

LA ELECTRICIDAD

REVISTA GENERAL DE SUS PROGRESOS CIENTÍFICOS É INDUSTRIALES.

SUMARIO.

GRABADOS.

SECCION DOCTRINAL: Principios de electricidad dinámica, Hechos, leyes, fórmulas y tecnicismo. III. — SECCION DE APLICACIONES: Transmision de la fuerza á distancia por la electricidad III.—Acumuladores eléctricos. V.— Sistema de alumbrado eléctrico de Weston. II.—Coste de la luz eléctrica.—Alumbrado de la estacion de Strasburgo.—SECCION DE NOTICIAS DIVERSAS: La luz eléctrica en las islas Hawai. — Proyecto de exposicion de electricidad.—Enseñanza de electricidad.—La electricidad fashionable.—Alumbrado eléctrico en el extranjero.— Transporte de la fuerza por la electricidad.—Telefonía y telegrafía. — PRIVILEGIOS DE INVENCION: — Privilegios de invencion sobre electricidad tomados en 1882. — Patentes tomadas en Francia (continuacion.)

TEXTO.

Lámpara Weston.—Diagrama del mecanismo de la lámpara de Weston.—Corte del electro-iman de la lámpara Weston.

Seccion doctrinal.

PRINCIPIOS DE ELECTRICIDAD DINÁMICA.

HECHOS, LEYES, FÓRMULAS Y TECNICISMO.

III.

PILAS ELÉCTRICAS.

Si se quiere tener más energía eléctrica que la que puede dar un solo elemento *A B*, podemos tomar muchos, y agruparlos, para que concurren al efecto que deseamos producir. Esta agrupacion relacionada de muchos elementos, se llama *una pila ó batería*. Puede hacerse de tres modos distintos, segun sea el efecto que nos propongamos obtener, y segun las condiciones en que queremos utilizar la energía eléctrica.

Primero.—*Pila en cantidad ó en derivacion.*—Fig. 1.—Cuando todos los cuerpos *A*, que tienen en cada elemento el potencial más alto (ó sean los positivos), se ponen en co-

municacion entre sí por hilos cortos ó cintas de metal que se reunen en el punto ó boton *P*; y lo mismo se hace por otro lado con todos los *B* (los negativos), se dice que la pila está dispuesta *en cantidad*. Se llama polo positivo de la pila al boton *P*, y polo negativo al *N*. Unamos los puntos *P* y *N* por un hilo, que en general puede ser largo de muchas leguas; *pero nosotros le supondremos por ahora cortisimo*, á fin de no tener en cuenta en nuestra explicacion la influencia de ese hilo interpolar, necesario para que la corriente se establezca. Este caso en que nos colocamos, equivale á despreciar por lo pequeña la resistencia del hilo interpolar: es el caso sencillo, el caso típico: el caso en que el lector debe colocarse cuando solo trata de darse cuenta del efecto que puede producir el agrupar muchos elementos de un cierto modo.

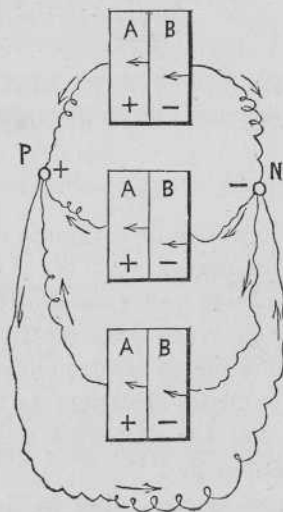


Figura 1.ª—Agrupacion de los elementos. Pila en derivacion ó en cantidad.

Imagínese el lector, que se trata de utilizar varias pequeñas corrientes de agua que perdidas descenden por el valle, y que, ninguna de ellas tiene caudal suficiente para mover una turbina ó rueda hidráulica de importancia. Pues si reunimos en un estanque todos esos afluentes, y del estanque se precipitan juntos al rio en un salto comun, podrán mover la turbina, y tendremos una fiel imágen del agrupamiento de

varios elementos en cantidad. La fuerza electro-motriz ó salto teórico eléctrico de la pila, será exactamente el mismo que el de un solo elemento. Si llamamos E la fuerza electro-motriz de la pila, y e la de un solo elemento, tendremos

$$E=e.$$

Por aquí no habremos pues ganado nada en energía. El salto eléctrico, que es uno de los factores de la energía de la pila, no ha ganado nada absolutamente con el agrupamiento. Pero no ha sucedido así respecto del otro factor del trabajo, que es el caudal eléctrico, ó la *intensidad de la corriente*. Este se ha multiplicado por el número de elementos.

Si representamos por i la intensidad de la corriente que puede dar un elemento, y por I , la intensidad de la corriente que dará la pila de n elementos dispuestos en cantidad, tendremos:

$$I=ni$$

Lo que nos dice que la intensidad de la corriente es n veces mayor que la de un solo elemento.

También será n veces mayor la energía total producida por la pila, que la de un solo elemento.

El trabajo ó energía total de la pila será

$$EI;$$

ó poniendo por I su valor ni , y por E el suyo, que es e , tendremos que la energía total de la pila será

$$nei.$$

Como la energía de un elemento es ei , la de la pila, es n veces mayor.

Pero no se olvide que esta multiplicación de la energía no proviene de la multiplicación del salto eléctrico ó fuerza electro-motriz sino de la suma de los caudales eléctricos de todos los elementos que son los afluentes que vierten su fluido en el botón P .

Echando una ojeada sobre la figura 4 se vé que cada uno de los tres cuerpos A vierte su fluido en el botón P ; que estas tres *corrientes parciales* é iguales, dan *una corriente total* en el hilo interpolar PN ; que en el botón N , la corriente total se divide en tres afluentes que van á los cuerpos B , y de estos á los A .

Claramente se deja comprender que el agrupamiento de varios elementos en cantidad equivale á tener un solo elemento cuya superficie frotante equivalga á la suma de las de todos los elementos.

Todo lo dicho lo está en la hipótesis de que el

hilo metálico interpolar sea bastante corto y grueso para que no perturbe con su influencia la sencillez del fenómeno. En caso de no ser así, las conclusiones á que llegaríamos difieren algo de las dichas. Serían estas:

1.^a *La fuerza electro-motriz de la pila, será como antes, igual á la de un solo elemento.*

2.^a *La intensidad de la corriente crecerá siempre con el número de elementos; pero ya no proporcionalmente á ese número, sino menos rápidamente.*

3.^a *La energía, que es el producto de los dos factores anteriores, crecerá siempre con el número de elementos, pero con menos rapidez que la que señala ese número.*

Por ahora, debe el lector contentarse con estas conclusiones sin demostración. La demostración está en la ley de Ohm que daremos á conocer en otro número: la ley ó fórmula de Ohm le dará luz completa sobre el caso general, que aquí no hacemos más que apuntar.

