

REVISTA DE TELÉGRAFOS.

PRECIOS DE SUSCRICIÓN.

En España y Portugal, una peseta al mes.
En el extranjero y Ultramar, una peseta 25 cénts.

PUNTOS DE SUSCRICIÓN.

En Madrid, en la Dirección general.
En provincias, en las Estaciones telegráficas.

SUMARIO

SECCIÓN OFICIAL.—Circular.—SECCIÓN TÉCNICA.—Las Matemáticas fuera de la Lógica (continuación), por D. Félix Garay.—Los acumuladores eléctricos, por D. José Echegaray.—SECCIÓN GENERAL.—Cuestión importantísima y difícil.—Miscelánea, por V.—Noticias.—Movimiento del personal.—Errata.

SECCION OFICIAL

Ministerio de la Gobernación.—DIRECCIÓN GENERAL DE CORREOS Y TELÉGRAFOS.—*Sección de Telégrafos.*—*Negociado 3.º*—*Circular núm. 17.*—El día 10 de Mayo último se abrió al público con servicio limitado la Estación municipal de Colmenar Viejo, provincia de Madrid. El 12 del mismo mes se abrió también, con servicio limitado, la Estación telegráfica de Caravaca, provincia, Sección y Centro de Murcia. El 15 del propio mes se abrieron al público, con igual clase de servicio, las Estaciones telegráficas de Cangas de Tineo, Salas y Tineo, provincia y Sección de Oviedo y Centro de Coruña; la de Celanova, provincia y Sección de Orense y Centro de Valladolid, y las de Alcañices y Bernillo de Sayago, provincia y Sección de Zamora y Centro de Valladolid. El día 21 del mismo Mayo se abrió al público con servicio limitado la Estación telegráfica de Beniganim, provincia de Valencia, Sección de Alicante y Centro de Murcia. El día 1.º del corriente se abrió al público con servicio limitado la Estación municipal de Elanchove, provincia de Vizcaya.

La Compañía de ferrocarriles de Madrid á Zaragoza y Alicante abrió al público el mismo día 1.º, con servicio permanente, sólo para el

interior, las Estaciones telegráficas de Balsicas y Meco, provincias respectivas de Murcia y Madrid, con correo en la de Meco.

El conductor asignado á la Estación de Colmenar Viejo figurará con el núm. 807 en el grupo de los de Estaciones municipales, consignándose así en la circular núm. 11 sobre uso de hilos: Pág. 21: «807. Madrid á Colmenar Viejo.» Pág. 33: «Madrid. Colmenar. El 807. Toda clase de servicio.»

Colgado un segundo hilo entre Albaida y Onteniente, y prolongado hasta Játiva, el conductor núm. 239, que figura en el grupo de los escalonados, se entenderá así: Pág. 17: «239. Jumilla á Játiva. Primer trayecto, desde Jumilla á Albaida, el segundo. Segundo trayecto, desde Albaida á Játiva, el único conductor.» Página 37: «Villena. Intermedias entre Villena y Játiva. El 239. Toda clase de servicio.»

El ramal que enlaza la Estación municipal de Elanchove con la del Estado en Guernica, figurará con el núm. 811 en el grupo de los de su clase, anotándose, por consiguiente, en la susodicha circular núm. 11 de este modo: Pág. 21: «Guernica á Elanchove.» Pág. 40: «Guernica. Elanchove. El 811. Toda clase de servicio.»

Sírvase V. hacer las anotaciones que exige la presente circular y acusar su recibo al Centro respectivo, que lo hará á esta Dirección general.

Dios guarde á V. muchos años. Madrid 4 de Junio de 1887.—El Director general, *Angel Mansi.*

SECCION TÉCNICA

LAS MATEMÁTICAS FUERA DE LA LÓGICA

(Continuación.)

LAS CÉLEBRES FÓRMULAS DE MOIVRE

Las fórmulas de Moivre, cuya teoría vamos á explicar á continuación, se ostentan como irrefutable argumento á favor de cierta realidad misteriosa que deben encerrar en su seno las cantidades llamadas imaginarias, por cuanto discutiendo sobre ellas como se discute con las verdaderas cantidades reales y positivas, siguiendo las reglas convencionales puramente algebraicas, se llega á deducir verdades reales también y positivas, que luégo se demuestra que son así, tal y como se han deducido, empleando el método del razonamiento y de la lógica. Por consiguiente, para obtener este resultado, parece como si á través de los rasgos y símbolos sin significación ninguna directa que constituyen un cálculo con expresiones imaginarias, se hubiese infiltrado y deslizado algo como espiritual, algo como intelectual, superior al alcance del entendimiento humano, pero en armonía con él, supuesto que nos ha conducido á la consecución de la verdad.

Mas como yo no créo que en el terreno científico haya nada que esté por encima del sentido

$$\begin{aligned} \text{sen } 3a &= \text{sen } a (\cos^2 a - \text{sen}^2 a) + 2 \text{sen } a \cos a \times \cos a = \text{sen } a \cos^2 a - \text{sen}^3 a + 2 \text{sen } a \cos^2 a \\ \cos 3a &= \cos a (\cos^2 a - \text{sen}^2 a) - \text{sen } a \times 2 \text{sen } a \cos a = \cos^3 a - \cos a \text{sen}^2 a - 2 \text{sen}^2 a \cos a \end{aligned}$$

Colocando en la primera ecuación, en vez de $\cos^2 a$, su equivalente $1 - \text{sen}^2 a$; y en la segunda ecuación, en lugar de $\text{sen}^2 a$, su equivalente $1 - \cos^2 a$, tendremos:

$$\begin{aligned} \text{sen } 3a &= \text{sen } a (1 - \text{sen}^2 a) - \text{sen}^3 a + 2 \text{sen } a (1 - \text{sen}^2 a) = \text{sen } a - \text{sen}^3 a - \text{sen}^3 a + \\ & \quad 2 \text{sen } a - 2 \text{sen}^3 a = 3 \text{sen } a - 4 \text{sen}^3 a \\ \cos 3a &= \cos^3 a - \cos a (1 - \cos^2 a) - 2 (1 - \cos^2 a) \cos a = \cos^3 a - \cos a + \cos^3 a - 2 \cos a + \\ & \quad \cos^3 a = 4 \cos^3 a - 3 \cos a \end{aligned}$$

Es decir:

$$\begin{aligned} \text{sen } 3a &= 3 \text{sen } a - 4 \text{sen}^3 a \\ \cos 3a &= 4 \cos^3 a - 3 \cos a \end{aligned} \quad (q)$$

Si en vez de $3a$ colocamos a , en vez de a tendremos que colocar $\frac{1}{3}a$, y en este caso las dos ecuaciones (q) se transformarán en estas otras:

$$\begin{aligned} \text{sen}^3 \frac{1}{3}a - \frac{3}{4} \text{sen } \frac{1}{3}a + \frac{1}{4} \text{sen } a &= 0 \\ \cos^3 \frac{1}{3}a - \frac{3}{4} \cos \frac{1}{3}a - \frac{1}{4} \cos a &= 0 \end{aligned}$$

de las cuales la primera nos dice que conociendo el valor de $\text{sen } a$, se puede hallar el valor de $\text{sen } \frac{1}{3}a$, resolviendo la ecuación; y la segunda nos dice que conociendo el valor de $\cos a$ se

común y de la razón natural, y como para la investigación de la verdad matemática tampoco creo que haya más instrumento que la lógica ó el raciocinio, si los símbolos vacíos de sentido nos conducen al templo de la verdad, habrá sido por casualidad; y, además, ignoraremos si nos hallamos ó no en dicho templo, mientras no nos lo asegure el entendimiento por medio de su peculiar trabajo legítimo. Esto es lo que vamos á demostrar que sucede con las fórmulas de Moivre.

