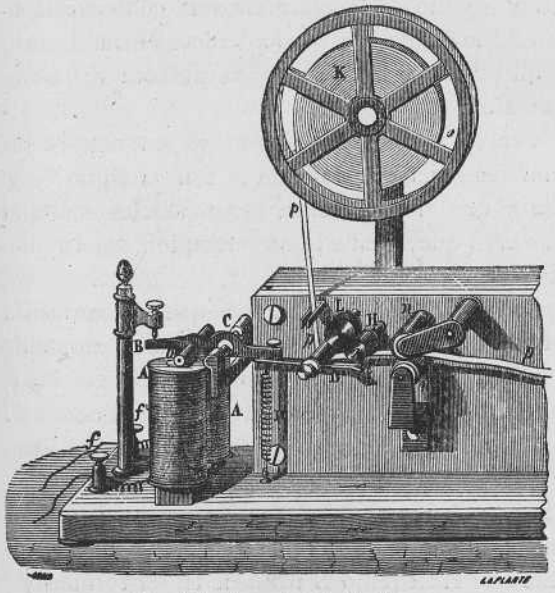

Fig. 120. Receptor de M. Morse.

fijo en el pié del aparato, cuya armadura cilíndrica *b* se halla unida á una palanca *B C B'* que puede girar alrededor de su eje *C*. Dos cilindros *m* y *n*, análogos á los de un laminador, y movidos en sentido contrario por un mecanismo de relojería,

arrastran con movimiento uniforme una *cinta* de papel *p p*, arrollada en provision sobre la polea *K*; esta cinta, convenientemente guiada, pasa por debajo y á muy corta distancia del borde agudo de una rueda *H*, movida por el mismo aparato de relojería citado anteriormente, y su canto se impregna al girar de tinta crasa, que tiene en depósito un rodillo de paño *L*. Ademas, cuando el aparato no funciona, se puede detener el mecanismo de relojería por medio de una palanca dispuesta al efecto.

Esto supuesto, haciendo comunicar uno de los alambres *f* del electro-iman *A* con la tierra, y el otro *f'* con el de la línea correspondiente, en el momento que, desde la otra estacion, se lance á ésta una corriente eléctrica, la armadura *b* será atraida por el electro-iman, venciendo la fuerza del resorte antagonista *D*, y el otro extremo *B'* de la palanca, terminado en una especie de uñeta *t*, obligará á la cinta de papel á tocar en el borde de la rueda *H*, con lo cual quedará marcada una línea de tinta en su parte media.

Si cesa la corriente, el muelle antagonista obligará á la armadura á separarse del electro-iman hasta que el extremo *B* tropiece en el tornillo de tope que tiene encima y, entónces, su otro extremo *B'* descenderá, quedando la cinta de papel separada de la rueda *H*, é interrumpido, por consecuencia, el trazo de tinta. La longitud de éste depende, como es fácil comprender, del tiempo que haya estado cerrado el circuito, y de la velocidad

con que giren los cilindros *m n*; así que, verificándolo éstos á razon de dos metros de cinta por minuto, si la corriente dura poco tiempo apénas habrá podido el papel tocar á la rueda de tinta, y sólo se habrá marcado un punto algo prolongado (-); pero si la corriente fué de alguna duracion, el contacto entre la cinta y la rueda *H* habrá determinado en aquélla un trazo más largo (—), fácil de diferenciar del anterior. Ahora bien, combinados convenientemente estos dos signos, llamados generalmente *puntos* y *rayas*, se concibe la posibilidad de formar un alfabeto tan extenso como sea necesario.

Manipulador de M. Morse.—Para verificar con facilidad las interrupciones de la corriente, que hemos visto son necesarias para hacer funcionar el

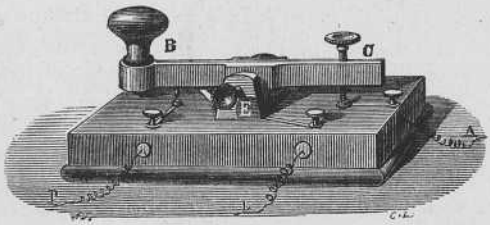

Fig. 121. Manipulador de M. Morse.

receptor de M. Morse, se usa el siguiente aparato (fig. 121). Sobre una tablita resistente puede girar, alrededor de un eje metálico *E*, una palanca de laton *B C* provista en uno de sus extremos de un agarrador de madera *B*, y en el otro de un torni-

llo de tope *C*, que limita sus movimientos; debajo de *B* tiene dicha palanca un cono de laton con punta de platino, que coincide con otro idéntico colocado en la tabla del aparato, y á su vez el tornillo *C* descansa por su punta, tambien de platino, sobre un contacto del mismo metal colocado en la base del manipulador; por último, un muelle situado debajo de la parte *B*, mantiene siempre elevada la palanca.

Ahora bien, haciendo comunicar el polo positivo de la pila con el cono metálico correspondiente al alambre *P* y el eje de la palanca con el alambre *L* de la línea, la corriente se halla interrumpida tan sólo por el espacio que media entre el cono *B* y la chapa de debajo, y cada vez que se haga descender la palanca, apoyando la mano sobre el agarrador de madera, quedará cerrado el circuito á través del receptor de la otra estacion. Esto durará todo el tiempo que se tenga oprimida dicha palanca, y en el momento que se levante la mano el muelle de la misma la obligará á elevarse, quedando otra vez interrumpido el circuito.

Vemos, pues, que con este sencillo aparato se puede abrir y cerrar el circuito con la mayor facilidad durante el tiempo que se quiera, produciendo en el receptor de la estacion opuesta los puntos y rayas necesarios para la inteligencia del telégrama.

La eleccion de los signos que han de representar las diferentes letras es de gran importancia para la brevedad de las trasmisiones, por lo que deben

representarse las letras más comunes por los grupos más sencillos. Estudiada esta cuestion con el debido detenimiento, se ha adoptado para todos los países el siguiente alfabeto:

ALFABETO DE MORSE.

a	· —	n	— ·
ä	· — · —	ñ	— — · — —
b	— · · ·	o	— — —
c	— · — ·	ö	— — —
ch	— — — —	p	· — — ·
d	— · ·	q	— — · —
e	·	r	· — ·
é	· · — · ·	s	· · ·
f	· · — ·		—
g	— — ·	u	· · —
h	· · · ·	ü	· · — —
i	· ·	v	· · · —
j	· — — —	w	· — —
k	— · —	x	— · · —
l	· — · ·	y	— · — —
m	— —	z	— — · ·

CIFRAS Y SIGNOS.

1 · — — — —	— — · — · — Admiracion.
2 · · — — —	· — — — — · Apóstrofo.
3 · · · — —	· — · — · · Párrafo.
4 · · · · —	— · · · · — Guion
5 · · · · ·	— · — — · — Paréntesis.
6 — · · · ·	· · — — · — Subrayado.
7 — — · · ·	· · · Oficial.
8 — — — · ·	· — Servicio.
9 — — — — ·	· — — · Privado.
0 — — — — —	— · — · — Aviso.
— · · · · — Fraccion.	· — · — · Fin.
· · · · · · Punto.	· · · — · Enterado.
— · — · — · Punto y coma.	· · · · · · · · · · Error.
· — · — · — Coma.	· — · · · Espera
· — · · — · Comillas.	· — · · — · · — · Recepcion.
— — — · · · Dos puntos.	· · · · · · · · · Urgente.
· · — — · · Interrogacion.	· · — · · — · · — · · Firmado

Parece al pronto complicado el uso de este alfabeto, pero al poco tiempo de usarle adquieren los telegrafistas tal práctica, que logran descifrarle y escribirle como si fueran caractéres romanos.

Para su buena inteligencia deben, sin embargo, observarse las siguientes reglas: Las rayas deben tener una longitud igual á tres puntos; los entre-signos iguales á un punto; las entre-letras tres puntos y las entre-palabras cinco puntos. De esta manera resulta la trasmision muy clara y no puede

haber lugar á dudas. La (fig. 122) da una idea de la *cinta* del telégrafo Morse, en la que se ha puesto en francés la frase muy usada al empezar una trasmision: *¿Cómo recibe usted?*

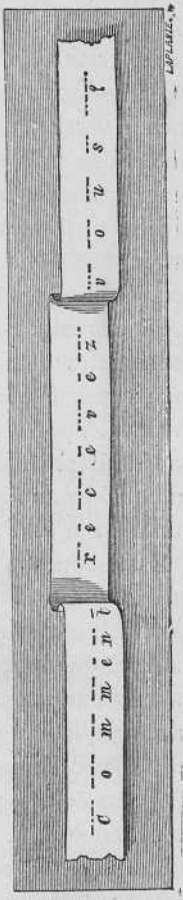

Fig. 122.

Vemos, por lo tanto, que en este telégrafo no solamente queda escrito el despacho, sino que no es necesario pasar, como en el de Breguet, por ningun singno intermedio para trasmitir la letra que se desea; ademas, como el esfuerzo que tiene que vencer la palanca del receptor es tan pequeño, puede funcionar con una cantidad insignificante de electricidad.

Estas excelentes condiciones han hecho que se adopte universalmente en las líneas donde la acumulacion de telégramas no es excesiva; mas en otras, situadas en poblaciones importantes, es muy lento el telégrafo de Morse, y ha habido necesidad de recurrir á otros aparatos más veloces para dar salida, por un sólo alambre, al sinnúmero de despachos que diariamente se cruzan.

Entre las muchas disposiciones adoptadas para

aumentar la rapidez de las trasmisiones telegráficas, la más feliz, sin duda alguna, es la siguiente, debida al físico M. Hughes.

Telégrafo de M. Hughes.—El fundamento de este ingenioso aparato es el siguiente: Supongamos colocada verticalmente en cada una de las estaciones que deban comunicarse una rueda metálica que tenga grabadas en su canto todas las letras del alfabeto, y dispuestas de tal modo que, al girar, se impregnen de tinta crasa de un rodillo colocado á su lado. Estas dos ruedas deben marchar con velocidades *exactamente* iguales, y ademas, las diferentes letras han de ocupar relativamente la misma situacion; es decir, que si en un momento dado la letra *A*, por ejemplo, ocupa en la estacion de partida la parte inferior de la rueda, debe tambien en aquel mismo instante estar situada en el mismo punto en la estacion de llegada.

Esto supuesto, si se coloca debajo de ambas ruedas, y á poca distancia de su borde, una cinta de papel, como la del telégrafo de Morse, y de tal manera, que pueda elevarse con auxilio de una palanca movida por el electro-iman de la estacion correspondiente, y se unen los conductores de ambos electro-imanes con el alambre de la línea y los polos de una pila, resultará que, lanzando la corriente de ésta en el *momento preciso* en que la letra que se quiere trasmitir ocupe la parte inferior de la rueda en la estacion de partida, los dos electro-imanes elevarán sus correspondientes palancas, y en la cinta de ambas estaciones quedará graba-

da la misma letra. Al volver dichas palancas á su posicion primitiva, un mecanismo especial hace avanzar un poco la tira de papel, y al imprimirse nuevamente otra letra, lo verifica á continuacion de la anterior, como sucede en la impresion comun.

Desde luégo observamos que la primera condicion é indispensable, para que este aparato funcione con exactitud, es la perfecta igualdad entre las velocidades de las ruedas donde están grabadas las letras, llamadas *de los tipos*. Esta difícil cuestion la ha resuelto M. Hughes aplicando, como motor de su aparato, un peso de 60 kilógramos, regularizado en su descenso por la última rueda á que imprime movimiento segun las vibraciones de una lámina de acero, cuyas oscilaciones, sabido es por la mecánica, se verifican con una igualdad matemática.

Con objeto, ademas, de sacar el mayor partido posible de la accion de los electro-imanes, valiéndose, sin embargo, de corrientes poco intensas, ha cambiado M. Hughes la manera de producir su efecto dichos órganos, y al contrario de lo que generalmente sucede, la armadura de dichos electro-imanes es repelida en el momento de pasar por ellos la corriente, siendo nuevamente atraida cuando cesa aquélla. Para conseguir este singular resultado, coloca Hughes los cilindros de hierro dulce de los electro-imanes en contacto con los polos de un iman en herradura, é imanándose aquéllos por su influencia, atraen á su correspondiente armadura;

si despues se hace pasar una corriente eléctrica por las hélices respectivas, en un sentido conveniente para que se destruya su magnetismo, la armadura quedará inmediatamente libre y, bajo la accion de un muelle antagonista, se separará de los polos del electro-iman, volviendo nuevamente á ser atraida tan luégo como cese la corriente de la pila.

Este sistema tiene la gran ventaja de producir la electricidad su efecto en el caso más favorable, que es cuando está en contacto el electro-iman y su armadura, volviendo otra vez á unirse, despues de la separacion, no por la accion de la corriente, en cuyo caso se perderia lo ganado, sino por un efecto puramente mecánico, dependiente del peso motor.

Dado á conocer el fundamento del telégrafo de M. Hughes, pasemos á acuparnos, siquiera sea ligeramente, de la descripcion de sus principales órganos. Desde luégo podemos advertir que el manipulador y receptor se hallan unidos y forman un sólo aparato, idéntico para las dos estaciones, así es que el telégrama queda impreso á la vez en ambas.

Sobre una mesa resistente (fig. 123), se halla sostenido, por platinas metálicas, un sistema de ruedas dentadas que se mueve por un peso de 60 kilógramos, pendiente de la primera, con auxilio de una cadena á la Vaucanson. Una rueda *T*, llamada de los tipos, se halla unida al eje de la cuarta por un engranaje que, á voluntad del telegrafista y

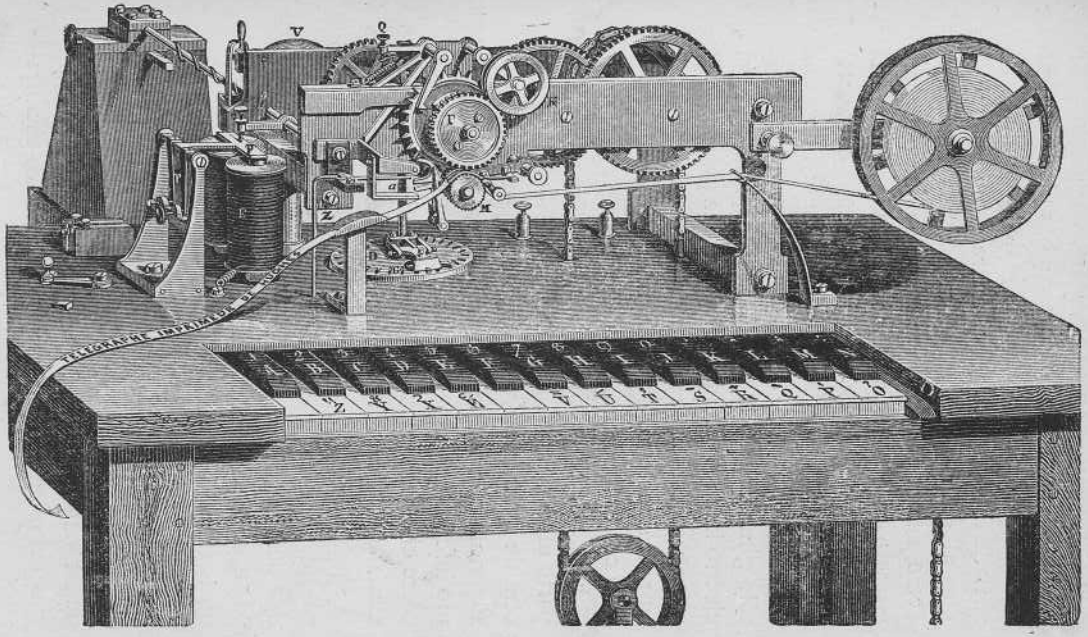

Fig. 123. Telégraf. de M. Hughes.

cuando es necesario, hace á ambas piezas solidarias la una de la otra. En el eje de la quinta rueda se halla fijo, por detras del aparato, un volante *V* que, al girar, pone en vibracion una lámina de acero, sujeta por el otro extremo en una pinza resistente, la que, segun hemos indicado ántes, está encargada de conservar el isocronismo del aparato de relojería. El eje de dicho volante tiene una parte anterior, provista de cuatro excéntricas, que sólo giran cuando la armadura *p*, separándose del electro-iman *E*, obliga á elevarse á la palanca *l*, en cuyo caso ésta hace engranar á un rochete fijo en su parte posterior con una uñeta colocada en el sitio correspondiente á las excéntricas.

El eje de la rueda de los tipos tiene, hácia su parte media, una rueda cónica que engrana con otra de igual número de dientes, fija en la parte superior del árbol *a*; este árbol lleva en su extremo inferior una especie de radio que, al girar, recorre el círculo metálico *D*, taladrado en su circunferencia por tantos orificios como signos tiene la rueda de los tipos; su velocidad es, por lo tanto, completamente igual á la de dicha rueda, y ambas dan una vuelta en medio segundo.

En un teclado, compuesto de 14 teclas negras y otras tantas blancas, se hallan grabados los diferentes signos que tiene la rueda *T*, á excepcion de dos de ellas, que están en blanco, con el objeto que luégo veremos. Estas teclas están articuladas de tal manera que, al bajarlas, salen por los orificios del círculo *D* unas espigas de acero, encarga-

das de levantar el sector *G* cuando pasa por el sitio que ellas ocupan, y entónces la corriente de la pila marcha á la otra estacion, pasando ántes por el electro-iman de ésta.

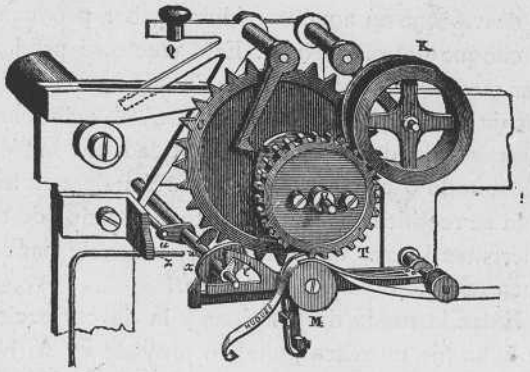

Fig. 124. Mecanismo impresor del telégrafo de Hughes.

El mecanismo impresor, visto con mayores detalles en la fig. 124, se compone de un rodillo de goma *M*, sobre el que pasa, sujeta por una lámina de acero, la cinta de papel en que se ha de verificar la impresion de las letras. Para esto, dicho rodillo se halla fijo en la parte media de una palanca que puede elevarse por el movimiento de la excéntrica *y*, cuando el electro-iman del aparato suelta á su correspondiente armadura, y á su vez le excéntrica *x*, actuando sobre otra palanca paralela á la que sostiene al rodillo *M*, hace avanzar al papel el espacio necesario para que las letras se impriman con la debida separacion; para esto, di-

cha palanca está provista de una uñeta que engrana en los dientes que lleva un rochete unido al cilindro de goma.

Detras de la rueda de los tipos hay otra *C*, llamada de *correccion*, que tiene por objeto corregir el desvío que en aquélla pudiera haber producido el choque del cilindro *M*. Este efecto se produce por medio de la excéntrica *m*, la que á cada vuelta encaja en los dientes de la rueda *C*, obligándola á girar, con la de los tipos, la cantidad que hubiese adelantado ó retrasado en su marcha; de esta manera se rectifica á cada momento la posicion de las diferentes letras, condicion indispensable para el buen resultado de este telégrafo.

Entre la rueda de los tipos y la de correccion se halla fijo un disco metálico provisto en su bor de de una ranura, en la que puede penetrar, deteniendo su movimiento una especie de corchete que el telegrafista hace descender, cuando así conviene, oprimiendo el boton *Q*; al verificarse esto, el diente que falta en la rueda de los tipos se encuentra precisamente en su parte inferior, pero á la primera corriente que venga de la otra estacion la excéntrica *u* levanta el brazo inmediato á ella, y con él dicho corchete, produciendo otra vez el movimiento de la rueda *T*.

Hasta aquí sólo hemos hablado de las letras que tiene la rueda de los tipos, pero ademas debemos advertir que, con objeto de abreviar la trasmision de los despachos, se hallan tambien grabados, en otros dientes intermedios, los nueve primeros nú-

meros y los signos ortográficos que aparecen en el teclado de la figura 123. Efecto de esta disposicion, basta hacer que dicha rueda gire el espacio que media entre dos dientes consecutivos para que cambie la naturaleza de los signos estampados, y si eran letras, se conviertan en números, ó viceversa. Estos cambios se verifican por medio de un mecanismo oculto en el dibujo, bajo la accion de la corriente eléctrica lanzada por las teclas blancas primera y sexta, que por esta razon han recibido el nombre de *tecla de letras* y *tecla de números*.

Por último, una polea *K*, provista en su ranura de una tira de paño, está encargada de impregnar de tinta crasa á las letras de la rueda *T* á medida que van pasando.

Esto supuesto, para hacer funcionar este telégrafo se empieza por dejar libre el aparato de relojería, detenido en su marcha por un freno que actúa sobre el volante regulador; despues se oprime en ambas estaciones el boton *Q* para poner en *blanco* la rueda de los tipos, y desde la estacion de partida se lanza la corriente de la primera tecla blanca que, segun acabamos de ver, eleva el boton *Q*, dejando libres nuevamente dichas ruedas. Para ver si marchan con la misma velocidad los dos aparatos de relojería, se manda repetidas veces, desde la estacion de partida, una misma letra, y si en la otra estacion se reproduce siempre la misma, es prueba de que el isocronismo es perfecto; pero si se van adelantando ó retrasando aquéllas,

hay que retardar ó acelerar las oscilaciones de la lámina vibrante por medio de un contrapeso que, á voluntad del telegrafista, corre á lo largo de ella. Una vez conseguido el isocronismo, basta apoyar ligeramente el dedo sobre la tecla correspondiente á la letra que se quiere trasmitir, para que quede impresa en ambas estaciones.

Cuando se necesita hacer uso de los números ó signos ortográficos, se baja primero la sexta tecla blanca para que gire, segun ántes dijimos, la rueda de los tipos, y ántes de trasmitir otra vez las letras, se oprime la primera blanca, que deshace el movimiento efectuado por dicha rueda.

La marcha y disposicion de las corrientes en este telégrafo, tanto en la estacion de orígen como en la de llegada, se indica claramente en la figura 125, debiendo tener presente, para su inteligencia, que el árbol *a* está aislado de su parte inferior por un disco de marfil, y sólo comunica con ella por el intermedio del tornillo *n*; así que, al oprimir la tecla *t* y levantarse la espiga *G*, se rompe aquella comunicacion y la corriente de la pila, situada en los puntos + y —, se ve obligada á seguir el camino indicado por las flechas.

Cuando se ha adquirido alguna práctica en el manejo de este aparato, pueden trasmitirse con él tres veces más despachos que con el de Morse, condicion excelente que hace sea este telégrafo de un uso ventajosísimo en las grandes líneas, si bien su elevado coste y extraordinaria complicacion le impiden establecerse en las de ménos importancia.

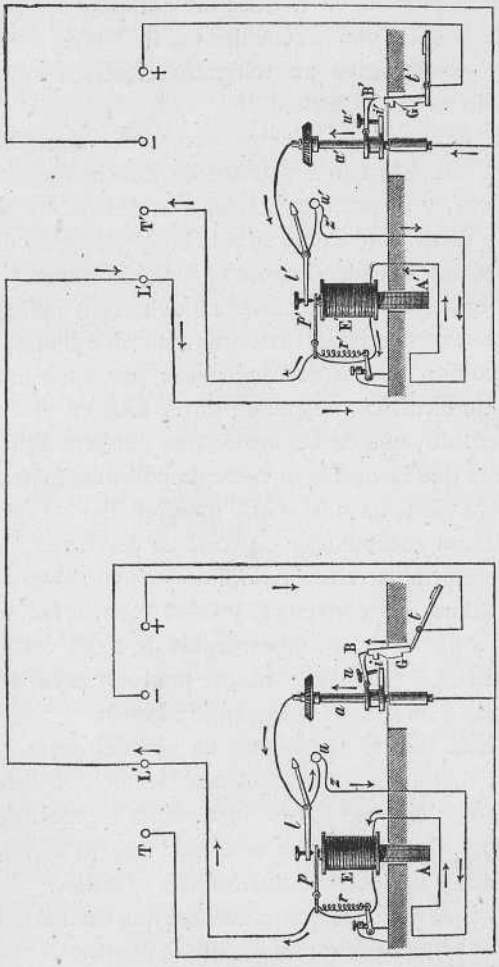

Fig. 125. Marcha de las corrientes en el telégrafo de Hughes.

Hace algunos años que, tratando de aunar, en cuanto es posible, la rapidez del complicado aparato de Hughes con la sencillez del de Morse, ideamos y construimos un telégrafo eléctrico cuyo principio es el siguiente.

Supongamos dos electro-imanes en contacto respectivamente con los polos de dos imanes en herradura, y dispuestas las hélices de ambos en sentido contrario. Como sucede en el telégrafo de Hughes, estos electro-imanes se hallarán imanados por la influencia de los imanes á que están aplicados, y sus respectivas armaduras estarán adheridas á sus polos; pero si se hace pasar por ellos una corriente eléctrica, segun se dirija ésta en uno ú otro sentido, una de las armaduras quedará libre, miéntras que la otra será retenida con más fuerza.

Ahora bien, usando como manipulador de este aparato un conmutador especial de corrientes, se podrá determinar con su auxilio el movimiento de la armadura que convenga, y éstas, que se hallan unidas á unas ruletas impregnadas de tinta crasa, podrán respectivamente marcar puntos y rayas en una cinta como la del telégrafo de Morse.

Resulta, por lo tanto, que en vez del punto y raya de dicho aparato, se pueden formar con éste los mismos signos, pero á la derecha é izquierda del papel, lo que da por resultado cuatro signos diferentes y un alfabeto mucho más sencillo.

En várias pruebas comparativas que de ambos sistemas hemos hecho, ha resultado el nuestro con la ventaja de un 66 por 100 sobre la velocidad

del de Morse. Unido esto, sin duda, á la indulgencia del Jurado de la última Exposicion de Viena, han sido causa de que fuera premiado nuestro aparato en aquél certámen.

Telégrafos electro-químicos. — En todos los telégrafos que hasta aquí hemos descrito, se ha visto que los signos usados para representar las diferentes letras, se obtienen por el movimiento de ciertas piezas, puestas en accion por electro-imanes imanados por la corriente de la pila, por cuya razon han recibido estos aparatos el nombre de telégrafos *electro-magnéticos*.

Hay, sin embargo, otro medio de producir señales á distancia, fundado en la descomposicion que experimentan ciertas sales por la accion de las corrientes eléctricas, y á su vez se han llamado *electro-químicos* á los telégrafos construidos bajo este principio.

El primer aparato de este sistema fué ideado por M. Bain, y estaba fundado en la coloracion azul que toma el cianuro potásico cuando se hace pasar por él la corriente de una pila cuyo reóforo positivo sea de hierro.

Supongamos que en un receptor Morse, despues de haber suprimido el electro-iman y palanca impresora, como innecesarios en este sistema, se impregne la cinta de papel de cianuro potásico; si al avanzar dicha cinta se la hace resbalar sobre una lámina de platino que esté en comunicacion con la tierra, y encima se coloca un alambre de hierro en forma de muelle, unido al de la línea,

resultará que, al hacer funcionar el manipulador de la otra estacion, la corriente penetrará en el receptor por el alambre de hierro, y atravesando el papel marchará por la lámina de platino al depósito comun. Mas al pasar por el papel la corriente eléctrica, descompone al cianuro potásico de que está impregnado, y el cianógeno, combinado con el hierro, forma *azul de Prusia*, cuya marca quedará en la cinta formando un punto ó una raya, segun la duracion de la corriente. Se comprende, pues, fácilmente que, valiéndose del alfabeto de Morse, puede usarse este sistema con las mismas ventajas que en aquél.

No es, sin embargo, esta la manera de hacer funcionar los aparatos electro-químicos, sino bajo la forma de *autógrafos*, con los que se pueden reproducir los más pequeños detalles de un dibujo ó el carácter de letra de un individuo.

Supongamos (fig. 126) dos cilindros metálicos C y C', que giren con velocidades *exactamente iguales*, colocados en las estaciones que hayan de comunicarse. El de la estacion de llegada, ó sea el C', está cubierto por una hoja de papel introducida préviamente en un baño compuesto de 100 partes de agua, 100 de nitrato amónico y 5 de cianuro amarillo de potasio; sobre su superficie se apoya una lámina flexible de hierro F' en comunicacion con el alambre de la línea.

En la estacion de partida, el cilindro C está cubierto por una hoja de papel de estaño, sobre la que se ha escrito ó dibujado con una *tinta aisla-*

dora el despacho que se quiere trasmitir, y en su superficie descansa un muelle metálico F, en comunicacion con el alambre de la línea; ademas, los ejes de ambos cilindros terminan en forma de tornillo y engranan en una tuerca practicada en

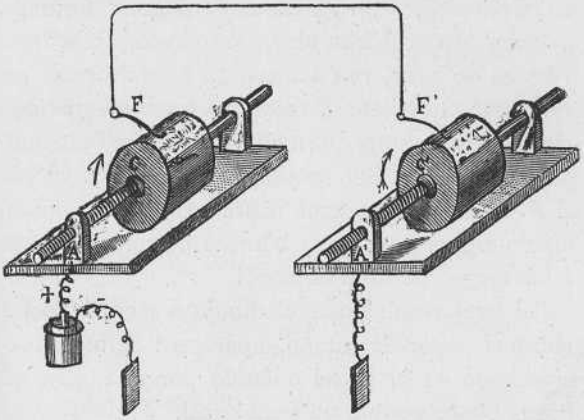

Fig 126. Telégrafo electro-químico.

sus apoyos A y A', con lo que resultará que, ademas de girar, avanzan lateralmente.

Esto supuesto, establecidas las comunicaciones con la tierra, línea y pila, como indica la figura, y poniendo á la vez en movimiento ambos cilindros, sucederá que, al descansar el estilete F sobre el papel de estaño, el circuito de la pila quedará cerrado, y al atravesar la corriente el papel químico del cilindro C', formará una línea azul, que sólo

será interrumpida cuando el muelle *F* llegue á colocarse sobre algun rasgo de la tinta aisladora; cuando esto suceda, el estilete *F'* no dejará impresion ninguna sobre el papel correspondiente, pero en el momento que el muelle *F* vuelva á descansar sobre la superficie del estaño, volverá á producirse en el cilindro *C'* otra línea azul, como la formada anteriormente. Ahora bien, como los dos cilindros, ademas de girar, van avanzando lateralmente, resulta que el estilete *F* recorrerá toda la superficie del papel de estaño formando una hélice tan unida como sea la del tornillo de su eje, y á su vez el *F'* marcará otra azul sobre el papel químico, interrumpida por trazos blancos correspondientes á los rasgos de tinta de aquél.