Conociendo ya las *pilas en cantidad*, se comprenderá la razón de haber dado tal nombre á esa agrupación de elementos. Esa agrupación aumenta el caudal eléctrico, ó la intensidad, ó la *cantidad* de fluido que circula por segundo, mas no la fuerza electro-motriz; no el salto total eléctrico.

Imágen de una pila en cantidad.—Si se quiere tener una imágen de lo que es una pila en cantidad, figúrese el lector las dos vasijas A y B llenas de aire á la presión ordinaria, natural. Figúrese que ambas vasijas comunican por una serie de cortos tubos, todos iguales, y que en cada tubo hay una pequeña hélice: que todas esas hélices giran en el mismo sentido y todas con igual velocidad: que todas impulsan al aire y lo ponen en movimiento tratando de acumularlo en A , y por tanto de enrarecerlo en B . Figúrese además que ambas vasijas comunican entre sí por un largo y delgado tubo que tiene en cualquier sitio de su longitud una llave. Mientras esa llave esté cerrada y las hélices funcionen, ese pequeño aparato representará el papel de una pila cuyo circuito está roto. No habrá corriente aérea porque la llave lo impide. Habrá sí una diferencia de presiones en las vasijas A y B pero nada mas. El fenómeno será estático.

Para que tome el carácter de dinámico, es menester cerrar el circuito, lo que vale tanto como decir, abrir la llave.

Bien habrá comprendido el lector que los elementos de esta pila son las hélices: que el tubo de comunicación es el hilo interpolar: que el

aire representa el fluido eléctrico, aunque groseramente: que esas varias hélices trabajando todas en circuito abierto, no producirán una diferencia de presiones en las vasijas, superior á la que produciría una sola: que juntas implearán sin embargo más cantidad de aire que una sola: finalmente; que la energía de ese conjunto será mayor que la de un solo elemento representado por una sola hélice.

Antes de continuar nuestra explicacion sobre las pilas, queremos hacer una advertencia al lector, y salir al paso á alguna crítica que con aparente fundamento pudiera hacérsenos.

«No se han construido ni menos aplicado pilas, formadas por elementos de frotamiento. ¿Por qué pues, explicarlas?»

El hecho de que no se hayan construido ni aplicado pilas propiamente dichas, fundadas en este primer sistema, no prueba que no sean posibles, ni aún siquiera el que fuesen inferiores á las voltaicas, por ejemplo. Podría ser que fuesen interiores: así al menos lo parece, mirando las cosas por encima; pero no aseguraremos que así es, porque temeríamos que mañana nos desmintiesen los hechos. Nosotros creemos, que este sistema, el más antiguo, es acaso hoy el menos conocido. La pila de Volta, al nacer, casi le extendió la jubilacion, como el sistema de la induccion se la extiende hoy á la pila de Volta. Pero la pila de Volta (hablamos de toda pila hidro-eléctrica) ha sido aplicada de inmenso número de maneras. Por miles hay que contar las pilas inventadas ó medio inventadas; por centenares se cuentan las existentes; no sabemos si queda ya reaccion química medianamente económica y viable que no haya dado margen á una nueva pila. No creemos que el antiguo sistema del frotamiento haya sido favorecido ni con la centésima parte de la atencion y del trabajo que se ha gastado en la pila.

Así, pues; aún cuando parezca extraña novedad nuestro proceder, lo encontraríamos justificado, con sola la razon de la conveniencia de llamar un poco la atencion del mundo sábio sobre este asunto, en nuestro humilde concepto, *prématuramente* desahuciado.

Pero á mas de esta razon tenemos otras. La primera, que al hacer un cuadro de los sistemas, queremos, que aunque abocetado, sea completo. ¿Con qué derecho se excluye hoy al más antiguo, siendo posible, y no habiéndose probado, ni mucho ménos, que sea un sistema estéril bajo el punto de vista de utilidad? La segunda razon es que este sistema abre y simplifica por su sencillez, el camino á los otros tres.

La tercera razon es de unidad científica. Da pena ver hoy el estudio de la electricidad. Apenas si parecen hermanas la electricidad estática y la voltaica, cuando son una sola y misma cosa. La electrizacion por influencia y las corrientes de induccion que son en el fondo una misma cosa, no quieren parecerse ni aún en los apellidos. Se creen necesarias unas sutiles distinciones de origen que no tienen valor científico ninguno, que no sirven más que para aumentar la confusion en la ciencia y en el lenguaje, y para no percibir nunca con claridad la unidad de la ciencia. ¿A qué viene por ejemplo, la distincion sutil de electrizacion producida por frotacion, por presion, por esfoliacion, por choque, y tantas otras por este estilo? Pues consideren los que nos lean, que nuestro propósito en esta primera seccion de la Revista, es exponer los principios de electricidad dejando percibir por todos lados la estrecha relacion de todas las manifestaciones de la energía eléctrica y la unidad en que todos los fenómenos eléctricos se funden; y que á más de esto, no perdemos ocasion propicia de hacer ver que el fenómeno eléctrico, el lumínico, el químico, el magnético, el mecánico, el calorífico, el sonoro, no son en la esencia mas que un solo y mismo fenómeno, toda vez que son *transformables* unos en otros. Si creemos hoy de rigorosa necesidad enseñar la ciencia con este criterio, ¿cómo no hemos de creer rigurosísima la de tenerlo dentro del limitado campo del fenómeno eléctrico?

Aquí tiene el lector la última razon que tenemos que darle para justificar nuestro proceder al presentar con el mismísimo traje los cuatro sistemas principales de producir la energía eléctrica. No queríamos nunca que nuestras omisiones contribuyesen en algo á dar bulto á unas diferencias y distinciones que quisiéramos ver borradas.

Seccion de aplicaciones.

TRASMISION DE LA FUERZA Á DISTANCIA POR LA ELECTRICIDAD.

III.

CÓMO DEBE ENTENDERSE EL TEOREMA DE MT. MARCEL DEPREZ.

La ecuacion fundamental es:

Trabajo total = trabajo útil + trabajo perdido,
ó bien

$$E_i = e_i + R_i^2 + 2r_i^2 \dots \dots (1)$$

Ri^2 es el calor producido ó trabajo perdido en el conductor destinado á salvar la distancia entre las máquinas; de modo que R puede representar esa misma distancia, $2ri^2$ es el trabajo perdido en ambas máquinas, ó sea el calor producido en sus hilos.