Recordemos que sin salirnos del campo algorítmico y de la lógica hemos obtenido en la Trigonometría las expresiones siguientes:

$$\begin{aligned} \text{sen } (a + b) &= \text{sen } a \cos b + \text{sen } b \cos a \\ \cos (a + b) &= \cos a \cos b - \text{sen } a \text{sen } b \end{aligned} \quad (m)$$

haciendo $a = b$, resultarán:

$$\begin{aligned} \text{sen } 2a &= 2 \text{sen } a \cos a \dots (n) \\ \cos 2a &= \cos^2 a - \text{sen}^2 a \end{aligned}$$

y en virtud de que

$$\cos^2 a + \text{sen}^2 a = 1 \text{ y } \cos^2 a = 1 - \text{sen}^2 a$$

resultará:

$$\cos 2a = 1 - \text{sen}^2 a - \text{sen}^2 a = 1 - 2 \text{sen}^2 a \dots (p)$$

Hagamos ahora en las fórmulas (m) la hipótesis de que $b = 2a$, y tendremos

$$\begin{aligned} \text{sen } 3a &= \text{sen } a \cos 2a + \text{sen } 2a \cos a \\ \cos 3a &= \cos a \cos 2a - \text{sen } a \text{sen } 2a \end{aligned}$$

Sustituyendo en vez de $\text{sen } 2a$ y $\cos 2a$ los valores que nos dan las ecuaciones (n) y (p), tendremos:

puede obtener el valor de $\cos \frac{1}{3}a$, resolviendo también esta otra ecuación; para lo cual, designando por x la incógnita, que en el primer caso sería $\text{sen } \frac{1}{3}a$, y en el segundo caso $\cos \frac{1}{3}a$, aquellas dos ecuaciones recibirían las formas siguientes:

$$\begin{aligned} x^3 - \frac{3}{4}x + \frac{1}{4} \text{sen } a &= 0 \\ x^3 - \frac{3}{4}x - \frac{1}{4} \cos a &= 0 \end{aligned}$$

Resolviendo la primera ecuación, los valores de x pertenecerían á $\text{sen } \frac{1}{3}a$; y resolviendo la segunda, los valores de x serían los de $\cos \frac{1}{3}a$.

Hasta ahora, para resolver estos dos problemas no hemos salido un momento del terreno del legítimo razonamiento, del verdadero método matemático.

Pasemos ahora al método de Moivre. Este célebre algebrista emplea el cálculo de las imaginarias para llegar á este mismo resultado. Admite como verdaderas las expresiones

$$\sqrt[2n]{-1} = A \sqrt{-1}; (\sqrt{-1})^{2n} = +1; \sqrt[4n+1]{-1} = \sqrt{-1}; \sqrt[4n+2]{-1} = -1; \sqrt[4n+3]{-1} = -\sqrt{-1}; \text{etc., etc.}$$

Y por consiguiente, presenta las dos fórmulas

$$\begin{aligned} \cos a + \sqrt{-1} \operatorname{sen} a \\ \cos b + \sqrt{-1} \operatorname{sen} b \end{aligned}$$

como si fueran dos cantidades reales, y las multiplica, obteniendo:

$$(\cos a + \sqrt{-1} \operatorname{sen} a) (\cos b + \sqrt{-1} \operatorname{sen} b) = (\cos a \cos b - \operatorname{sen} a \operatorname{sen} b) + \sqrt{-1} (\cos a \operatorname{sen} b + \operatorname{sen} a \cos b) \dots \dots \dots (a)$$

Pero como $(\cos a \cos b - \operatorname{sen} a \operatorname{sen} b) = \cos (a+b)$ y $\cos a \operatorname{sen} b + \operatorname{sen} a \cos b = \operatorname{sen} (a+b)$, sustituyendo tendremos:

$$(\cos a + \sqrt{-1} \operatorname{sen} a) (\cos b + \sqrt{-1} \operatorname{sen} b) = \cos (a+b) + \sqrt{-1} \operatorname{sen} (a+b) \dots \dots \dots (b)$$

No debemos pasar adelante sin hacer la observación siguiente: El signo negativo del primer paréntesis del segundo miembro de la ecuación (a), no lo hubiéramos podido obtener si el $\operatorname{sen} a$ y el $\operatorname{sen} b$ de su primer miembro no hubieran estado afectados de $\sqrt{-1}$. Si la multiplicación se hubiera efectuado con $(\cos a + \operatorname{sen} a)$ y $(\cos b + \operatorname{sen} b)$, dicho término hubiera salido

$$\cos a \cos b + \operatorname{sen} a \operatorname{sen} b,$$

y esta expresión no hubiera podido ser sustituida por $\cos (a+b)$. Gracias, pues, á la intervención del $\sqrt{-1}$ hemos llegado á la ecuación (b), que es la base del teorema de Moivre.

Pongamos ahora en su segundo miembro, en vez de $(a+b)$, m , y multipliquemos este mismo segundo miembro por $\cos c + \sqrt{-1} \operatorname{sen} c$, y tendremos:

$$(\cos m + \sqrt{-1} \operatorname{sen} m) (\cos c + \sqrt{-1} \operatorname{sen} c) = \cos (m+c) + \sqrt{-1} \operatorname{sen} (m+c).$$

Vuélvase á poner $a+b$ en vez de m , y resultará para segundo miembro de la ecuación la expresión siguiente:

$$\cos (a+b+c) + \sqrt{-1} \operatorname{sen} (a+b+c).$$

Luego multiplicando el primer miembro por la misma expresión $\cos c + \sqrt{-1} \operatorname{sen} c$, que es por la que se multiplicó el segundo miembro, resultará:

$$(\cos a + \sqrt{-1} \operatorname{sen} a) (\cos b + \sqrt{-1} \operatorname{sen} b) (\cos c + \sqrt{-1} \operatorname{sen} c) = \cos (a+b+c) + \sqrt{-1} \operatorname{sen} (a+b+c).$$

Y así, *por inducción*, podremos inferir que esta fórmula podría ser extensiva á cualquier número de arcos a, b, c, d, e, f , etc., etc.