De aquí resulta que el dibujo ó escrito hecho sobre el papel de estaño, aparecerá fielmente reproducido en el papel químico por una série de líneas blancas sobre un fondo azul.

La fig. 127 representa, á la derecha, una mariposa reproducida por este medio del dibujo hecho sobre el papel de estaño, figurado á la izquierda; en aquélla se observan una multitud de líneas paralelas correspondientes á la hélice trazada por el cilindro correspondiente.

A pesar de las ventajas que, indudablemente, ofrece este sistema, no se usan, sin embargo, esta clase de aparatos por ser necesario valerse de corrientes muy intensas para descomponer el cianuro potásico; ademas, es muy difícil mantener el papel con el grado de humedad necesario para que la

impresion resulte clara. Sucede, en efecto, que si aquél está poco húmedo, la corriente no puede vencer la resistencia que le opone el papel y la descomposicion del cianuro no se verifica; mas, si por

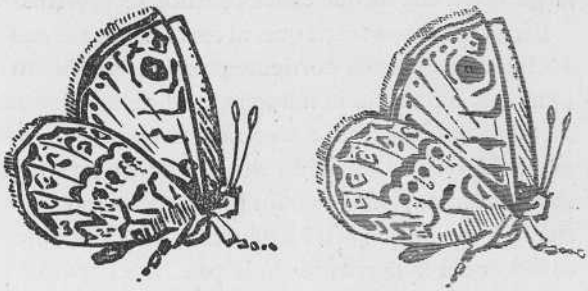

Fig. 127. Reproduccion de un dibujo en el telégrafo electro-químico.

el contrario, tiene un exceso de humedad, se extienden las rayas azules y se confunde completamente lo escrito. No obstante, M. Caselli, á fuerza de paciencia é ingenio, ha logrado establecer su *Pantelégrafo*, que ha funcionado con bastante exactitud durante algunos años en las líneas francesas, pero su complicacion y difícil manejo hicieron que fuera abandonado completamente.

Aparatos para la telegrafía submarina. —Cuando se trata de unir telegráficamente dos puntos muy distantes por medio de un cable submarino, se observa que las corrientes eléctricas no se propagan por él con la misma velocidad que por las líneas aéreas, pudiendo llegar á varios segundos el retraso ocasionado por este motivo. Depende este fenómeno de la naturaleza especial del cable, que

puede compararse, bajo este concepto, á un gran condensador cuyas armaduras están representadas per el conductor interior de cobre y los alambres de hierro que le rodean, sirviendo de lámina aisladora la gutta-percha de que están aquellos recubiertos.

Efecto de esto sucede que, al marchar por el conductor de cobre una corriente positiva, se descompone por influencia el flúido natural de la cubierta metálica del cable, y la electricidad que en ella se acumula retiene el flúido de que aquél está cargado, disminuyendo extraordinariamente su velocidad, á la vez que evita su vuelta al estado neutro, cuando cesa la corriente de la pila.

Con estas condiciones se comprende fácilmente la imposibilidad de usar en estas líneas los aparatos telegráficos anteriormente descritos, habiendo sido necesario inventar otros adecuados á este objeto.

Dos métodos se han usado hasta ahora para conseguir dicho fin: uno, debido á M. Witehouse, consiste en hacer pasar las corrientes por el cable alternativamente en sentidos opuestos, para lo cual el manipulador está constituido por una especie de conmutador con dos lengüetas que, al bajarse, producen dicho cambio; de esta manera la segunda corriente destruye el efecto de la primera y deja al cable en su estado natural, en cuyo caso puede lanzarse por él una nueva corriente.

El segundo sistema, inventado por M. Varley, consiste en interponer condensadores de una gran superficie entre el cable y los aparatos telegráficos, para que las electricidades de nombres

contrarios, de que se cargan sus armaduras, se recompongan despues á través del mismo cable y de la tierra. El manipulador de este sistema está dispuesto, como el anterior, para producir corrientes alternativamente positivas y negativas, y el receptor, debido á M. Thomson, consiste en un galvanómetro circular sumamente sensible y de una gran resistencia eléctrica; la aguja magnética de dicho aparato se inclina á derecha ó izquierda segun el sentido de la corriente, y está provista de un espejito circular que refleja los rayos de una lámpara, dispuesta al efecto, sobre una pantalla colocada á cierta distancia en la oscuridad. De este modo resultan muy amplificadas las oscilaciones de dicha aguja; conviniendo, ademas, en que sus movimientos á derecha é izquierda representen los puntos y rayas del alfabeto Morse, se puede usar dicho sistema para las trasmisiones submarinas.

Este sistema presenta, sin embargo, el inconveniente de no dejar escrito el despacho y cansar ademas la vista del empleado, por lo cual el mismo Thomson ha ideado últimamente un galvanómetro que mueve un ligero sifon de cristal impregnado en tinta, cuya punta se apoya en una cinta de papel movida como en el telégrafo de Morse; de esta manera quedan marcados, en forma de zig-zag, los movimientos de la aguja del galvanómetro. Estos aparatos son tan sensibles que se ha podido trasmitir desde Brest á Terranova, con la misma rapidez que se obtiene en el telégrafo de Morse, valiéndose para ello tan sólo de 5 ó 6 elementos Daniell.

ACCESORIOS DE LOS APARATOS TELEGRÁFICOS.

Los aparatos que acabamos de describir constituyen la base de la telegrafía eléctrica, pero ademas son necesarios, para el buen uso de aquéllos, ciertos accesorios que facilitan notablemente las diferentes manipulaciones que exige una estacion telegráfica. Los que á continuacion describimos son los más frecuentemente usados.

Tornillos de empalme.—A fin de facilitar la union de los conductores telegráficos con los diversos aparatos de una estacion, y establecer entre ellos un contacto íntimo, se usan unas piezas metálicas llamadas *tornillos de empalme*, y tambien *casquillos* ó *pomos*. Entre las diferentes formas que éstos pueden afectar, la representada por la fig. 128 es de las que mejor se prestan para el uso á que se destinan. En un cilindro de laton de un centímetro de diámetro y tres de altura próximamente, se hallan fijos, por medio de sus correspondientes tuercas, tres tornillos *A B* y *C*, los dos primeros para sujetar los alambres introducidos en unos taladros que pasan de parte á parte, y el tercero, para fijar el casquillo en el aparato correspondiente. Si alguno de los alambres que se quieren unir es muy delgado, se suelda con estaño á uno más grueso de laton para evitar su rotura. Generalmente se establece la comu-

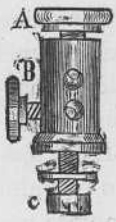

Fig. 128.

nicacion con el alambre del aparato, introduciendo su punta entre la roldana del tornillo *C* y la tabla del mismo, con lo que queda libre uno de los taladros del casquillo para unirle á otro cualquier conductor.

Conmutadores.—Con mucha frecuencia es necesario cambiar las comunicaciones establecidas entre los diferentes aparatos de una estacion telegráfica, y si bien podria conseguirse esto variando los alambres introducidos en los anteriores casquillos, es mucho más cómodo y breve valerse de unos aparatos llamados *conmutadores*.

Cuando sólo se trata de variar la union de un conductor respecto de otros dos, puede usarse con ventaja el representado por la fig. 129. Consiste éste en una tablita resistente, sobre la que se hallan fijos tres rectángulos de laton, separados entre sí por un espacio de unos dos milímetros, y en comunicacion respectivamente con los conductores cuya union se quiere cambiar; entre el rectángulo superior, que es de doble longitud que los otros dos, y éstos, existen dos taladros en que puede entrar, á frotacion suave, un cilindro de laton provisto de su correspondiente mango. Colocado éste como indica la figura, se hallan en contacto el rectángulo superior y el de la izquierda, y por lo tanto la corriente pasará por los conductores á que éstos se hallen unidos; mas, si se introduce dicho cilindro en el tala-

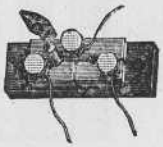

Fig. 129.

dro de la derecha, la comunicacion se establecerá entre el rectángulo de este lado y el superior, pasando en este caso la corriente por los conductores respectivos.

Por este mismo sistema se ha combinado un aparato, llamado **conmutador suizo,** con el que puede cambiarse fácilmente la union entre un número cualquiera de conductores. Consiste (fig. 130) en una serie de barras de laton *ABCD* incrustadas en una tabla gruesa, sobre las que se encuentran fijas en ángulo recto otras iguales *a b c d*; las barras verticales no comunican con las horizontales por quedar la superficie de éstas unos dos milímetros más baja que la de la tabla; unas y otras están unidas por sus extremos á los conductores cuya comunicacion respectiva quiere cambiarse. Para esto existen en los puntos en que se cruzan unos orificios en que pueden introducirse unos pasadores de laton análogos al *L*, hendidos longitudinalmente á fin de asegurar su mútuo contacto.

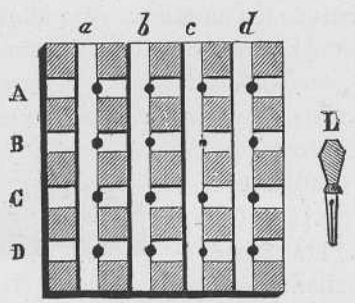

Fig. 130. Conmutador suizo.

Para valerse de este aparato basta colocar uno de dichos pasadores en el taladro correspondiente

á las barras que se quieren hacer comunicar, y se comprende fácilmente que, por este sistema, se puede unir cada lámina vertical con todas las horizontales. Este aparato es de grandísima utilidad en las estaciones donde acuden muchas líneas telegráficas.

Otro sistema de conmutadores muy cómodos, si bien no son susceptibles de tantas combinaciones como el anterior, son los llamados de **frotacion**. La fig. 131 representa uno de estos dispuesto para cambiar alternativamente la comunicacion de un conductor con otros dos. En el centro de un disco de madera se eleva una pequeña columna metálica en cuyo extremo puede girar una lámina de laton, provista de su correspondiente mango aislador; en el borde de dicho disco se encuentran fijos dos botones metálicos, sobre cuya superficie descansa, al pasar, la lámina del centro. Haciendo comunicar ésta y ambos botones con los conductores cuya mútua comunicacion quiere cambiarse, sucederá que, cuando la lengüeta central esté colocada sobre el boton de la izquierda, la corriente marchará desde el conductor del centro á dicho boton, y desde allí al conductor á que éste se halle unido, y seguirá por el conductor unido al otro boton, cuando la lengüeta descanse sobre el de la derecha.

Fig. 131.

Se comprende perfectamente que este mismo sistema puede extenderse á un número cualquiera

de conductores, colocados alrededor del disco de madera, pero únicamente se podrá variar la comunicacion entre el conductor central y los restantes, mas no, como sucede en el conmutador suizo, entre dos cualesquiera de ellos.

Aunque no con mucha frecuencia, conviene á veces en las estaciones telegráficas invertir el sentido en que se propaga la corriente, y para este objeto se usan unos conmutadores llamados **inversores.** Tanto el conmutador suizo, construido en este caso con dos barras horizontales y otras dos verticales, como el descrito en la pág. 164, pueden servir perfectamente para este objeto, pero el de M. Bertin (fig. 132) presenta sobre aquéllos la

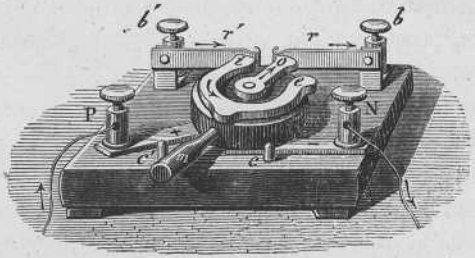

Fig. 132. Conmutador de M. Bertin.
(Catálogo de M. Ducretet.– París.)

ventaja de saber con facilidad la direccion que sigue la corriente.

Sobre un disco de ebonita, colocado en el centro de una tabla cuadrada, se hallan fijas dos piezas metálicas *i e* y *o*, en comunicacion respectivamente, por medio de conductores interiores, con los tornillos de empalme *P* y *N*. En el lado opues-

to á éstos se hallan colocadas dos láminas elásticas de laton *r* y *r'*, unidas á su vez con los casquillos *b* y *b'*; ademas, el disco de ebonita está provisto de un manubrio *m* para hacerle girar cuanto lo permitan los topes *c c'*.

Poniendo en comunicacion los polos de la pila con los casquillos *P* y *N*, y los extremos del conductor en que se quiere invertir la corriente con *b* y *b'*, sucederá que, colocado el manubrio como indica la figura, la corriente se dirigirá á la lámina central *o* por el conductor interior que la une al casquillo *P*, y desde allí, por la lengüeta *r*, recorrerá la línea de derecha é izquierda; verificado esto, volverá dicha corriente por la lámina *r'* á la herradura *i e*, y desde este punto, por el conductor que la une al casquillo *N*, regresará al polo negativo de la pila.

Si se hace girar el disco de ebonita, por medio de su manubrio, hasta que éste tropiece en el tope *c*, la lámina *o* se apoyará sobre la lengüeta *r'* y el extremo *e* de la herradura descansará sobre la *r*; en este caso, la corriente llegará como ántes á la lámina *o*, y desde allí, por *r'*, recorrerá la línea en una direccion opuesta á la anterior, volviendo por *r e* y *N* al reóforo negativo de la pila.

Vemos, pues, que en ambos casos, y suponiendo el polo positivo de la pila en *P*, la corriente sale siempre por la lámina central *o*, y continúa por la lengüeta *r* ó *r'* en que aquella descanse, siendo fácil, por lo tanto, saber la direccion que sigue la corriente en la línea y variarla en el sentido que se desee.

Galvanómetros.—Estos aparatos, descritos anteriormente en la página 147, son de un uso indispensable en las estaciones telegráficas, pues con su auxilio puede averiguarse, tanto el estado de los diferentes aparatos, como el de la línea; ademas, en caso de una rotura del alambre de ésta, puede saberse próximamente el sitio en que se ha verificado la avería. Para esto basta saber los grados que marca el galvanómetro cuando la línea se encuentra en buen estado y dividirlos por los que indique despues de la rotura, multiplicando luégo el cociente por la longitud de dicha línea. Así, suponiendo que desde Madrid á Toledo, cuya distancia es 90 kilómetros, marque ordinariamente el galvanómetro 20 grados y, efecto de alguna rotura, señale despues 25, se dividirá 20 por 25, y el cociente 0,8 que resulta, se multiplica por 90; el producto 75 kilómetros, indica la distancia que próximamente media entre Madrid y el sitio en que ha tenido lugar la avería.

Este cálculo se funda en que, al romperse un alambre, se establece generalmente una comunicacion más directa entre su extremo libre y el suelo, por quedar el alambre roto en contacto con la tierra ó con los alambres inmediatos; mas si, por una casualidad difícil de suceder, quedase colgada la punta rota sin tocar á ninguno de los puntos indicados, es claro que no podria aplicarse el cálculo anterior, y el galvanómetro, en vez de marcar más grados despues de la rotura, indicaria, por el contrario, cero grados.

Como las corrientes que se usan en la telegrafía

eléctrica son generalmente de bastante intensidad, no es necesario valerse de galvanómetros muy sensibles, y basta interponer en la línea una pequeña brújula de senos, análoga á la descrita en la pag. 150.

Timbres eléctricos.—Con objeto de evitar la atencion constante de los empleados sobre el receptor de una estacion telegráfica, se han ideado unos *avisadores* ó *timbres eléctricos* que dan á conocer, con su prolongado sonido, el momento en que se quiere mandar alguna comunicacion desde la estacion inmediata.

Muchos son los modelos propuestos para este objeto, pero el que se usa con más frecuencia es el siguiente. Dentro de una caja de madera (figura 133), se halla colocado un electro-iman *e*, cuya armadura *f* está sostenida en uno de sus extremos, por un muelle antagonista *m*, y termina por el otro en una varilla metálica, provista de un macito *K*. Detras de dicha armadura se encuentra fija, por su parte inferior, una lámina flexible *g*, cuya extremidad superior descansa en aquélla, por medio de un contacto de platino, cuan-

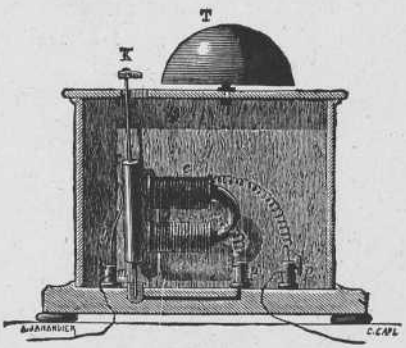

Fig. 133. Timbre eléctrico.

do se halla separada del electro-iman y, por el contrario, cesa dicha union en el momento que este órgano atrae á dicha armadura.

Estableciendo la comunicacion de los conductores como indica la figura, la corriente, que llega al casquillo p', seguirá por el alambre del electro-iman y continuará por el pomo p y un conductor interior al muelle de la armadura de aquél, descendiendo despues por la lámina g y el casquillo correspondiente, al otro polo de la pila. Al verificarse esto, se hace activo el electro-iman, y su armadura es atraida fuertemente por éste, produciendo á la vez el martillo K un golpe sobre el timbre T; mas al mismo tiempo cesa el contacto entre el muelle g y la armadura f, por cuya razon la corriente queda interrumpida, y entónces el resorte m separa la armadura de los polos del electro-iman y establece nuevamente el contacto entre dichos cuerpos; cerrado otra vez el circuito, vuelve el mazo K á dar otro golpe sobre el timbre, y así sucesivamente, continuando esta serie de choques miéntras dure la corriente de la pila, lo que da orígen á un *repique* que puede oirse desde larga distancia.

Algunas veces, y principalmente cuando se trata de avisar á los empleados de una estacion la llegada de algun tren, no basta el sonido que producen esta clase de timbres, y hay que valerse entónces de otros, cuyo movimiento es debido á poderosos mecanismos de relojería detenidos en su marcha por un electro-iman, el que, al pasar la

corriente eléctrica, deja libre el rodaje, produciéndose entónces un sonido muy intenso al chocar un mazo pesado sobre un timbre de gran tamaño.

Pararayos.— Cuando una nube tempestuosa se encuentra inmediata á una línea telegráfica, sucede que se electriza ésta con un flúido contrario al de dicha nube, y puede adquirir grandes cantidades de electricidad, por estar aislada y tener una masa total considerable. Resulta, ademas, que á cada variacion en la intensidad eléctrica de aquélla, sufre un cambio análogo la electricidad acumulada en la línea, y esto origina fuertes chispas en las estaciones inmediatas, capaces de fundir el alambre de los aparatos telegráficos y ocasionar graves lesiones al telegrafista encargado de su manipulacion. Por último, si llegára á caer un rayo en el alambre de la línea, la electricidad marcharia por ella hasta dichas estaciones, inutilizando seguramente sus respectivos aparatos y pudiendo ocasionar la muerte del empleado que se halle junto á ellos.

Para evitar estos accidentes se han ideado los *pararayos*, fundados en la propiedad que vimos (pág. 23) tiene la electricidad estática, y no la dinámica, de escaparse fácilmente por los cuerpos terminados en punta. Uno de los diferentes modelos de esta clase de instrumentos es el que representa la fig. 134.

Sobre una tabla resistente, ó apoyadas en el mismo muro de la estacion, se encuentran muy próximas dos placas gruesas de laton terminadas

por sus lados inmediatos en una porcion de dientes muy agudos; una de ellas está en comunicacion directa con la línea por medio del conductor $\mathcal{F}$, y la otra con la tierra por intermedio del alambre T. La primera está provista de un conmutador de frotacion P, cuya lengüeta puede descansar, bien en la otra placa, ó ya en una lámina a unida á los aparatos de la estacion; esta comunicacion no se verifica directamente, sino á través de un alambre muy fino de hierro colocado en el interior de un tubo de cristal.

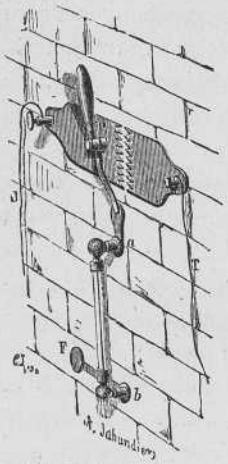

Fig. 134. Pararayos.

Esto supuesto, situado el conmutador como indica la figura, la corriente de la pila pasa fácilmente á través de dicho alambre, y la trasmision entre ambas estaciones se verifica como de ordinario; pero si, efecto de alguna nube, llegasen á la placa P grandes cantidades de electricidad estática, ésta se escaparia en su mayor parte por sus puntas, marchando por la otra lámina y el alambre T al depósito comun, ó bien, si esto no bastase á descargar la línea, fundiria el alambre de hierro contenido en el tubo, dejando completamente aislada la estacion.

Vemos, pues, que en todo caso no hay riesgo

ninguno, valiéndose de este aparato, en trasmitir de una estacion á otra, aunque haya alguna nube sobre la línea, pero siempre es prudente, á fin de evitar cualquier desgracia, suspender la trasmision en tales casos y colocar el conmutador *P* sobre la placa de tierra.

Relevadores —Sucede á veces en la telegrafía eléctrica que, efecto de presentar la línea mucha resistencia ó existir en ella derivaciones imposibles de evitar por el momento, llega la corriente de la estacion de partida tan debilitada, que no puede hacer funcionar el receptor situado en la estacion de recibo, y en este caso hay que valerse de unos aparatos llamados por nuestros telegrafistas, *relés*, de la palabra francesa *relais*, que tienen por objeto introducir la corriente de una nueva pila colocada en dicha estacion y que, por este motivo, recibe el nombre de *pila local*.

El *relé* de M. Froment es uno de los que mejor

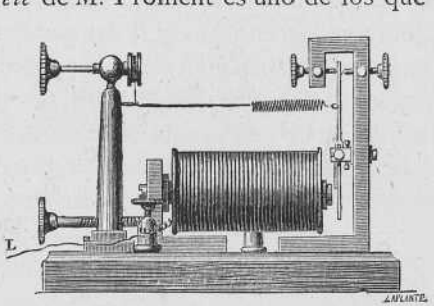

Fig. 135. Relé de Froment.

se prestan para dicho objeto. Consiste (fig. 135) en un poderoso electro-iman unido respectivamen-

te por los extremos de sus hélices al alambre de la línea y á la plancha de tierra: enfrente de sus polos se halla colocada una ligera armadura de hierro dulce, terminada por su parte superior en una varilla metálica, que puede oscilar entre dos tornillos, cuyo objeto es limitar la amplitud de sus movimientos y cerrar, por medio del que está colocado á la derecha en la figura, el circuito de la pila local. Para esto comunica dicho tornillo con uno de los alambres del receptor de esta estacion, miéntras que el eje de la armadura está unido al polo positivo de dicha pila. Por último, un muelle antagonista, regulado por un tornillo fijo en la parte superior é izquierda del dibujo, mantiene á la armadura separada de los polos del electro-iman.

Esto supuesto, aplicando dicho *relé* al telégrafo de Morse y estableciendo las comunicaciones como indica la fig. 136, las corrientes de la estacion inmediata llegarán á ésta por el alambre de la línea y, pasando por los puntos *c* y *a* del manipulador, seguirán por el electro-iman del relé *R'* para marchar despues al depósito comun por el alambre de tierra; al verificarse ésto es atraida la armadura del relé, y la corriente de la pila local se dirige al eje de la misma; desde aquí sigue, por su parte superior y tornillo de la izquierda, al electro-iman del receptor, dirigiéndose despues de hacerle funcionar al polo negativo de dicha pila.

Se comprende perfectamente que cuantas veces sea atraida la armadura del relé lo será la del receptor y, por lo tanto, los signos marcados en éste

serán iguales que si hubieran sido producidos directamente por la corriente de la línea; ademas,

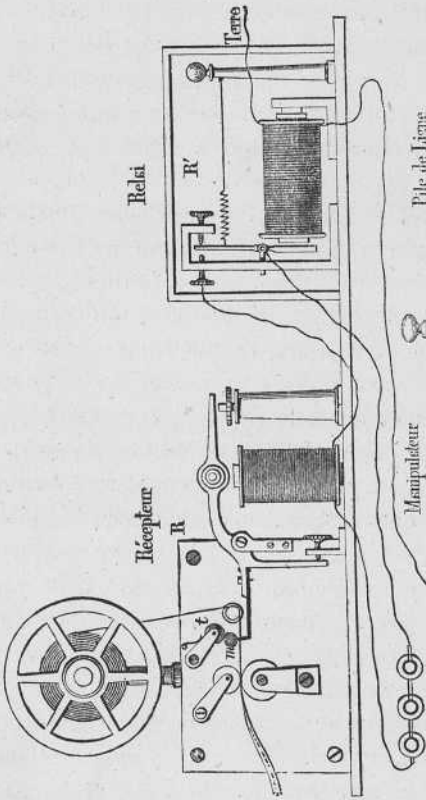

Fig. 136. Aparato Morse con relé.

por muy débil que llegue esta corriente á la estacion, tendrá suficiente energía para mover la armadura del relé, y en cambio el receptor funcionará

por la accion de una nueva corriente tan intensa cómo sea necesario.

En el primitivo telégrafo de Morse, los signos se producian timbrados en el papel por la presion de una punta de acero, y era indispensable, para obtener una impresion clara, valerse de los relés, pero hoy que aquéllos se marcan con tinta, se puede sin inconveniente alguno prescindir de estos aparatos.

Traslatores.—Sucede con mucha frecuencia en el servicio telegráfico tener que comunicar entre sí dos estaciones no inmediatas, sin que la intermedia tenga necesidad de recibir el telégrama de la primera para repetirle despues á la segunda.

Desde luégo se ocurre la posibilidad de conseguir esto, uniendo en la estacion inmediata, por medio de un conmutador, el alambre de entrada con el de salida, y así se hace, en efecto, cuando la distancia que separa á las estaciones extremas no es muy considerable; pero si, por el contrario, mediase entre ambas una gran extension, se comprende fácilmente la necesidad de valerse de otro medio que evite la gran pérdida que experimentarian las corrientes al salvar tales resistencias.

Este problema se resuelve perfectamente por medio de unos aparatos llamados *traslatores*, que en realidad, no son otra cosa que dos relés colocados en la estacion inmediata y dispuestos para cerrar el circuito de su pila con la estacion opuesta á la que trasmite; así, llamando *A*, *B* y *C* á dichas estaciones, sucede que las corrientes emitidas

por *A*, sólo llegan hasta uno de los relés del traslator colocado en *B*, y entónces éste lanza la corriente de su pila á la otra estacion *C*; por el contrario, si las corrientes vienen de *C* ponen en movimiento el otro relé de dicho traslator, y se cierra el circuito entre *B* y *A*. Se concibe ademas fácilmente, que por este sistema pueden comunicarse dos estaciones muy distantes, colocando en las intermedias dichos aparatos.

Hoy, sin embargo, que segun hemos indicado ántes, puede funcionar el receptor Morse sin auxilio de pila local, se ha simplificado la construccion de los traslatores suprimimiendo uno de los relés, el que ha sido reemplazado por el mismo receptor. Para esto se prolonga la palanca en que está fija la armadura del electro-iman (fig. 136), de modo que venga á chocar, cuando es atraida, con un tornillo colocado debajo, cerrando de este modo el circuito de la pila de línea con la estacion inmediata; así que, en realidad, el receptor hace oficio de uno de los relés de los antiguos traslatores.

Disposicion de las estaciones telegráficas. - Conocidos ya los diferentes aparatos de que se hace uso en las estaciones telegráficas, vamos á dar á conocer la manera de unirlos entre sí, tomando para ello por tipo los telégrafos de Breguet y Morse, usados en la generalidad de los casos.

Supongamos primero una estacion, sistema Morse, que sea la primera de una línea, que es el caso más sencillo. Desde luégo el alambre de lí-

nea L (fig. 137), se hace llegar al pararayos R, y desde él al galvanómetro G y timbre eléctrico C;

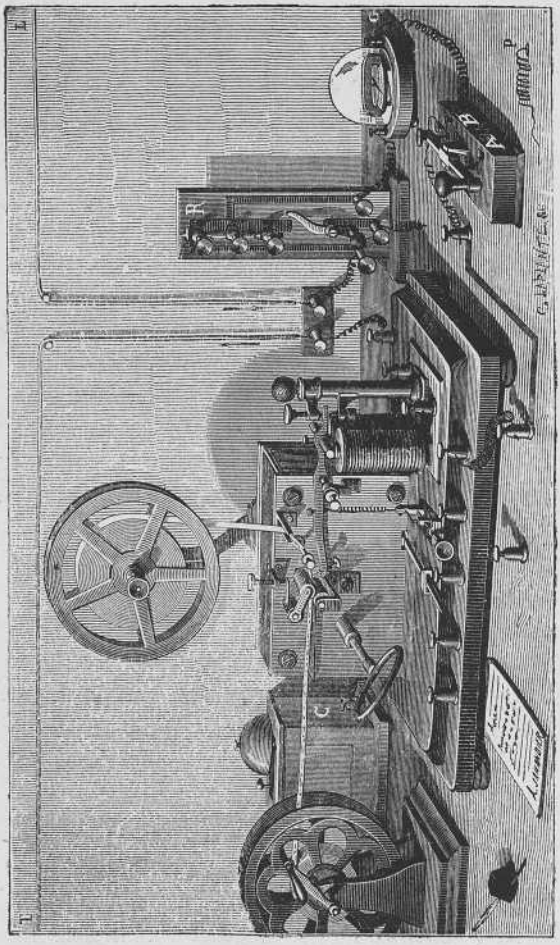

Fig. 137. Estación de origen: sistema Morse.

despues se une dicho alambre al tonillo *B* del manipulador, y luégo á uno de los extremos de la hélice del electro-iman del receptor, haciendo comunicar su otra extremidad con el alambre de tierra *T*. En estas condiciones, las corrientes que vengan de la otra estacion pasarán por los aparatos que hemos indicado, y el sonido del timbre dará á conocer que se quiere trasmitir algun despacho. Una vez advertido el telegrafista, debe aislar el timbre, por medio de un conmutador á apropósito, dando aviso á la otra estacion de que está dispuesto para recibir el telégrama. Para que esto último pueda verificarse, es necesario unir el reóforo positivo *P* de su pila al tornillo *A* del manipulador y el negativo al alambre de tierra; de esta manera, las corrientes de esta pila sólo pasan por el galvanómetro y pararayos, marchando despues, por la línea, al receptor de la otra estacion.