El rendimiento, es la relacion entre el trabajo recuperado en la receptriz, que es ei , y el trabajo total gastado en la generatriz que es Ei ó su igual $ei + Ri^2 + 2ri^2$

Así pues el rendimiento es

$$\frac{ei}{Ei} = \frac{e}{E}$$

Doblemos la distancia R , sin cambiar nada más, es decir, conservando á las máquinas los mismos valores E y e .

¿Qué sucederá? La intensidad de la corriente habrá disminuido.

Esta intensidad era antes (sáquese el valor de i de (1)).

$$i = \frac{E - e}{R + 2r}$$

Ahora será

$$i' = \frac{E - e}{2R + 2r}$$

valor más pequeño que el de i .

Resultado. Que el trabajo recuperado ei se ha hecho más pequeño: ahora vale ei' .

Que el trabajo gastado en la generatriz tambien ha disminuido: antes valía Ei ; ahora vale Ei' .

Pero que la relacion

$$\frac{ei'}{Ei'} = \frac{ei}{Ei} = \frac{e}{E}$$

no ha cambiado. No ha cambiado pues el rendimiento.

Se dirá: es verdad; pero en vez de transmitir 4 caballos por ejemplo, resulta que ahora no llegan más que 2, ó 1.

A esto se puede contestar lo siguiente:

Si queremos que la receptriz dé en el segundo experimento el mismo trabajo que en el primero, *sin variar el rendimiento*, nada es más facil, como vamos á demostrar; pero será preciso cambiar los valores absolutos de e y de E , lo cual depende de nuestra voluntad.

Sean e' y E' las fuerzas electro-motrices que nos conviene tener en el segundo experimento, para que no cambie ni el trabajo recuperado, ni el rendimiento.

El trabajo recuperado en el segundo experimento es

$$e' i'$$

ó poniendo por i' su valor, será

$$\text{Trabajo recuperado} = e' \frac{E' - e'}{2R + 2r}$$

El trabajo recuperado en el primer experimento era

$$e \frac{E - e}{R + 2r}$$

Si queremos que sean iguales, establezcamos la ecuacion de condicion

$$e \frac{E - e}{R + 2r} = e' \frac{E' - e'}{2R + 2r}$$

Si además queremos que el rendimiento actual $\frac{e'}{E'}$

sea el mismo $\frac{e}{E}$ que antes teníamos, establezcamos la nueva ecuacion de condicion.

$$\frac{e}{E} = \frac{e'}{E'}$$

De estas dos ecuaciones se deduce que las nuevas fuerzas electro-motrices serán:

$$E' = E \sqrt{\frac{2R + 2r}{R + 2r}} \dots\dots\dots (m)$$

$$e' = e \sqrt{\frac{2R + 2r}{R + 2r}} \dots\dots\dots (n)$$

El rendimiento actual será el mismo que antes, á pesar de haber doblado la distancia. El trabajo recuperado actual será el mismo que antes.

Vemos pues; que ya sea no alterando las fuerzas electro-motrices, ya sea alterándolas *como convenga*, siempre podemos hacer que sea el rendimiento independiente de la distancia.

Verdad es que para transmitir *una fuerza dada*, tendremos que ir aumentando las fuerzas electro-motrices, á medida que crezca la distancia; y tambien es verdad que este aumento tiene un límite práctico que se encontrará en la imposibilidad de aislar los hilos. Cuando las fuerzas electro-motrices son muy grandes es difícil aislar los hilos.

Con esta restriccion impuesta por la práctica no hay inconveniente ninguno en decir:

Siempre está en nuestra mano conservar el mismo valor al rendimiento cualquiera que sea la distancia.

El teorema es cierto, é inatacable.

Si se quiere comprender la razon algebraica en que esta constancia del rendimiento se funda, nada más fácil. Estriba en que hacemos disminuir el valor de la intensidad de la corriente, á medida que aumentamos la distancia de modo

que conseguimos que siempre se verifique esta ecuacion:

$$Ri^2 + 2ri^2 = 2Ri'^2 + 2ri'^2 \dots\dots\dots (a)$$

Que quiere decir: trabajo perdido, convertido en calor en todo el circuito en el primer caso en que la distancia es R , es igual al trabajo perdido en todo circuito cuando la distancia es $2R$.

Para probar que así es, pongamos en la ecuacion (a) en vez de i su valor.

$$\frac{E - e}{R + 2r}$$

y en vez de i' el suyo

$$\frac{E' - e'}{2R + 2r}$$

y la ecuacion (a) se convertirá en

$$(R + 2r) \left(\frac{E - e}{R + 2r} \right)^2 = 2R + 2r \left(\frac{E' - e'}{2R + 2r} \right)^2$$

Poniendo por E' y e' sus valores (m) y (n) resultará una identidad.

Vemos pues: que la conservacion del rendimiento y del trabajo recuperado cuando la distancia aumente, lleva consigo la necesidad de *disminuir* la intensidad de la corriente; así como las ecuaciones (m) y (n) nos hacen ver que es preciso *aumentar* las antiguas fuerzas electro-motrices E y e multiplicándolas por un mismo número que es

$$\sqrt{\frac{2R + 2r}{R + 2r}}$$

número mayor siempre que la unidad: número que no es otra cosa que la raiz cuadrada de la relacion entre la nueva resistencia *total* del circuito ($2R + 2r$), y la antigua ($R + 2r$).

Aún se puede llegar más fácilmente á demostrar que el trabajo perdido en el circuito cuando la distancia es $2R$ vá á ser el mismo que en el primer caso en que la distancia era R .

En efecto, cuando la distancia es R tenemos la ecuacion:

$$Ei = ei + Ri^2 + 2ri^2 \dots\dots\dots (s)$$

Cuando la distancia es $2R$, tendremos:

$$E'i' = e'i' + 2Ri'^2 + 2ri'^2 \dots\dots\dots (t)$$

Pero como hemos determinado los valores E' y e' del modo que indican las ecuaciones (m) y (n), es decir, de modo que sean iguales los trabajos recuperados $e'i'$ y $e'i$ y los gastados $E'i$ y $E'i'$, es claro que de las dos ecuaciones (s) y (t) se deduce:

$$Ri^2 + 2ri^2 = 2Ri'^2 + 2ri'^2,$$

que es lo que se queria demostrar.