Además, si suponemos que todos estos arcos sean iguales y en número m , el primer miembro se convertirá en $(\cos a + \sqrt{-1} \operatorname{sen} a)^m$, y el segundo miembro se convertirá en $\cos (ma) + \sqrt{-1} \operatorname{sen} (ma)$.

$$\text{Luego } (\cos a + \sqrt{-1} \operatorname{sen} a)^m = \cos ma + \sqrt{-1} \operatorname{sen} ma \dots \dots \dots (p)$$

Récordemos ahora la ley del binomio de Newton en el desarrollo siguiente:

$$\begin{aligned} (a+b)^m = a^m + m a^{m-1} b + \frac{m(m-1)}{1 \cdot 2} a^{m-2} b^2 + \frac{m(m-1)(m-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} a^{m-3} b^3 + \dots \\ + \frac{m(m-1)(m-2)(m-3)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} a^{m-4} b^4 + \dots \end{aligned}$$

Coloquemos, en vez de a , $\cos a$, y en vez de b , $\sqrt{-1} \operatorname{sen} a$, y resultará:

$$\begin{aligned} & (\cos a + \sqrt{-1} \operatorname{sen} a)^m = (\cos a)^m + m (\cos a)^{m-1} \times \sqrt{-1} \operatorname{sen} a + \frac{m(m-1)}{1 \cdot 2} (\cos a)^{m-2} \times \\ & (\sqrt{-1} \operatorname{sen} a)^2 + \frac{m(m-1)(m-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} (\cos a)^{m-3} (\sqrt{-1} \operatorname{sen} a)^3 + \frac{m(m-1)(m-2)(m-3)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} (\cos a)^{m-4} \times \\ & (\sqrt{-1} \operatorname{sen} a)^4 + \frac{m(m-1)(m-2)(m-3)(m-4)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5} (\cos a)^{m-5} (\sqrt{-1} \operatorname{sen} a)^5 + \text{etc.} \end{aligned}$$

Efectuando operaciones, tendremos como transformación de la ecuación (φ):

$$\begin{aligned} & \cos^m a + (m \cos^{m-1} a \operatorname{sen} a) \sqrt{-1} - \frac{m(m-1)}{1 \cdot 2} \cos^{m-2} a \operatorname{sen}^2 a - \\ & \left(\frac{m(m-1)(m-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} \cos^{m-3} a \operatorname{sen}^3 a \right) \sqrt{-1} + \frac{m(m-1)(m-2)(m-3)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} \cos^{m-4} a \operatorname{sen}^4 a + \\ & \left(\frac{m(m-1)(m-2)(m-3)(m-4)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5} \cos^{m-5} a \operatorname{sen}^5 a \right) \sqrt{-1} - \text{etc.} = \\ & \cos ma + \sqrt{-1} \operatorname{sen} ma. \end{aligned}$$

Ahora bien: el primer miembro de esta ecuación consta de cantidades reales y cantidades imaginarias. Lo mismo le sucede al segundo miembro, y, según los algebraistas, toda la parte real del primero debe ser igual á la parte real del segundo; y además, como la radical $\sqrt{-1}$ no está elevada más que á la primera potencia en todos los términos en donde se halla, toda la parte real que afecte á dicho símbolo en un miembro, debe ser igual á la parte que afecte al mismo en el segundo.

Por consiguiente:

$$\begin{aligned} \cos ma &= \cos^m a - \frac{m(m-1)}{1 \cdot 2} \cos^{m-2} a \operatorname{sen}^2 a + \frac{m(m-1)(m-2)(m-3)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} \cos^{m-4} a \operatorname{sen}^4 a - \text{etc.} \\ \operatorname{sen} ma &= m \cos^{m-1} a \operatorname{sen} a - \frac{m(m-1)(m-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} \cos^{m-3} a \operatorname{sen}^3 a + \frac{m(m-1)(m-2)(m-3)(m-4)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5} \\ & \times \cos^{m-5} a \operatorname{sen}^5 a - \text{etc.} \end{aligned}$$

Hagamos ahora $m = 3$. Estas dos ecuaciones se transformarán en las siguientes:

$$\begin{aligned} \cos 3a &= \cos^3 a - 3 \cos a \operatorname{sen}^2 a. \\ \operatorname{sen} 3a &= 3 \cos^2 a \operatorname{sen} a - \operatorname{sen}^3 a. \end{aligned}$$

Sustituyase en la primera, en vez de $\operatorname{sen}^2 a$, su equivalente $1 - \cos^2 a$, y en la segunda, en vez de $\cos^2 a$, su equivalente $1 - \operatorname{sen}^2 a$, y tendremos:

$$\begin{aligned} \cos 3a &= \cos^3 a - 3 \cos a (1 - \cos^2 a) = \cos^3 a - 3 \cos a + 3 \cos^3 a = 4 \cos^3 a - 3 \cos a, \\ \operatorname{sen} 3a &= 3 \operatorname{sen} a (1 - \operatorname{sen}^2 a) - \operatorname{sen}^3 a = 3 \operatorname{sen} a - 3 \operatorname{sen}^3 a - \operatorname{sen}^3 a = 3 \operatorname{sen} a - 4 \operatorname{sen}^3 a. \end{aligned}$$

O invirtiendo el orden de la colocación de estas dos ecuaciones, tendremos:

$$\begin{aligned} \operatorname{sen} 3a &= 3 \operatorname{sen} a - 4 \operatorname{sen}^3 a, \\ \cos 3a &= 4 \cos^3 a - 3 \cos a. \end{aligned}$$

Compárense estas dos ecuaciones con las arriba señaladas por (η), y veremos que son las mismas.

Luego por medios que hemos calificado de absurdos é ilegítimos, hemos llegado á resultados verdaderos. Lo que nos trae á la memoria aquel diálogo entre dos presidiarios:

—Compadre, si Ud. muere en gracia, que no morirá, y va Ud. al cielo, que no irá, allá nos veremos.

—Pues para de ese modo vernos allí, tendrá que hacer Dios un gran milagro.

Pues lo mismo diremos nosotros. Si las expresiones (α) y (β) fuesen ciertas, que no lo son, y si la fórmula (φ) fuese verdadera, que tampoco lo es, nos encontraríamos en el cielo de la verdad de las ecuaciones (η), lo cual tampoco podría conseguirse sino por medio de algún otro milagro.

Y efectivamente, el milagro es el siguiente:

Ha consistido en transformar el símbolo $\sqrt{-1}$ gratuitamente, y por obra y gracia de nuestra voluntad, en una cantidad hecha y derecha, y luego sujetarla al cálculo fingiendo ejecutar con ella todas las operaciones algorítmicas que se ejecutan con las verdaderas cantidades. Se establece que $(\sqrt{-1})^2$ sea igual á -1 , fundándose en que si tengo una cantidad y extraigo de ella

la raíz cuadrada, y después elevo esta raíz al cuadrado, ha de reproducirse la misma cantidad primitiva. Pero como no se puede practicar la operación de extraer la raíz de -1 , ni luego elevar al cuadrado una cantidad que no se ha podido hallar, y que, por consiguiente, no existe, no habiéndose hecho nada con -1 , queda como antes el mismo -1 , admitiendo la expresión

$$(\sqrt{-1})^2 = -1,$$

como quedaría el mismo un hombre á quien se le hubiese puesto en la cabeza que se hubiese muerto y se había resucitado después, sin que, sin embargo, hubiese sufrido ninguna de estas dos transformaciones.

La introducción del símbolo $\sqrt{-1}$ en los valores reales de *sen* y *cos* nos ha conducido á la fórmula (a), haciendo cambiar el signo del término *sen a* *sen b*, como dijimos arriba, llegando á obtener, por medio de este artificio, la expresión de Moivre designada por (p). Pero después, al elevar *cos a* + $\sqrt{-1}$ *sen a* á la potencia *m*, siguiendo la ley del binomio de Newton, como si este binomio fuese la suma de dos cantidades reales y positivas, vuelven á cambiar de signo algunos términos, pasando de positivos á negativos por efecto de las expresiones convencionales que hemos atribuido á las diversas potencias de $\sqrt{-1}$, y que al principio indicamos. Por esta causa, y por haber admitido el principio de que en una ecuación cuyos dos miembros constan de cantidades reales y cantidades imaginarias, las reales del primer miembro deben ser iguales á las del segundo, así como las imaginarias del primero iguales también á las del segundo, suponiendo que no haya en ambos más factor imaginario que el $\sqrt{-1}$, hemos llegado á las ecuaciones (q), que son verdaderas en el terreno de la lógica y de la realidad.