A fin de evitar la rotura de los conductores que unen entre sí estos aparatos, se suelen reemplazar por láminas de laton incrustadas en la mesa y provistas en sus extremos de casquillos de empalme para verificar cómodamente, por medio de otros conductores más cortos, la union de dichos aparatos.

Supongamos ahora que se trata de una estacion intermedia provista de aparatos Breguet.

Desde luégo se unen (fig. 138) los alambres de ambas líneas á los pararayos *P* y *P'*, y desde allí se dirigen á los timbres correspondientes á ambas estaciones; despues se hacen pasar dichos conduc-

tores por el manipulador de esta estacion, y éste se hace comunicar con el alambre de tierra.

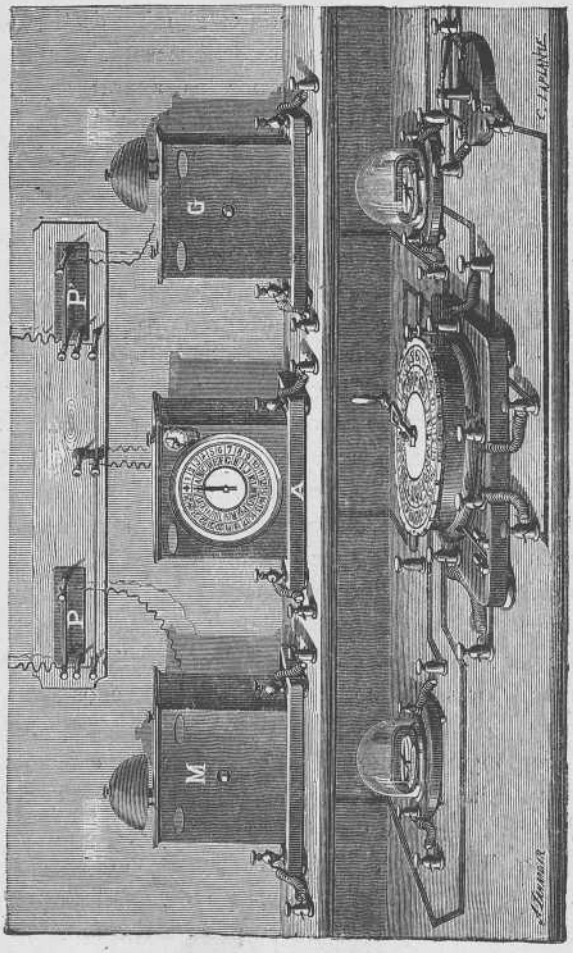

Fig. 138. Estacion intermedia; sistema Breguet

Respecto á los reóforos de la pila, ya dijimos (pag. 258), que el positivo se hacía comunicar con el casquillo del manipulador en que viene á chocar la lámina movible, y el negativo con el alambre de tierra.

Esto supuesto, si el timbre *M* indica que desde la estacion á que corresponde se quiere mandar un despacho, el telegrafista de la estacion en que nos suponemos colocados, haciendo funcionar un conmutador, debe separar el timbre *M* de la línea, reemplazándole con su receptor *A*, y en este caso quedan ambas estaciones en disposicion de cruzar sus telégramas.

Un cambio análogo debe verificarse cuando funcione el timbre *G*.

Por último, si quisieran comunicar directamente las estaciones de ambos lados, el telegrafista de la del centro debe unir aquellas líneas por medio de los dos conmutadores que tiene su manipulador, ó bien, intercalar un traslator si la distancia que média entre aquéllas es muy considerable.

A fin de evitar en la estacion del centro la duda que pudiera ocurrir sobre cuál de los timbres ha sonado, tienen estos aparatos en su interior una cartulina con la palabra «*responded*», que aparece por una abertura practicada en la caja cuando aquéllos funcionan, y de esta manera le basta al telegrafista mirar en cuál de ellos está descubierta dicha frase.

Si se trata de una estacion central, á la que afluyen generalmente un gran número de líneas, se ha-

cen llegar primero todas ellas al *conmutador suizo*, y desde él se dirigen los conductores á los aparatos que respectivamente las representan. La pila de estas estaciones, que naturalmente ha de constar de muchos elementos, debe fraccionarse en grupos cuya intensidad sea proporcional á la resistencia de cada línea, pues de otro modo el circuito más corto absorberia casi por completo la totalidad de la corriente. El alambre de tierra debe asimismo estar constituido en dichas estaciones, por un cable análogo al que se usa en los pararayos.

NUEVOS SISTEMAS TELEGRÁFICOS.

Como quiera que el uso de los telégrafos eléctricos haya adquirido de dia en dia un creciente desarrollo, no bastan ya, para satirfacer las necesidades del servicio, las líneas actualmente establecidas, y ha sido necesario dedicarse á aumentar su rendimiento por medio de ciertos aparatos y sistemas que multipliquen el número de palabras trasmitidas en un tiempo dado. Esto se consigue por medio de los telégrafos *automáticos*, *múltiples* y de *trasmision simultánea*.

En los telégrafos *automáticos* se forma primero el despacho en una tira de papel, quitando de su centro, por medio de un saca-bocados, trozos redondos y largos, siguiendo el alfabeto de Morse; despues se arrolla dicha cinta en una polea, de la que es arrastrada, con gran velocidad, por una

máquina que la obliga á pasar entre un cilindro de metal y una lengüeta elástica de la misma sustancia. Poniendo el cilindro y la lengüeta en comunicacion con la línea y pila correspondientes, cuando aquélla descansa sobre un orificio, cerrará el circuito de la línea, y por el contrario, quedará abierto si se interpone entre ambos la tira de papel; de modo que este aparato obra en realidad como un manipulador Morse que fuese movido con mucha rapidez.

El receptor es análogo al de Morse, si bien la cinta se desarrolla en él con una velocidad proporcional á la del manipulador.

Se concibe perfectamente que de este modo puede aumentarse en gran manera la trasmision, y en efecto, se han llegado á obtener con él 130 palabras por minuto, siendo así que con el de Morse sencillo sólo pueden trasmitirse 40 en el mismo tiempo.

En los telégrafos *múltiples* se obtiene un resultado análogo haciendo comunicar con el mismo alambre cuatro aparatos dobles, y se aprovecha el momento en que tres de ellos no funcionan para lanzar por el cuarto la corriente de la pila. Para esto tiene que colocarse en cada estacion un aparato giratorio é isócrono que dirija alternativamente las corrientes de los cuatro manipuladores á los receptores respectivos, y de este modo cada empleado es dueño de la línea durante uno de dichos intervalos, invirtiendo los tres restantes en preparar el signo siguiente.

Aplicando M. Baudot este sistema al telégrafo Hughes, ha logrado trasmitir en una hora 300 despachos de veinte palabras cada uno.

Trasmision en sentidos opuestos. — Por este medio, que al pronto parece un absurdo, se ha conseguido tambien aumentar notablemente el rendimiento de las líneas telegráficas. Dos son los principales sistemas ideados: uno llamado *diferencial* y otro *puente de Wheatstone.* Los dos están basados en las propiedades de las corrientes derivadas; pero su descripcion, muy complicada por cierto, nos llevaria fuera de nuestro propósito de sólo dar á conocer los aparatos más usados.

TELÉFONOS.

La perfeccion que, segun hemos visto, han adquirido hoy dia los aparatos telegráficos y la facilidad con que por ellos puede trasmitirse el pensamiento, valiéndose de signos convencionales, no han bastado á satisfacer el deseo de nuevos prodigios en esta materia, y se han querido obtener aparatos que *hablen* por sí mismos.

Desde hace mucho tiempo se habia intentado trasmitir la *palabra* por medio de la electricidad, valiéndose para ello de aparatos más ó ménos ingeniosos combinados de manera que las vibraciones sonoras recibidas en el manipulador se trasformasen en corrientes eléctricas; éstas, despues de recorrida la línea, debian originar los sonidos correspondientes en el receptor de la otra

estacion. Cierto es que con estos aparatos se habia logrado trasmitir con bastante claridad los sonidos musicales, lo que en realidad constituia por sí sólo un gran triunfo en la cuestion; pero la *palabra articulada*, esa mezcla heterogénea de vibraciones á cual más diferentes, siempre se habia resistido á ser reproducida de esta manera, hasta que M. Graham Bell, con un ingenio superior á toda ponderacion, resolvió, en 1876, dicho problema del modo más sencillo que pudiera concebirse.

Teléfono de M. Bell. — Este aparato, llamado con razon por W. Thomson, *maravilla de las maravillas*, consiste (fig. 139) en una especie de

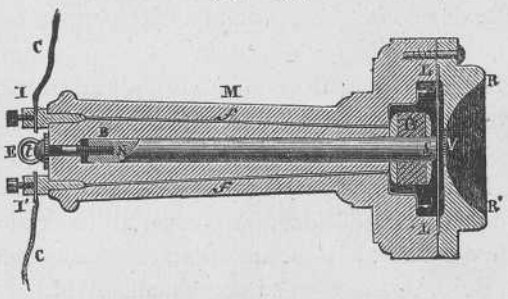

Fig. 139. Teléfono de M. Bell.

caja circular de madera, provista de un mango *M* de la forma que indica el dibujo. En su interior se halla fijo, por su extremo *B*, un iman cilíndrico *N S* que lleva en su polo libre *S* un pequeño carrete de madera rodeado por un alambre fino de cobre cubierto de seda, cuyos extremos van á unirse á los casquillos de empalme *I I'*, por medio de los conductores *f f*; otras veces, estos alambres se

revisten de seda y se retuercen formando un cordon, como indica la fig. 140. Delante del polo S, y á muy corta distancia, se encuentra extendida una lámina muy delgada de hierro dulce $L\,L$, sujeta por tornillos entre la parte superior del aparato y una boquilla de madera $R\,R'$ perforada en su centro V. Por último, el iman puede aproximarse ó separarse de la lámina $L\,L$ por medio del tornillo regulador E colocado en el extremo del mango M.

Esto supuesto, uniendo por medio de conductores metálicos $C\,C$ dos aparatos iguales al que acabamos de describir, si se habla delante de la boquilla de uno de ellos, las ondulaciones producidas en el aire por la voz ponen en vibracion la lámina de hierro del aparato con una amplitud y velocidad proporcionales á la de aquél flúido; estas vibraciones á su vez, haciendo variar la intensidad del iman $N\,S$, originan en la bobina B una serie de corrientes inducidas, las cuales, al llegar al carrete del otro aparato, modifican el estado magnético de su iman, y en su consecuencia, la lámina de hierro colocada cerca de él experimenta una serie de atracciones más ó ménos rápidas é intensas, que dan orígen á la repeticion de las palabras pronunciadas en el teléfono manipulador.

Cierto es que las palabras reproducidas por el receptor son muy débiles y tienen un timbre metálico característico, pero no por eso dejan de ser perfectamente claras, sobre todo, aplicando el oido á la boquilla del aparato.

Despues de la admirable invencion de M. Bell, se ha tratado de perfeccionar tan ingenioso instrumento, principalmente en lo que se refiere á la poca intensidad de los sonidos resultantes; pero, hasta ahora, ninguno de los medios ideados ha producido el resultado que se prometian sus autores, siendo el mejor procedimiento para entender las palabras trasmitidas, valerse de dos teléfonos que formen parte del mismo circuito, aplicados uno á cada oido (fig. 141).

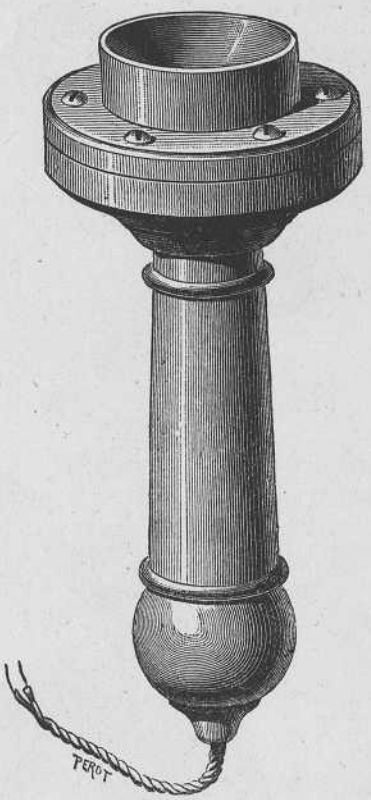

Fig. 140.

Aparte de esto, siempre es conveniente usar dobles teléfonos en cada estacion, para no perder las palabras que pudieran pronunciarse miéntras

se traslada el aparato de la boca al oido, debien-

Fig. 141. Recepcion doble.

do en este caso usarse como indica la fig. 142.

Fig. 142. Disposicion para ponerse al habla.

Micrófonos.— Una vez descubierto el teléfono, y valiéndose de él como medio de hacer sensibles al oido las vibraciones de los cuerpos, M. Hughes ha ideado un instrumento por medio del cual se amplifican extraordinariamente los sonidos que se producen en las inmediaciones de dicho aparato.

Su principio está basado en la propiedad que presentan ciertos cuerpos en polvo, y principalmente el carbon calcinado, de permitir el paso al flúido eléctrico con tanta más facilidad cuanto más comprimidos se hallen. Dicha propiedad era conocida desde hace bastante tiempo, pero á pesar de todo, no se habia sacado partido de ella hasta 1876, en que M. Edison la aplicó á un sistema especial de teléfonos de que luégo hablaremos.

Muchas son las disposiciones adoptadas para el *micrófono*, pero la siguiente, debida á M. Hughes, es de las que mejor se prestan á una porcion de curiosas experiencias. Consiste éste (fig. 143) en un prisma de madera *M* colocado verticalmente sobre una tabla horizontal; dicho prisma tiene fijos en una de sus caras dos cubos de carbon de retorta *A* y *B*, en los que se ha practicado una cavidad semi-esférica para contener las puntas de un doble cono de carbon *C*, de unos cuatro centímetros de largo y medio de diámetro; por último, dos contactos metálicos ponen en comunicacion, por medio de conductores de cobre, dichos cubos con un teléfono *T* y los polos de una batería voltáica *P*.

Esto supuesto, colocando encima de la tabla del aparato un reloj de bolsillo en marcha, los movimientos de su volante producen en aquélla ciertas vibraciones que son trasmitidas por el prisma *M* á los cubos de carbon *A* y *B*; á su vez estas vibraciones establecen grandes diferencias en los con-

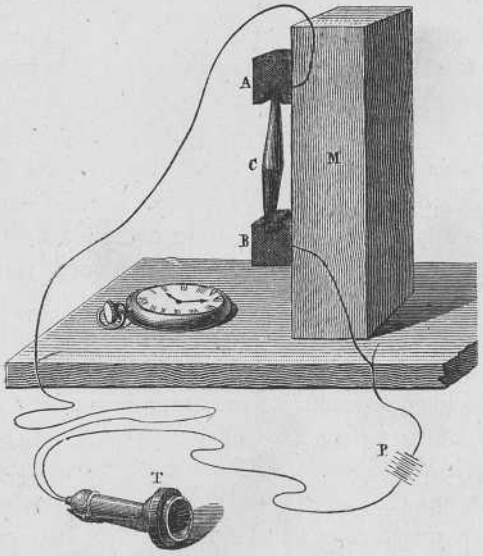

Fig 143. Micrófono de Hughes.

tactos del doble cono *C* con dichos cubos, los que originan cambios análogos en la intensidad de la corriente, y como consecuencia, la lámina de hierro del teléfono vibra de un modo semejante, produciendo un sonido mucho más intenso que el del reloj.

Para que se verifique esto como acabamos de indicar, es necesario, sin embargo, que la presion que existe entre las puntas de carbon y los cubos esté comprendida entre ciertos límites. Para conseguirlo con facilidad, suele colocarse el cubo *A* en una chapa que puede subir ó bajar lentamente por medio de un tornillo á propósito, y entónces basta aplicar el oido al teléfono y mover poco á poco dicho tornillo hasta obtener el máximun de efecto. Afinado de este modo el aparato, se percibe perfectamente el roce de una pluma sobre la tabla, y hasta puede oirse el paso por ella de una mosca; pero en cambio las vibraciones sonoras, trasmitidas por el aire, no producen tan extraordinario resultado; así es que las palabras emitidas cerca del instrumento, si bien es cierto que se reproducen en el teléfono con gran intensidad, van acompañadas de tales ruidos, que resultan ménos claras que usando solamente los teléfonos de M. Bell.

Esto ha hecho que poco á poco se haya abandonado el micrófono como medio de trasmitir la palabra, pero en cambio se ha sacado de él mucho partido para hacer sensibles ciertos movimientos insignificantes ocurridos, tanto en la tierra como en el organismo humano, dotando de este modo á la ciencia de un precioso aparato de investigacion.

Micro-teléfonos.— Con objeto de aunar las ventajas que separadamente presentan el teléfono y el micrófono, se han construido diferentes aparatos

en los que, el emisor principalmente, participa de las propiedades de ambos.

Entre los muchos modelos ideados con este objeto, el de M. Edison es uno de los que mejor resultado han producido. Dicho aparato (fig. 144), es muy análogo en la forma al teléfono de M. Bell, pero se diferencia de aquél en que carece de iman y de hélice inductora, y en cambio tiene detras de la lámina de hierro un disco *H* de corcho, seguido de un pequeño tubo de cautchú *G* terminado por una roldana de ebonita; debajo de ésta se halla, contenido en una cavidad cilíndrica *B A*, un disco de carbon *C* colocado entre dos láminas de platino, unidas por conductores metálicos á los casquillos de empalme *P* y *P'*. El carbon más á propósito para este objeto es el que se obtiene por la presion del negro de humo procedente de la combustion del petróleo, y el cilindro *C* debe tener un

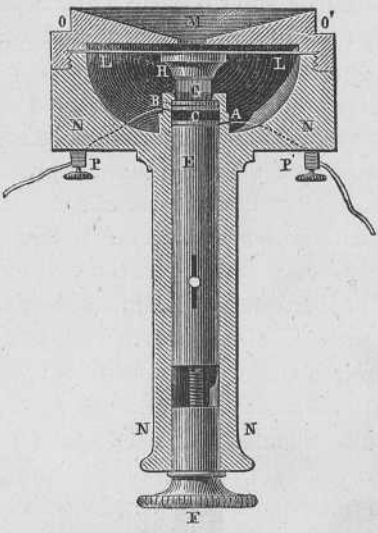

Fig. 144 Micro-teléfono de Edison.

grueso tal que ofrezca al flúido eléctrico la resistencia de 100 metros de alambre telegráfico. Por último, en el interior del mango del aparato se halla un cilindro *E*, cuya presion sobre el disco *C* puede graduarse por medio del tornillo *F*.

El receptor de este aparato puede ser un teléfono de M. Bell, pero Edison parece que ha obtenido mejores resultados con el que representa la figura 145. La mayor diferencia que en él se nota, comparado con aquél, es la forma en herradura del iman *N S*, con cuya disposicion se encuentra la lámina de hierro *L*, sobre que descansa el polo *S*, imanada de un modo contrario al otro extremo introducido en el carrete *E*, y de esta manera son más enérgicas las atracciones que aquélla experimenta; por otra parte, como este aparato sólo se usa para la recepcion, carece por innecesaria de la boquilla que tienen los teléfonos de Bell.

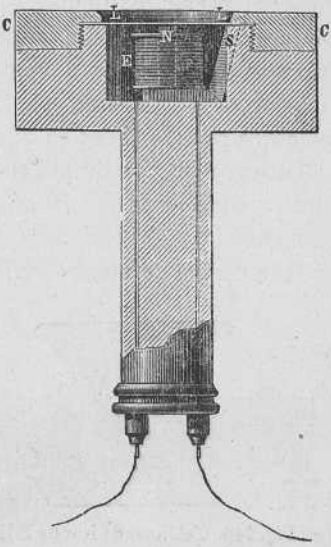

Fig. 145. Receptor de Edison.

Esto supuesto, uniendo los casquillos de empal-

me de ambos aparatos por medio de conductores metálicos, é interponiendo en el circuito una pila de 3 ó 4 elementos Leclanché, sucederá que, al hablar delante de la boquilla del aparato emisor, las vibraciones de su lámina *L*, trasmitidas por el sistema de piezas que descansan sobre el disco de carbon *C*, le oprimirán más ó ménos, haciendo que varíe en la misma relacion su conductibilidad eléctrica; como consecuencia de esto, el iman del aparato receptor experimentará cambios análogos en su fuerza atractiva, y la lámina de hierro del mismo se verá obligada á vibrar como la del otro aparato, reproduciendo con bastante intensidad las palabras pronunciadas en aquél.

Ultimamente ha simplificado Edison su aparato emisor, dándole la forma que representa la figura 146.

Este carece de mango, y la boquilla en que se habla es más ancha y prolongada que en su primer modelo; el sistema de cilindros que servian en aquél para trasmitir al carbon las vibraciones de la lámina de hierro, ha sido sustituido por un pequeño tubo del mismo metal *A*, apoyado sobre un disco de aluminio *b*; por último, la presion entre dicho tubo y el disco de carbon *C*, se arregla

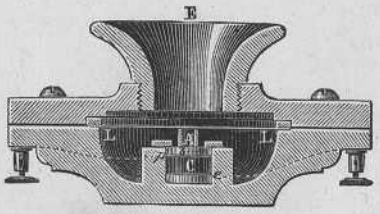

Fig. 146. Teléfono emisor de Edison.

por medio de un muelle lateral que cae debajo de la lámina de platino *e*.

Con este aparato se logra una trasmision bastante clara é intensa, sobre todo convirtiendo en inducidas las corrientes de la pila. La ventaja que resulta en todos los micrófonos de sustituir dichas corrientes á las directas, fué observada por primera vez por M. Elisha Gray en sus investigaciones telefónicas, y se obtiene fácilmente haciendo que la corriente de la pila, ademas de pasar por el micrófono, pase tambien por el alambre inductor de una bobina de Ruhmkorff, cuyo conductor inducido se pone en comunicacion con el teléfono receptor; de esta manera ganan mucho en tension las corrientes, y la intensidad de los sonidos producidos aumenta considerablemente.

Disposicion de una estacion telefónica. — Cuando se quiere hacer uso de los anteriores aparatos para establecer una comunicacion telegráfica entre dos puntos, hay que colocar en ambas estaciones un timbre eléctrico que dé á conocer el momento en que debe prestarse atencion; dicho timbre y el uso del carrete de Ruhmkorff, cuya conveniencia hemos indicado, exigen el empleo de un conmutador que ponga en comunicacion la pila, bien con el timbre avisador ó con el teléfono receptor.

Entre los varios modelos ideados para este objeto, el que representa la fig. 147 es muy á propósito para los micro-teléfonos. Sobre una tabla de caoba, adosada al muro de la estacion, se halla fijo un conmutador de clavija *D* análogo al descri.

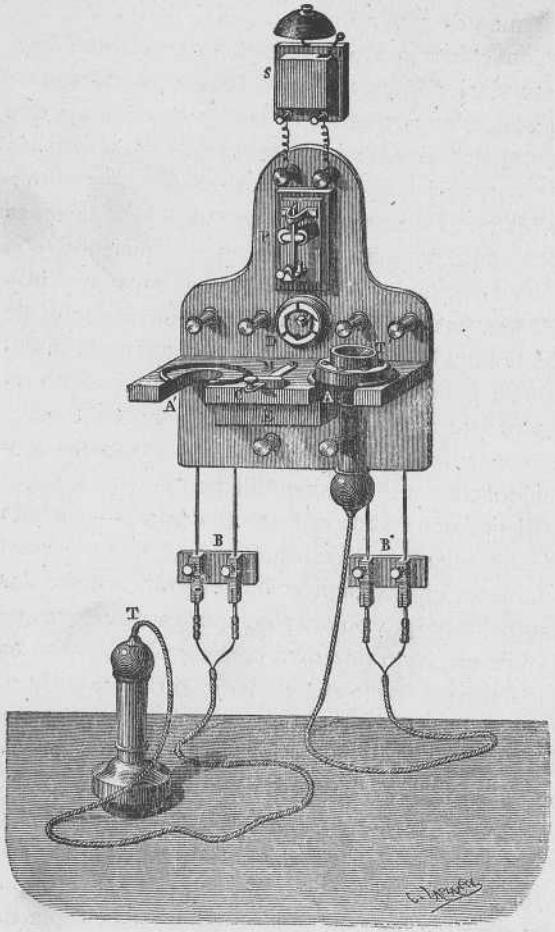

Fig. 147. Estacion telefónica.

to en la pág. 287, el cual, segun el orificio en que aquélla se introduzca, dispone la línea para la recepcion ó para la trasmision. Encima de dicho conmutador se halla una especie de relé *P* que hace funcionar el timbre *S* cuando se cierra el circuito desde la otra estacion, y sirve ademas para entablar una correspondencia, valiéndose del alfabeto Morse, tomado al oido, por medio de la lámina *M*, usada como manipulador de dicho telégrafo; esta lámina está colocada sobre una tabla horizontal *C*, provista de dos aberturas *A* y *A'* para colocar los teléfonos cuando no se hace uso de ellos, y debajo de ella se encuentra encerrado en una caja *E* el carrete de Ruhmkorff de que ántes hablamos. Por último, los conductores de los teléfonos *T* y *T'* se unen á cuatro tornillos de presion colocados en las tablitas *B* y *B'*.

Cuando no se hace uso del aparato, se deja el conmutador en contacto con el alambre del timbre, y para que éste funcione, basta cerrar el circuito desde la otra estacion por medio del manipulador *M*. Una vez advertidas las dos estaciones, se cambia en ambas el conmutador, disponiéndole para la trasmision recíproca.

Si en vez de micro-teléfonos se usan aparatos de M. Bell, la anterior instalacion puede simplificarse notablemente, pero siempre es indispensable un timbre eléctrico para avisar el momento en que se quiere trasmitir; este último sistema es preferible cuando las dos estaciones no se hallan á mucha distancia.

Hoy dia se va generalizando en las grandes poblaciones el uso de los teléfonos, y no cabe duda que están llamados á prestar grandes servicios, tanto al comercio como á los particulares.

En París se halla establecida una sociedad telefónica en la que, por 600 francos anuales, puede cada particular comunicarse directamente con cualquier otro abonado. Para ello cada suscritor comunica con la estacion central, por medio de un alambre exprofeso, y le basta avisar en ella para que le pongan en comunicacion directa con el abonado á quien quiere hablar.

En Suiza es mucho más barata dicha suscricion y sólo cuesta 150 francos por año.

En Madrid se acaba de aplicar este sistema para unir las alcaldías con el ayuntamiento y algunos otros centros oficiales, pero el público no disfruta todavía de tales ventajas.

Fotófono —Como si no bastase el teléfono para acreditar el extraordinario ingenio de M. Bell, ha inventado este sabio últimamente otro aparato, llamado *fotófono*, que, como su nombre lo indica, trasmite los sonidos por medio de las vibraciones luminosas.

Tan notable aparato está fundado en la propiedad que presenta el *selenio*, observada por M. Smith en 1873, de conducir mejor el flúido eléctrico cuando se halla sometido á la luz de un foco intenso que cuando está sumido en la oscuridad.

Supongamos, pues, una barrita de selenio colo-

cada en el foco de un espejo cóncavo y unida, por sus extremos, á un circuito en que se hallen intercalados un teléfono y una pila de Leclanché. Si á cierta distancia de dicho aparato se coloca un espejo flexible y plano, situándole de tal manera que refleje hácia el primero los rayos que él reciba de un foco luminoso intenso, el selenio recibirá en este caso una gran cantidad de luz, y su conductibilidad eléctrica crecerá en la misma relacion; mas si detras del espejo plano se emite un sonido bastante intenso, su superficie, herida por las vibraciones del aire, cambiará de forma y se convertirá alternativamente en cóncava y convexa. En este caso, el haz de rayos luminosos, cilíndrico al principio, tomará la forma de un cono convergente ó divergente á cada vibracion, y la luz recogida por el espejo cóncavo se encontrará disminuida ó aumentada en el mismo sentido, originando cambios análogos en la conductibilidad eléctrica del selenio. En virtud de éstos, la corriente de la pila influirá en el teléfono receptor, aumentando más ó ménos la fuerza atractiva del iman, y la lámina de hierro vibrará al unísono de las oscilaciones producidas en el espejo plano, reproduciendo con cierta intensidad el mismo sonido.

Si en vez de una nota musical se pronuncia una palabra cualquiera detras del espejo, sus vibraciones determinarán una serie de incrementos en la luz reflejada que harán cambiar en el mismo sentido el poder conductor del selenio, y el teléfono correspondiente repetirá con cierta intensidad la

frase pronunciada. Cierto es que, hasta ahora, no se ha logrado la reproduccion de las palabras con la claridad que en el teléfono, pero atendiendo á que el aparato no ha salido aún de las manos de su inventor, es de esperar que no tarde en perfeccionarle, como ha sabido hacerlo con su primitivo teléfono.

Ultimamente, J. Tyndall ha observado, despues de estudiar con gran detenimiento el anterior fenómeno, que no son las vibraciones luminosas, sino las caloríficas, las que causan en el selenio los cambios de resistencia eléctrica de que hemos hablado, y si esto es así, el fotófono no puede tener la importancia que se creyó en un principio, puesto que las vibraciones del calor alcanzan á muy poca distancia con la energía necesaria para producir efectos sensibles.

CAMPANILLAS ELÉCTRICAS Y CUADROS INDICADORES.

Conocida es de todos la necesidad de usar en las casas particulares, y más aún en los grandes establecimientos, sistemas de aviso que hagan acudir á los criados al sitio donde son necesarios. Esto se conseguia ántes por medio de campanillas movidas mecánicamente por alambres puestos en movimiento por el esfuerzo muscular del que llamaba; pero, atendidas las diferentes direcciones que sucesivamente deben tomar aquéllos, rara vez producen el efecto deseado, gastando en rozamientos casi toda la fuerza empleada.

La electricidad que, segun hemos visto, marcha

perfectamente por un conductor aunque éste forme muchos zig-zag, ha venido á reemplazar ventajosamente al antiguo sistema.

Los aparatos necesarios para una instalacion de este género, son: la *pila*, el *conductor*, los *trasmitidores*, la *campanilla eléctrica* y los *cuadros indicadores*.

Pila.—La más conveniente para esta clase de servicio es, sin disputa, la de Leclanché, modelo pequeño, y en general bastan tres ó cuatro elementos para una casa particular, y ocho ó diez para una fonda ó establecimiento análogo.