Tambien se ha combatido el teorema de que en las dos máquinas idénticas auto-excitatrices de excitacion total que se transmiten la fuerza, el rendimiento venga expresado por la relacion de las velocidades de los anillos.

Demostrado y admitido ya que el rendimiento eléctrico viene expresado por

$$\frac{e}{E},$$

no puede dudarse de que venga tambien expresado por la relacion de las velocidades; puesto que las máquinas son idénticas, é idénticos son los campos magnéticos. Está demostrado que la fuerza electro-motriz de una máquina excitada con independencia es proporcional á la velocidad de rotacion del anillo y á la intensidad del campo magnético.

Si el campo magnético queda el mismo, entonces la fuerza electro-motriz es proporcional á la velocidad. Ahora bien: consideremos las dos máquinas auto-excitatrices idénticas, que la una sirve de motor de la otra. Sean v , e , la velocidad y la fuerza electro-motriz de una de las máquinas; sean V y E las mismas cosas para la segunda. Como la intensidad del campo magnético es la misma, porque la intensidad de la corriente es la misma y los inductores son idénticos, llamando Y la intensidad del campo magnético, de ambas máquinas, tendremos:

$$e : E :: v : Y : VY$$

de donde

$$\frac{e}{E} = \frac{v}{V}$$

Resulta pues, que *en el caso actual* el rendimiento está bien expresado por la relacion de las velocidades de las dos máquinas.

Aunque es verdad que teóricamente el rendimiento de las dos máquinas

$$\frac{e}{E} \text{ ó } \frac{v}{V}$$

depende de nuestra voluntad, y por tanto podemos llevarlo á valer casi 1 lo cual quiere decir que el trabajo recuperado es igual al gastado, esto prácticamente es imposible.

En efecto: para que el quebrado que expresa el rendimiento valga la unidad, es preciso que ambas máquinas (*supuestas idénticas*) giren con igual velocidad; pero entonces la corriente es nula: no hay corriente, porque esta tiene por valor

$$i = \frac{E - e}{R + 2r}$$

expresion nula en cuanto e valga lo que E . De modo que, en este caso ni habia trabajo recuperado ni gastado. Estos dos trabajos se habian igualado porque se habian anulado; y esta manera de igualarse para nada sirve. Pero hay más: solo con dos máquinas ideales, en cuanto á la construccion y desprovistas de todo rozamiento y de toda vibracion, y de toda pérdida de electricidad, podríamos concebir la igualdad de velocidades. En la práctica sucederá siempre que la receptriz, aun girando en vacío, hace un trabajo, aunque sea inútil. En cuanto hace un trabajo, ya su velocidad ha de ser inferior á la de la generatriz. Si queremos obtener el mayor rendimiento posible, será preciso cargar muy poco el freno de la receptriz. Entonces tendremos e muy grande (porque grande será v) y una E mayor aún, *pero poco mayor*: de aquí resultará un valor para

$$\frac{e}{E}$$

próximo á la unidad; pero tambien resultará que recuperamos en la receptriz un trabajo útil (el del freno) insignificante, si bien es verdad que tambien gastamos en la generatriz un trabajo muy pequeño. Ahora bien; si nos proponemos gastar, trasmitir y recuperar un trabajo insignificante; el problema estará muy bien resuelto en el terreno económico. Pero si nos proponemos transmitir 10 caballos de fuerza tendremos que apelar á rendimientos menos ventajosos: tendremos que sufrir que nos llamen derrochadores. Pero no se olvide que lo que es derroche bajo un punto de vista, sucede en la industria que no lo es bajo otro. Así es que á pesar del derroche el problema de la transmision de la fuerza sigue en estudio, no pierde su importancia, y casos habrá en que se imponga como una necesidad.

M. Deprez, que tanto ha hecho en este camino, no creemos que abandone su estudio, ni en el terreno de la teoría ni en el de la práctica. Segun tenemos entendido, ahora estudia la construccion de máquinas especiales para la transmision de la fuerza, creemos que de gran potencia en cuanto á fuerza electro-motriz y en cuanto á dimensiones.

La necesidad de fuerzas electro-motrices elevadas se impone por sí misma, como ya hemos visto.

Aceptando las notaciones del primer caso, antes estudiado, sabemos que el trabajo útil ó recuperado viene representado por

$$ei,$$

y el trabajo gastado por

$$Ei.$$

Si queremos que estos productos sean grandes, no nos queda más recurso que hacer grandes ó el factor i , ó los E y e .

La condicion de que el rendimiento no sea pequeño, exige que E y e no se diferencien mucho. Cuanto menos se diferencien, más pequeño será el valor de i que vale

$$i = \frac{E - e}{R + 2r}$$

Debiendo ser i necesariamente pequeño; por fuerza han de ser grandes e y E para que los trabajos Ei , ei , puestos arriba, puedan ser grandes.

Asi se comprende que en los experimentos de Mr. Deprez en Munich, la generatriz tuviera 2.000 volts y la intensidad de la corriente no llegase á medio ampère.

En la transmision de la fuerza á distancia han de emplearse *grandes fuerzas electro-motrices*; (para transmitir grandes energías), y *poca intensidad de corriente* (para tener buen rendimiento).

Estos son los dos polos sobre que ha de girar la transmision de la fuerza.

ACUMULADORES ELÉCTRICOS.

V.

PROBLEMA SEGUNDO.

Averiguar la cantidad de electricidad que puede dar una bateria de un número fijo y dado de acumuladores, segun sea el agrupamiento.

Supongamos que tenemos N acumuladores, cargados cada uno con una cantidad de energía potencial de K kilográmetros. Se trata de saber si la cantidad de electricidad (coulombs) que circulará en la descarga de esos N acumuladores es fija, ó bien si depende del agrupamiento, y de la resistencia útil R' , como vimos que así sucedia con el tiempo de la descarga.

Recordemos la fórmula del tiempo de la descarga que dimos en el número anterior de la *Revista* y que era

$$T = \frac{gKN}{EI} \dots\dots\dots (1)$$

De esta fórmula sale

$$TI = \frac{gKN}{E} \text{coulombs} \dots\dots\dots (5)$$

que es la fórmula que resuelve el problema.

En efecto: I , es la intensidad de la corriente de descarga ó sea la cantidad de electricidad que circula en cada segundo; y T es el número total de segundos que dura la descarga; luego TI es la cantidad total de electricidad dada por la batería.