Los errores, pues, y las falsedades que en el curso de esta investigación se han ido cometiendo han sido de tal índole, que los unos han destruido á los otros, y de transformación en transformación, y de corrección en corrección, nos han conducido á expresiones verdaderas. Pero como en nuestro viaje no nos ha guiado la luz del raciocinio, es como si hubiésemos caminado á oscuras. Y si hemos llegado á buen término, habrá sido por casualidad, sin que sepamos si efectivamente hemos arribado ó no al puerto debido ó señalado de antemano, y que era el blanco de nuestro propósito.

Si para llegar á obtener las dos expresiones designadas por (q) no conociésemos más método que el que acabamos de explicar, y que es debido á Moivre, nadie podría atreverse á dar testimonio de

su veracidad, porque no las hemos descubierto con el raciocinio, sino por medio de combinaciones de símbolos sin significación y puramente convencionales. Pero como dichas expresiones las hemos obtenido al principio de este escrito sin salirnos del campo de la realidad y de la lógica, podemos asegurar que son completamente ciertas; pero solamente por esta razón, porque nos lo ha dicho la lógica, y de ninguna manera porque nos hayan conducido al mismo resultado las operaciones más ó menos ingeniosas que hemos hecho con símbolos vacíos de sentido en el campo meramente figurado.

Todas las consideraciones que hemos explicado con la hipótesis de $m = 3$ aplicada á las ecuaciones (v), podremos repetir las, dando á *m* diferentes valores, cuya discusión omitimos por ser innecesaria á nuestro intento, contentándonos con haber demostrado lo suficiente para convencerse de que las fórmulas de Moivre (v) para hallar los senos y cosenos de ciertas fracciones de arcos cuyos senos y cosenos conozcamos, presentan sí cierto carácter de generalidad, aunque no sea más que simbólica, que puede ser cómoda y hasta útil y conveniente para un calculista, pero que carecerían de toda base de certidumbre si por otro lado y por otros senderos los métodos lógicos no vinieran á prestarles su indeleble sello de certeza.

FÉLIX GARAY.

(Continuad.)

LOS ACUMULADORES ELÉCTRICOS

POR DON JOSÉ ECHEGARAY

La casa editorial de Montaner y Simón, de Barcelona, está publicando un excelente *Diccionario enciclopédico hispano-americano*, en el cual se halla encargado de la sección de *Electricidad* el distinguido físico y matemático, á la par que literato insigne, D. José Echegaray.

Hojeando los primeros cuadernos de esa notable publicación, encontramos el extenso trabajo siguiente sobre *Acumuladores*, que iremos publicando en las columnas de la REVISTA DE TELEGRAFOS, mediante la generosa autorización que los editores catalanes nos han concedido.

**

ACUMULADOR ELÉCTRICO. *Fis.* El acumulador eléctrico es un aparato de invención moderna y de gran porvenir.

En razón, pues, á su importancia, deberán tratarse aquí todas las cuestiones que á los acumuladores eléctricos se refieren, con la posible extensión; y para mayor claridad de cuanto va á exponerse, se dividirá este trabajo en los siguientes puntos:

- 1.º Idea general sobre los acumuladores eléctricos.
- 2.º Descripción sumaria de los principales.
- 3.º Condiciones prácticas y teóricas de los mismos, y problemas que á ellos se refieren.
- 4.º Datos numéricos.
- Y 5.º Aplicaciones de los acumuladores.

1.º IDEA GENERAL SOBRE LOS ACUMULADORES ELÉCTRICOS. En rigor, un acumulador eléctrico no es más que una pila hidroeléctrica; y aunque de las pilas ha de tratarse en artículo separado, es indispensable para la buena inteligencia de lo que sigue, dar aquí una idea sucinta del tipo general de estos aparatos. Dichas pilas se componen de un cuerpo sólido y de un líquido susceptible de atacar al primero químicamente: por ejemplo, zinc y agua acidulada. En la superficie de contacto de ambas sustancias se realiza un trabajo químico, acompañado de otro trabajo físico, que puede suponerse, ya porque así sea, ya simbólicamente, reducido á extraer éter del lado del metal y á condensarlo del lado del líquido, lo cual crea un desnivel eléctrico, ó dicho en sus verdaderos términos, una diferencia de potencia ó de fuerza electromotriz.

Esto es en sustancia una pila hidroeléctrica: es lo mismo que si se aplicase una máquina de vapor á extraer agua de un estanque y á elevarla á otro depósito más alto: el nivel en el primero descendería, iría subiendo en el segundo, y de este modo se habría creado una *caldra de agua*, es decir, una potencia latente que podría utilizarse en cualquier momento por medio de turbinas, por ruedas ó por cualquier receptor hidráulico apto para recoger la energía del agua al pasar ésta del nivel superior al nivel inferior y al restablecer el estado primitivo; en cuyo movimiento inverso devuelve todo el trabajo que la máquina elevatoria desarrolló poniendo en dos alturas distintas el líquido que antes permanecía equilibrado en una sola.

Hemos dicho que los acumuladores eléctricos son verdaderas pilas hidroeléctricas; pero difieren de éstas totalmente por su origen, como veremos muy en breve.

Imaginemos una pila hidroeléctrica, ó una máquina Gramme, ó cualquier aparato capaz de engendrar una corriente eléctrica; en suma, y prescindiendo del procedimiento generador, imaginemos una masa de éter por un hilo metálico.

Una corriente eléctrica que circula por un alambre, es, ó puede considerarse en forma de simbolismo, como una masa de agua que corre por un lecho ó por una cañería: es un río de éter fluyendo por un cauce metálico, y lleva en sí, como toda masa en movimiento, fuerza viva, energía, potencia utilizable. Cualquier corriente líquida en su curso, ya en los saltos que encuentra, ya por su propia velocidad, puede efectuar muchos y variados trabajos industriales y otros muchos de diversa índole: pues lo mismo puede decirse de toda corriente eléctrica. La primera, si encuentra un repentino desnivel, cae también de repente, y golpea y quebranta y disgrega el fondo de la catarata, y lo va socavando aun siendo de durísima roca, que pronto se convierte en lajas, en piedras sueltas y en arenas. La segunda va tranquila, digámoslo así, por su férreo cauce; pero de pronto se interrumpe éste, el alambre penetra en el líquido acidulado de un vaso y ya no sigue, y más allá del mismo vaso sale otra vez el conductor metálico con-

tinuando su camino sin nuevas interrupciones. Pues esto es lo que puede llamarse, como en el primer ejemplo, un desnivel, un salto, una caída en el cauce metálico y á través del agua del baño: viene en efecto el éter por el alambre, de pronto queda cortado su camino, y entonces salta por el agua, busca otra vez el hilo de hierro, que es como buscar su primitivo cauce, y por él sigue adelante como seguía el río después de llegar al fondo de la catarata.

Ahora bien: estos vasos con agua acidulada en que penetran los dos extremos de un conductor, ó si se quiere en que la falta de continuidad de un hilo metálico es sustituida en parte por una masa de líquido, de suerte que la electricidad tiene que abandonar el alambre, saltar por el agua acidulada y volver á tomar el otro extremo del conductor, es lo que se llama en términos generales y lo que Faraday llamaba un voltámetro.

Precisamente en el voltámetro y en ciertos fenómenos que á él se refieren está el origen de los acumuladores eléctricos, como ha de verse más adelante.