Conductores.—Generalmente se usan alambres de cobre de un milímetro escaso de diámetro cubiertos por dos capas de algodon, embreada la primera. Para colocarlos se fijan en la parte alta de la pared unas tablitas provistas de tantos *alfileres de París* como conductores hayan de contener, y se da en ellos una vuelta á los alambres, dejándolos bien estirados; á veces se suprimen dichas tablitas y se fijan directamente sobre la pared con puntas de París.

Trasmitidores. — Estos son unos aparatitos dispuestos para cerrar el circuito de la pila á través del conductor en que están colocados. Su forma es la representada en córte por la fig. 148. Sobre un disco de madera *T*, fijo en la pared, se sujetan con tornillos dos láminas metálicas *L L'*, provistas en sus extremos libres de contactos de platino ó plata, á fin de evitar su oxidacion; estas dos láminas comunican respectivamente, por

medio de alambres que pasan por detras de la tabla *T*, con los conductores *C* del circuito. Encima de la lámina *L*, que á la vez obra como un muelle, hay un cilindro de hueso ó marfil *B* que pasa á través de un taladro de tamaño á propósito, practicado en la pieza de madera *A*, que sirve para cubrir todo el conjunto.

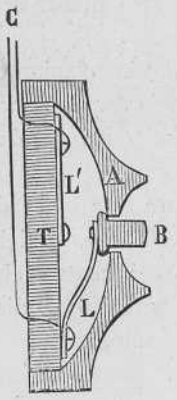

Fig. 148. Trasmitidor.

Tal como está figurado el aparato, el circuito se halla interrumpido entre los contactos de plata de las láminas *L* y *L'*; pero si se apoya un dedo sobre el boton *B* se aproximarán estas y cerrarán el circuito, produciendo, por lo tanto, el efecto que se desea.

Campanillas eléctricas.—Pudieran usarse para este objeto, sin inconveniente alguno, los timbres que hemos descrito en la página 293; pero á fin de hacerlos más económicos y facilitar su colocacion colgándolos en la pared, se construyen generalmente bajo la forma que indica la fig. 149.

Su manera de funcionar es idéntica á la que allí indicamos; la corriente entra por el casquillo *m*, y despues de recorrer el alambre del electro-iman, marcha por su armadura *a* y el muelle *C*, al otro casquillo *n*. Al verificarse esto, se imana el electro-iman y atrae á su armadura, y entónces el mazo *P* choca en el timbre *T*, produciendo el sonido

consiguiente; mas á la vez el muelle *C* se separa de la pieza *a* y el circuito queda interrumpido, por cuya razon el electro-iman se desimana y deja otra vez libre á su armadura, volviendo ésta á su primera posicion para repetirse nuevamente lo dicho ántes.

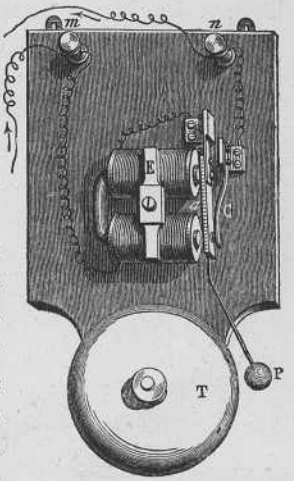

Fig. 149. Campanilla eléctrica. (Catálogo de Ducretet, París).

En estos timbres se fija el electro-iman á la misma tabla, por medio de la pieza *E* y un tornillo que pasa por entre sus ramas, penetrando despues en aquélla. Todo el conjunto se cubre con una caja de madera, provista de una ranura, por donde sale al exterior la varilla del mazo.

Cuadros indicadores.—A fin de dar á conocer fácilmente el sitio ó habitacion de donde procede la llamada del anterior timbre, se han ideado unos cuadros provistos de tantas ventanillas como trasmitidores tenga el circuito, en las que aparece, despues de sonar el timbre, un número relativo al de la habitacion correspondiente.

El sistema que mejor resultado ha producido, entre los varios que se han inventado, es el que representa la fig. 150. Sobre unas platinas de hierro *H H'*, fijas por medio de dos tornillos en el

fondo del cuadro indicador, se hallan colocadas en cada una, perpendicularmente á su superficie, dos cilindros de hierro dulce *N* y *S*, rodeados por hélices *A* y *B* de alambre de cobre forrado de seda; entre estos dos cilindros está suspendida, por medio del eje *E*, una barrita imanada *n s*, provista en su extremo superior de una cartulina *V* de la forma que indica la figura; en su parte alta é izquierda se

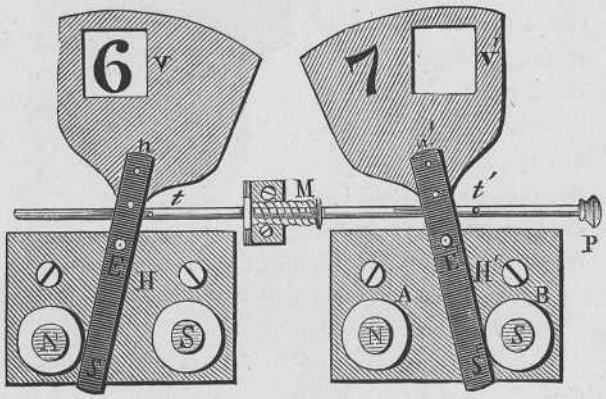

Fig. 150. Mecanismo de un cuadro indicador.

halla pintado el número que debe aparecer, y su grueso ha de ser tal, que la parte superior de dicho iman pese un poco más que la inferior; con estas circunstancias, el iman se quedará en una de las posiciones que indica el dibujo.

Consideremos ahora la de la derecha, y advirta-

mos á la vez que la tapa del cuadro es de cristal pintado de negro, á excepcion de unas ventanillas *V V'* que caen precisamente encima de los números, cuando los imanes están en la posicion que indica el 6. Esto supuesto, si hacemos pasar la corriente de una pila por el alambre del pequeño electro-iman *A B*, de modo que aparezcan los polos Norte y Sur en la situacion que indican las letras, la extremidad *s'* del iman movible será repelido por el polo *S* del electro-iman, y atraida por el *N*, y en este caso dicho iman girará alrededor de su eje *E'*, para tomar la posicion que indica la figura de la izquierda, quedando visible desde fuera el número que tiene pintado. Aunque cese despues la corriente de la pila, el iman quedará en esta última posicion, puesto que ya hemos dicho que su parte superior pesa algo más que la inferior, de modo que el sirviente podrá leer el número de donde procede la llamada, aunque tarde algo en acudir.

Se comprende desde luégo la necesidad de volver á ocultar el número que haya aparecido en el cuadro, para que éste pueda indicar una nueva llamada, y esto se consigue oprimiendo un boton *P*, colocado al lado derecho y exterior del cuadro. Este boton se halla al extremo de una varilla metálica, provista de unos pasadores *t t'*, que al correr hácia la izquierda, venciendo la fuerza del muelle *M*, se encuentran con la parte superior de los imanes y les obligan á colocarse otra vez en su primera posicion. Otras veces este boton cierra en sentido opuesto el circuito de la pila á través

de todos los electro-imanes, imanándolos de un modo contrario, y entónces son repelidos los imanes, volviendo á colocarse nuevamente en la posicion de espera.

Como en este sistema cada número indicador es independiente de los demas, se comprende perfectamente que puede hacerse uso de cuantos sean necesarios para el servicio á que se destinen. En su parte superior se colocan tantos casquillos de empalme, y uno más, como números indicadores contenga, y para establecer las comunicaciones con la línea, se une un extremo del alambre de cada electro-iman á uno de dichos casquillos, y todos los demas extremos, unidos entre sí, al último tornillo de empalme; de esta manera, la corriente producida por el trasmitidor núm. 3, por ejemplo, penetra en el cuadro por el casquillo del mismo número, y despues de pasar por el electro-iman respectivo y hacer aparecer su número, marcha por el conductor comun, y el último casquillo al polo negativo de la pila.

Instalacion de las campanillas eléctricas — Conocidos separadamente los aparatos necesarios para este objeto, vamos á indicar la manera más conveniente de combinarlos.

En primer lugar, si se trata de establecer este sistema de campanillas en una casa particular, en que el número de habitaciones sea reducido, puede suprimirse, por economía, el cuadro indicador, y valerse de diferente número de repiques para indicar cada una de aquéllas. En este caso la instala-

cion es muy sencilla, y en la fig. 151 puede verse la disposicion para unir la pila *P* con la campanilla y los trasmitidores *T*, advirtiendo que los alambres que se cruzan en el dibujo, no deben comunicarse si no tienen un pequeño círculo en su union.

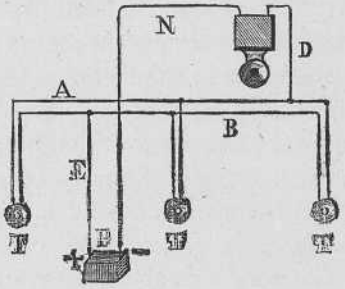

Fig. 151. Sistema de campanillas eléctricas.

A fin de evitar confusiones en la colocacion de los respectivos conductores, debe procederse del siguiente modo. Elegidos préviamente los sitios en que deben colocarse los trasmitidores, el timbre y la pila, se une el polo negativo de ésta á uno de los casquillos de la campanilla, por medio de un conductor *N*, el cual debe seguir el camino más breve; luégo se tiende otro alambre *A* á lo largo de toda la línea, del que se saca una *bajada* para cada uno de los trasmitidores, y por medio de un conductor *D*, se le hace comunicar con el otro casquillo del timbre. Por fin se coloca otro alambre *B*, que recorre igualmente toda la línea, y se unen á él las otras bajadas de los trasmitidores, y el conductor *E*, que termina en el polo positivo de la pila. Luégo sólo queda unir las dos bajadas de los trasmitidores á las láminas que tienen en su

interior estos aparatos, y clavarlos en la pared, dejando bien tensos los dos alambres.

Para hacer con facilidad los empalmes de estos conductores, se queman con un fósforo sus cubiertas de algodon en el sitio que se quiere descubrir, frotándolos despues con un papel de lija á fin de quitar la parte carbonizada; luégo se retuercen como se indicó en las figuras 112 y 114, segun sean dos extremos ó uno sólo los que deban empalmarse.

Consideremos ahora el caso general de una instalacion con cuadro indicador. Desde luégo debe colocarse éste y la campanilla en el sitio donde acostumbren á estar los criados, á fin de que puedan oir fácilmente el repique del timbre, y ver el número que haya aparecido. La pila puede colocarse encerrada en un cajon en el sitio de la casa donde ménos moleste, pero es conveniente, para economizar alambre, que aquél se halle inmediato al que ocupe el timbre. Elegido, por último, el sitio que deben ocupar los trasmitidores, se procede del modo siguiente.

Uno de los casquillos de empalme del timbre *C* (fig. 152) se une directamente al polo negativo de la pila *P*, por medio del conductor *N*, y el otro se pone en comunicacion con el último casquillo del cuadro indicador *I*, por medio del alambre *D*. Despues se establece á lo largo de toda la línea un conductor *A*, del que se saca una bajada para cada trasmitidor, y se le hace comunicar por medio del conductor *E* con el polo positivo de la

pila; luégo se lleva directamente cada una de las otras bajadas de los trasmitidores á los casquillos del cuadro correspondientes á los números que deben representar y, por último, se unen las bajadas de los trasmitidores á sus láminas internas, clavándolos en la pared en los sitios designados.

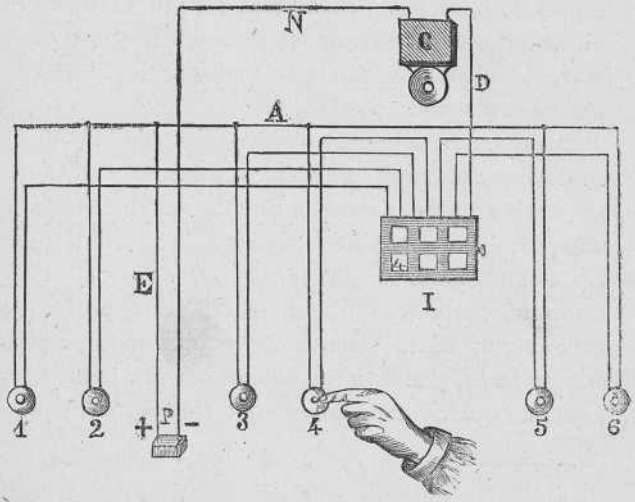

Fig. 152. Sistema de campanillas eléctricas con cuadro indicador.

Establecidas de este modo las comunicaciones, al oprimir el boton del trasmitidor 4, por ejemplo, la corriente de la pila saldrá por el conductor *E*; marcha despues por el *A* hasta encontrar la bajada de la izquierda de dicho trasmitidor, y subiendo por la otra llegará al cuarto casquillo del cuadro; en él hará aparecer el núm. 4, y saliendo por el

último casquillo y el conductor *D*, pondrá en movimiento la campanilla, volviendo despues por *N* al polo negativo de la pila. Un efecto análogo resulta cuando se oprime el boton de cualquier otro trasmitidor.

El coste de una instalacion semejante resulta al plantearla de alguna consideracion, pero en cambio es despues muy económica (1) por su mucha duracion, si está bien acondicionada. El gasto de entretenimiento apénas llega á dos reales al año, por cada elemento Leclanché.

Puede ocurrir alguna vez que, efecto de la rotura de algun alambre, se cierre el circuito á través del timbre, ocasionando en éste un repique contínuo; esto produce desde luégo un gasto estéril en los elementos de la pila y, lo que es peor, un ruido insoportable. Para remediar, por el pronto, esta avería, basta separar de la pila uno de sus dos reóforos, y si esto no pudiera ser, por hallarse aquella en una habitacion donde no se pueda en-

---

(1) El precio, en Madrid, de los artículos necesarios para este objeto, es aproximadamente el que sigue:

Timbre de 11 cent.	25	pesetas.
Trasmitidores de madera (uno).	2	—
Alambre de cobre, forrado de algodon y brea (el kg.—150 m.)	10	—
Elemento Leclanché (modelo mediano).	5	—
Cuadro indicador, cada número.	10	—

trar por el momento, se saca del casquillo correspondiente uno de los alambres del timbre, y claro es que entónces dejará éste de funcionar.

CAPÍTULO IV.

RELOJES ELÉCTRICOS.

La prodigiosa velocidad con que se propaga el flúido eléctrico á lo largo de los cuerpos buenos conductores, ha hecho pensar en servirse de este agente para conseguir un perfecto acuerdo entre varios relojes unidos entre sí por hilos metálicos, cuestion que, desde luégo se comprende, es de la mayor importancia en las líneas férreas, en la determinacion de las longitudes geográficas, en las poblaciones grandes y en otra porcion de casos que sería inútil citar.

Para establecer un sistema de relojes eléctricos, pueden seguirse dos métodos distintos:

1.º Por medio de un buen reloj de péndola movido, como de ordinario, con un peso ó muelle, el cual está encargado de lanzar de tiempo en tiempo la corriente de una pila sobre una serie de *contadores*, y estos, á su vez, indicarán todos la misma hora que aquél.

2.º Por medio de un *reloj tipo* movido por la electricidad, el cual dirige ademas, de tiempo en tiempo, como en el caso anterior, la corriente de la pila á los contadores intercalados en la línea.

Desde luégo se comprende que el primer siste-

ma ha de ser más sencillo y económico que el segundo, pero este es más elegante y evita el cuidado de dar cuerda al reloj tipo, llamado *regulador*.

Primer sistema. — En este procedimiento conviene que sea el regulador un buen *péndulo de segundos*, provisto en la parte alta de la varilla de su péndola de un ligero muelle de platino, dispuesto de modo que venga á chocar en cada doble oscilacion con otro muelle igual colocado en la caja del reloj. Uniendo la máquina de dicho regulador al polo positivo de la pila, el muelle de la caja á uno de los alambres en que están intercalados los contadores, y el otro conductor de los mismos al polo negativo de aquélla, resultará que, al ponerse en contacto los muelles de platino en cada doble oscilacion de la péndola, ó sea cada dos segundos, se cerrará el circuito á través de los contadores, y éstos, por el medio que ahora indicaremos, avanzarán como el regulador dos segundos de tiempo; de modo que, si al empezar á funcionar marcaban todos la misma hora, seguirán siempre acordes, si no hay alguna avería en la línea que los une.

Se comprende desde luégo que la péndola del regulador puede llevar en cada uno de sus lados un muelle de platino, colocando igualmente en la caja otros dos, unidos por un conductor metálico. En este caso el circuito se cerrará á cada segundo y los conductores deberán estar dispuestos para avanzar de igual manera.

Al contrario, si se quiere que éstos sólo funcionen de minuto en minuto, hay que poner un con-

tacto de platino en la rueda de segundos del regulador, para que á cada vuelta, ó sea á cada minuto, cierre el circuito de la pila al rozar con un muelle análogo colocado cerca de su borde. Este sistema consume ménos electricidad que el anterior por verificarse los contactos más de tarde en tarde, y en general basta para las necesidades de la vida social que marchen *al minuto* los contadores.

Segundo sistema — En este procedimiento, segun hemos indicado ántes, el movimiento del regulador es debido á la accion de un electro-iman animado por una corriente eléctrica; mas á fin de evitar que influyan en su marcha las variaciones que aquélla pueda presentar en su intensidad, no se hace actuar directamente aquél sobre la péndola del regulador, sino que su efecto se dirige á levantar un pequeño peso ó muelle que devuelve despues á la péndola la fuerza perdida.

Entre los varios modelos ideados en este sistema, los principales son los siguientes.

Regulador de M. Froment. — En este aparato, la péndola recupera la fuerza perdida en cada doble oscilacion por el esfuerzo constante de un muelle *r* (fig. 153), levantado en el momento oportuno por un electro-iman *e*. Para ello, está provista la cabeza de la péndola, en su lado izquierdo, de una pieza metálica terminada por un tornillo *v* con punta de platino, el que viene á chocar, cuando aquélla se inclina á la izquierda, con una lámina de dicho metal, soldada en el muelle *r*, aislado del res-

to del aparato por una base de marfil. Al verificarse este contacto, se cierra el circuito de la pila á través del electro-iman *e* y de los contadores intercalados en la línea, pasando despues la corriente por la suspension de la péndola, pieza *v*, muelle *r* y conductor unido á él; en este caso, el electro-iman atrae á su armadura *c*, venciendo la fuerza del muelle antagonista *s*, y la pieza *a d*, guiada por el anillo *b*, desciende y deja libre al muelle *r*, sostenido hasta entónces por el tope *d*; en este caso, dicho muelle actúa sobre la péndola y la imprime un impulso, con el que recupera la fuerza perdida. Cuando ésta se inclina luégo á la derecha, llega un momento en que el contacto *v r* se interrumpe, y entónces el muelle antagonista *s* levanta la armadura *c* con la varilla *a d*, unida á ella, y á la vez el tope *d* eleva nuevamente el muelle *r*, dejándole dispuesto para imprimir á la péndola otra nueva impulsion.

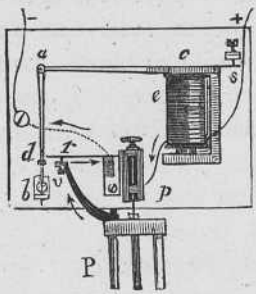

Fig. 153. Regulador de Froment.

Vemos, por lo tanto, que en cada doble oscilacion recibe la péndola el impulso, siempre constante, del muelle *r*, y, por lo tanto, la marcha del regulador debe ser perfectamente uniforme, cualquiera que sea la intensidad de la pila, sucediendo lo mismo con los contadores cuyo movimiento depende de la marcha de aquél.

Regulador de M. Hipp —En este ingenioso aparato (fig. 154), la péndola recibe directamente el impulso por la accion de un electro-iman colocado verticalmente debajo de ella. Para esto se halla provista aquélla, en su extremo inferior, de una armadura de hierro dulce que, al oscilar, pasa muy cerca de los polos de dicho electro-iman, y ademas tiene en el mismo punto una uñeta movible que oprime, cuando es necesario, un muelle de platino colocado á la derecha en el dibujo, por el que se cierra el circuito de la pila. Cuando esto sucede, la péndola recibe un fuerte impulso del electro-iman, y sus oscilaciones crecen notablemente en amplitud; mas, efecto de esto mismo, la uñeta resbala al pasar otra vez sobre el muelle de platino, y el contacto no tiene lugar hasta que, poco á poco, se va para-

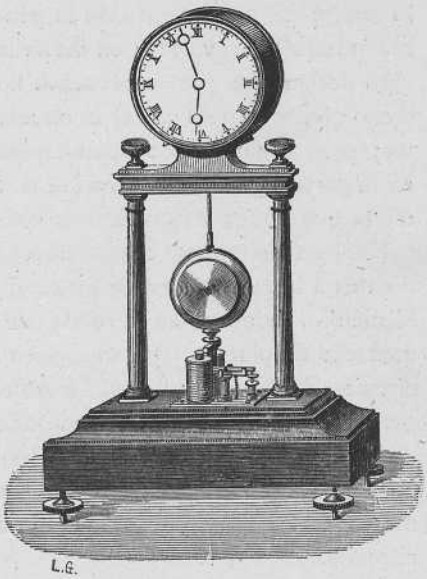

Fig. 154. Regulador de Hipp.
(Catálogo de Ducretet, París.)

lizando la péndola, en cuyo caso vuelve á verificarse otro contacto y otra nueva impulsion.

Vemos, desde luégo, que el circuito de la pila solamente se cierra en este regulador cuando así lo exige el movimiento de la péndola, por cuya razon aquél se verifica en intervalos de tiempo algo desiguales; por esta razon no puede servir dicho contacto para cerrar el circuito de los contares; pero se salva este inconveniente disponiendo en la parte superior de la varilla de la péndola una uñeta que ponga en movimiento, con la velocidad debida, un sistema de ruedas dentadas correspondientes á la *cuadratura* de un reloj comun, y estableciendo, ademas, en la rueda de segundos un contacto de platino, que cierre en cada vuelta el circuito de los contadores. De esta manera, independientemente de la amplitud de las oscilaciones de la péndola, se verificará un contacto en cada minuto, y los contadores avanzarán todos el mismo espacio de tiempo, marchando acordes con el regulador.

Contadores.—Ya hemos indicado que estos aparatos tienen por objeto señalar la misma hora en un circuito, por grande que sea, siendo movidos únicamente por la accion de la corriente lanzada en intervalos iguales por el regulador del sistema.

Uno de los más sencillos es el que representa la figura 155. Un electro-iman E, cuyo conductor forma parte del circuito que cierra el regulador de tiempo en tiempo, atrae á una armadura de hierro dulce $d\,b$, unida por su extremo b á un sis-

tema de tres varillas *b c*, *c a* y *c l*, articulada en *c* bajo la forma que indica el dibujo. La varilla *c l* está, ademas, unida en *l* á la pieza acodada *l o n*, la que puede girar alrededor del punto *o*, y se halla provista de una uñeta de acero *n* que

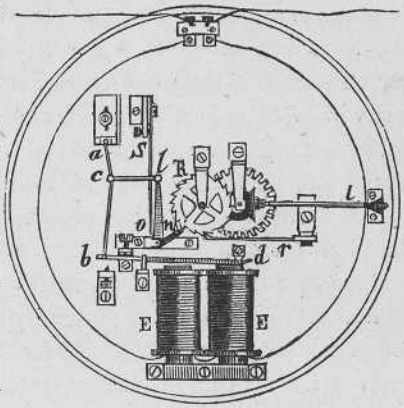

Fig. 155. Contador de Froment.

engrana, al moverse, en los dientes inclinados de la rueda *R*, primera de un sistema de móviles que forman la cuadratura del contador.

Cuando pasa la corriente por el electro-iman de este aparato, gira su armadura alrededor del punto *d*, y su otra extremidad *b* obliga á ponerse en línea recta á las piezas *c a* y *c b*; á la vez, la varilla *l c* marcha hácia la izquierda y levanta la uñeta *n*, la que, encontrando á la rueda *R*, la hace avanzar un diente. Al cesar luégo la corriente eléctrica, el muelle *S* obliga á todas las piezas á colocarse en la misma posicion que tenian ántes, ménos á la rueda *R*, que no la permite retroceder otra uñeta *r* colocada convenientemente.

Puede parecer al pronto supérfluo el sistema de varillas articuladas *a c b* sobre que actúa la armadura del electro-iman; pero tiene por objeto tras-

mitir á la uñeta *n* un movimiento uniforme, evitando el choque brusco que, de otra manera, tendria lugar con la rueda *R*. Por último, á fin de poner en hora con facilidad estos contadores, tienen una varilla *t* que puede girar desde fuera de la caja del aparato por medio de una llave cuadrada, y por el intermedio de una rueda de ángulo, fija en su otro extremo, pone en marcha todo el rodaje del instrumento.

Resulta que, poniendo acordes un sistema de contadores como éste, y suponiendo que la pila tenga suficiente energía para vencer la resistencia total del circuito, la marcha de todos ellos será uniforme é igual á la del regulador.

Para terminar la cuestion de relojería eléctrica, sólo añadiremos, que la pila más conveniente por su constancia para esta clase de servicio, es sin duda alguna la de Daniell, si bien puede sustituirse por la de Leclanché cuando el regulador cierre el circuito de los contadores, por lo ménos, de minuto en minuto, pues de otra manera se *agota* con facilidad.

CAPÍTULO V.

ELECTRO-MOTORES.

Hemos visto en los capítulos precedentes que la electricidad puede imanar con gran fuerza, por medio de los solenóides, á una barra de hierro dulce, y que basta ademas suprimir dicha corriente para

que aquél metal pierda casi instantáneamente sus propiedades magnéticas. Se concibe, pues, con facilidad, que esta accion es capaz de originar un movimiento de vaiven á una pieza de hierro colocada cerca de la extremidad polar de aquel electro-iman, y este movimiento alternativo puede, á su vez, trasformarse en circular, originando un *electro-motor*.

En realidad, los telégrafos eléctricos son verdaderos electro-motores, pero en ellos no se busca precisamente la trasformacion de la electricidad en fuerza, sino la formacion de signos que representen las diferentes letras del alfabeto.

Desde 1834, en que Jacobi ideó el primer electro-motor, se han construido infinidad de modelos de esta clase de máquinas, las cuales pueden reducirse á los dos tipos siguientes.

Electro-motor de M. Bourbouze. — En esta máquina (fig. 156), un balancin, análogo al de las máquinas de vapor, recibe un movimiento alternativo por la accion de dos electro-imanes colocados á diferente lado de su punto de apoyo. Para esto, las barras de hierro de dichos electro-imanes sólo ocupan la mitad inferior del hueco de los carretes, y en el vacío que queda en su parte superior, penetran, al descender, otras dos barras de hierro articuladas en los extremos del balancin.

Colocando el aparato en la posicion que indica la figura, y haciendo pasar la corriente de una pila por el electro-iman de la izquierda, las barras correspondientes serán atraidas por dichas hélices, é

inclinándose el balancin hácia este lado, obligará á girar al volante de la máquina, por el intermedio de la biela y manivela de que se halla provista. Al mismo tiempo, las barras del segundo electro-iman se habrán elevado, llegando á lo más alto de

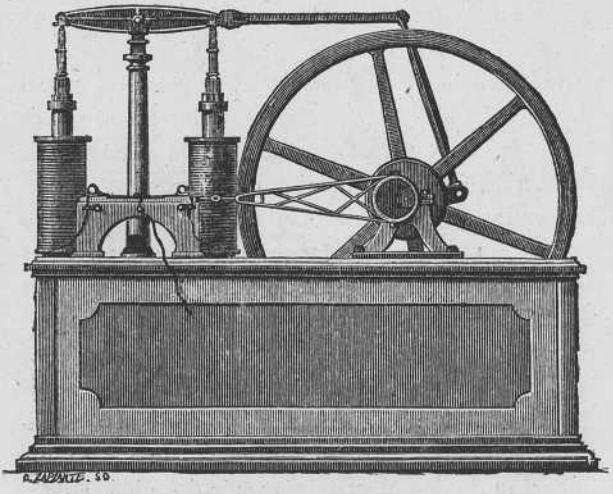

Fig. 156. Electro-motor de M. Bourbouze.

su carrera; y si en este momento se hace pasar la corriente por el electro-iman á que corresponden, serán atraidas á su vez hácia el interior de sus respectivos carretes, y el volante girará otra media vuelta, y así sucesivamente.

Este cambio de corrientes á cada semi-revolucion del volante, se verifica automáticamente por medio de una excéntrica unida á su eje, la que pone en movimiento un conmutador á propósito

colocado cerca de los electro-imanes; así es que, una vez iniciado el movimiento, este aparato marcha por sí solo como una máquina de vapor, miéntras la pila produzca una corriente de suficiente intensidad.

Electro motor de M. Froment. — En el motor que

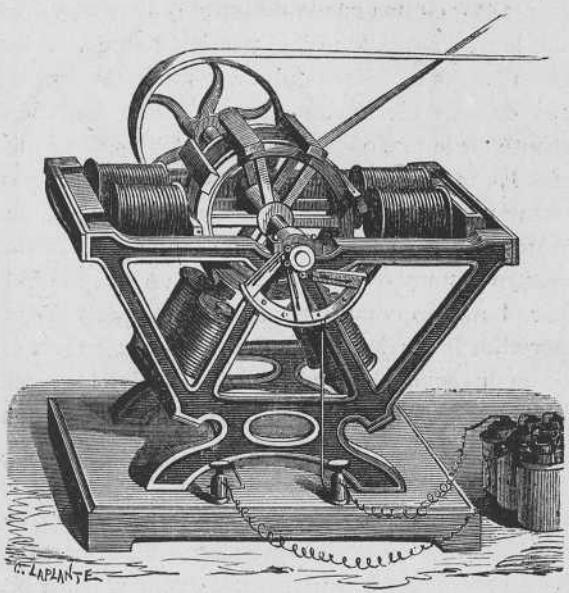

Fig 157. Electro-motor de Froment.

acabamos de describir, hemos visto que el balancin recibe un movimiento alternativo, que despues se trasforma en circular por el intermedio de ciertos órganos, y aparte de que la fuerza con que aquél es solicitado por los electro-imanes, varía en los diferentes períodos por que pasa, se originan

al mismo tiempo dos *puntos muertos* muy perjudiciales cuando se trata, como en este caso, de un aparato de poca fuerza.