Si en la fórmula, (5) ponemos por E su valor te , tendremos:

$$TI = \frac{gKN}{te} \text{ coulombs..... (6)}$$

En esta fórmula, N es constante por hipótesis, y vale, como ya sabemos, tc . En cuanto á g , k , e son siempre constantes. Luego podemos establecer los dos teoremas siguientes:

Teorema 1.º—*La cantidad total de electricidad que da una batería de N acumuladores está en razón inversa del número de elementos de que consta cada serie ó pila parcial: ó sea en razón directa del número de pilas parciales que componen la batería.*

Si se quiere ver más claro lo segundo, no hay más que poner en la fórmula (6) en vez de N su valor tc , y tendremos.

$$TI = \frac{gkc}{e} \text{ coulombs}$$

Teorema 2.º—*La cantidad total de electricidad que dá en la descarga una batería de N elementos ó acumuladores, no depende ni de la resistencia interior r del elemento, ni de la resistencia útil R' ó resistencia exterior; puesto que estas cantidades, r y R' , no entran en la fórmula general (6).*

En virtud del teorema primero, una batería de 100 acumuladores dispuestos en cantidad dará 100 veces más cantidad de electricidad que dispuestos en una sola serie, ó sea en tensión.

En efecto: si la pila está dispuesta en cantidad, tendremos $t = 1$; y la fórmula (6) dará:

$$TI = \frac{gKN}{e} \text{ coulombs}$$

Si la pila está dispuesta en una sola serie, tendremos que t valdrá N ; y la fórmula (6) dará:

$$TI = \frac{gK}{e} \text{ coulombs}$$

Nótese que la misma cantidad de electricidad dá en este último caso una batería de cien elementos que un solo elemento.

SISTEMA DE ALUMBRADO ELÉCTRICO DE WESTON.

II.

Las lámparas eléctricas de arco voltaico (reguladores) se dividen hoy en dos clases: las *monofotas*, que exigen una corriente especial para alimentarse, y las *polifotas* que pueden todas alimentarse de una sola y única corriente. Generalmente se llama á las segundas, *lámparas ó reguladores de division*, porque permiten la division de la luz eléctrica, y pueden colocarse muchas en un solo circuito; lo cual ofrece inmensas ventajas para la economía de la instalación, el cuidado del servicio, y la regularidad de la luz. Como quiera que las lámparas de division pueden reemplazar con ventaja á las primeras, aún empleándola como monofotas, y las monofotas no pueden prestarse á la division de

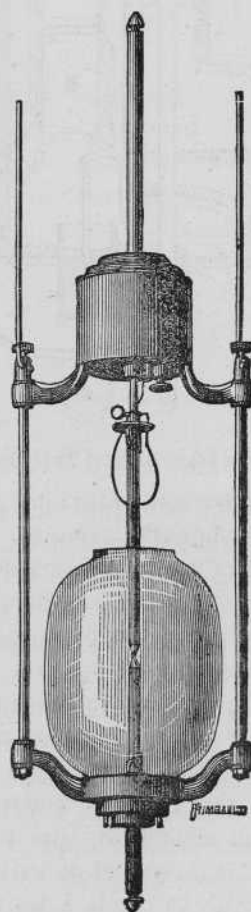


Figura 1.—Lámpara Weston.

la luz, resulta evidentemente que las antiguas lámparas para un solo foco (que esto significa la palabra monofota) están destinadas á desaparecer de la escena del alumbrado. Su muerte parece inevitable; lo cual prueba la valía del progreso que se ha hecho; porque no puede darse

mayor prueba de lo que vale un sistema que la muerte ó desaparicion de los que le precedieron. Por esta razon no trataremos en nuestra *Revista* de ninguna de las antiguas lámparas, dando hoy á conocer la de Weston, y reservándonos para otro dia el hacer un estudio detallado de la lámpara Gramme, cuya regularidad y fijeza de luz nada dejan que desear, y cuya construccion robusta y poco expuesta á descomposiciones la hacen propia para ser manejada por manos poco delicadas.

La lámpara Weston es de division y está fundada, como vamos á ver, en el principio diferencial. El mecanismo está colocado en la parte superior, como se vé en la figura 1 que representa la vista de la lámpara.

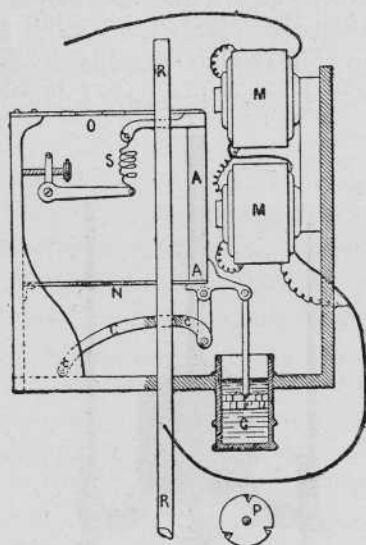


Figura 2.—Diagrama del mecanismo de la lámpara Weston.

Para comprender como funciona este aparato, es preciso seguir la explicacion en el diagrama hecho en la figura 2. El carbon inferior es fijo. El porta-carbon superior *R* resbala libremente en un freno *C*, por su propio peso, cuando la corriente no atraviesa el aparato. El descenso continúa hasta que la punta inferior del carbon superior viene á tocar y á descansar sobre la punta superior del carbon de abajo.

MM es un electro-iman de construccion particular y *A* es su armadura, que no puede tomar otro movimiento que el de vaiven en sentido vertical, porque vá unida á dos resortes planos de acero *N* y *O*, sólidamente fijos por sus extremos á la armazon fija del aparato.

En la posicion de reposo, el extremo superior de la armadura se encuentra un poco por debajo del alma superior del electro-iman. Cuando el electro-iman se haga activo, su atraccion sobre la armadura tendrá por efecto levantar á

ésta y al freno que con ésta se relaciona. El freno participa del movimiento de vaiven de la armadura; pero está construido de tal modo, que solo enfrena al carbon en la parte alta de su carrera, y lo suelta, dejándolo caer, en la parte baja.

La accion del electro-iman sobre la armadura está contrabalanceada por un resorte *S* cuya tension se regula á voluntad por medio de un tornillo que obra sobre la palanca á que vá fijo un extremo del resorte. Para evitar todo movimiento brusco, la extremidad inferior de la armadura soporta un pequeño piston ó émbolo *P* que ha de moverse dentro de un cilindro *G* lleno de glicerina. Este piston se compone de dos discos superpuestos con agujeros que pueden, coincidiendo más ó menos los de un disco con los de otro, taparse más ó menos. Así, al moverse el piston, el líquido encontrará más ó menos resistencia á pasar de un lado al otro del piston, y se moverá éste con más ó menos dificultad. De este modo se suavizan los movimientos de la armadura del electro-iman.