Continuando ahora con el ejemplo anterior, échase de ver fácilmente que en lo que hemos llamado salto eléctrico, también el río de éter conmueve, desagrega y rompe su accidental cauce, que es el agua; la sacude, decimos, como la catarata sacudía su fondo, y hace saltar lajas que aquí se llaman oxígeno ó hidrógeno; porque como la roca estaba compuesta de capas, así el agua está compuesta de ambos gases; y como la ruptura más fácil era en la roca por las uniones de los bancos, la ruptura más fácil del agua es también por la unión de ambos cuerpos.

Sólo que aquí la separación se efectúa con cierto orden que también existe allá, aunque otra cosa parezca: y el oxígeno se acumula en el polo positivo, es decir, en el extremo del alambre que viene de dicho polo, y el hidrógeno en el que viene del polo negativo; y si ambos alambres terminan por dos hitos de platino, y sobre ambos hilos se colocan dos pequeñas campanas de cristal, en ellas podrán recogerse los dos gases, y habremos realizado, dicho sea de paso, la descomposición del agua por la electricidad, operación que se llama *electrólisis*, y no es otra cosa que el análisis del agua por medio de la corriente eléctrica.

Y aquí ocurre una pregunta y ocurre una duda también, de las cuales conviene dar oportuna explicación.

La corriente, podrá decirse, nace en la pila de una acción química que domina, por decir así, la síntesis; y en el voltámetro, la misma corriente es causa de que el agua se descomponga: pues bien, ¿á qué va unida en último resultado la corriente eléctrica, al análisis, ó á la síntesis? ¿Favorece la unión de los agentes químicos, ó provoca su alejamiento?

Como no podemos penetrar, por la índole de este trabajo, en extensas lucubraciones de mecánica química, será más rápido y más conveniente que nos valgamos de un ejemplo. Una cuerda pasa por una polea colocada á 10 metros sobre el suelo; al extremo superior de dicha cuerda se ata un peso de 40 kilogramos; á la extremidad que toca á tierra se sujeta otro de 20, y es claro que el primero dominará, que descenderá á lo largo de los 10 metros, y que al paso que baja irá subiendo el de los 20 kilogramos hasta llegar á toda la altura que la polea permita.

Pues en rigor esto sucede con la pila y con el voltámetro: la acción química de la primera es superior á la resistencia química del segundo, como el trabajo motor de los 40 kilogramos descendiendo de 10 metros era superior al trabajo resistente de los 20 kilogramos al elevarse á dicha altura; y como en el mundo físico *lo más vence á lo menos*, y como el peso mayor para caer necesitaba que el peso menor subiese, subió éste y bajó aquél: dos efectos á primera vista contrarios, pero idénticos en el fondo. Pues de igual suerte, como los dos sistemas *pila* y *voltámetro* estaban unidos por la corriente, que podemos decir que es hilo especialísimo de una imaginaria polea, y como la acción del agua acidulada y del zinc es en suma superior á la resistencia que á separarse oponen el oxígeno y el hidrógeno del agua, vence aquella y cede ésta, y el oxígeno se une al zinc en la pila, y el oxígeno se separa del hidrógeno en el voltámetro, y aquel peso químico, si la imagen vale, ha llevado tras sí á este otro peso químico, menos energético que el primero.

Con estas sencillas y casi vulgares explicaciones basta para comprender rápidamente la teoría de las pilas secundarias ó de los acumuladores eléctricos.

Cuarenta kilogramos cayendo elevaron otros 20 kilogramos, decíamos en nuestro ejemplo; pero ocurre desde luego que estos 20 kilogramos colocados á 10 metros de altura representan una energía latente, y que si del extremo inferior de la cuerda se quitan los 40 kilogramos y se ponen 5, bajarán los 20 como fuerza motriz y subirán los 5 como resistencia.

Pues bien: si en el voltámetro tenemos en un polo el oxígeno y en el otro el hidrógeno, ¿hay más que separar dicho voltámetro de la pila principal, que considerarlo como una verdadera pila, y que unir sus polos, es decir, sus hilos de platino por un nuevo conductor, para obtener una nueva corriente? Esto hace presentir la razón natural, y esto ha comprobado la experiencia, pues no fué otra la de Gautherot en 1801.

Vamos, pues, que el voltámetro obra como una verdadera pila, pero que fué antes preparado por la acción directa de una pila ordinaria; y hé aquí por qué á los acumuladores se les da el nombre de *pilas secundarias*.

Detengámonos, sin embargo, en estas ideas fundamentales.

Toda corriente eléctrica que descompone un cuerpo compuesto, acumulando sus elementos simples en los dos polos de un vaso voltaico, engendra sólo por este hecho un par secundario de mayor ó menor intensidad; porque si ambos cuerpos polarizados tienden á unirse, tienden á la vez á engendrar una corriente, por decirlo así, de segundo orden, ó derivada de la principal, y presentan, por lo tanto, una potencia utilizable en el interior del vaso electrolítico.

Pero aun puede explicarse esto más claramente despojándolo de términos técnicos y de todo aparato científico.

Cuando se da cuerda á un reloj, se acumula cierta cantidad de trabajo en el resorte, trabajo que más tarde y lentamente se consumirá mientras dure la marcha del mecanismo: puede decirse que se ha acumulado energía y que se ha creado una potencial por medio de la fuerza de los músculos que dieron cuerda al aparato, convirtiéndola en fuerza elástica de un resorte.

Otro ejemplo aún: cuando una máquina eleva agua de un estanque y la vierte en un depósito superior, aquella masa líquida, llevada á un nivel más alto que el primitivo, es una potencia latente, que la industria podrá utilizar cuando le plazca. Los dos niveles, el superior y el inferior, determinan un desnivel real, que es como una diferencia de potenciales; y decimos diferencia de potenciales, porque cada nivel por sí, con relación al nivel del mar, es una potencia latente y la utilizable entre uno y otro depósito es la diferencia de ambas.

Otro ejemplo todavía: cuando se establece en una máquina de vapor una alta temperatura de miles de grados en el hogar de la caldera y otra temperatura con agua fría en el condensador, también se engendra un desnivel de temperaturas como antes se engendraba un desnivel hidráulico; y todo cuerpo al caer, digámoslo así, de la temperatura del carbón hecho ascua á la temperatura de agua fría, ó de otro modo, al perder calor en determinado ciclo, también cae desarrollando trabajo; de donde resulta que la diferencia térmica de ambos representa una verdadera potencia latente, ó sea una diferencia de potenciales.

En fin, y sea éste el último caso particular que presentemos, cuando cualquier persona levanta del suelo una pesa, por ejemplo, de 15 kilogramos, á cinco metros de altura, ha establecido dos desniveles con una diferencia de cinco metros, y ha acumulado un trabajo de 15×5 , ó sean 75 kilográmetros; ó de otro modo, ha puesto en disposición de utilizarse una energía de un caballo de vapor, energía que permanecerá latente y disponible hasta que se deje caer la pesa de 15 kilogramos de toda la altura indicada.

Pues de igual modo, cuando la corriente eléctrica principal descompuso el agua y acumuló hidrógeno en el polo negativo y acumuló asimismo oxígeno en el polo positivo del vaso de la experiencia que referimos, no hizo dicha corriente más que crear un desnivel eléctrico: fué como apretar un resorte, como poner el agua en dos niveles, como preparar dos temperaturas distintas, como separar un cuerpo de la tierra aumentando la distancia de ambos. Y quizá esta última es la comparación más exacta.