Con el de M. Froment se evita la formacion de dichos puntos, y es á la vez susceptible de producir más fuerza. Consiste este ingenioso aparato (fig. 157), en una rueda de laton ó de madera, sobre la que se hallan fijas, paralelamente á su eje, ocho barras de hierro dulce que hacen de armaduras de seis electro-imanes colocados simétricamente en la prolongacion de los radios de la misma. En la figura, sin embargo, se han suprimido, para mayor claridad, los dos electro-imanes superiores y la armazon que los sostiene. Cada dos electro-imanes opuestos, forman un grupo unido por el mismo conductor, de manera que al pasar por ellos la corriente eléctrica, su atraccion se ejerce en direcciones opuestas, evitando de este modo la flexion del eje de la rueda y el rozamiento consiguiente.

Efecto de esta disposicion resulta, que al situarse dos armaduras enfrente de sus respectivos electro-imanes, las dos que siguen están cerca de los electro-imanes correspondientes, y al pasar por ellos el flúido eléctrico, dichas armaduras son atraidas con gran fuerza, produciendo en la rueda un movimiento giratorio. Cuando á su vez se colocan estas armaduras enfrente de dichos electro-imanes, cesa la corriente de la pila y pasa á imanar el siguiente grupo de electro-imanes, produciendo otra nueva atraccion, y así sucesivamente,

lo que da orígen á un movimiento giratorio contínuo.

El conmutador encargado de cambiar la direccion de la corriente está colocado en el extremo del eje del aparato, y consiste en una especie de arco metálico, sobre el que se hallan fijas tres piezas de la forma que indica la fig. 158. Dicho eje

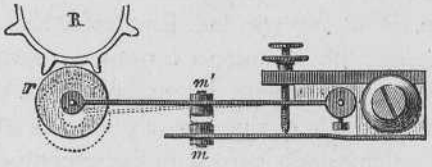

Fig. 158. Distribuidor de Froment.

lleva una rueda *R* provista de ocho dientes, los que, al encontrar en su marcha al rodillo *r*, le obligan á descender, estableciendo el contacto entre las piezas de platino *m m'* fijas en unas láminas flexibles, y en este caso la corriente pasa por el grupo de electro-imanes á que dicha pieza corresponde. Se procura, ademas, por medio de unos tornillos colocados en dichas láminas, que se establezca el contacto de cada una ántes que concluya el de la anterior, y de este modo se evita la chispa de la extra-corriente que tan fácilmente destruye dichos contactos.

Por último, en el otro extremo del eje tiene este electro-motor una polea para trasmitir su movimiento, por el intermedio de una correa sin fin, á un artefacto cualquiera; pero se observa que, si bien puede adquirir esta máquina una velocidad

extraordinaria cuando funciona sola, se detiene en cambio fácilmente oponiéndola una resistencia constante, aunque sea relativamente débil.

Los dos electro-motores que acabamos de describir despertaron en su orígen un gran entusiasmo, pero en la práctica presentan una dificultad insuperable, cual es el precio á que resulta la fuerza desarrollada, por ser hoy poco económica la produccion de la electricidad. En efecto, hasta hace poco tiempo, no se conocia otro medio para obtener corrientes de cierta intensidad que la pila de Bunsen, y en ella el zinc que se *quema* es un combustible demasiado caro para hacer competencia á la hulla; mas desde la invencion de las máquinas dínamo-eléctricas, la cuestion ha variado completamente de aspecto, y se empieza á sospechar si podrá algun dia ser económico valerse de aquellos aparatos para trasmitir la fuerza á distancia.

Se ha observado, ademas, que todas las máquinas electro-dinámicas, capaces de producir con su rotacion una corriente contínua, se convierten en electro-motores, haciendo pasar por ellas una corriente eléctrica en sentido opuesto; y bajo este principio, llamado de *reversion*, las máquinas de Gramme y Siemens son los electro-motores más enérgicos que se conocen; esta última, sin embargo, debe modificarse cuando se destina á dicho objeto, dando una forma helizoidal á los sectores en que termina lateralmente la bobina interior, con objeto de evitar en lo posible la duracion de los puntos muertos. Esta modificacion, ideada por

M. Trouvé, le ha servido de base para construir pequeños electro-motores animados por pilas de Bunsen, los que, con un gasto relativamente pequeño, pueden poner en movimiento una máquina de coser, un torno de poca fuerza, ó cualquier otro aparato de los que se emplean en las pequeñas industrias.

Aplicando las máquinas dínamo-eléctricas de Gramme y Siemens, tanto para electro-motores, como para producir la corriente necesaria, se han hecho ensayos muy notables con objeto de mover diferentes máquinas agrícolas y utilizar la traccion eléctrica, habiendo llegado á arrastrar, en Berlin, una locomotora de este sistema, tres coches con diez y seis personas cada uno.

Estos ensayos prueban que, si bien hasta ahora no hay economía, en la generalidad de los casos, en sustituir al vapor por la electricidad, puede, sin embargo, ser éste el único medio de aprovechar ciertas fuerzas naturales, como los saltos de agua, perdidas hoy por la dificultad de instalar á su lado una industria que las aproveche, las que serian de gran utilidad trasportando su energía, por medio de dichas máquinas unidas con cables á propósito, al interior de las poblaciones. Áun en estas mismas se concibe la conveniencia de instalar grandes centros productores de flúido eléctrico, el que despues sería distribuido, como el gas, á los diferentes talleres, haciendo de este modo accesible su uso á muchas industrias en que de otra manera fuera quimérico pensarlo.

CAPÍTULO VI.

EFECTOS QUÍMICOS DE LAS CORRIENTES.

La electricidad, agente maravilloso con cuyo auxilio nada parece imposible, posee, ademas de las notables propiedades que hemos dado á conocer, la de descomponer á los cuerpos compuestos cuando éstos se hallan en condiciones á propósito.

En efecto, si se sumergen en un vaso con agua los reóforos de una pila de suficiente intensidad, colocándolos á la distancia de ocho á diez milímetros uno de otro, se observará que ambos se cubren inmediatamente de una multitud de burbujas gaseosas, las que, recogidas y analizadas convenientemente, resultan ser los elementos *oxígeno* é *hidrógeno* de que se compone aquel líquido.

Esta descomposicion, verificada en 1800 por Carliste y Nicholson, ha servido despues á Becquerel para fundar una nueva rama de la electricidad, llamada *electro-química*, en la que se han descubierto leyes de gran importancia, por las interesantes aplicaciones á que ha dado orígen. La descomposicion de los cuerpos por la accion de la electricidad ha recibido el nombre de *electrolisis*, y á su vez se llaman cuerpos *electro-positivos* los que en dicha descomposicion se dirigen al polo negativo de la pila, y *electro-negativos* los que se acumulan en el positivo de la misma.

Hoy se verifica fácilmente la descomposicion del

agua por medio del voltámetro (fig. 159), el que consiste en una especie de copa de cristal, cuyo fondo está atravesado por dos láminas de platino de 5 á 6 cents. de largas y en comunicacion respectivamente con los reóforos de una pila. Sobre dichas láminas se introducen invertidas dos cam-

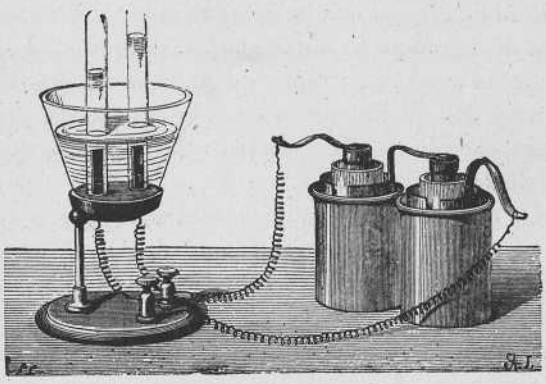

Fig. 159. Voltámetro.

panitas de cristal llenas, así como la copa, de agua acidulada con unas gotas de ácido sulfúrico, notándose, despues de cerrado el circuito, que la superficie de dichas láminas se cubre inmediatamente de una multitud de burbujas gaseosas, las que se van elevando poco á poco y ocupan la parte superior de las campanas; se observa, ademas, que el volúmen del gas recogido en la probeta positiva es mitad exactamente del que se acumula en la negativa, de donde se deduce que el agua se compone de dos elementos gaseosos en la proporcion de 1 á 2

volúmenes. Por otra parte, si se introduce en el gas recogido en la campana positiva una pajita encendida por su extremo, se verá que la llama de dicho cuerpo adquiere un brillo extraordinario, propiedad característica del oxígeno; y si se aproxima una cerilla encendida al gas de la otra probeta, arde dicho flúido con una llama azulada, produciendo á la vez una pequeña explosion, carácter que distingue perfectamente al hidrógeno; por lo tanto, el agua se compone de un volúmen de oxígeno y dos de hidrógeno, siendo ademas el primero electro-negativo respecto del segundo, que es electro-positivo.

La razon de acidular el agua en esta operacion, es con objeto de facilitar el paso de la corriente eléctrica por dicho líquido, pero puede obtenerse el mismo resultado con agua pura, valiéndose de una pila de 8 ó 10 elementos Bunsen, ó bien de una máquina de induccion de suficiente energía.

El anterior aparato ha recibido el nombre de voltámetro, porque con su auxilio pueden compararse las intensidades relativas de dos pilas, para lo cual basta medir los volúmenes de los gases recogidos en él, durante el mismo tiempo, bajo la influencia de dichas corrientes, y en la relacion que se hallen aquéllos, estarán las intensidades de dichas pilas.

Electrolisis de los compuestos binarios —La mayor parte de estos compuestos, sobre todo si son solubles, se descomponen en sus dos elementos por la accion de una corriente de suficiente intensidad,

dirigiéndose el metal al polo negativo de la pila y el otro elemento al positivo; así han logrado Davy y Deville obtener algunos metales, como el *potasio, sódio, aluminio,* etc., que hasta entónces no se habian podido separar de sus compuestos.

Electrolisis de los compuestos ternarios. — Los cuerpos más importantes comprendidos en este grupo son las *oxisales,* y de ellas vamos á ocuparnos exclusivamente.

Tomemos como tipo de las mismas el sulfato de cobre $= CuO,SO^3$. Si se hace pasar la corriente de una pila por una disolucion acuosa de dicho cuerpo, disponiendo el aparato como indica la figura 160, se notará que el alambre unido al polo

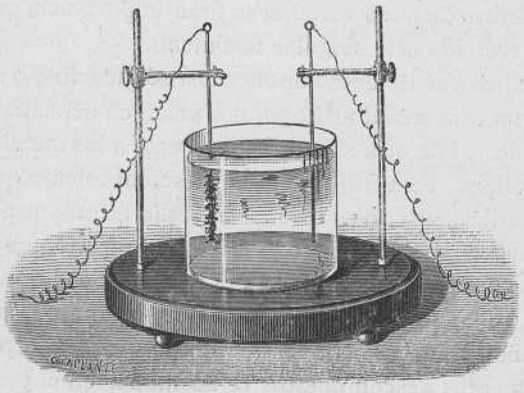

Fig. 160. Electrolisis del sulfato de cobre.

negativo de aquélla se recubre poco á poco de cristales de cobre metálico, miéntras que en el po-

sitivo se acumulan los otros elementos SO^3 y O, que con el cobre formaban dicha sal. Ahora bien, si los alambres introducidos en el líquido son de un metal inoxidable, como el platino, el oxígeno del polo positivo se desprenderá en pequeñas burbujas, miéntras que el ácido sulfúrico se combinará con el agua de la disolucion; mas si aquéllos son de cobre, el reóforo positivo se oxida con dicho oxígeno, y el óxido resultante se une al ácido sulfúrico para regenerar nuevamente el sulfato de cobre descompuesto, y hacer que la disolucion conserve sensiblemente el mismo grado de concentracion. Al electrodo positivo, que pierde precisamente una cantidad de cobre igual á la que se precipita en el negativo, se le llama *electrodo soluble*, y dentro de poco veremos la gran importancia que ha recibido este singular fenómeno.

Si en vez de descomponer una sal de cobre ó de algun otro metal análogo, nos valemos del sulfato de sosa ó de otra sal correspondiente á los metales alcalinos, se verificará igual descomposicion que anteriormente, dirigiéndose el sódio al polo negativo y el ácido sulfúrico y oxígeno al positivo; mas efecto de ser descompuesta el agua por dicho metal, se combina éste con el oxígeno resultante, formando sosa, y queda libre el hidrógeno; los otros elementos descompuestos se acumulan en el polo positivo, y miéntras que el oxígeno se desprende en burbujas, el ácido sulfúrico se combina con el agua.

Esto puede verse fácilmente valiéndose de un

tubo de cristal doblado como indica la fig. 161, en el que se pone una disolucion concentrada de sulfato de sosa, teñida con tintura de violetas. Introduciendo luégo en ambas ramas de dicho tubo dos láminas de platino en comunicacion con los reóforos de una pila, se observa, al cabo de poco tiempo, que el líquido correspondiente al polo positivo se colora de rojo, miéntras que el de la otra rama toma un tinte verde, indicando ambos fenómenos, en conformidad con lo que ántes hemos dicho, la produccion de ácido sulfúrico en el polo positivo y sosa cáustica en el negativo.

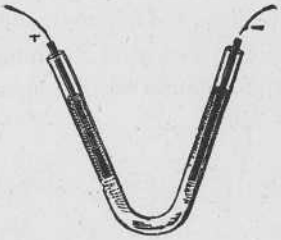

Fig. 161. Descomposicion de una sal alcalina.

Teoría de Grothuss.—Para explicar los efectos que la electricidad produce en los cuerpos, admite Grothuss que, bajo la influencia de dicho flúido, y efecto del carácter electro-positivo ó negativo que predomina en las moléculas de aquéllos, sufren éstas una série de trasportes de cada una á la inmediata para dar por resultado la produccion libre del elemento electro-positivo en el polo negativo de la pila, y del elemento electro-negativo en el positivo de la misma.

Consideremos, para mayor claridad, una fila de moléculas de agua (fig. 162) colocadas entre los reóforos de una pila. La molécula 1, compuesta

segun sabemos de *O* é *H*, se descompone, y su *O*, por ser electro-negativo, se dirige al reóforo inmediato ó positivo, miéntras que el *H* de la misma queda libre y se combina con el *O* de la molécula 2, formando otra nueva molécula 1'; á su vez el

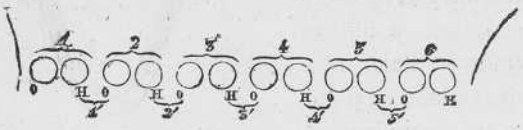

Fig. 162. Teorías de Grothus.

H de la molécula 2 se combina con el *O* de la 3 y da orígen á la 2', y así sucesivamente hasta la última molécula que, no teniendo su *H* con quien combinarse, se dirige al reóforo negativo inmediato á ella. Vemos aquí explicado, de una manera sencilla, porqué sólo tiene lugar en los reóforos de la pila la produccion libre de los elementos desunidos, puesto que en el intervalo que los separa, las descomposiciones van seguidas de una inmediata recomposicion.

Descomposiciones por contacto —En muchos casos no es necesario valerse de una pila eléctrica para lograr la descomposicion de ciertas sales, sino que basta introducir en ellas un metal más oxidable que el que las forma para que aquélla se verifique; así, echando un pedazo de hierro en una disolucion de sulfato de cobre, se precipita este metal sobre aquél, siendo sustituido por completo en dicha sal.

La causa de estas descomposiciones es debida,

en primer lugar, á la mayor afinidad que tiene el hierro para con el oxígeno, efecto de la cual se oxida á expensas del oxígeno del óxido de cobre contenido en dicha sal; pero una vez verificada la precipitacion de alguna partícula de cobre sobre el hierro, se forma, por el contacto de ambos metales, una verdadera pila eléctrica que activa y continúa dicha descomposicion.

El depósito del metal precipitado en estas condiciones suele ser pulverulento y sin coherencia, pero á veces se une fuertemente al metal precipitante, cubriéndole por completo, lo que origina como consecuencia, la terminacion del fenómeno.

Otras veces se presenta aquél en forma de filamentos ó cristales brillantes muy agradables á la vista, dando lugar á los llamados *árboles de Saturno y Diana.*

El **árbol de Saturno** se obtiene echando en un frasco de cristal una disolucion diluida de acetato neutro de plomo, acidulada con un poco de vinagre, en la que se introduce una lámina de zinc, provista de algunos alambres de laton. Efecto del mútuo contacto de ambos metales y de la sal empleada, se forma un par voltáico que da orígen á la precipitacion del plomo en forma de láminas brillantes.

Para obtener el **árbol de Diana**, basta echar un poco de mercurio en un frasco que contenga una disolucion de nitrato de plata, con lo que se precipita este metal y amalgama con el mercurio en forma de copos muy brillantes.

Ley de Faraday.—Estudiando este distinguido físico las anteriores descomposiciones observó, que *los pesos de los metales precipitados por la accion de una misma corriente eran proporcionales á los equivalentes químicos de dichos cuerpos*; de donde se deduce que, para una corriente eléctrica originada por el consumo de 33 gramos de zinc en una pila cualquiera, los pesos del cobre, oro ó plata precipitados serán respectivamente, 32, 98 y 108 gramos, que son los equivalentes de dichos metales.

CAPÍTULO VII.

GALVANOPLASTIA.

Depósitos metálicos en capas gruesas.

Hemos visto que cuando se hace pasar una corriente eléctrica por una sal correspondiente á un metal propiamente dicho, ésta se descompone, precipitándose aquél sobre el electrodo negativo de la pila. Esta precipitacion se efectúa ademas por agregacion sucesiva de moléculas, de donde resulta que el metal precipitado se acomoda *exactamente* á la superficie de la lámina que forma dicho polo, reproduciendo cuantos detalles pudiera tener aquélla; por lo tanto, si esperamos á que adquiera un espesor suficiente la costra metálica que poco á poco se forma, podrá separarse ésta

sin que se rompa, y tendremos reproducida con la mayor fidelidad la superficie de dicha lámina.

Este hecho, descubierto casi á la vez por M. Spencer en Inglaterra, y M. Jacobi en Rusia, es el fundamento de la *galvanoplastia*, ó *arte de precipitar los metales por medio de la electricidad.*

Su importancia es tan grande, que constituye hoy una de las industrias más activas de las naciones civilizadas, y multitud de obreros ganan desahogadamente su sustento con las diferentes aplicaciones á que ha dado orígen.

Vamos, pues, á ocuparnos de los principales detalles de dicho arte.

Pensando un poco en la teoría de estos fenómenos, se comprende fácilmente que para reproducir un objeto por este medio, son necesarios los siguientes elementos.

1.º Una pila de corriente constante.

2.º Un baño capaz de depositar por la accion de aquélla un metal económico sobre el objeto introducido en él.

3.º Un molde dispuesto para recibir el metal y darle la forma que se desea.

Respecto de la pila, sólo diremos, que la de Daniell es preferible para este objeto á todas las demas por su constancia y economía, si bien puede usarse la de Bunsen cuando la operacion haya de durar poco. Creemos inútil añadir que las máquinas dínamo-eléctricas de corrientes contínuas deben figurar en primera línea, si se trata de plantear esta industria en grande escala.

El baño, aunque teóricamente podria obtenerse con cualquier sal metálica soluble, la práctica ha hecho ver que la sal más á propósito es el sulfato de cobre, siendo por esta causa la única que se usa actualmente.

Para obtenerle pueden adoptarse diferentes fórmulas que sólo varían en la proporcion de ácido y sal que en ellas entran; pero la siguiente, aconsejada por **M. Roseleur** en su magnífico **tratado de hidroplastia,** nos ha dado excelentes resultados siempre que nos hemos valido de ella.

Primero se echa en un vaso de porcelana, cristal ó gutta-percha, llamado **cuba,** una cantidad cualquiera de agua, y se añade 8 á 10 por 100 de su volúmen de ac. sulfúrico del comercio, teniendo cuidado de agitar con una varilla de cristal ó madera á la vez que se va vertiendo el ácido, para evitar que se vaya al fondo, efecto de su gran densidad, y dé orígen á la proyeccion del líquido por el mucho calor que se desarrolla en la combinacion de ambos cuerpos. Despues se añade á este líquido todo el sulfato de cobre que pueda disolver (25 por 100), para lo cual se pone dicha sal en un vaso de porcelana ó gutta-percha (fig. 163) lleno de agujeros y colgado interiormente en el borde de la cuba, procurando ademas que el líquido interior sólo llegue á cubrir los cristales del sulfato. Ya dijimos en la pág. 98 porqué se acelera de este modo la disolucion de cualquier cuerpo.

Cuando no se tiene un vaso como el anterior,

se coloca el sulfato en un lienzo poco tupido, con el que se forma una especie de bolsita, colgándola, como ántes, en la superficie del líquido.

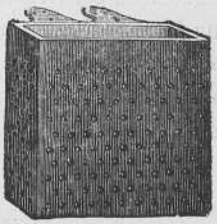

Fig 163.

El sulfato de cobre que se use para la obtencion de este baño, contribuye mucho al buen resultado de la operacion; el mejor es el que está formado por cristales romboédricos azules y trasparentes.

Cuando la cuba ha de servir para la metalizacion de objetos de gran tamaño, se hace de madera revestida interiormente de gutta-percha, pues en este caso las de porcelana ó cristal son caras y pueden romperse con facilidad.

Disposicion de los aparatos.— Antes de ocuparnos de los moldes, veamos la manera de unir entre sí la pila y el baño indicados anteriormente.

Dos clases de aparatos pueden usarse para la reproduccion galvánica de los objetos: el *compuesto* y el *sencillo*.

El **aparato compuesto** consiste (fig. 164) en una cuba de porcelana, cristal ó gutta-percha de un tamaño proporcionado al objeto que se quiere reproducir, en la que se echa el baño indicado anteriormente. En sus paredes descansan dos varillas de laton, en una de las cuales se cuelgan, por medio de alambres de cobre, los moldes de los objetos correspondientes, cuidando que sobre ellos

quede una capa de líquido de 3 á 4 cents. lo ménos. En la otra varilla se fija, por el mismo medio, una lámina de cobre que tenga una superficie, por lo ménos, igual á la suma de las que representan los moldes que se tratan de metalizar. La varilla en que están colgados los objetos se une al *polo*

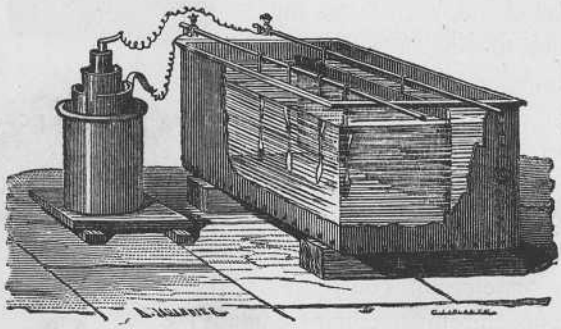

Fig. 164. Aparato compuesto.

negativo de la pila, y la que sostiene á la lámina de cobre, al polo positivo de la misma.

En estas condiciones, la corriente eléctrica pasa desde la lámina de cobre á los moldes, á través del baño, al que descompone en cobre metálico, que se precipita sobre aquéllos, y en ac. sulfúrico y oxígeno, los que se dirigen al polo positivo; éstos se combinan con el cobre de la lámina unida á dicho polo para formar una cantidad igual de sulfato del mismo metal, de donde resulta que á espensas de esta lámina, llamada con mucha propiedad *electrodo-soluble*, se regenera la sal gastada y

el baño permanece siempre en igual grado de concentracion.

Debe ademas cuidarse, á fin de que la precipitacion del metal se verifique en buenas condiciones, colocar los moldes tanto más distantes del electrodo soluble cuanto más intensa sea la corriente eléctrica.

Los **aparatos sencillos** son más fáciles de preparar y dan mejor resultado en la generalidad de los casos. Se pueden disponer de várias maneras, segun el objeto á que se destinen.

Para la reproduccion de medallas ú objetos pequeños, da muy buenos resultados el siguiente. Consiste en un vaso de cristal ó porcelana (figura 165), en el que se echa el baño ántes mencionado, y dentro de él se coloca otro de menor diámetro, cuyo fondo lo forma una lámina de vejiga. En éste se pone agua acidulada con dos ó tres centésimas de ac. sulfúrico y una centésima de *sal de amalgamar* (pág. 108), y dentro se cuelga un cilindro de zinc, unido por medio de un alambre de cobre al objeto que se quiere metalizar, colocado á su vez horizontalmente en el fondo del vaso exterior.

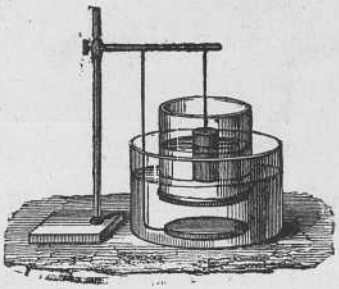

Fig. 165. Aparato sencillo.

Vemos, pues, que este aparato es en realidad

una verdadera pila de Daniell, en el que la membrana orgánica hace veces de vaso poroso; así es que la reaccion es igual que en aquélla, dando orígen á la descomposicion del sulfato cuyo cobre se precipita sobre el molde.

Para evitar que el baño pierda poco á poco su concentracion, debe colgarse en su interior un saquillo de tela con cristales de sulfato de cobre.

Si se trata de reproducir muchos objetos á la vez, es preferible la siguiente disposicion. En una cuba de gutta-percha, de la forma que indica la

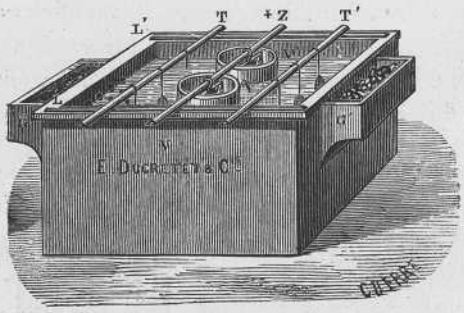

Fig. 166 Gran aparato sencillo.
(Catálogo de Ducretet, París).

figura 166, se echa el baño de sulfato de cobre, y en su centro se colocan una serie de vasos porosos $V\,V'$ con agua acidulada, provistos de unos cilindros de zinc suspendidos, por alambres de cobre, de una varilla de laton Z. A su vez otras dos varillas iguales $T\,T'$ sostienen los moldes que se quieren recubrir, y todas tres descansan por sus extremos en dos láminas de cobre, fijas en los bor-

des de la cuba. De esta manera, la corriente se establece, por el interior del baño, desde los zines á los moldes, y desde éstos á los zines por el exterior, sirviendo de conductor el reborde metálico de la cuba.

Con objeto de que el baño esté constantemente saturado de sulfato de cobre, tiene ademas la cuba dos especies de galerías *G G'* que comunican con el interior, por medio de varios orificios practicados en la pared que mútuamente les separa, en las cuales se ponen cristales de dicha sal para que se disuelvan á medida que sea necesario.

Si el molde debe metalizarse por todas partes,

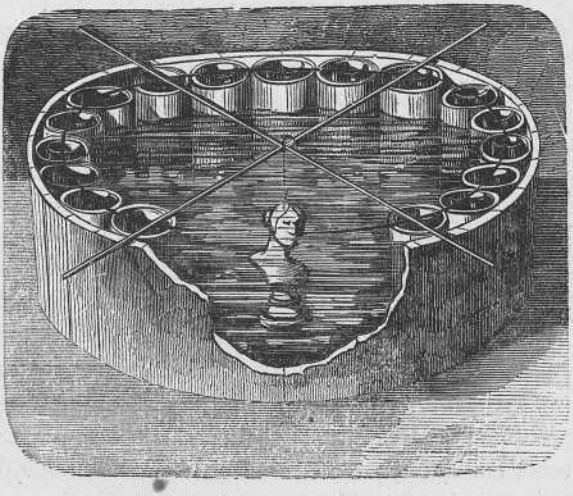

Fig. 167. Aparato sencillo circular.

como sucede en una estátua, se cuelga en el centro de una cuba circular (fig. 167), sostenido por

dos varillas de laton cruzadas, que descansan por sus extremos sobre una lámina de cobre, fija en el borde de la cuba, y los zines, colocados alrededor en sus respectivos vasos porosos, se ponen tambien en comunicacion con dicha lámina. De esta manera, el depósito metálico se verifica con gran rapidez é igualdad sobre los diferentes puntos del molde.

Conviene, sin embargo, en todos los casos, agitar algo el líquido del baño, ó variar de cuando en cuando la posicion de los objetos, para evitar la formacion de unas estrías longitudinales que resultan de las corrientes ascendentes que se establecen en el líquido. Debe cuidarse, ademas, que el nivel del baño de cobre sea próximamente igual al que presenta en los vasos porosos el agua acidulada, y áun es preferible que sea algo superior aquél para evitar el paso del sulfato de zinc, que se forma dentro de los vasos porosos, al líquido del baño, en cuyo caso se impurificaria éste, y se obtendria, sobre los moldes, un cobre de mala clase.

Si la operacion ha de durar más de veinticuatro horas, hay necesidad de añadir todos los dias, en el líquido de los vasos porosos, unas gotas de ácido sulfúrico y de sal de amalgamar; al quinto dia es indispensable variar este líquido renovándole completamente. Respecto del baño de cobre, basta tener cuidado que no falte nunca en los *arneros* ó saquillos de tela, cristales de dicha sal. Puede, sin embargo, volverse con el tiempo demasiado ácido, por el que queda libre en la descomposicion del

sulfato, ó por el que pasa á través del vaso poroso, y entónces el cobre que la corriente precipita es negro y sin coherencia; en este caso se añade un poco de carbonato de cobre, ó solamente óxido del mismo metal, para que se apodere del ácido libre. En los aparatos compuestos no es tan fácil que ésto suceda, por disolverse el electrodo positivo, préviamente oxidado, en dicho exceso de ácido.

Por último, tampoco es indiferente la clase de zinc que se use en estas operaciones, y desde luégo debe darse la preferencia al más puro, y que haya, ademas, sufrido la accion del martillo ó laminador.

Estudiados los diferentes aparatos que se usan para obtener depósitos metálicos, pasemos á ocuparnos de la preparacion de los moldes.

Moldes.—La operacion más importante y difícil en galvanoplastia es proporcionarse un molde en hueco del objeto que se quiere reproducir, en el que aparezcan sus más pequeños detalles.

Para conseguirlo pueden usarse una porcion de sustancias, preferibles unas á otras en casos determinados, pero las tres más generalmente empleados son: la *aleacion fusible*, la *escayola* y la *gutta-percha*. Las dos primeras, efecto de su rigidez, sólo sirven para reproducir objetos de poco realce, y con sus puntos salientes dispuestos de tal modo, que no ofrezca dificultad ninguna la separacion de dicho molde del objeto; la tercera es de una aplicacion más general y superior á las otras bajo

todos conceptos. Veamos la manera de proceder en cada caso.