El electro-iman está formado de dos hilos, uno grueso y corto, y otro fino y largo; pero en realidad hay tres capas de hilo arrolladas en cada carrete, como lo representa la figura 3. Las

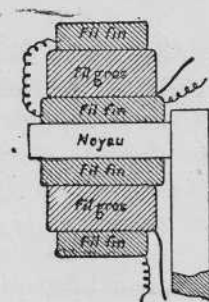


Figura 3.—Corte del electro-iman de la lámpara Weston.

dos capas de hilo fino (que son la exterior y la interior) pertenecen al mismo circuito y están montadas en derivacion sobre los *bornes* (tornillos aprehensores del hilo conductor) de la lámpara. La capa de hilo grueso va arrollada entre las otras dos. Este hilo grueso vá colocado en el mismo circuito que el arco; de modo que la corriente que pasa por él es la misma que pasa por el arco. La corriente derivada que recorre el hilo fino, no contribuye en nada á la formacion del arco, porque pasa del *borne* de entrada en la lámpara al de salida. La corriente de derivacion, obra al revés de la del hilo grueso sobre el alma de hierro del electro-iman, porque vá en sentido contrario de ésta.

Veamos ahora como funciona el aparato.

En el reposo, esto es, cuando no hay corriente, los dos carbones se tocan por sus puntas y forman corto circuito (camino fácil, de corta resistencia á la corriente) con relacion al hilo fino del electro-iman.

La corriente pasa casi en totalidad por el hilo grueso: magnetiza fuertemente al electro-iman M ; éste levanta la armadura A , la palanca del freno C , y con ella el porta-carbon superior R , y el arco se forma entre las puntas del carbon. A medida que se alarga, la corriente de derivacion que pasa por el hilo fino aumenta: el magnetismo de M . Se debilita, puesto que la corriente del hilo fino obra en sentido inverso: la armadura toma una posicion de equilibrio tal que la atraccion de M sobre A contrabalancea la accion del resorte antagonista S , reglado con anterioridad.

Continuando alargándose por el desgaste de las puntas de los carbones, la armadura A desciende un poco más y llega á aquella posicion en que el freno C no puede ya enfrenar al porta-carbon R , y empieza á dejarlo resbalar; pero en cuanto se aproximan los carbones, disminuye la resistencia del arco, crece el magnetismo de M , porque aumenta la intensidad de la corriente de hilo grueso, se levanta la armadura; ésta enfrena y levanta al porta-carbon superior: el arco recobra su dimension del régimen, y todo vuelve al estado del equilibrio otra vez.

La lámpara Weston funciona con un arco voltáico que no llega á tener un milímetro de longitud, lo cual produce una luz más blanca que la de los arcos voltáicos largos é impide que se resienta mucho el arco de las impurezas de los carbones.

El inventor construye tambien lámparas de arco llamadas *Duplex*, porque llevan dos pares de carbones para dos arcos voltáicos. Cuando se consume el primer par, la corriente eléctrica se pasa automáticamente al segundo. Estas lámparas llevan un solo electro-iman para dirigir el avance de los dos pares de carbones. El paso de la corriente del primer par de carbones al segundo, exige un electro-iman especial con su mecanismo propio, que no existe en la lámpara sencilla.

La Compañía titulada *United States Illuminating Company*, organizada para el servicio del alumbrado eléctrico en New-York, emplea la máquina dinamo-eléctrica de Weston con sus últimos perfeccionamientos mecánicos, la lámpara del mismo autor, y la de incandescencia de Maxim que ya conocen nuestros lectores. Dicha compañía ha instalado ya 800 lámparas

de arco, y 1600 de incandescencia. Para la alimentacion y servicio de esas luces ha establecido varias estaciones en el centro de cada distrito de alumbrado. Una de las estaciones, la de Stanton Street tiene cuatro máquinas de vapor, sistema Corliss, de 300 caballos cada una, dando una fuerza total de 1200 caballos. Estas máquinas están destinadas á alimentar 1500 arcos voltáicos. Otras compañías locales se han establecido y funcionan en muchas poblaciones importantes de la Union americana. Una se ha establecido en Newark que ha instalado ya 300 lámparas de arco.

En Boston, en Filadelfia, en New-Haven, en Rochester, en Toledo, en Charlestown y en muchas otras ciudades, se han establecido estaciones ó fábricas de electricidad.

El último modelo de máquina Weston, conserva los caracteres esenciales de los que hemos descrito. El inventor, que hoy está al servicio de la Compañía antes citada como ingeniero jefe, establece hoy el inductor en derivacion sobre el circuito del inducido. La resistencia del hilo de los inductores es bastante grande, para que este hilo no tome más que un tres ó cuatro por ciento de la corriente total desarrollada. Además establece el circuito exterior, que es donde se utiliza la corriente para las lámparas, de modo que tenga una resistencia cuarenta veces mayor que la de la máquina, con lo que consigue reducir mucho la energía eléctrica consumida inútilmente en la máquina, ó lo que es lo mismo, aumentar el efecto útil, ó sea el rendimiento.

La máquina dinamo-eléctrica de 25 arcos voltáicos gira á razon de 900 vueltas por minuto, y dá una corriente de 18 ampères, con 20 lámparas de arco en el circuito. Cada lámpara tiene una resistencia 45 ohms. La máquina absorbe 14 caballos de vapor.

Las lámparas de incandescencia funcionan con el mismo tipo dinamo-eléctrico que las de arco.

Cuando la fuerza electro-motriz de una máquina es constante y su resistencia propia y la de los conductores que alimentan las lámparas, es muy pequeña comparada con la de las lámparas de incandescencia dispuestas en derivacion, se puede admitir *aproximadamente* que la intensidad de corriente que producirá la máquina generatriz, es proporcional al número de lámparas encendidas; de modo que al apagar algunas se notará poco cambio en las que siguen luciendo; y tendríamos entonces un sistema *naturalmente auto-regulador*. Decimos *aproximadamente*, y aún esto con varias salvedades, porque no podemos admitir con el periódico el *Engineering* que

cuando la fuerza electro-motriz es constante, la intensidad de la corriente sea proporcional al número de lámparas, cosa que asegura, sin imponer ninguna salvedad, y que no es más que una aproximación en ciertos casos.