Levantar una persona un peso que está en el suelo á cierta altura, es como meterse, y valga lo vulgar de la expresión, entre el globo terráqueo y dicho peso, y obrando á manera de resorte, separar uno y otro por el impulso de algún hacia arriba y por el impulso de éste hacia abajo. Porque es lo cierto, dicho sea entre paréntesis, que al levantar una masa á cierta altura, indefectiblemente empujamos en sentido contrario al esferoide terrestre con todos sus mares y montañas, con sus volcanes y sus nieves, con sus bosques y sus desiertos, con sus graníticos abismos y su dilatada atmósfera, con todos sus monstruos y todos sus pueblos, así los troncos de los monarcas como las chozas de los mendigos: todo lo empujamos ciertamente hacia el espacio que se extiende bajo nuestras plantas y sobre nuestros antipodas. Cantidad pequenísima que sería invisible si fuera representable, pero que tiene valor real y que con cierta aproximación y en la región de la teoría hasta pudiera calcularse.

Ahora bien: separar de un lado toda la tierra que

nos sostiene, de otro lado un peso de 15 kilogramos, estableciendo entre ambas masas cinco metros de desnivel, es tanto, para la esencia del fenómeno, como separar un átomo de oxígeno de una molécula de hidrógeno á la distancia que media entre los dos polos del vaso voltaico: la tierra y el peso tienden á unirse desarrollando cierta energía que podrá engendrar á su vez una nueva corriente eléctrica.

En resumen, en todo vaso electrolítico hay una potencial eléctrica que puede dar origen, cuando se unen los dos polos por un conductor, á una nueva corriente de éter de más ó menos intensidad: tal es el verdadero fundamento de las *pilas secundarias*, cuya denominación ahora podemos comprender sin dificultad: llámense secundarias porque son verdaderas pilas hidroeléctricas, pero que han sido preparadas, ó al menos pueden serlo, por cualquiera de las pilas conocidas hasta hoy, á las que por ese motivo se da el nombre de *pilas primarias*.

No es por lo demás muy exacto el nombre de acumulador eléctrico, porque no es electricidad lo que se acumula en la pila, sino la potencia necesaria para engendrarla.

En la experiencia de Gautherot, que ya hemos citado, la acumulación de oxígeno é hidrógeno se verificaba en dos probetas; en las experiencias de Ritter ambos gases se dirigían sobre láminas de oro, de cobre, de hierro; muchos físicos han variado la naturaleza de los acumuladores polares; pero M. Planté fué el primero que aplicando el plomo á este género de experiencias, obtuvo resultados de verdadera importancia práctica.

M. Gastón Planté ponía en una especie de botella dos láminas de plomo convenientemente arrolladas para que con una gran superficie presentasen poco volumen, cuidando desde luego de que no estuviesen en contacto inmediato, y llenaba, por último, dicha capacidad con un líquido compuesto de nueve partes de agua y una de ácido sulfúrico.

Una de las láminas de plomo representaba el futuro polo positivo de la pila secundaria; representaba la otra por su parte el polo negativo, y para cargar la pila bastaba poner en comunicación ambas láminas por medio de hilos metálicos con los dos polos de una pila principal ó primaria, sometiendo aquélla durante cierto tiempo á la constante acción de la corriente eléctrica engendrada por esta última.

La teoría del fenómeno físico-químico que se presenta es en extremo sencilla, al menos considerada en sus rasgos generales.

La corriente eléctrica descompone el agua del acumulador; á la lámina de plomo que comunica con el polo negativo se dirige el hidrógeno; á la segunda lámina, ó sea á la que comunica con el polo positivo, viene á parar el oxígeno, y uniéndose al metal forma un óxido de plomo: sólo con esto, la pila queda ya dispuesta y, como se dice en términos técnicos, *cargada*; una potencial eléctrica hállase almacenada, por decirlo así, en el vaso; dos cuerpos distintos, á saber, plomo y óxido de plomo, en presencia uno de otro constituyendo un par, y en suma, una cierta energía eléctrica resulta *embotellada*, y perdónese nos la palabra, y á disposición de quien de ella quiera disponer.

Porque es lo notable de estos acumuladores que muchos de ellos conservan varios días su potencial ó su

carga eléctrica, aunque esta última frase no sea muy exacta, como ya hemos indicado. Se carga en Londres, en efecto, una batería Planté, se expide por un baque de vapor á los Estados Unidos y aun llega en disposición de funcionar y aun conserva por algún tiempo su oculta y admirable energía á disposición de la industria.

Tales son las pilas secundarias de Planté en sus rasgos generales consideradas, y prescindiendo por la naturaleza de este trabajo de varios problemas físicos y químicos que vienen en cierto modo á corregir ó, mejor dicho, á completar la teoría anteriormente expuesta.

Posteriormente M. Faure, distinguido Ingeniero químico, ha realizado una mejora de importancia en la pila Planté.

Dicho inventor, en vez de introducir en agua acidulada dos láminas de plomo puro (en rigor la superficie será óxido de plomo) como electrodos acumuladores, es decir, como superficie de acumulación, introduce dichas láminas rodeadas de una capa de minio, que, como se sabe, es un óxido de plomo, ó sea una combinación de oxígeno y de plomo, y por el acumulador así preparado, se hace pasar la corriente eléctrica, como se hacía pasar por la pila Planté; pero los efectos químicos son algo diferentes. Recordaremos que el agua está como formando una capa intermedia entre las dos capas de minio que cubren las láminas de plomo; de suerte que bien puede decirse que tenemos agua (ú oxígeno é hidrógeno) entre dos cuerpos iguales, á saber, minio, ó sea una combinación de oxígeno y plomo. Pues bien: bajo la acción de la corriente eléctrica, el agua se descompone, su hidrógeno se apodera del oxígeno del minio, y en este lado queda plomo puro; su oxígeno en cambio se acumula al minio de la otra parte, y resulta un peróxido de plomo, ó dicho en términos vulgares, un plomo más oxigenado, con lo cual tendremos cargada la pila, es decir, dos cuerpos distintos, plomo y peróxido de plomo, con potenciales diversas; ó de otro modo, una verdadera caída ó desnivel eléctrico.

Tal es la idea general que podemos dar de los acumuladores eléctricos sin detenernos en multitud de cuestiones de carácter científico ó de carácter técnico que no tienen cabida en un escrito de esta índole.

Pasemos ya al segundo de los puntos indicados al principio de este trabajo.

2.º DESCRIPCIÓN SUMARIA DE LOS PRINCIPALES ACUMULADORES.—En breves años, el número de acumuladores ó pilas secundarias ha crecido prodigiosamente, y sería preciso escribir un libro entero si hubiéramos de reseñar todos los privilegios de invención sobre pilas secundarias que se han tomado de algún tiempo á esta parte. Nos limitaremos, pues, á una ligera noticia sobre los principales acumuladores que han ido inventándose desde que Mr. Planté inició este importantísimo descubrimiento.

Acumulador Planté.—Prescindiendo de las experiencias de carácter científico de Mr. Planté sobre la polarización de las pilas y el modo de utilizarlas, y viniendo al terreno práctico ó industrial, puede decirse que el acumulador Planté con electrodos de plomo no es otra cosa que el aparato descrito anteriormente.

Unas veces Mr. Planté *arrollaba*, según hemos dicho, las láminas de plomo (con las debidas precauciones para que no estuviesen en contacto, á cuyo fin las

separaba por bandas de caucho; otras veces empleaba láminas planas de plomo paralelas unas á otras y sumergidas en recipientes de gutapercha: todos estos pormenores pueden variar; pero la esencia del aparato es siempre la misma, y su teoría y su modo de funcionar son los que ya hemos explicado.