Moldeado en aleacion fusible. — Entre las várias aleaciones que pueden usarse para este objeto, la siguiente, fusible á ménos de 90 grados, es una de las que mejor resultado producen.

En un cazo de hierro, puesto sobre un buen fuego, se funden cinco partes, en peso, de plomo puro, y cuando esto se ha verificado, se añaden tres partes de estaño y ocho de bismuto, agitando bien la mezcla con una varilla de hierro. Despues se limpia con una tarjeta el óxido formado en la superficie, y se vierte la masa en una canal practicada en una baldosa limpia, á fin de que la aleacion tome la forma de barritas.

Supongamos ahora que se trata de reproducir con ella una medalla.—Para esto se la coloca en el fondo de una cajita de hoja de lata ó laton poco mayor que ella, y se rellena con yeso el espacio que queda á su alrededor, cubriendo tan sólo la mitad de su canto; luégo se echa en pedacitos una cantidad de aleacion suficiente para cubrir la medalla y, por último, se pone sobre un fuego no muy vivo hasta que se funda el metal. Conseguido esto, se retira del fuego y se deja inmóvil en la posicion horizontal hasta que se enfrie; despues se saca todo de la caja y se separa la medalla del molde, tirando de la parte que quedó embutida en el yeso.

Cuando salen bien los moldes obtenidos de esta manera, son los mejores para la reproduccion gal-

vánica de los objetos, pero efecto de la cristalizacion que experimenta el metal al solidificarse, suelen presentar cierto graneado que estropea por completo la belleza del original.—Tanto por esta razon como por no poder exponer muchos objetos á la temperatura que necesita la aleacion para fundirse, hay que recurrir en muchos casos á los dos procedimientos siguientes.

Moldeado en escayola.— Tomemos por ejemplo la reproduccion de un grabado en metal.

Con una lámina de plomo de un ancho proporcional á la superficie del grabado, y de una longitud poco mayor que su perímetro, se rodea y ata con una cuerda al objeto que se quiere reproducir, formando una especie de caja cuyo fondo sea el grabado en cuestion. Si éste no fuese metálico y sí de madera, debe frotarse préviamente su superficie con un cepillo pasado por cera vírgen é impregnado con plombajina bien tamizada, á fin de evitar la adhesion, que sin este cuidado se estableceria entre la escayola y dicho objeto.

Esta especie de caja se coloca horizontalmente sobre un plato con arena fina, para evitar que se derrame el líquido que se ha de echar dentro por alguna abertura que pudiera quedar entre el molde y el aro de plomo. Preparado de esta manera el objeto, se pone en una taza ó vaso á propósito un poco de agua, y se añade, espolvoreando, la cantidad suficiente de escayola tamizada, para que las últimas porciones lleguen al nivel del líquido; así se deja un par de minutos, y luégo se amasa per-

fectamente con una tablita ó con los dedos. De esta lechada, que debe resultar clara, se toma con un pincel una pequeña cantidad y se cubre con ella la superficie del grabado, procurando que no quede parte alguna descubierta y, por último, se vierte el resto de la masa en el interior de dicha caja hasta que tenga una altura proporcional al tamaño del objeto, dejándole inmóvil horizontalmente hasta que se endurezca la escayola.

Cuando esto ha sucedido, se quita la ligadura de la lámina de plomo y se separa ésta con cuidado, raspando con un cuchillo algo romo la escayola que pudiera haberse corrido por las junturas. Despues, con mucho cuidado, se separa el objeto del molde y se deja secar perfectamente. Si la operacion se ha hecho con esmero, aparecerán en él los más pequeños detalles del grabado.

Ahora bien, como la escayola absorbe el agua y se ablanda, no puede introducirse en el baño de cobre sin sufrir ántes una operacion que la haga impermeable á dicho líquido. Para esto se ata el molde con un alambre, haciendo en su canto una ranura, y se dejan los extremos algo largos para poderle manejar (fig. 168). Así las cosas, se funde en una cápsula un poco de estearina, la que se mantiene líquida, pero sin que llegue á hervir, durante la operacion. En este líquido se introduce el molde en cuestion, agitándole constantemente hasta que cese casi por completo el desprendimiento de burbujas, debidas al vapor de agua y aire que la escayola tiene entre sus poros; en se-

guida se saca y espolvorea con plombajina hasta cubrirle completamente y, por último, se coloca horizontalmente, dejándolo enfriar en esta posicion.

A pesar de estas precauciones, suelen reblande-

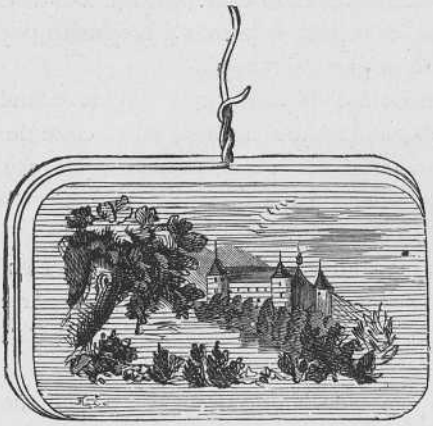

Fig. 168. Molde en escayola.

cerse en el baño de cobre los moldes obtenidos con escayola, inconveniente que, unido á no poderse moldear con ella las superficies de mucho realce, limita bastante su uso en galvanoplastia.

Moldeado en gutta-percha.—Esta sustancia, llamada tambien *cuero vegetal*, se extrae por medio de incisiones hechas en un árbol llamado *Isonandra Gutta*, y tiene la propiedad de ablandarse extraordinariamente por el calor, adquiriendo gran resistencia despues de fria; en este estado conserva, sin embargo, cierta elasticidad que permite separar fácilmente los moldes obtenidos con ella,

aunque los objetos tengan alguna parte entrante. Es completamente insoluble en el agua, soluble en el sulfuro de carbono y no la alteran los ácidos ni las bases; tanto por estas circunstancias, como por acomodarse, cuando está pastosa, á toda clase de formas, es la sustancia más á propósito para obtener moldes en galvanoplastia.

Con objeto de darla más fluidez cuando está fundida, se la suele mezclar con aceite de linaza, cera amarilla, sebo, etc., pero sin que pase nunca de una tercera parte de su peso la cantidad añadida.

Veamos ahora la manera de obtener un molde con tan preciosa materia, y tomemos por ejemplo la reproduccion de un bajo relieve metálico (figura 169).

En una cacerola de hierro de un tamaño á propósito, se funden cinco onzas de sebo, procurando que no llegue á hervir dicha sustancia; luégo se añade poco á poco una libra de guttapercha en pedacitos, agitando constantemente la masa para facilitar su mezcla, y cuando todo está bien fundido se echa en un lebrillo lleno

Fig. 169.

de agua fria; inmediatamente y dentro de dicho líquido se la amasa bien, estirándola en todos sentidos, y ántes de que se enfrie del todo se hacen con ella bolas ó láminas que se guardan hasta que sea necesaria.

Para obtener luégo un molde con esta sustancia, se empieza por frotar bien el objeto que se quiere reproducir con un cepillo impregnado en plombajina, pasándole de vez en cuando por un pedazo de cera vírgen, para facilitar su adhesion. Despues se rodea aquél con una lámina de plomo, como ántes hemos indicado, y se tapan con yeso los intersticios que pudieran haber quedado. Hecho ésto, y despues de seco el yeso, se funde en un cazo de hierro la cantidad necesaria de gutta-percha, cuidando de no elevar mucho la temperatura para que no se carbonice, y se echa lentamente sobre el objeto. Pasados unos minutos, pero ántes que se endurezca la gutta-percha, se oprime en todos sentidos con el dedo pulgar, á fin de que se introduzca bien en todos los huecos, continuando de esta manera hasta que se enfrie completamente. Si en esta operacion se adhiere la gutta-percha al dedo, puede evitarse mojándole un poco en aceite.

Ultimamente, se quita el aro de plomo, y con un cuchillo se cortan los rebordes que se hayan formado, separando despues con cuidado el molde del objeto. Si este tuviera algunas partes entrantes, no debe aguardarse á que se enfrie completamente la gutta-percha, sino que, por el contrario,

cuando aún está algo caliente, se levanta poco á poco, eligiendo para ello el sitio más conveniente, atendida la forma de aquél.

Operando de esta manera, y sin descuidar ninguno de los anteriores detalles, se obtienen moldes de una fidelidad admirable; sin embargo, si se trata de objetos de gran tamaño, hay que recurrir á una prensa para que se ajuste bien la gutapecha.

Metalizacion de los moldes. — Las dos últimas sustancias, de cuyo moldeado acabamos de ocuparnos, tienen el gravísimo inconveniente, para este objeto, de no ser conductoras del flúido eléctrico, y por lo tanto es indispensable hacer que su superficie al ménos lo sea, para que pueda fijarse en ellas el cobre precipitado.

Entre las várias sustancias empleadas para ello, figura en primera línea la *plombajina* ó *grafito* del comercio. Esta materia, sin embargo, contiene algunas impurezas que son perjudiciales al resultado de la operacion, y á fin de privarla de ellas, se pulveriza perfectamente y se amasa con un poco de agua, dejándola despues veinticuatro horas con un peso de ácido clorhídrico igual al suyo; despues se añade una gran cantidad de agua clara, y se filtra todo por papel, lavándola repetidas veces. Ultimamente, se seca al sol ó en estufa, y se vuelve á tamizar.

Posteriormente se han empezado á usar, con gran resultado, plombajinas *doradas* y *plateadas* que, aunque costosas, son preferibles al grafi-

to comun. Para preparar la plateada, que es naturalmente la más económica, se disuelven en un cuartillo de agua de lluvia, ó destilada, veinticinco gramos de nitrato de plata cristalizado, y se añade al líquido media libra de buena plombajina, amasándolo todo con una cuchara de plata para que se verifique bien la mezcla; despues se deseca á fuego lento en una cápsula de porcelana, y se coloca el resíduo en un crisol bien tapado, calentándole hasta el rojo. Ultimamente, despues de fria la masa, se pulveriza y pasa por un tamiz muy fino. Esta plombajina, aunque algo enojosa de preparar, tiene la ventaja, sobre la comun, de conducir el flúido eléctrico casi como los metales.

Para metalizar con una ú otra sustancia un molde de yeso ó gutta-percha, se toma un cepillo de los que usan los relojeros, y despues de pasarle várias veces por cera vírgen, se coge con él un poco de plombajina, y se frota fuertemente el molde, echándole el aliento de cuando en cuando; así se continúa hasta que todo él presente un aspecto gris uniforme y brillante, teniendo en cuenta que el resultado final depende del esmero que se haya puesto en esta operacion.

Cuando el objeto presenta poco relieve y es casi plano, este método da buen resultado, pero si tiene gran realce, ó por su naturaleza especial no puede frotarse, hay que acudir á otro método completamente distinto, llamado por *vía húmeda*. Para esto se procede del siguiente modo: Se disuelven cinco gramos de nitrato de plata en ciento

de agua destilada, y mojando en este líquido un pincel, se baña todo el objeto; cuando se ha secado esta capa, se vuelve á dar otra, y así sucesivamente, hasta tres.

Si el objeto que se quiere metalizar es grasiento y no se deja mojar por el agua, se sustituye dicho líquido por el *amoniaco*, que disuelve perfectamente las sales de plata.

Los objetos que por su forma no puedan bañarse con un pincel, se fijan en un alambre de plata, y se introducen completamente en dicha disolucion.

Preparado el objeto como hemos indicado, hay que reducir la plata al estado metálico, para lo cual basta colocarle á los rayos del sol, hasta que quede negro y brillante. Este método es sencillo y económico, pero es mucho más rápido y seguro exponer los objetos, cubiertos préviamente con el baño de plata, á los vapores del *fósforo*. Para esto se echa en un frasco de cristal, con tapon esmerilado, una mitad de su capacidad de *sulfuro de carbono*, y se van añadiendo poco á poco pedacitos de fósforo seco, agitando el líquido hasta que no disuelva más.

Una vez obtenida la disolucion del fósforo, se echa un poco en una capsulita y se introduce en una caja de madera, cuya tapa ajuste bien. En ésta se fijan los objetos que se quieren metalizar impregnados del baño de plata, y se cierra aquélla, dejándolos así dos ó tres horas. Al cabo de este tiempo se abre la caja al aire libre, procuran-

do no respirar los vapores que de ella salen, y se examina si los objetos están bien brillantes y negros, en cuyo caso la metalizacion está terminada. Si así no fuera, se repite la operacion echando una nueva cantidad del líquido fosforado, pero en general no será necesario.

Este método es tan excelente que puede platearse por él un capullo de seda, y el hilo que le forma, despues de deshecho, conduce la electricidad como si fuera metálico.

La anterior composicion de fósforo es, sin embargo, muy expuesta de manejar por inflamarse con gran facilidad, tanto, que un papel que se impregne en ella y se deje al aire libre, empieza á arder expontáneamente en el momento que se evapora el sulfuro de carbono. Como, ademas, el fósforo es un cuerpo muy venenoso, aconsejamos á los que no tengan alguna práctica de manipulaciones químicas, se abstengan de seguir este método, por más que sea el mejor, y sólo usen el de la luz solar.

Disposicion de los moldes en el baño. — Obtenida la metalizacion de los moldes, se sujetan éstos con un alambre de cobre, y á un centímetro próximamente de su borde superior, se atan al primero otros tres ó cuatro alambres del mismo metal, doblándolos en arco, como indica la fig. 170, para que sus extremos queden en contacto con diferentes puntos de la superficie del molde; deben cubrirse, ademas, dichos alambres, con cera ó cualquier otro barniz aislador, para que el cobre del baño no

se precipite sobre ellos, ocasionando un consumo inútil de sulfato. De esta manera empieza á formarse la costra metálica por varios puntos á la vez, adquiriendo en poco tiempo la uniformidad y espesor debidos.

Fig. 170. Molde dispuesto para recibir el depósito.

Cuando el molde está hecho con aleacion fusible, basta fijarle por un sólo punto á un alambre de cobre, cubriendo con cera fundida la parte donde no deba precipitarse el cobre.

Preparado el molde de esta manera, ya dijimos que se cuelga de la varilla de laton que comunica con el polo negativo de la pila, procurando que quede cubierto por una capa de líquido de 3 á 4 centímetros. Si la operacion es larga, debe ademas mudarse de cuando en cuando la posicion del objeto dentro del baño, pues de lo contrario resultan estrías longitudinales, debidas al movimiento de las capas líquidas de diferente densidad.

El tiempo necesario para que la costra metálica precipitada adquiera un espesor determinado, no

puede fijarse exactamente, pues depende de la intensidad de la corriente, de la naturaleza del molde y áun de su forma y tamaño.

Cuando aquélla ha adquirido medio milímetro próximamente, se saca el molde del baño y se lava en agua abundante, separando con una lima ó cuchillo las rebabas que se hayan formado, pues de otra manera podria haber dificultad en separar el molde del metal precipitado. Esta operacion se consigue fácilmente introduciendo entre ambos una tarjeta ó cuña aguda de madera, aprovechando el sitio más á propósito para verificarlo, si aquél tiene mucho relieve.

Si el molde es de escayola, suele deteriorarse en esta operacion; pero si es de gutta-percha ó metálico, puede servir para várias reproducciones.

Una vez separados los objetos de sus moldes, hay que quitar la plombajina, yeso ó gutta-percha que pudiera haberse introducido en sus hendiduras. — Para esto se frota su superficie con un cepillo duro impregnado, primero en *benzina*, que disuelve las materias grasas, y luégo en *blanco de España* y agua. Para quitar despues el blanco que haya quedado, se introduce la pieza en un baño con una décima parte de ac. clorhídrico, en el que se disuelve fácilmente dicha sustancia sin ser atacado el cobre.

Si las piezas salen con el cobre ágrio y quebradizo, se pueden, en general, modificar recociéndolas al calor de un fuego de carbon vegetal, y despues se quita la costra rojiza que se forma por

medio de un baño de agua y un décimo de ac. sulfúrico. No obstante, si aquéllas son muy delicadas, no puede emplearse este método por temor de estropear sus detalles, y entónces es necesario cocerlas en aceite de linaza, cuyo líquido disuelve á la vez la gutta-percha que pudieran tener.

Como la lámina de cobre que resulta en la precipitacion galvánica es en general muy delgada, conviene, á fin de darla mayor consistencia, rellenarla por su reverso con lacre fundido ó, aún mejor, con soldadura de estaño. Para verificarlo con el lacre, basta cogerla con unas tenacillas y colocarla horizontalmente sobre una lamparilla de espíritu de vino, frotándola á la vez con una barra de lacre, hasta que, fundido éste, adquiera el espesor necesario.

Para rellenarla con *soldadura de estaño* (1) se frota primero su reverso con un pincel ó pluma impregnado en *cloruro de zinc líquido* (2), y luégo se coloca, como ántes hemos dicho, sobre una lamparilla de alcohol, echando encima pedacitos de dicha soldadura, hasta que se fundan y acomoden á su superficie, dándola la resistencia necesaria.—

---

(1) La soldadura de estaño se obtiene fundiendo en un cazo de hierro dos partes de dicho metal con una de plomo. Se remueve bien la masa con una varilla de hierro, y se echa en una ranura practicada en una baldosa.

(2) Este líquido se obtiene echando en un vasito de cristal ácido clorhídrico del comercio, y pedacitos de zinc hasta que no se produzca efervescencia.

Los *clichés* tipográficos, tan usados hoy en toda clase de obras, se refuerzan precisamente por este medio; pero á fin de hacerlos más económicos, se rellenan de plomo despues de estañar su superficie.

Por los procedimientos que acabamos de indicar, es evidente que no se pueden obtener de una vez las dos caras de una medalla, pero una vez reproducidas éstas separadamente, se pueden unir por medio de la soldadura de estaño, cobreando luégo su union, como más adelante indicaremos, para que parezcan de una sola pieza. En esta operacion debe cubrirse con un barniz, compuesto de resina copal disuelta en aguarrás y un poco de minio, las dos caras de la medalla, á fin de que el cobre se deposite solamente sobre la soldadura.

Reproduccion de los objetos de bulto.—Por el método anterior pueden obtenerse tambien estátuas completas ó grupos de talla de una forma cualquiera, pero es preciso sacar moldes parciales de sus diferentes partes, y unir despues con soldadura las láminas reproducidas con su auxilio. Mas se comprende desde luégo la dificultad de colocar estas piezas, sobre todo si son muchas, guardando la misma posicion que tenian en el original, lo que puede dar motivo á una alteracion profunda en la belleza del modelo; ademas, la reunion de estas piezas y las operaciones que despues hay que practicar para la ocultacion de las soldaduras, ocasiona cuantiosos gastos, que elevan excesivamente el precio del producto. Por estas razones se

ha intentado, desde hace tiempo, reproducir de una sola vez, y por procedimientos puramente galvánicos, los objetos de bulto.

Dos métodos pueden seguirse para conseguirlo.— Supongamos, desde luégo, que se trata de un objeto que no haya inconveniente en destruirle, una vez reproducido, como sería, por ejemplo, una cabeza de yeso. En este caso se procede del modo siguiente:

Primero se cubre dicha cabeza, por el método ordinario, con una capa de cobre de medio milímetro de espesor, y dándola un corte por un punto poco importante, como el cuello, se saca á pedacitos el yeso aprisionado en la costra metálica; así tendremos un molde completo en hueco del objeto en cuestion.

Despues de limpiar cuidadosamente el yeso del interior y engrasarle un poco, se llena esta especie de vaso (fig. 171) con el baño de cobre usado en el método general, y en su interior se coloca un vaso poroso, provisto de su correspondiente zinc y agua acidulada, poniendo, ademas, un saquillo de tela con cristales de sulfato para mantener saturada la disolucion; uniendo despues con un alambre el zinc de esta pila especial, al cobre de la cabeza, se irá recubriendo ésta interiormente de una costra metálica que podrá adquirir el espesor que se desee. Cuando esto haya sucedido, se desmonta el aparato y se separa con cuidado la lámina exterior, rasgándola en pequeñas tiras, en cuyo caso aparecerá la cabeza interior idéntica en un todo al original.

Si el objeto no puede destruirse, ó por su forma no permite operar como hemos dicho, se acude al siguiente procedimiento, debido á *M. Lenoir*.

Fig. 171. Reproduccion de una cabeza

Supongamos que se trata de reproducir un vaso de la forma que indica la fig. 172.—Primeramente se saca un molde completo, en hueco, de dicho objeto, para lo cual será necesario hacerlo en dos ó más partes, y unirlas luégo entre sí, por medio de alfileres de madera, despues de haberlas plombajinado interiormente. En el interior de dicho molde se coloca una armazon de alambre de platino que afecte una figura análoga al vaso que se quiere reproducir, y por un orificio practicado en su parte superior, se saca el extremo de dicho alambre, haciéndole comunicar con el polo positivo de la pila. Todo el conjunto se introduce en el baño de cobre y la superficie interior del molde, que ya hemos dicho debe hacerse préviamente conductora frotándola con plombajina, se pone en comunicacion con el polo negativo de la pila.

En este caso, y teniendo cuidado de hacer algunos orificios en la parte interior de dicho molde

para facilitar la entrada del líquido, se irá precipitando el cobre sobre sus paredes interiores, afectando exactamente la figura del original.

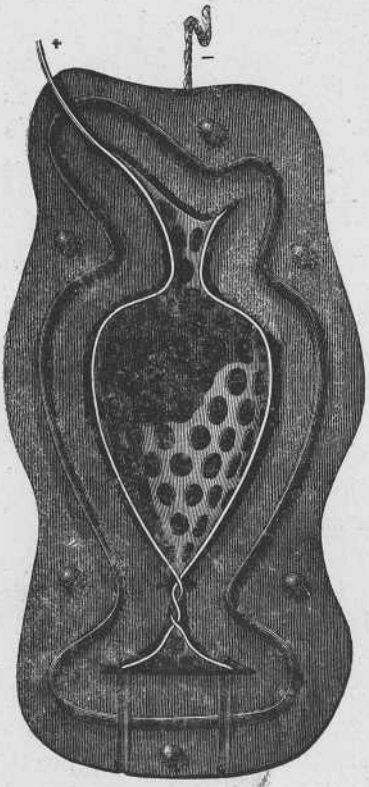

Fig. 172. Procedimiento Lenoir.

Cuando la costra metálica tenga el espesor necesario, se desmonta todo el aparato y se saca el alambre interior de platino tirando de su extremo.

Este procedimiento no está exento, sin embargo, de serios inconvenientes, y uno de los que se repiten con más frecuencia, es la comunicacion directa que se establece entre el alambre de platino y el interior del molde, en cuyo caso la electricidad sigue este camino, como más breve y fácil, y el baño no se descompone en manera alguna.

A fin de evitar que esto suceda, Lenoir ideó proteger dicho alambre por medio de un cordon de gutta-percha arrollado en hélice sobre aquél, dejando entre cada dos espiras un espacio mayor que el grueso del cordon, y de esta manera, á la vez que se dificulta dicho contacto, no se priva al alambre de platino de su conductibilidad. Mas á pesar de esta ingeniosa idea, puede, sin embargo, llegar á establecerse dicha comunicacion cuando la costra metálica que se va formando adquiera un espesor igual al diámetro del cordon de gutta-percha, en cuyo caso cesa de repente toda precipitacion.

Para salvar esta segunda dificultad, aconseja el autor de este método interponer entre el polo negativo de la pila y el interior del molde un alambre muy delgado de hierro, el que, fundiéndose en el momento que se establezca el contacto directo, por aumentar de un modo notable la tension de la corriente, da á conocer la existencia de dicho contacto y evita á la vez un gasto inútil de flúido eléctrico.

Bronceado.— Los objetos obtenidos por la reproduccion galvánica del cobre, presentan en los primeros momentos un hermoso color rojo que, si fuera permanente, nada dejaria que desear, pero muy pronto se alteran por la accion oxidante del aire, cubriéndose de una capa agrisada de un aspecto desagradable.

Para evitar que esto suceda, deben broncearse todos los objetos, cuando salen del baño de cobre,

por uno de los procedimientos siguientes, advirtiendo que, con esta operacion, no sólo ganan en hermosura, sino que están ménos expuestos á la accion destructora de los agentes atmosféricos.

Bronce medalla.— Para broncear un objeto por este medio, se aplica sobre su superficie, bien limpia, una pasta clara hecha con agua y partes iguales de *sanguina* y *plombajina*; despues se expone la pieza á un calor algo fuerte de carbon vegetal, y cuando se haya enfriado completamente, se la frota largo tiempo con un cepillo, no muy duro, pasado de vez en cuando por un pedazo de cera amarilla y por la mezcla de plombajina y sanguina. Así se obtiene un bronce rojizo brillante, de muy buen efecto y bastante duracion.

En la casa de la Moneda de París, se broncean las medallas haciéndolas hervir durante un cuarto de hora en la siguiente composicion:

Verdete gris, en polvo.....	500 gramos.
Sal amoniaco, id.....	475 —
Vinagre fuerte.....	160 —
Agua.....	2 litros.

La operacion se ejecuta en una cacerola de cobre, y cuando las medallas han tomado el tono necesario, se sacan con una cuchara de madera.

Bronce ahumado. — Despues de bien limpio el objeto que se quiere broncear, se introduce en una cápsula de porcelana donde haya una disolucion de una parte de *sulfhidrato de amoniaco* y diez de agua, y se calienta moderadamente con una lam-

parilla de alcohol, observando cuándo toma aquél un color casi negro; una vez que le haya adquirido, se saca de la cápsula, y despues de seco se bruñe su superficie, procurando no quitar el polvillo negro que la cubre, ó bien se frota, como ántes, con un cepillo impregnado en plombajina, sanguina y cera. En el primer caso resultará un bronce muy brillante casi negro, y en el segundo el bronce ahumado.

Bronce acerado – Este se obtiene introduciendo el objeto de cobre, bien limpio, en una disolucion caliente de *manteca de antimonio*, disuelta en ac. clorhídrico. El tono que resulta varía entre el violado y el negro, segun la concentracion de dicho baño, ó el tiempo que se tenga el objeto introducido en él.

Ademas de estos bronces, que pudieran llamarse químicos, hay otros medios mecánicos de cubrir la superficie de los cuerpos por medio de las llamadas *purpurinas*; pero presentan estos polvos, que se aplican sobre una capa reciente de barniz, el grave defecto de ocultar la finura de los detalles del modelo, que es precisamente una de las mejores condiciones de la precipitacion galvánica; por cuya razon sólo deben usarse para cubrir objetos toscos.

APLICACIONES DE LA GALVANOPLASTIA.

La facilidad con que hemos visto se precipita el cobre por los medios galvánicos, reproduciendo los menores detalles del molde, ha hecho que se aplique este arte con gran éxito en várias circunstancias, de las cuales vamos á mencionar las más importantes.

Electrotipia.— Sabido es que ántes de ser conocida la galvanoplastia, se obtenian por medio de grabados, hechos en madera, las diferentes figuras y viñetas usadas en los libros; estos grabados, sin embargo, despues de un cierto número de pruebas, iban perdiendo sus detalles hasta el punto de ser necesario volverlos á reproducir, gastando en ello un tiempo precioso y ocasionando nuevamente el mismo trabajo y gasto que al principio. Hoy, gracias á esta feliz aplicacion de la electricidad, se reproduce en cobre, como ántes hemos indicado, el grabado original, y sobre aquél se tiran en la imprenta las pruebas tipográficas, quedando siempre el grabado de madera en disposicion de reproducir otros nuevos *clichés* idénticos al primero; ademas, si la corriente eléctrica no es muy intensa, resulta el cobre precipitado tan duro que pueden obtenerse con toda claridad hasta 80.000 ejemplares con el mismo cliché. Sólo así se comprende el precio, relativamente insignificante, á que pueden venderse ciertas publicaciones llenas de preciosos grabados.

Por otra parte, en ciertas ocasiones, como sucede en la estampacion de los billetes de Banco y sellos de correos, es indispensable que todos los ejemplares sean idénticos unos á otros, y de no tirarlos uno á uno, valiéndose del grabado original, no era fácil reproducir exactamente el mismo dibujo cierto número de veces. Por medio de la galvanoplastia se consigue esto con la mayor facilidad. Para ello se graba primeramente en acero el dibujo que se adopte, y con él se sacan moldes en plomo por medio de la presion; con estos moldes se reproduce galvánicamente el original el número de veces que sea necesario y, soldadas todas estas reproducciones sobre una plancha metálica, se tiran en la imprenta pliegos enteros con el número de ejemplares que ésta tenga, idénticos todos al grabado original.

Grabado galvánico. — La idea de este ingenioso método de grabar es debida á **M. Smeé**, y está fundada en la propiedad que hemos visto tiene el electrodo positivo de disolverse en el baño de cobre por la accion de la corriente eléctrica. Supongamos una plancha de cobre cubierta en toda su superficie con un barniz aislador, y que en ella se halla dibujado, por medio de un punzon, una figura cualquiera, dejando el cobre al descubierto. Si se coloca dicha lámina haciendo veces de electrodo soluble en un aparato compuesto (pág. 362), el metal descubierto en los diferentes trazos del dibujo se irá disolviendo en el baño de cobre, siguiendo los contornos de aquél, y despues de qui-

tar el barniz aislador, tendremos un grabado en *talla dulce* análogo á los que se obtienen por el *agua fuerte*, pero con más finura en sus detalles.

La manera práctica de operar, siguiendo las indicaciones de **M. E. Berthoud**, es la siguiente. Se toma una placa de cobre, laton, zinc ó hierro y se iguala bien su superficie frotándola con pómez y aceite; despues de bien limpia, se calienta por igual sobre un fuego de brasas y, poniéndola horizontalmente, se frota con una barra de barniz sólido, compuesto de resina, cera y trementina, de manera que quede toda ella cubierta por una capa delgada y uniforme de dicho cuerpo. Si la pieza que se quiere grabar no es plana, se limpia perfectamente como ántes hemos dicho, y luégo se extiende con una brocha un barniz que no sea atacado por el baño. Despues de fria la lámina anterior, ó seco el barniz de este segundo caso, se señala con un punzon el dibujo que se quiera grabar, teniendo cuidado de que quede bien descubierto el metal en todas las líneas. Luégo se une esta lámina al polo positivo de una pila de dos elementos Daniell, y se introduce en una cuba á propósito con un baño compuesto de agua y ac. nítrico, que sólo marque 3 grados del areómetro Beaumé; el polo negativo de dicha pila se hace comunicar con un alambre de cobre ó laton de medio milímetro de diámetro, el cual se introduce á su vez en dicho baño 2 ó 3 centímetros solamente, teniendo cuidado de colocarle enfrente de la lámina que se va á grabar, por el lado que se marcó el dibujo.