Segun el *Engineering* una máquina de Weston alimentando 100 lámparas de incandescencia ha soportado victoriosamente la prueba de apagar 99 sin que cambiase el brillo de la que quedaba luciendo. Victoria es en efecto; pero victoria que siendo cierta, no prueba en nuestro concepto la absoluta constancia de la fuerza electro-motriz sino más bien al contrario, su variabilidad, para amoldarse á la nueva situación del circuito sin alterar mucho el potencial de la lámpara.

Por otra parte, Weston agrega á su máquina un órgano que le permite cambiar la fuerza electro-motriz cuando las circunstancias lo exijan, para rebajar en totalidad el alumbrado, ó aumentar su potencia: cosa conveniente en muchos casos y particularmente en los teatros. Para ello, usa una pequeña caja de resistencias (un reostato) que por medio de un conmutador, introduce más ó ménos hilo en el circuito derivado que alimenta el inductor.

Aumentando la resistencia de este, disminuye la porción de corriente que lo alimenta; disminuye la intensidad del campo magnético del inductor, y disminuye por tanto la fuerza electro-motriz.

Hé aquí un órgano que permite hacer variar entre ciertos límites la intensidad del alumbrado, sin que haya que cambiar la velocidad de la máquina generatriz.

COSTE DE LA LUZ ELÉCTRICA.

Interin llega el caso de que haya empresas de electricidad organizadas completamente, y con algun tiempo de explotación; interin se aquilata el respectivo mérito de los diferentes sistemas de alumbrado, y de las diferentes lámparas y máquinas, no se pueden establecer cálculos numéricos que inspiren completa confianza sobre el coste de la luz eléctrica por unos y otros sistemas, teniendo en cuenta y apreciando en lo que valen las circunstancias especiales de cada alumbrado. Más todavía: hasta los precios de las máquinas, lámparas, y conductores son hoy por hoy escepcionales, estando sujetos aún á las exigencias de los privilegios por un lado, y por otro á todas las dificultades de los principios. Los talleres de construcción se están formando

y empezando á organizar: los operarios no han acabado su aprendizaje: el *utilage* ni es completo ni perfeccionado.

Todo esto constituye un estado de cosas que rechaza la exactitud numérica: los números que habian de servir de base ni serian exactos hoy, ni aún cuando lo fuesen, lo serian mañana.

Por otra parte, la electricidad, como cualquier otra mercancía, no tendrá el mismo valor en los diferentes mercados.

Dentro de un mismo mercado, dentro de una misma población, el alumbrado eléctrico, saldrá más barato, ó más caro que el gas, segun las condiciones en que se produzca, y segun el sistema que se adopte.

¿Quiere esto decir que no podemos ir reuniendo algunos datos tomados aquí y allá, con el carácter de provisionales, é ir formando un juicio aproximado siquiera de lo que se hace hoy y de lo que podemos esperar mañana? No ciertamente: y en este concepto, damos á nuestros lectores el estudio siguiente, hecho en la Estación de Strasburgo por los ingenieros mismos del ferro-carril.

ALUMBRADO DE LA ESTACION DE STRASBURGO.

La estación de Strasburgo usa el alumbrado eléctrico desde el 30 de Julio de 1881 en que se inauguró. Se colocaron en los andenes 6 lámparas reguladores de arco, con una intensidad luminosa de 350 bujías (35 Cárcel). En las vías se colocaron dos grandes focos de 1.200 bujías. Las 6 primeras que estaban alimentadas por un circuito único, y ardian desde el caer el día hasta la media noche, reemplazaron 54 mecheros de gas. Los dos focos últimos estaban en otro circuito: ardian de sol á sol, y reemplazaron á 34 mecheros de gas.

El 15 de Octubre de 1881, se colocaron 12 nuevas lámparas-reguladoras, para iluminar otros andenes, salas de espera, y los tinglados de grande y de pequeña velocidad. La corriente para esas lámparas está producida por dos máquinas de corrientes alternativas de excitación independiente.

El 5 de Enero de 1882 se instalaron 45 lámparas de incandescencia de una fuerza luminosa de 16 bujías, y 36 de 8 bujías. La Sociedad que las colocó garantiza una duración de 800 horas para estas lámparas. Se colocaron en las salas de espera de 1.ª y de 2.ª clase, en la sala del registro de equipajes, en la oficina telegráfica, en

los cuadrantes de los relojes de la Estacion, en la sala de máquinas y en 16 oficinas. Cuando estas luces no funcionan, la corriente que debia alimentarlas se dirige á otras lámparas de incandescencia en número de 26 colocadas en los andenes; entonces la corriente que iluminaba los andenes se dirige sobre las dos grandes lámparas de arco de 1.200 bujías. El motor general para las tres máquinas dinamo-eléctricas, es una locomóvil de 24 caballos.

Los ingenieros de la Compañía del ferro-carril han querido estudiar el coste de este alumbrado, y hé aquí los detalles que publica el *Verkehrs Zeitung*:

		Coste por	Coste por
		hora y por	hora y por
		lámpara.	bujía.
		Céntimos	Céntimos
		de franco.	de franco.
a.	Lámpara diferencial de 1200 bujías.	80,80	0,0674
b.	» » 350 »	38,48	0,1098
c.	» » 150 »	23,05	0,1536
d.	Lámpara de incandescencia 16 »	2,92	0,1851
e.	» » 8 »	1,48	0,1860
f.	Mechero de gas de 12 »	2,60	0,2219

Para calcular los gastos del alumbrado por gas se ha tomado como punto de partida un consumo de 120 litros de gas por mechero y por hora, y el gas al precio de 0,20 francos por metro cúbico (*)

Los resultados obtenidos se consideran como satisfactorios porque durante los seis meses que lleva funcionando el nuevo sistema de alumbrado, no se ha producido ninguna perturbacion notable.

El empleo en concurrencia de lámparas de diversos sistemas y de diversas intensidades, ha proporcionado la ocasion de formar una idea sobre sus méritos comparativos. La Direccion general de los caminos de hierro llega á esta conclusion: que en general el alumbrado eléctrico puede luchar con el gas bajo el punto de vista del coste; y que en particular las lámparas de incandescencia, en razon de su fijeza, de la igualdad y de la agradable coloracion de su luz, y tambien de la facilidad de *entretenimiento*, merecen la preferencia sobre los otros modos de alumbrado para los espacios cerrados, salas de espera y oficinas.

(*) En Barcelona el gas más barato que se vende es el municipal que cuesta á 0'21 francos el metro cúbico. Por tanto, estamos en el mismo caso arriba considerado.

Seccion de noticias diversas.