Resulta de lo dicho que la pila Planté, como todas las pilas secundarias, exige una operación previa, á que se da el nombre de *formación* de la pila, porque, en efecto, mediante ella se forma la pila eléctrica, que antes era un sistema de todo punto inerte. Mientras el plomo está en presencia del plomo, el nivel eléctrico es el mismo, la homogeneidad destruye toda energía, y sin caída de potenciales no hay trabajo industrial posible.

Es preciso, pues, someter al acumulador á una corriente eléctrica para diferenciar los electrodos y dar potencial eléctrica al aparato; de donde resulta que para cargarse el acumulador necesita que durante mucho tiempo pase por él una corriente eléctrica, y á este período de tiempo es al que se da el nombre de período ó *tiempo de formación*.

En un principio, el acumulador Planté necesitaba estar más de quinientas horas sometido á la corriente eléctrica de formación, al fin de cuyo período por cada kilogramo de plomo puede suponerse una capacidad de acumulación de 10 á 12.000 coulombs; pero tratándose de acumuladores ya muy usados, y en que por lo tanto el trabajo de formación ha sido grande, Planté ha llegado á obtener 36.000 coulombs por kilogramo de metal.

También, en la hipótesis de quinientas horas de formación, obtenía el físico de que venimos ocupándonos una potencial próximamente de 2 volts, y en casos muy exceptuados de 2,15 volts.

Y aquí aparece ya el principal inconveniente del sistema Planté y la carestía, digámoslo así, de sus acumuladores. Estar cargando ó, mejor dicho, *formando* (porque son cosas distintas) durante quinientas horas, es decir, más de veinte días útiles, un acumulador para no conseguir sino 10.000 coulombs y 2 volts, no es ponerse en condiciones verdaderamente industriales. Pero antes de continuar este trabajo, y para que no sea del todo ininteligible, preciso será que, abriendo un paréntesis á la materia principal que nos ocupa, expliquemos dos denominaciones que acabamos de emplear, que son de importancia extraordinaria en toda cuestión de electricidad, y que, esto no obstante, es de creer que para el lector de este diccionario sean, ó completamente nuevas, ó poco familiares.

Nos referimos al *coulomb* y al *volt*. Ambos términos no son otra cosa que dos unidades eléctricas, y su explicación detallada ha de encontrarse en el artículo de este diccionario que trata de dicha materia; pero á fin de facilitar la lectura del presente artículo, daremos una idea sucinta de ambas unidades, valiéndonos, como hacemos siempre en estos casos, de comparaciones sencillas y casi vulgares.

En toda caída de agua hay que considerar dos elementos, si se quiere medir la energía ó trabajo motor de que es capaz, á saber: el volumen ó el peso de agua por unidad de tiempo, y la altura de la caída: peso de agua y camino que recorre son, en efecto, los dos fac-

tores del motor hidráulico; un metro cúbico de agua que pesa 1.000 kilos, y una caída de 10 metros, representan una energía motriz igual á 1.000×10 , ó sean 100.000 kilogrametros, que, divididos por 75 kilogrametros, darían el número de caballos de vapor á que la caída de agua equivale (porque cada caballo de vapor es igual á 75 km.).

Pues consideraciones análogas sirven para determinar el trabajo mecánico de que es susceptible una corriente eléctrica.

Cantidad de agua y caída, decíamos antes: cantidad de electricidad, ó si se quiere masa de éter, y diferencia de potenciales, decimos ahora.

Y bien, el *coulomb* no es más que la unidad elegida, en el sistema moderno de unidades, para medir la cantidad de electricidad que en un segundo de tiempo atraviesa un conductor.

Y el *volt* es, en cambio, la fuerza electromotriz, como generalmente se dice, ó la diferencia de potenciales entre los dos polos de la corriente, ó si se quiere el *desnivel eléctrico*.

De estas y de las demás unidades eléctricas se tratará con la debida extensión en el artículo correspondiente; por ahora basta con las indicaciones que acabamos de hacer.

Volviendo al objeto principal, vemos que el inconveniente del acumulador Planté consiste en el tiempo excesivo que se necesita para su formación y que, como hemos dicho, pasa de quinientas horas.

Comprendiéndolo así el insigne físico á que nos referimos, ha ideado otros procedimientos para la formación más rápida de los pares secundarios, llegando á veces á formarlos en ocho días; pero los nuevos procedimientos, según la opinión de personas prácticas, tienen graves inconvenientes, que por la naturaleza de este escrito no nos detendremos á examinar.

Para cargar un acumulador Planté se necesita el empleo durante cierto tiempo de una corriente eléctrica que lo atraviese, y dicha corriente representará el verdadero trabajo eléctrico de producción, que podemos llamar el *gasto*.

Suprimida esta corriente, y utilizando el acumulador como productor á su vez de una corriente eléctrica, ésta representará el *producto*, y la relación entre ésta y aquélla, es decir, entre el producto y el gasto, será precisamente el *rendimiento* del sistema.

Mr. Planté ha obtenido por una larga serie de experiencias que el rendimiento de sus acumuladores es casi de un 90 por 100: resultado extraordinariamente ventajoso, pero del cual nos ocuparemos más adelante.

Acumulador Favre.—Este distinguido Ingeniero químico ha procurado evitar el inconveniente principal del acumulador Planté, aplicando *minio* sobre los electrodos de plomo; de esta manera la pila puede decirse que se compone de dos láminas de plomo recubiertas de óxido de plomo, y en el período de la carga la reacción química que, bajo la acción de la corriente eléctrica se verifica, difiere algo de la que hemos explicado para el acumulador Planté. En el caso actual, la corriente eléctrica descompone el agua; su oxígeno se fija en el minio del polo positivo, convirtiendo dicho óxido en un peróxido de plomo, y en cambio el hidrógeno se

apodera del oxígeno del minio en el polo opuesto, forma con el agua y deja puro el metal. De esta manera, y prescindiendo de reacciones químicas subalternas, puede decirse en términos generales que el acumulador Faure está formado por un par cuyos electrodos son peróxido de plomo y plomo puro.

Cuando el acumulador funciona engendrando una corriente eléctrica, se invierten los efectos; el peróxido se reduce á óxido y el plomo puro del electrodo opuesto se oxida, formándose de nuevo minio y recobrando el acumulador su estado primitivo. Este sistema tiene, indudablemente, ventajas importantísimas, pero también algunos inconvenientes graves.

En el sistema primitivo de Planté se necesitaba repetir durante mucho tiempo las acciones, oxidante y de reducción, sobre el plomo para que éste adquiriera, por decirlo así, una textura porosa que lo hiciese permeable al oxígeno, y sólo después de un número considerable de días de haber cargado y descargado muchas veces el acumulador, se lograba que éste estuviera completamente formado. En el sistema Faure, el minio representa, por decirlo así, la parte ya porosa y ya formada de antemano sin preparación alguna, con la cual se abrevia extraordinariamente el tiempo indispensable para la formación del acumulador; así es como se reducen las quinientas horas del de Planté á cinco horas no más, y así es como á veces puede reducirse todavía esta cifra.

Según el inventor, también se consigue aumentar notablemente la capacidad eléctrica del aparato, es decir, que á igualdad de peso sea susceptible de una carga eléctrica mucho más considerable que el acumulador Planté; pero en cambio la unión del minio y de la placa de plomo es difícil, y se presentan algunos defectos señalados por Mr. Tamias que traen consigo el uso rápido y la destrucción completa del aparato.