Una vez hecho esto, se verán desprenderse de dicho alambre una porcion de burbujas de gas hidrógeno, lo que es una prueba de la buena marcha de la operacion.

Generalmente se necesitan una ó dos horas para terminar bien un grabado; pero si es necesario que algunos trazos salgan muy profundos, una vez obtenidas las líneas delicadas, se cubren con un barniz aislador y se vuelve otra vez la placa al baño el tiempo necesario.

Cuando la lámina ó cuerpo sobre que se quiere grabar es de hierro ó acero, conviene sustituir el alambre negativo de que ántes hemos hecho mencion, por otro de igual diámetro de hierro dulce.

El grabado galvánico, cuyos principales detalles acabamos de apuntar, puede hacerse tambien en sentido contrario, formando el dibujo sobre el objeto con un lápiz craso, en cuyo caso quedará preservada la lámina de la accion corrosiva del baño en los sitios cubiertos por aquél; de este modo se obtendrá un grabado en *relieve*.

Otras várias aplicaciones de la galvanoplastia, á cual más interesantes, podríamos citar, pero á parte de que á cada uno se le pueden ocurrir casos especiales en que aplicar los principios generales de dicho arte, el enumerar todas las conocidas nos llevaria fuera del plan que nos hemos propuesto.

DEPÓSITOS METÁLICOS EN CAPAS DELGADAS.

Ademas del interesante objeto de que nos hemos ocupado hasta ahora, pueden aplicarse las propiedades electro-químicas de las corrientes á recubrir con un metal inoxidable y de mejor aspecto la superficie de otro que no reuna en tanto grado estas condiciones; segun sea el *oro*, la *plata*, el *níquel*, etc., el metal con que esto se verifique recibe la operacion en nombre de *dorado, plateado* ó *niquelado galvánicos*.

Dos métodos distintos pueden seguirse, en general, para conseguir esto: Algunas veces basta introducir el cuerpo que se desea recubrir en un líquido que, por su accion química, deposite sobre su superficie el metal deseado, y otras, que es lo más frecuente, se hace uso de la electricidad como medio de precipitar dicho metal. El primer método, llamado por *inmersion*, produce una película sumamente ténue y, en general, con poca adherencia, por cuya razon sólo en casos excepcionales debe seguirse; por el contrario, siguiendo el segundo, llamado *galvánico*, se consigue recubrir el cuerpo con una costra metálica tan gruesa como se necesite, y tan adherente que, si se opera en buenas condiciones, puede decirse forma parte integrante del cuerpo sobre que se aplica.

Vamos, pues, á ocuparnos del modo de conseguir este resultado.

Para precipitar un metal por este procedimiento

se usan aparatos *sencillos* y *compuestos*, idénticos á los descritos anteriormente; pero así como allí digimos que era necesario valerse de pilas muy constantes, por el mucho tiempo que suele durar la operacion, aquí pueden usarse con ventaja las de Bunsen, que en muy poco tiempo precipitan el metal deseado. Tambien son de un uso muy cómodo las de Leclanché, por no desprender vapores de ningun género y estar dispuestas para funcionar varios meses en el momento que sea necesario. Por último, en los grandes talleres de esta industria son preferibles las máquinas de induccion movidas al vapor, pues presentan sobre las pilas la ventaja de ser más económicas y de efectos más regulares.

Las *cubas* usadas generalmente son de guttapercha ó de madera forrada de dicha sustancia, y en algunas ocasiones, en que el baño debe usarse en caliente, se emplean cacerolas de hierro esmaltado.

Los objetos, despues de bien limpios por los procedimientos que ahora diremos, se colocan dentro del baño, suspendidos por alambres de cobre en comunicacion con el *polo negativo* de la pila, poniendo enfrente de ellos una lámina del metal que se va á precipitar, unida al otro polo de la misma. Esta lámina debe tener una superficie próximamente igual á la de los objetos que se quieren recubrir, y ya digimos que se llama *electrodo soluble*, porque, en efecto, se disuelve á medida que pasa la corriente; su grueso es indiferen-

te y debe quedar completamente sumergida en el baño, para lo cual se la suspende por medio de alambres de platino, pues de otra manera se disuelve más rápidamente en la superficie de aquél, concluyendo por cortarse. A veces se usa una lámina ó alambre de platino como electrodo positivo, lo que tiene la ventaja de poder moderar la intensidad de la corriente, introduciéndole más ó ménos en el baño; pero en este caso hay que añadir de cuando en cuando un poco de sal de la que esté aquél formado, para evitar su empobrecimiento.

Respecto á la cantidad de flúido eléctrico necesaria para obtener una buena precipitacion, sólo diremos que debe ser tal que no se note desprendimiento de hidrógeno en el polo negativo y, sin embargo, esté muy próxima á verificarse su produccion.

Hechas estas advertencias generales, pasemos á ocuparnos de la limpieza de los objetos, operacion tal vez la más difícil de ejecutar, y de la cual depende, casi exclusivamente, el resultado.

Preparacion de los objetos - Antes de precipitar un metal cualquiera sobre otro, es de absoluta necesidad que la superficie de éste se encuentre completamente limpia; una pequeña parte que esté cubierta de grasa ó contenga algun cuerpo estraño, da orígen á un depósito sin adherencia, y ocasiona, por tanto, la pérdida de la operacion.

La limpieza de los objetos puede conseguirse, bien por procedimientos químicos, ó por medios puramente mecánicos. La primera es más perfec-

ta y rápida que la segunda, pero no siempre se puede practicar.

Para efectuar la **limpieza química** de los metales comunes, se usan unas vasijas de loza, de forma cónica (fig. 173), con un pico en su borde para poder verter con comodidad el líquido interior; si éste es volátil deben estar aquéllas provistas de una tapa de cristal (fig. 174), á fin de evitar su evaporacion. El baño que interiormente tapiza dichas vasijas debe ser blanco, como el que tienen los platos de mesa, pues el de color oscuro que se usa en las vasijas ordinarias tiene plomo y se altéra en contacto de los ácidos.

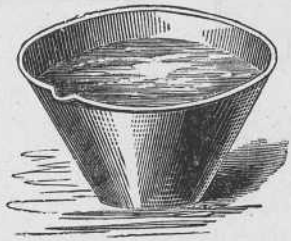

Fig. 173. Baño de ácidos fijos.

Fig. 174. Baño de ácidos volátiles.

Si el líquido en que han de introducirse los objetos sometidos á la experiencia tuviera que estar hirviendo, es necesario valerse de vasijas de hierro esmaltadas, que no se alteran por el calor ni por la accion de los ácidos.

Para introducir los objetos en estos líquidos se usan unos ganchos de alambre grueso de cobre (figura 175), provistos de su correspondiente man-

Fig. 175. Gancho para la limpieza química.

go de madera, ó bien si son aquéllos muchos y pequeños, se cuelgan de un arco (fig. 176) hecho tambien con alambre del mismo metal. Para este mismo objeto pueden usarse con ventaja unas vasijas de gutta-percha ó porcelana (fig. 177) llenas de agujeros, en las que se colocan los objetos sometidos á la limpieza.

Fig. 176.

Fig. 177.

Aparatos para limpiar químicamente los objetos.

Supongamos, pues, que se trata de limpiar químicamente un objeto de cobre ó de alguna de sus

aleaciones (laton, bronce, metal blanco, similor, etc). Primeramente se calcina aquél en un buen fuego de brasas, á fin de destruir las materias orgánicas que pudiera tener su superficie, y despues de frio se introduce, hasta que desaparezca la costra negruzca que se habrá formado, en un baño compuesto de

Acido sulfúrico concentrado. . .	10 gramos.	(1)
Agua comun	100 —	

Si se trata de un objeto que no pueda soportar sin alterarse el calor necesario para la primera operacion, se hierve en una lejía de potasa, y despues de bien lavado, se somete á la accion del baño (1).

Terminada esta primera parte de la limpieza, presentan los objetos un color rojizo que se hace desaparecer sumergiéndolos durante el tiempo necesario en ácido nítrico usado ya para otras operaciones, ó debilitado con agua.

Conseguido esto, y despues de bien lavados y escurridos aquéllos, se introducen durante unos segundos en el siguiente líquido:

Acido nítrico concentrado. . .	1 kilógramo.	(2)
Sal comun.	20 gramos. .	
Hollin graso (bistre).	10 — . .	

Debe tenerse en cuenta que esta composicion es muy corrosiva, y no puede, por lo tanto, prolongarse su accion sobre los objetos por miedo á que éstos se destruyan, cuidando ademas de lavar-

los inmediatamente que se sacan de ella, para no dar tiempo á la produccion de vapores rojizos, como resultado de la descomposicion del ácido nítrico.

Terminadas estas operaciones, hay que saber si los objetos deben, ó no, quedar *brillantes* despues de la precipitacion metálica á que se les va á someter. Suponiendo que sea lo primero, se pasan durante uno ó dos segundos, y agitándolos á la vez, por el siguiente baño llamado de *abrillantar*:

Acido nítrico concentrado. . . .	150 gramos.	(3)
Idem sulfúrico.	180 —	
Sal comun	5 —	

Para preparar este líquido debe echarse primero el ácido nítrico y luégo el sulfúrico, removiéndolos á la vez con una varilla de cristal para facilitar su mezcla; despues, en un patio ó sitio despejado, se añade la sal comun, evitando respirar los vapores resultantes, que son muy nocivos, y no se hace uso de él hasta que esté completamente frio.

Si, por el contrario, despues de la precipitacion metálica deben quedar *mates* los objetos, se introducen durante seis ú ocho minutos en la siguiente composicion:

Acido nítrico concentrado. . . .	300 gramos.	(4)
Idem sulfúrico.	180 —	
Sal comun.	5 —	
Sulfato de zinc.	10 —	

En realidad, despues de haber sufrido los objetos las anteriores operaciones, y préviamente lavados, podrian someterse inmediatamente á la

accion de la pila, pero es muy conveniente introducirlos un momento en el siguiente líquido:

Agua.	1.000 gramos.	(5)
Nitrato de mercurio (líquido). .	1 —	
Acido sulfúrico	2 —	

del que deben salir completamente blancos y brillantes, siendo esto una prueba de que su limpieza es perfecta.

Limpieza mecánica —Desgraciadamente, ya por el metal de que están hechos los objetos, ó bien por su forma delicada, no se puede emplear siempre el anterior procedimiento para dejar exenta de impurezas su superficie, y en este caso, hay que acudir á medios mecánicos para conseguirlo.

El método generalmente seguido para limpiar los objetos de plata, zinc, estaño, plomo ó hierro, consiste en hervirlos primeramente en una lejía de potasa ó sosa, á fin de desengrasarlos, y despues frotarlos cuidadosamente con un cepillo fuerte impregnado de agua y piedra pómez en polvo. Algunos industriales se contentan con frotar las piezas con una mezcla húmeda de crémor tártaro y carbonato de sosa en polvo; pero si bien es más breve este procedimiento, no se obtiene tan buen resultado como con el anterior.

Generalmente no basta este medio para dejar completamente limpios los objetos, y es necesario, para conseguirlo, acudir á una operacion muy importante en hidroplastia, llamada *gratado*, que ademas de servir como medio de limpieza, se usa para la terminacion de los objetos que ya han recibido

el depósito metálico. Consiste aquélla en frotar fuertemente los objetos con una escobilla de alambres de laton más ó ménos finos, llamadas *gratas*, impregnadas en agua de jabon ó de regaliz. Su forma varía mucho, segun el objeto á que se apliquen; así, miéntras que en la generalidad de los casos se usa la que representa la fig. 178, para el interior de los vasos deben tener la forma que indica la fig. 179, y para los grandes objetos, es preferible una especie de cepillo de alambres gruesos de laton (fig. 180).

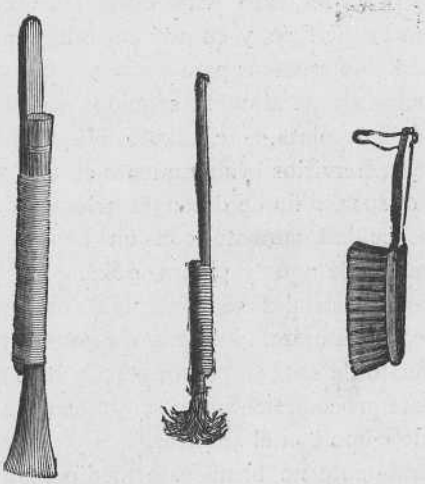

Fig. 178. Fig 179. Fig. 180.

Gratas de diferentes formas.

En los talleres se facilita el gratado de las piezas, valiéndose de una cuba de madera (figura 181) llena de una disolucion de regaliz ó jabon,

en cuyo centro se fija una tabla para apoyar los objetos.

Mucho mejor y más pronto se verifica dicha operacion por medio de un torno (fig. 182) provisto de una grata circular, sobre la que cae constantemente un chorro del líquido ántes citado.

Fig. 181. Gratado á mano.

Este líquido se recoge primero en una caja situada debajo del torno, desde donde se dirige por medio de un tubo de plomo á un cubo colocado en la parte inferior, y desde allí se traslada nuevamente al depósito colocado encima.

Cuando las gratas de mano se gastan ó desigua-

lan, se pueden arreglar nuevamente desenvolviendo el alambre que las rodea y cortando con un

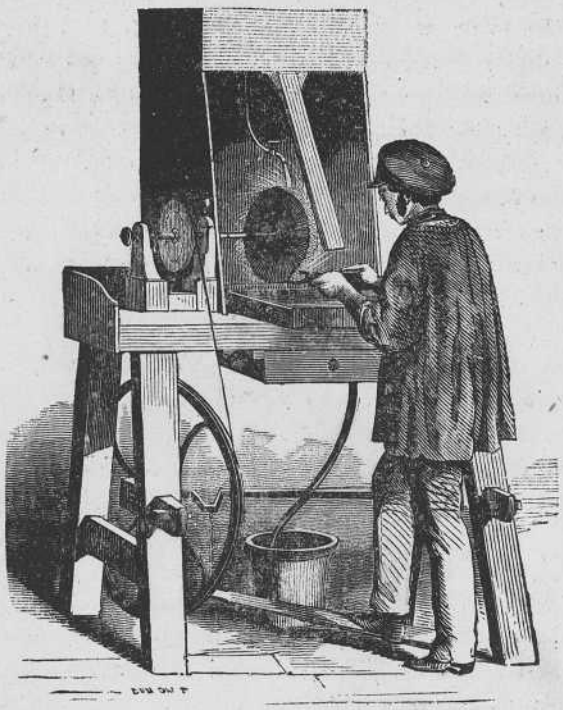

Fig. 182. Gratado á torno.

corta-frios sus extremos torcidos sobre un pedazo de plomo (fig. 183).

Para obtener con estos aparatos el resultado á que se destinan, es necesario que sus alambres estén bien rectos y limpios; si se hallan encorvados

pueden rectificarse otra vez, golpeándolos convenientemente sobre un pedazo de boj con un martillo de la misma madera, y si están sucios, se hierven en una lejía de potasa ó se introducen un momento en el baño (3), segun sea la grasa ó el óxido formado el que cause dicho defecto.

Fig. 183. Renovacion de una grata.

El grueso del alambre de las gratas debe tambien estar en relacion con el tamaño y naturaleza del objeto, y su manejo presenta várias dificultades que solamente la práctica puede hacer desaparecer.

Una vez descritos los principales medios que se usan para limpiar la superficie de los objetos, pasemos á ocuparnos del modo de precipitar sobre ellos los diferentes metales.

DORADO GALVÁNICO.

Antes de descubrirse este procedimiento, se doraban en la industria los metales por medio de una *amalgama de oro*, con la que se cubria la pieza, préviamente limpia; calentándola despues á una

temperatura de 400 á 500 grados, el mercurio se volatilizaba y el oro quedaba adherido á la superficie del objeto.

Por este método, llamado *á fuego*, se obtenia un dorado excelente bajo todos los conceptos; pero tenía, entre otros, el gravísimo inconveniente de ser muy insano para los operarios dedicados á él, pues no era posible evitar que respirasen en más ó ménos grado los vapores de mercurio desprendidos. Hoy, gracias á la intervencion de la electricidad, carece de todo peligro esta operacion.

M. de la Rive fué el primero que, en 1828, logró dorar algunos objetos descomponiendo por la accion de la pila un baño muy diluido de *cloruro de oro*; pero, efecto de la acidez de esta sal, los cuerpos sometidos á la experiencia recibian mal el depósito y no era posible dar á la costra metálica precipitada el espesor necesario.

Al poco tiempo, **M. Elkington**, estudiando profundamente la cuestion, reconoció que la causa del poco éxito del procedimiento de M. la Rive consistia en la naturaleza del baño empleado, y sustituyó la sal usada por aquél con compuestos *alcalinos de oro*, obteniendo desde este momento depósitos adherentes y de un espesor tan grande como fuera de desear.

El procedimiento seguido por M. Elkington consistia en introducir los objetos, despues de bien limpios, en un baño de *cianuro doble de oro y potasio*, contenido en un gran vaso de cristal (figu-

ra 184); en su interior colocaba otro de arcilla porosa lleno de agua acidulada con unas gotas de ac. sulfúrico, y dentro de él un cilindro de zinc provisto en su parte superior de una cruz de alam-

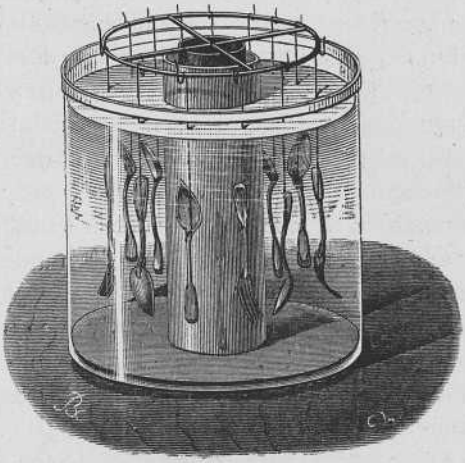

Fig. 184. Procedimiento de Elkington.

bres de laton; de esta última suspendia, por medio de alambres de cobre, los objetos sometidos al dorado.

Por este sistema se puede dorar, en efecto, un objeto cualquiera, pero presenta en la práctica varios inconvenientes que **M. Ruolz** supo al poco tiempo hacer desaparecer. En primer lugar, la endosmosis que se origina entre el sulfato de zinc que se va formando en el vaso de arcilla y la sal de oro del baño exterior, ocasiona en la composicion de éste una alteracion muy perjudicial para

el resultado de la operacion; por otra parte, á medida que se va precipitando el oro del baño, se empobrece éste, y es necesario añadir una nueva cantidad de sal de oro. Estos dos defectos los evitó Ruolz, adoptando desde luégo el *aparato compuesto*, con el cual pueden dorarse objetos de cualquier tamaño, empleando tanto tiempo como sea necesario, sin que por ello la composicion del baño se altere ni se empobrezca en manera alguna, pues la placa de oro que debe formar el electrodo positivo reemplaza, al disolverse, el oro precipitado; ademas, este método presenta la ventaja de poder moderar la corriente eléctrica con arreglo á las necesidades de la operacion.

Hoy dia se practica el dorado galvánico por el procedimiento de M. Ruolz, y solamente en la composicion del baño de oro se han introducido algunas variaciones que el uso ha aconsejado.

Para preparar uno de los muchos baños mencionados en las obras especiales de galvanoplastia, se procede del modo siguiente.

En un matracito de cristal de unos 100 cents. cúbicos de capacidad, se introducen 10 gramos de *oro fino* laminado, 25 de ac. clorhídrico puro y 15 de ac. nítrico; luégo se expone dicho matraz al calor de una lamparilla de espíritu de vino, haciéndole descansar por su fondo sobre una tela metálica, como indica la fig. 185. Despues de una gran efervescencia y desprendimiento abundante de vapores rojos, se observará que el oro ha desaparecido para dar lugar á un líquido ro-

jizo, el que se sigue calentando poco á poco hasta que no se produzcan vapores y tome la consistencia de jarabe. Cuando esto ha sucedido, se separa el matracito de la lámpara y se deja enfriar, colocándole sobre un paño de lana ó cuerpo mal conductor del calor, á fin de que no se rompa con el cambio de temperatura.

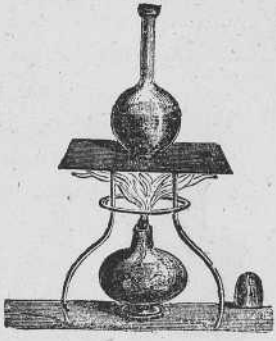

Fig. 185. Disolucion del oro.

Despues, sólo resta guardar en un frasco con tapon de cristal el líquido obtenido, que á veces cristaliza.

Para usarle, cuando se quiera formar el baño de oro, se procede del modo siguiente. Entre las várias fórmulas indicadas para este objeto en el tratado de hidroplastia de M. Roseleur, la siguiente tiene, sobre otras, la ventaja de no valerse de productos venenosos.

Baño de oro (en frio):

Prusiato amarillo de potasa...	20 gramos.
Carbonato de potasa, puro....	15 —
Sal amoniaco.....	3 —
Cloruro de oro.....	3 —
Agua.....	1.000 —

Se debe empezar por disolver todas las sales, ménos el cloruro de oro, en la cantidad de agua caliente que indica la fórmula, y despues de hacer pasar la disolucion por un filtro de papel colocado en un embudo de cristal (fig. 186), se añade el cloruro de oro disuelto en un poco de agua, pudiendo despues usarse, una vez fria la mezcla.

Fig. 186.

Para proceder luégo al dorado de un objeto, se dispone el aparato del modo siguiente. En una cuba de gutta-percha ó cristal de una capacidad á propósito, y en la que préviamente se haya echado el baño de oro ántes indicado, se colocan dos varillas de laton EE' (figura 187), apoyadas por sus extremos en los bordes

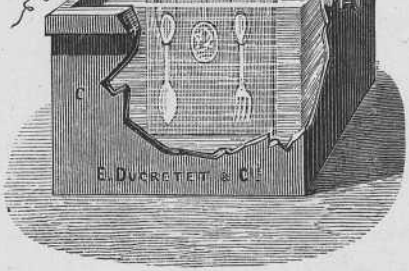

Fig. 187. Dorado en frio.
(Catálogo de Ducretet. — París.)

de dicha cuba. En una de estas varillas se cuelgan, por medio de alambres de cobre, los objetos que se quieren dorar, *recientemente limpios*, y en la otra se suspende, con alambres de platino, una lámina de oro fino de igual superficie próximamente que los objetos sometidos al dorado. Por último, se hace comunicar la varilla que sostiene los objetos con el reóforo negativo de una pila de dos ó tres elementos Bunsen, y la otra con el positivo, y al poco rato se verán los objetos recubiertos de una capa de oro, cuyo espesor aumenta proporcionalmente al tiempo.

Para que el dorado que se obtiene en estas condiciones presente el color y adherencia debidos, es necesario, ante todo, que las piezas estén perfectamente limpias, y que sin pérdida de tiempo se introduzcan en el baño de oro dispuesto de antemano, pues de otra manera su superficie se oxida ligeramente, ó bien retiene una capa de aire que impide su union íntima con la costra de oro precipitada. El color de ésta puede variar tambien notablemente desde el pardo hasta el amarillo claro, segun la intensidad de la corriente empleada, y la práctica ha hecho ver que ésta debe ser tal, que apénas se desprendan burbujas gaseosas en la lámina de oro unida al polo positivo.

Cuando se trata de dorar objetos pequeños deben preferirse las pilas de Grenet, pues sin más que subir ó bajar el zinc, se puede graduar con ellas, en los límites necesarios, la intensidad de la corriente.

Si á pesar de todo resultan los objetos dorados con un color desagradable, puede éste modificarse del modo siguiente. Se hace una pasta espesa con agua y *bórax* en polvo, y se recubre con ella la superficie de aquéllos; despues se expone la pieza á un buen fuego de carbon vegetal, hasta que empiece la fusion ígnea de dicha sal, y en seguida se introduce el objeto en un baño de agua con una décima parte de ácido sulfúrico, el que disuelve al bórax y deja al oro en su color verdadero.

La temperatura á que se verifique el dorado galvánico tiene tambien gran influencia en el resultado de la operacion, como lo prueba la siguiente experiencia citada por H. Buignet. Descomponiendo un baño de oro por una misma corriente eléctrica, á las temperaturas de 60 y 35 grados, se obtuvieron en el polo negativo 680 milígramos de oro en el primer caso, y solamente 28 en el segundo; ademas de esto, la costra metálica precipitada á 60 grados presentaba mejor color y mas adherencia que la obtenida á 35.

Siguiendo estas indicaciones, conviene, pues, operar á la temperatura de 60 grados, siempre que el tamaño de los objetos no sea tan grande que ofrezca dificultades calentar uniformemente el baño necesario para ello.

La composicion del baño, en este caso, varía algo en sus proporciones respecto de la que indicamos ántes; pero en el caso de tener hecho aquél puede usarse sin inconveniente, añadiéndole otro tanto de agua.

Baño de oro (en caliente):

Prusiato amarillo de potasa. . .	15 gramos.
Carbonato de potasa (puro). . .	5 —
Sal amoniaco.	2 —
Cloruro de oro.	2 —
Agua	2.000 —

Esta composicion se prepara de la misma manera que indicamos al hablar del baño de oro en frio; pero una vez hecha, conviene hervirla durante media hora.

Para valerse de él, en el dorado de objetos pequeños, se usa una cápsula de cristal ó porcelana (figura 188), en la que se echa dicho líquido, calentándole con una lamparilla de alcohol entre 60 y 70 grados. Dentro se suspenden los objetos de una varilla de laton E' unida al polo negativo de una pila de Bunsen, y en la otra E se cuelga, con alambres de platino, una lámina de oro fino del tamaño que próximamente tengan dichos objetos. Si las piezas que se quieren dorar son muchas ó de gran tamaño, se sustituye dicha cápsula por una vasija de

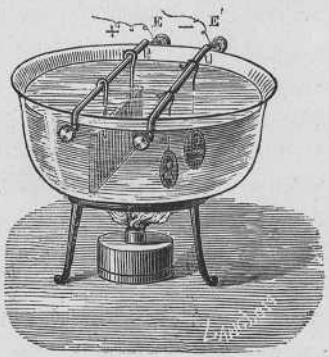

Fig. 188 Dorado en caliente. (Catálogo de Ducretet, París.)

hierro esmaltado (fig. 189), la que se calienta hasta 60 grados sobre un hornillo á propósito. Los objetos se suspenden en este caso de un aro central de laton unido al polo negativo de la pila, y el reóforo positivo de la misma se hace comunicar con una lámina estrecha de oro, doblada en forma de círculo, suspendida alrededor de los objetos.

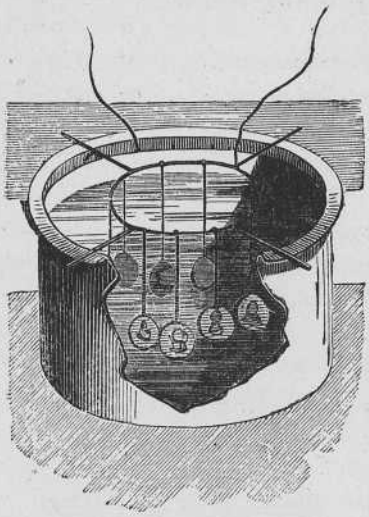

Fig. 189. Dorado en caliente con vasija de hierro esmaltado.

En el dorado en caliente se suele reemplazar la lámina de oro que forma el electrodo soluble por una de platino, que tiene la ventaja de no alterarse; en este caso conviene sostener los objetos que se quieren dorar con la mano derecha, agitándolos á la vez, y con la izquierda dicha lámina ó alambre de platino, el que se introduce más ó ménos en el baño, segun el tono que se quiera dar al oro precipitado. La operacion marcha rápidamente, y bastan unos cuantos minutos para que los objetos queden bien dorados.

Dorado de diferentes colores.—A veces se nece-

sita producir el dorado galvánico con diferentes matices, y esto puede conseguirse fácilmente añadiendo al baño de oro ciertas sustancias que, al precipitarse juntamente con aquél, le dan un aspecto distinto del que ordinariamente tiene.

Los principales tonos que suelen obtenerse, son: el *blanco*, *verde* y *rojo*.

Para producir el *oro blanco* y *verde*, basta añadir á cualquiera de los baños de oro, ántes citados, una disolucion muy diluida de nitrato de plata, y segun sea la corriente eléctrica de que se haga uso más ó ménos intensa, se precipitará una mezcla de oro y plata, cuyo color será, blanco amarillento en el primer caso y verde manzana en el segundo.

Para el *dorado rojo*, se mezcla el baño de oro con una disolucion de acetato de cobre, y con arreglo á las proporciones de ambos metales é intensidad de la corriente, se obtendrá un dorado de color rojo más ó ménos vivo.

Si se quiere dorar una misma pieza con oro de diferentes matices, se cubren con un barniz aislador (1) é insoluble en el baño, las partes que por

(1) Un buen barniz para este objeto, es el siguiente:

Cera amarilla.....	6 gramos.
Colofonia.....	10 —
Lacre rojo.....	4 —
Rojo inglés de pulir.....	3 —

Se funden al *baño de maría* las tres primeras sustancias, y luégo se añade el rojo, agitando la mezcla hasta que se enfrie.

el momento no deban dorarse, y despues se quita el barniz por medio de un disolvente á propósito, volviendo á repetir la operacion cuantas veces sea necesario.

Dorado del hierro, zinc, plomo y estaño.—No todos los metales pueden dorarse directamente en los baños que hemos indicado para la plata, el cobre y sus aleaciones, sino que algunos, como los mencionados ántes, exigen que se cubra préviamente su superficie con una capa de cobre, pues de otra manera suele no adherir bien el oro y descostrarse despues con gran facilidad. En cambio, una vez *cobreados*, por los medios que más adelante indicaremos, pueden dorarse perfectamente por cualquiera de los procedimientos que hemos expuesto.

Terminacion de los objetos dorados.—A su salida del baño, suelen presentar las piezas doradas un aspecto más ó ménos mate, dependiente del espesor de la costra precipitada ó del estado que ántes

---

Para usarla se calienta un alambre de laton, aplanado por un extremo, y se coge con él un poco de dicha composicion, aplicándola en seguida sobre el objeto, caliente de antemano.