La luz eléctrica en las islas Hawai.—Dice *L'Electricien* de Lóndres, que algunos propietarios de ingenios de las islas Hawai emplean la luz eléctrica para la corta de la caña dulce durante la noche.—Si esto es verdad, los antípodas agrícolas se adelantan á los nuestros.

Proyecto de Exposicion de electricidad.—El Club de ingenieros de Filadelfia está gestionando para obtener la convocacion de una Exposicion de electricidad en aquella ciudad.

Enseñanza de electricidad.—La Sociedad de ingenieros civiles de Lóndres, organiza una série de conferencias públicas sobre electricidad, en las cuales tomarán parte las eminencias científicas de la ciencia eléctrica en Lóndres.

M. W. H. Preece tratará de los progresos de la telegrafía.

M. Frédérick Bramwell, de los teléfonos.

M. Siemens, del transporte de la fuerza.

M. Hopkinson del alumbrado eléctrico.

M. Abel del empleo de la electricidad para la explosion.

M. William Thomson, de las unidades eléctricas.

La electricidad fashionable.—Dice un periódico que en el Teatro Real de Manchester, iluminado con 460 lámparas de incandescencia, se presentó la seccion femenina del cuerpo de baile, en número de 26 bailarinas, llevando cada una entre las flores del tocado, en la cabeza, una diminuta lámpara de incandescencia de Swan, alimentada por una pequeña pila que la danzante llevaba oculta, y cuyo peso, (se dice) no pasa de dos libras.

Alumbrado eléctrico en el extranjero.—El buque de la marina británica *Himalaya*, ha recibido el alumbrado eléctrico. Este barco lleva 170 lámparas de incandescencia de veinte bujías de potencia luminosa cada una, y 60 de 10.

—Acaba de ser botado al agua un nuevo *steamer* llamado *Aurania*, de grandiosas proporciones, y construido con todos los perfeccionamientos modernos de la construccion naval. Puede llevar 500 pasajeros de primera clase. El buque es completamente de acero. Sus máquinas pueden desarrollar 10.000 caballos de vapor. Está alumbrado por 60 lámparas de incandescencia.

—El steamer *Dacca* y el vapor escocés *Ivanhoe* reciben el alumbrado eléctrico.

..

—El nuevo boulevard abierto en Cannes (Francia), por la Sociedad Lionesa, gran calle de 3600 metros va á ser alumbrado por lámparas eléctricas reguladoras.

..

—El teatro real de *Huddersfield* (Inglaterra), va á ser alumbrado por la electricidad. Se encarga de la instalacion la sociedad Brush que la hizo antes en el teatro Dewsburg.

..

—La Compañía de Hamburgo tiene hoy alumbrados por a electricidad diez y siete buques suyos.

Transporte de la fuerza por la electricidad.—Esta cuestion tan importante que ha suscitado numerosas discusiones desde hace muchos meses, suministrará bien pronto nuevos elementos experimentales á los interesados. No habiendo dado los experimentos de Munich todos los resultados deseados, por consecuencias independientes de su voluntad, Mr. Marcel Deprez recomienza nuevos ensayos para el transporte de la fuerza á gran distancia. Estos ensayos han principiado el 3 de Febrero, y se proseguirán el 6 sobre el camino de hierro del Norte entre París y Sevran, en buenas condiciones de instalacion y con los aparatos de medida necesarios.

Telegrafia y Telefonía.—Budapest, capital de Hungría, cuenta actualmente 350 abonados á su red telefónica. En Budapest el precio del abono es de 180 florines. En Trieste, la misma Compañía ha establecido 90 como precio del abono. La misma Compañía ha obtenido la concesion del Gobierno austro-húngaro para establecer redes telefónicas en Gratz, en Lemberg, en Cracovia, en Bruun y en Temesvar.

..

—El pasado mes se han cambiado comunicaciones telefónicas entre Lóndres y Brighton. La distancia es de 75 kilómetros.

..

—En Suecia hay ya muchas redes telefónicas de importancia, en Malmoe, Sundwall, Gothembourg, Soderhamn. El número de abonados en estas ciudades asciende á 1554. El precio del abono varia entre 110 y 485 francos segun la distancia.

..

—Lovell, ciudad de los Estados Unidos que por sus filaturas de algodón se llama el *Manchester de la Union* tiene 900 abonados al teléfono. Cada mes instala la Compañía

20 teléfonos nuevos. Lowell tiene hoy un teléfono por cada 62 habitantes. Otra ciudad de la Union, Portland, tiene 700 abonados, que corresponde á un abonado por cincuenta habitantes. Lowell y Portland que distan 115 millas se comunican entre sí telefónicamente.

..

—Segun un diario de Montréal, la Compañía del Teléfono-Bell tiene actualmente oficinas telefónicas en 100 ciudades del Canadá. Tiene un personal de 250 operarios y cuenta con 4250 abonados. La Compañía tiene en Montréal su fábrica de instrumentos y aparatos.

En el último año, la Compañía ha establecido mil millas telefónicas.

Privilegios de invencion.

PRIVILEGIOS DE INVENCION SOBRE ELECTRICIDAD

TOMADOS EN 1882.

PATENTES TOMADAS EN FRANCIA.

(Continuacion.)

- 147.248.—Thomas.—Perfeccionamientos en las lámparas eléctricas.
- 147.587.—Swan.—Perfeccionamiento en las pilas y baterías secundarias.
- 147.639.—Millet.—Nuevo sistema de aparato de alumbrado, llamado *Lámpara eléctrica*.
- 147.748.—Anders.—Sistema de comunicacion telefónica.
- 147.721.—Sociedad de los cables eléctricos.—Sistema Berthond Borel y C.^a Nueva materia aisladora
- 147.722.—Doctor Regnard.—Sistema de quemador de aire carburado.
- 147.738.—Bardon.—Sistema de regulador de lámparas eléctricas,
- 147.760.—Sheridan.—Sistema de máquina dinamo-eléctrica.
- 147.772.—Ventegoul.—Generador de electricidad que se aplica á la produccion de la luz eléctrica y á la produccion de fuerza motriz.
- 147.780.—Demeritens.—Nuevo sistema de acumulador de electricidad.
- 147.798.—Fitz-Gérald.—Lámparas eléctricas.
- 147.797.—Harrison.—Perfeccionamientos en los medios y aparatos propios para dar intensidad á la luz eléctrica.
- 147.891.—Sellon.—Perfeccionamientos en pilas secundarias.
- 147.843.—Bernett.—Perfeccionamientos en las baterías galvánicas.
- 147.856.—Artauld y Tamin.—Perfeccionamientos en las pilas primarias y secundarias.

(Continuará.)