Para quitarla, una vez dorada la pieza, se frota con un cepillo impregnado en aguarrás, y luégo se lava con agua de jabon, y por último con agua clara.

Tambien puede usarse para el mismo fin una disolucion de resina copal en esencia de trementina, adicionada, con objeto de darla color, de un poco de cromato de plomo en polvo muy fino.

tuviera su superficie. Desde luégo debe tener ésta, ántes del dorado, las mismas condiciones de *mate* y *brillante* que hayan de quedar despues; pero si bien es cierto que las partes mates no suelen alterarse por esta operacion, no sucede así con las brillantes, que generalmente le pierden al precipitarse sobre ellas las diferentes moléculas de oro.

Para volverlas á dar el brillo deseado, se frotan primeramente con gratas de laton muy finas, recocidas préviamente al calor de una lamparilla de espíritu de vino é impregnadas en agua de jabon ó vinagre; luégo se bruñen con piedras de sanguina de diferentes formas y tamaños, mojadas en uno de dichos líquidos. Si se trata de objetos muy pequeños, basta frotarlos con una gamuza y rojo inglés muy fino, ó bien introducirlos en un saco con serrin, salvado ó arena tamizada, imprimiéndoles luégo un movimiento de vaiven para que, al frotar con dichas sustancias, se abrillante su superficie. Ultimamente, se lavan los objetos abundantemente y se secan con una gamuza ó lienzo usado.

Desdorado.— Cuando una pieza ha recibido mal el oro ó se la quiere dorar nuevamente, es necesario quitar ántes dicho metal para someterla otra vez á la limpieza química.

A veces basta frotarla con un cepillo fuerte impregnado de agua y pómez en polvo, pero este método destruye el brillo que pudiera tener su superficie y se pierde ademas el oro que tenga adherido.

Para evitar esto, se introduce la pieza (cobre y

sus compuestos) en ac. sulfúrico concentrado, que no les ataca, y se añaden poco á poco unas gotas de *agua régia* que disuelve completamente al oro, continuando la operacion hasta que el objeto no presente ninguna mancha dorada y tome un aspecto gris uniforme.

Para desdorar los objetos de plata ó hierro, es preferible introducirlos en una disolucion de 100 partes de agua y 10 de prusiato amarillo de potasa, haciéndolos comunicar con el polo positivo de una pila de Bunsen, cuyo reóforo negativo se une á una lámina de platino. Al pasar por dicho líquido la corriente eléctrica, trasporta el oro sobre la lámina, la que despues puede utilizarse como electrodo soluble en el dorado galvánico.

PLATEADO GALVÁNICO.

Esta operacion, más importante aún que la anterior, se efectúa de un modo análogo al que acabamos de indicar, si bien por la mayor facilidad con que se descomponen las sales de plata, se practica generalmente en frio.

El baño de plata que ordinariamente se usa, se compone de

Nitrato de plata.....	15 gramos.
Cianuro de potasio (1)...	25 —
Agua de lluvia.....	1.000 —

(1) Debe manejarse esta sustancia con precaucion por ser muy venenosa.

Se disuelve primero el nitrato de plata en el agua que indica la fórmula, y luégo se añade el cianuro, agitando la mezcla hasta que se disuelva el precipitado que se forma al principio. Ultimamente se filtra por papel y se conserva en un frasco tapado.

Los baños de plata ganan, en general, á medida que se usan, con tal que se tenga cuidado de reponer sus pérdidas naturales. Un baño contiene el cianuro y la sal de plata en las proporciones debidas, cuando el electrodo soluble se ennegrece al pasar la corriente eléctrica, y recupera rápidamente su color blanco cuando aquélla cesa. En caso de no agrisarse por la accion de la corriente, debe añadirse nitrato de plata, y si, por el contrario, tarda mucho en blanquearse despues de cesar aquélla, es prueba de que falta cianuro.

Si se trata de platear objetos pequeños, se usa el aparato representado en la fig. 187, sirviéndose como electrodo positivo de una lámina de *plata fina* ó de platino; pero en este último caso hay que añadir, de vez en cuando, cristales de nitrato de plata que sustituyan al metal precipitado. Si la operacion ha de durar poco tiempo, puede usarse sin inconveniente alguno el aparato sencillo de la figura 184.

En los talleres dedicados á esta industria, se valen de cubas de madera forradas interiormente de gutta-percha, en las que se echa el baño ántes indicado. Estas cubas (fig. 190) tienen fijas, alrededor de su borde superior, dos tiras de laton, dis-

puestas de manera que la exterior quede algo más elevada; los objetos que se quieren platear se cuelgan, con alambres de cobre, de unas varillas del mismo metal, apoyadas por sus extremos en la tira interior, y en los espacios intermedios se introducen unas placas de *plata fina*, sostenidas por otras varillas más largas que á su vez descansan en la tira exterior; despues se hace comunicar el

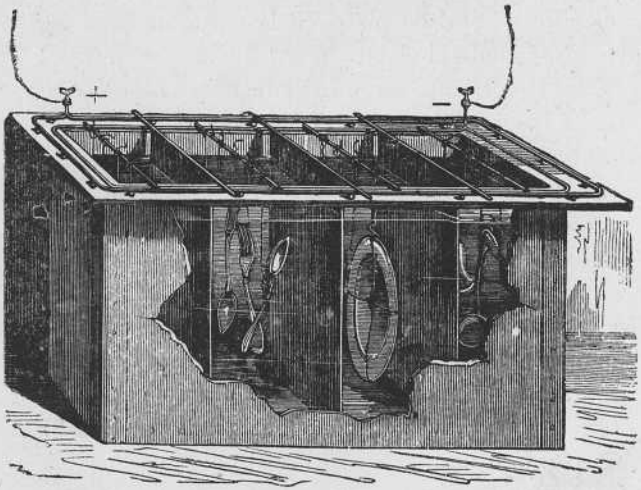

Fig. 190. Plateado galvánico.

polo positivo de una pila de Bunsen con la varilla en que descansan las láminas de plata, y el negativo con la que sostiene los objetos. De esta manera cada grupo de aquéllos se encuentra entre dos placas de plata, y por esta razon se cubren por igual, y en muy poco tiempo, de dicho metal. Tanto

en este aparato como en los anteriores conviene, de vez en cuando, cambiar la posicion de los objetos sumergidos en el baño, pues de otra manera, á más de no quedar plateadas las uniones de los alambres que los sostienen, resultan estrías longitudinales y no reciben por igual la capa de plata.

Tambien es necesario, despues de plateados los objetos, dejarlos unos instantes dentro del baño interrumpida la corriente de la pila, á fin de que se disuelva una sub-sal de plata que se forma, y que despues los haria tomar un color amarillento.

El tiempo que ha de durar la operacion no puede precisarse, pues depende de la intensidad de la corriente y del tamaño de los objetos, bastando atenerse, para moderar aquélla, á lo que ya dijimos en la pág. 409.

Plata antigua. — Para dar á los objetos plateados ó de plata maciza el aspecto que el tiempo suele imprimir á este metal, se les recubre, por medio de una brocha, con una mezcla clara de aguarrás y plombajina en polvo impalpable, añadiendo, si se quiere, una pequeña cantidad de ócre rojo. Despues de bien seca la pieza, se la frota con una brocha fina para que se desprendan las partículas no adheridas, y, por último, se quita dicha composicion de las partes salientes con un pedazo de franela mojado en espíritu de vino.

Aún se obtiene mejor el anterior efecto, que algunos suelen llamar *plata oxidada*, introduciendo los objetos, préviamente limpios, en un baño

caliente compuesto de un litro de agua y cinco gramos de *hígado de azufre*. Al poco rato de estar en dicho líquido, se cubren aquéllos de una capa uniforme de color negro azulado, debida al sulfuro de plata que se forma; despues se lavan abundantemente, y con una grata se descubre la plata en las partes salientes, bruñendo el resto de la pieza si se quiere que el negro de los fondos sea brillante.

El hierro, zinc, plomo y estaño necesitan, como en el dorado galvánico, recubrirse primeramente de una capa de cobre, é inmediatamente se introducen en el baño de plata, despues de haberles sometido unos instantes á la accion del baño de mercurio (5).

Por último, una vez plateados los objetos, y despues de bien lavados, deben concluirse por medio del *gratado* y *bruñido*, con las mismas advertencias que indicamos para el dorado.

Desplateado.— Si se necesita volver á platear una pieza que haya salido mal en una primera operacion, ó bien un objeto que haya perdido el plateado por el uso, es necesario, ante todo, quitar completamente la plata que pudiera retener, á fin de someterla de nuevo á la *limpieza química*.

Para esto se la introduce, durante el tiempo necesario, en la siguiente composicion:

Ac. sulfúrico concentrado.....	100 gramos.
Idem nítrico..	10 —

Este líquido tiene la notable propiedad de no

atacar sensiblemente á los compuestos de cobre, y disuelve en cambio fácilmente la plata que pudieran tener adherida.

En algunos metales, como el hierro, zinc y plomo, no se puede seguir este procedimiento, y en este caso, debe acudirse á los medios mecánicos é inversion de la corriente de que hablamos en el *desdorado.*

PLATINADO GALVÁNICO.

Por medio de la pila pueden tambien recubrirse los metales de una capa de platino que los preserve de la oxidacion; pero ofrece este sistema varios inconvenientes que, en general, no compensan las ventajas que de él se obtienen, por lo que se usa poco en la industria.

De todos modos, basta para lograrlo operar como se ha dicho en el dorado galvánico, haciendo uso del siguiente baño, debido á M. Roseleur. Se disuelven primero 17 gramos de cloruro de platino en 500 gramos de agua pura, y se mezcla esta disolucion con otra, préviamente formada, de 100 gramos de fosfato de amoniaco en igual cantidad de dicho líquido. Despues de agitar bien la mezcla, se añade poco á poco otra disolucion de 500 gramos de fosfato de sosa en un litro de agua, y se hace hervir todo ello hasta que el líquido, que al principio es amarillo, quede completamente incoloro.

Dicho se está que hay que valerse de una lámina de platino como electrodo soluble.

NIQUELADO GALVÁNICO.

El níquel, por su hermoso color blanco agrisado, difícil oxidacion y excelente pulimento, se aplica hoy con mucha frecuencia para recubrir el hierro, acero y los compuestos de cobre.

El baño de que M. Adams hace uso, con satisfactorios resultados, es el siguiente:

Sulfato de níquel y amoniaco.	100 gramos.
Agua pura.....	1.000 —

Se hace la disolucion en caliente y se filtra despues de fria.

M. Powell, prefiere la siguiente composicion:

Sulfato de níquel.....	18,5 gramos.
Citrato de níquel.....	18,5 —
Benzoato de níquel.....	6,2 —
Ac. benzóico.....	1,5 —
Agua pura.....	1.000 —

Para niquelar un objeto, se le hace comunicar con el reóforo negativo de una pila, y se le suspende dentro de dicho baño, contenido en una cuba de cristal ó gutta-percha; el reóforo positivo se une á una lámina de níquel introducida en aquél.

Los objetos deben entrar en el baño con el grado de pulido que hayan de conservar despues, pues el níquel es un metal bastante duro y sería luégo muy penoso hacer variar el estado de su superficie. En dos ó tres horas se obtiene generalmente una costra metálica de suficiente espesor.

El pulido de los objetos niquelados, se suele obtener frotándolos rápidamente sobre un *orillo de paño* mojado en agua con rojo inglés; para esto se le sujeta por uno de sus extremos á la pared y se sostiene por el otro con la mano izquierda, frotando en él el objeto niquelado con la mano derecha. Las partes huecas se pulen con muñequillas de paño fijas en mangos de madera é impregnadas en agua y polvos de pulir. Ultimamente se lavan los objetos y se secan en serrin caliente.

COBREADO GALVÁNICO.

Por más que esta operacion no presente en sí la importancia que el dorado y plateado, hemos visto, sin embargo, que es un poderoso auxiliar suyo, y debe, por lo tanto, fijar nuestra atencion.

Al hablar de la galvanoplastia (pag. 360) ya indicamos la composicion del baño preferible para aquel objeto, y si bien es cierto que con su auxilio pueden cobrarse perfectamente el cobre y sus aleaciones, no sucede así con el hierro, zinc, estaño, etc., que son atacados por el ácido sulfúrico que dicho baño contiene; en este caso hay que valerse de los compuestos alcalinos de dicho metal, con los cuales se obtiene un resultado completamente satisfactorio.

El siguiente baño, que puede usarse en frio ó en caliente, sirve para cobrear toda clase de metales:

Acetato de cobre.	20	gramos.
Carbonato de sosa.	20	—
Bisulfito de sosa	20	—
Cianuro potásico (puro). . . .	20	—
Agua.	1.000	—

Se empieza por mezclar el acetato de cobre en la menor cantidad posible de agua, p es de otra manera se moja difícilmente esta sustancia; despues se añade el carbonato de sosa y parte del agua, y el precipitado verde que se forma se agita con una varilla de cristal. Luégo se echa otra nueva cantidad de agua y el bisulfito de sosa, y por último, el resto de dicho líquido y el cianuro potásico, agitando bien la mezcla hasta que el líquido se vuelva incoloro. Si esto no sucede, es prueba de que el baño necesita mayor cantidad de cianuro

Para cobrear á la vez un gran número de objetos, se usan cubas de madera forradas interiormente de gutta-percha, en las que se echa el baño ántes citado. Los objetos, despues de bien limpios, se suspenden en unas varillas de laton (fig. 191) apoyadas por sus extremos en una tira metálica fija en el borde de la cuba, y en su interior se ponen placas de cobre sostenidas en sus paredes. Por último, se hace comunicar el reborde metálico de la cuba con el polo negativo de una pila de Bunsen y las láminas de cobre con el positivo de la misma, quedando en muy poco tiempo perfectamente cobreados los objetos.

Para facilitar la operacion, cuando se trata de cobrear piezas pequeñas, como corchetes, boto-

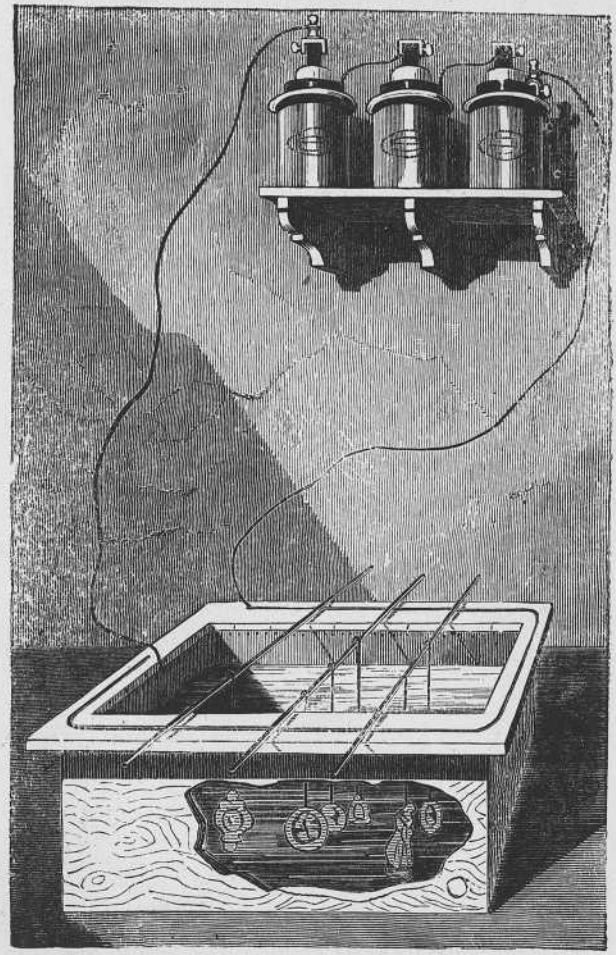

Fig. 191. Cobreado galvánico.

nes, etc., se usa el aparato representado en la fig. 192. El baño se pone en una cacerola de cobre unida al polo positivo de la pila, y los objetos se echan en una especie de cazo de porcelana lleno de aguje-

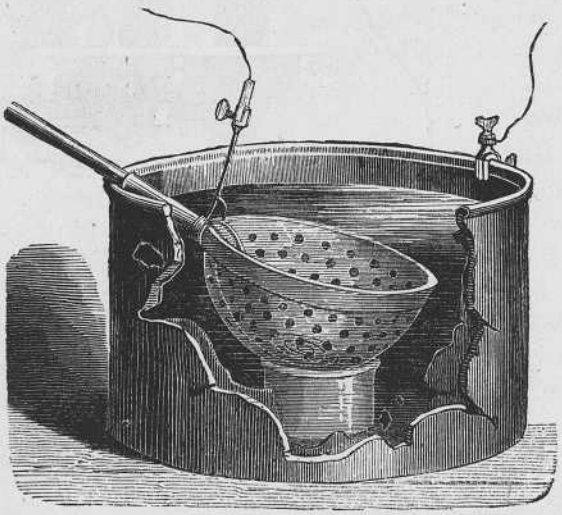

Fig. 192. Cobreado de pequeños objetos.

ros, desde cuyo fondo sale una lámina de cobre que los hace comunicar con el polo negativo de la misma; el fondo de dicho cazo debe, ademas, apoyarse sobre un cuerpo mal conductor de la electricidad, para evitar el contacto que pudiera establecerse entre los objetos y el fondo de la cuba.

Si ésta fuera de hierro esmaltado, es innecesaria esta precaucion; pero en cambio habria que unir el polo positivo de la pila á una chapa circular de

cobre (fig. 193) sostenida encima, y á cierta distancia, de los objetos. La operacion, en el caso que nos ocupa, debe hacerse en caliente, tanto por ser más rápida de este modo, como por ayudar el calor, por medio del cianuro potásico del baño, á la limpieza de los objetos.

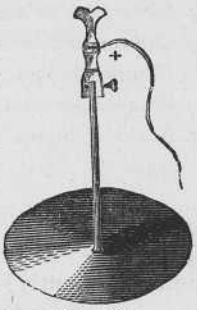

Fig. 193

Cobre negro.—Los objetos de cobre macizo y los que hayan recibido una capa de este metal por el procedimiento anterior, pueden cubrirse de una película de *cobre negro* de un efecto muy agradable. Para ello basta introducirlos unos instantes, despues de bien limpios, en una disolucion compuesta de 100 gramos de amoniaco líquido y 10 de hidrocarbonato de cobre; por último, una vez lavados se bruñen, y así adquiere su superficie un lustre negro muy intenso y permanente.

LATONADO GALVÁNICO.

En la industria se fabrican una porcion de artículos de hierro y zinc, á los que se acostumbra aplicar una capa de laton para comunicarles un color más agradable y evitar su oxidacion.

Esto se consigue fácilmente por medio de los procedimientos galvánicos de que hemos hablado várias veces, haciendo uso del siguiente baño:

Carbonato de cobre	10 gramos.
Carbonato de zinc.	10 —
Carbonato de sosa.	20 —
Bisulfito de sosa.	20 —
Cianuro potásico.	20 —
Acido arsenioso.	0,2 —
Agua.	1.000 —

Se deshacen las cuatro primeras sales en 900 gramos de agua, y aparte, en el resto de dicho líquido caliente, se disuelven el cianuro y el ácido arsenioso, mezclando, por último, las dos disoluciones.

Puede operarse, para mayor rapidez, en caliente; pero en frio marcha bien la operacion, haciendo uso, por supuesto, de una lámina de laton como electrodo soluble.

ESTAÑADO.

Esta operacion, cuyo objeto es análogo al de la anterior, puede ejecutarse, como aquélla, por medio de la electricidad; pero es preferible, por su economía, valerse de la afinidad que existe entre el estaño, ayudado por el zinc, y el hierro, que es el metal sobre quien generalmente se aplica.

Para esto se coloca el objeto que se quiere estañar, despues de bien limpio, con recortaduras de zinc en una vasija de hierro esmaltado que contenga el siguiente baño:

Crémor tártaro.	10 gramos.
Protocloruro de estaño	1 —
Agua pura.	1.000 —

En tres ó cuatro horas, estando el líquido á la temperatura de 50 á 60 grados, y agitando á la vez los objetos con una varilla de hierro, se recubren éstos de una capa de estaño suficiente para preservarlos de la oxidacion. Si despues se quiere que tengan brillo, basta frotarlos convenientemente con una *grata*.

Tanto en esta operacion como en las anteriores, recomendamos al lector que quiera profundizar en las interesantes cuestiones de galvanoplastia, la excelente obra de M. Roseleur, titulada *Manipulations Hidroplastiques*, donde seguramente encontrará cuantos detalles necesite.

CONCLUSION.

Hemos terminado el plan que al escribir el presente libro nos habíamos propuesto, y á poco que el lector piense sobre las diferentes **Aplicaciones** que en él se citan, comprenderá que éstas pueden extenderse á otra infinidad de cuestiones que sería punto ménos que imposible enumerar.

Teniendo, ademas, en cuenta la *docilidad* de este maravilloso agente para acomodarse á toda clase de objetos, se comprende que el campo de sus aplicaciones carece casi de límites, y no es posible predecir hasta qué punto podrán cambiar los actuales procedimientos de la industria el dia en que su produccion sea ve daderamente económica.

Hoy, sin embargo, y aparte de sus aplicaciones usuales en pequeña escala, sólo es económico su uso para la iluminacion de los faros, para el alumbrado público de grandes espacios, y para el dorado y plateado galvánicos.

Ultimamente, y teniendo en cuenta que su precio es tanto menor cuanto mayor sea la cantidad obtenida, se ha pensado en acumular la electricidad en unos aparatos llamados *pilas secundarias*, para utilizarla despues de un modo análogo al gas del alumbrado.—Quizás por este medio pueda abaratarse su produccion, estableciendo grandes centros donde se origine este flúido en cantidades considerables.

FIN.

INDICE.

Págs.

Prólogo. 5

LIBRO PRIMERO.

Electricidad estática.

CAPÍTULO PRIMERO.

Fenómenos generales.

Descubrimiento de la electricidad. 9
Modos de producirla. 10
Péndulo eléctrico 12
Hipótesis de Symmer. 14
Leyes de las acciones eléctricas. 16
Cuerpos buenos y malos conductores. 17
Consecuencias de la hipótesis de Symmer. . . . 18
Tension eléctrica. 21
Propiedad de las puntas. 23

CAPÍTULO II.

Electrizacion por influencia.

Leyes de la electrizacion por influencia. 24
Movimiento de los cuerpos electrizados. 27
Chispa eléctrica. 28

CAPÍTULO III.

Máquinas eléctricas.

Págs.

Electróforo. 29
Máquina de Ramsden. 31
Electrómetro de cuadrante. 35
Máquina de Holtz. 36
Máquina de Carré. 39

CAPÍTULO IV.

Electricidad condensada.

Cuadro fulminante; teoría de los condensadores. . 42
Botella de Leyden. 45
Baterías eléctricas. 48

CAPÍTULO V.

Efectos y aplicaciones de la electricidad estática.

Efectos mecánicos.

Molinete eléctrico. 50
Accion de la chispa eléctrica sobre los cuerpos. . . 51

Efectos físicos.

Prensa de Franklin. 53
Huevo eléctrico. 55
Forma y coloracion de la chispa eléctrica. 56
Duracion de la chispa eléctrica. 58
Cuadro mágico. 59

Efectos químicos.

Pistolete de Volta. 60
Eudiómetro de Volta. 61

Efectos fisiológicos.

Págs.
Influencia de la electricidad sobre el sistema nervioso. 62

CAPÍTULO VI.

Electricidad atmosférica.

Orígen de la electricidad atmosférica. 64
Rayo, relámpago y trueno. 65
Efectos del rayo. 66
Pararayos; su construccion. 67
Choque de retroceso. 74

Electricidad dinámica.

CAPÍTULO PRIMERO.

Orígen de la pila y sus modificaciones.

Descubrimiento de la electricidad dinámica. . . . 76
Pila de Volta. 77
Fuerza electro-motriz. 78
Corriente eléctrica; cantidad y tension eléctrica. . . 79

Nociones de química.

Definiciones. 81
Tabla de los cuerpos simples. 83
Nomenclatura química. 85
Fórmulas químicas. 90

Diferentes clases de pilas.

Pilas de Cruikshank y Wollaston. 93
Inconvenientes de las pilas de un sólo líquido. . . 94
Pila de Daniell. 95
Modo de disolver pronto una sal. 98
Pila de Bunsen. 99
— de Grenet. 102

Págs.

Pila de Leclanché. 104
Zinc amalgamado. 106
Baterías voltáicas. 108
Comparacion de las anteriores pilas. 110

CAPÍTULO II.

Electricidad desarrollada por el calor.

Experiencia de Seebek. 112
Causa de las corrientes termo-eléctricas. 113
Pilas termo-eléctricas. 114

CAPÍTULO III.

Electro-dinámica.

Leyes de las corrientes. 116
Accion de la tierra sobre las corrientes. 119
Solenóides; sus propiedades. 120
Analogías entre la tierra y los solenóides. 121
Imanes; teoría de Ampere. 122

CAPÍTULO IV.

Imanacion artificial.

Imanacion por influencia. 125
Electro-imanes. 126
Reglas para su construccion. 127
Imanes permanentes. 131
Métodos de imanacion. 132
Formas de los imanes. 134

CAPÍTULO V.

Propiedades de los imanes.

Polos y línea neutra. 139
Acciones mútuas de los polos. 140

Págs.

Brújula de declinacion. 141
Agujas astáticas. 142
Leyes de las acciones magnéticas. 143

CAPÍTULO VI.

Electro-magnetismo.

Accion de las corrientes sobre los imanes. 144
Galvanómetro. 147
Brújula de senos. 150
Unidades eléctricas. 152
Causa de las corrientes voltáicas. 153

CAPÍTULO VII.

Corrientes de induccion.

Induccion por una corriente. 154
— por un iman. 156
Causa de las corrientes inducidas. 157

CAPÍTULO VIII.

Máquinas de induccion.

Carrete de Ruhmkorff. 160
Máquina magneto-eléctrica de Pixii. 166
— — de Clarke. 168
— — de Siemens. 171
— — de Gramme. 173
— dínamo-eléctrica de Siemens. 178
— — de Gramme. 179
Produccion económica del flúido eléctrico. 180

LIBRO II.

Aplicaciones de la electricidad.

CAPÍTULO PRIMERO.

Efectos caloríficos.

Págs.

Ley de Joule. 184
Pirófonos. 185
Cebos de MM. Statehan y Abel 186
Explosor Breguet. 187
Inflamacion de las minas. 189
— de los mecheros de gas. 191

CAPÍTULO II.

Efectos luminosos.

Arco voltáico; sus propiedades. 193
Carbones de M. Carré. 199
Regulador de la luz eléctrica de Serrin. 201
— — de Foucault. 204
— — de Siemens. 210
Division de la luz eléctrica. 212
Bujías Jablochkoff. 213
Lámpara de M. Jamin. 218
— de M. Werdermann. 220
— de M. Edison. 221
Coste de la luz eléctrica. 224
Procedimiento de M. Tomasi. 230
Tubos de Geissler. 232
Aplicaciones de la luz eléctrica. 234

CAPÍTULO III.

Efectos magnéticos.

Teoría de los telégrafos eléctricos. 241
Pilas. 244

Págs.

Líneas aéreas. 245
— subterráneas. 250
Cables submarinos. 252
Telégrafo de M. Breguet. 253
— — Morse. 261
— — Hughes. 268
Telégrafos electro-químicos. 279
Aparatos para la telegrafía submarina. 283

Accesorios de los aparatos telegráficos.

Torrillos de empalme. 286
Conmutador de clavija. 287
— suizo. 288
— de frotacion. 289
— de M. Bertin. 290
Galvanómetros. 292
Timbres eléctricos. 293
Pararayos. 295
Relevadores *(relais)*. 297
Traslatores. 300
Estacion telegráfica, sistema Morse. 302
— — — Breguet. 304
Nuevos sistemas telegráficos. 306

Teléfonos.

Teléfono de M Bell. 309

Micrófonos.

Micrófono de M. Hughes. 313
Micro-teléfono de M. Edison. 316
Estacion telefónica. 319
Fotófono de M. Bell. 322

Campanillas eléctricas.

Págs.

Pilas; conductores; trasmitidores. 325
Campanillas eléctricas. 326
Cuadros indicadores. 327
Instalacion de un sistema de campanillas. 330
Su coste. 334

CAPÍTULO IV.

Relojes eléctricos.

Reloj tipo; contadores. 335
Regulador de M. Froment. 337
— de M. Hipp. 339
Contador de M Froment. 341

CAPÍTULO V.

Electro-motores.

Electro-motor de M. Bourbouze. 343
— de M. Froment. 345
Electro-motores fundados en la *reversion* de las máquinas electro-dinámicas. 348
Electro-motor de M. Trouvé. 349

CAPÍTULO VI.

Efectos químicos de las corrientes.

Descomposicion del agua; voltámetro. 351
Electrolisis de los compuestos binarios. 352
— — ternarios. 353
Teoría de Grotthuss. 355
Descomposiciones por contacto. 356
Arboles de *Diana* y *Saturno*. 357
Ley de Faraday. 358

CAPÍTULO VII.

Galvanoplastia.

Depósitos metálicos en capas gruesas.

Págs.

Orígen de la galvanoplastia. 358
Elementos necesarios para la reproduccion galvánica de un objeto. 359
Pila. 359
Baño; cubas. 360
Aparato compuesto. 361
Aparatos sencillos. 363
Moldeado en aleacion fusible. 368
— en escayola. 369
— en gutta-percha. 371
Metalizacion de los moldes. 374
Disposicion de los moldes en el baño. 377
Reproduccion de los objetos de bulto. 381
Procedimiento Lenoir. 383
Bronceado. 385

Aplicaciones de la galvanoplastia.

Electrotipia. 388
Grabado galvánico. 389

Depósitos metálicos en capas delgadas

Aparatos. 392
Preparacion de los objetos. 394
Limpieza química. 395
— mecánica. 399
Dorado galvánico. 403
— de diferentes colores. 412
Terminacion de los objetos dorados. 414
Desdorado. 415
Plateado galvánico. 416

Págs.
Plata oxidada. 419
Desplateado. 420
Platinado galvánico. 421
Niquelado. 422
Cobreado. 423
Latonado. 427
Estañado. 428
Conclusion. 429

FIN DEL INDICE DE MATERIAS.

ERRATAS.

Pág.	Linea.	Dice.	Debia decir.
53	3	un copo de pól- vora.	un poco de pól- vora.
98	29	ci on unaela	con una tela
114	4	suura no estruct	su estructura no

RODRIGUEZ

LA

ELECTRICIDAD

2198