Tuvo éste además, al presentarse por primera vez al público, el inconveniente de servir de base y de constituir en cierto modo un reclamo científico para una importante Sociedad financiera, resultando de aquí exageraciones en uno y en otro sentido, tan dañosas á la verdad científica como al verdadero progreso industrial.

Como resumen de lo que hemos dicho respecto al acumulador Faure, copiaremos textualmente las respuestas de sir William Thomson, miembro de la Sociedad Real de Londres y del Instituto de Francia, á una serie de preguntas que le dirigió el Consejo de administración de la Sociedad belga *La Fuerza y la Luz*, propietaria de los brevets de invención de monsieur Faure.

Entre estas preguntas, las principales son las siguientes:

Primera pregunta. ¿Qué cantidad de energía eléctrica es posible almacenar en una tonelada de plomo y de minio en las proporciones convenientes y constituyendo cincuenta elementos del sistema Faure?

Respuesta. Dado el debido esmero en la fabricación, la cantidad de energía almacenada en los cincuenta elementos, cada uno de 20 kilos de plomo y minio, puede ser de veinte caballos-horas, de los cuales, diez y seis caballos-horas podrían utilizarse como fuerza motriz en buenas condiciones.

Segunda pregunta. ¿Cuál es la diferencia bajo el punto de vista de la acumulación entre una batería Planté formada durante tres meses, y una batería Faure al cabo de ocho días de trabajo de formación, suponiendo que el peso de ambas sea el mismo?

Respuesta. El elemento Planté es extraordinariamente inferior á la batería Faure.

Tercera pregunta. ¿Hay razones para creer que las baterías del sistema Faure duren menos tiempo que las baterías Planté, algunas de las cuales se vienen experimentando hace quince años?

Respuesta. En ésta, como en las anteriores, la respuesta del célebre físico inglés es de todo punto favorable al sistema Faure.

Y, sin embargo, hay físicos distinguidos que combaten las anteriores conclusiones, sosteniendo que jamás en una tonelada del acumulador Faure se han podido almacenar, por decirlo así, veinte caballos-horas. Que si durante algunas semanas el elemento Faure es más poderoso que el elemento Planté, esta ventaja es transitoria, hasta tal punto, que al cabo de algunos meses de servicio el aparato no funciona. Y, por último, que si bien Mr. Rayner atribuía al acumulador Faure una potencia de acumulación cuarenta veces superior á la del elemento Planté, Mr. Hospitalier reduce á dos la cifra precedente, es decir, á la vigésima parte de lo que se había supuesto.

Entre estas contradictorias opiniones es difícil encontrar el término medio.

Acumulador Meritens.—Este acumulador tiene por objeto aumentar la superficie de los electrodos todo lo posible para un peso determinado de metal á fin de que aumente la potencia de acumulación.

Supongamos á este fin que se colocan varias láminas de plomo paralelas unas á otras y con un pequeño intervalo, como si fueran las hojas de un libro que se hubiesen separado del contacto íntimo que de ordinario tienen, pero manteniendo siempre su paralelismo.

Tal es el electrodo Meritens ó de láminas paralelas. En teoría el sistema es irrefutable; pero en la práctica tiene dos inconvenientes que lo anulan. Si el intervalo de una á otra lámina es muy pequeño, como las láminas peroxidadas aumentan de volumen, llegarán á estar en contacto unas con otras, reduciéndose extraordinariamente la superficie de acumulación del electrodo y la ventaja primitiva.

En segundo lugar, si el espesor de cada lámina de plomo es sólo de algunas décimas de milímetro, á fin de disminuir las masas inactivas de plomo y que todo el electrodo entre en acción, bien pronto atacado el plomo de cada lámina por ambas superficies, llegará á convertirse todo él en masa activa; pero le faltará un electrodo continuo que conduzca bien la electricidad, condición que no concurre en la masa esponjosa de las láminas alternativamente oxidadas y reducidas.

La experiencia prueba, en efecto, que en estas condiciones el aparato no funciona.

(Se continuará.)

CUESTIÓN IMPORTANTÍSIMA Y DIFÍCIL

El art. 37 de la ley general de Ferrocarriles de 3 de Junio de 1855, publicada en la *Gaceta* del día 6, dice así:

«En todas las líneas se establecerá un telégrafo eléctrico, con los hilos que se determine en la concesión de cada una. La construcción y conservación se hará por cuenta de las Empresas; y el servicio de la correspondencia oficial y privada correrá á cargo del Gobierno, cuyos empleados estarán á la vez obligados á desempeñar el especial de las líneas, si las Empresas lo exigieren.»

El art. 19 de la Instrucción para la ejecución y cumplimiento de la ley general de Ferrocarriles de 3 de Junio de 1855, de 15 de Febrero de 1856, publicada en la *Gaceta* del día 17, dice:

«Establecerá la Empresa un telégrafo eléctrico, exclusivamente para el servicio de la explotación. Los postes de este telégrafo estarán dispuestos para recibir el número de hilos que el Gobierno necesite para su servicio y el del público, estando obligada la Empresa á facilitar el local conveniente en sus estaciones para dicho servicio. La custodia, conservación, y reparaciones de los hilos, y de todo el material, exterior á las estaciones, que establezca el Gobierno, será de cuenta de la Empresa.»

Y el art. 3.º del Real decreto de 12 de Abril de 1871, publicado en la *Gaceta* de 13 de Mayo siguiente, dice:

«No estando en oposición el art. 37 de la ley general de Ferrocarriles con el 19 del pliego de condiciones generales de la instrucción para el cumplimiento de dicha ley, las Empresas, además de facilitar los hilos que su concesión especial determine, están obligadas á tener dispuestos los postes para recibir el número de hilos que el Gobierno necesite colgar, siendo obligación de las Empresas, conservar, entretener, y reparar, unos y otros, con el material necesario al efecto.»

Resulta, pues, que: *las Empresas están obligadas á tener dispuestos los postes de su telégrafo eléctrico para recibir el número de hilos que el Gobierno necesite colgar para su servicio y el del público.*

La prescripción es terminante: no limita el tiempo, ni el número de hilos: los postes de las Empresas han de estar, siempre, en todo tiempo, dispuestos á recibir el número de hilos, cualquiera que él sea, todos cuantos sean, que el Gobierno necesite colgar sobre ellos, para su servicio, y el del público.

La Dirección general de Correos y Telégrafos, que cada día necesita más hilos por donde dar salida al siempre creciente servicio del Gobierno y del público, se funda en esas prescripciones, que están en vigor, y son, como hemos dicho, terminantes, para exigir de las Empresas, en cumplimiento de la ley, que dispongan sus postes de manera que puedan colgarse en ellos, todos los nuevos hilos que van siendo indispensables.

La Dirección general no interpreta, ni tiene por qué ni para qué interpretar, el texto: desea é intenta, sencillamente, y tiene para ello razón y derecho, que la ley sea cumplida al pie de la letra.

Pero las Empresas refutan, que, el número de hilos que el Gobierno puede colgar sobre sus postes, debe ser, ó estar, limitado, al que permitan, ó admitan, los postes de cada Compañía: pues la ley no puede obligarlas á seguir recibiendo todos cuantos el Gobierno vaya necesitando, desde el momento en que sus postes no pueden ya contenerlos: en una palabra; que ellas dicen: «Ahí está mi línea, construída para satisfacer mis necesidades; cuélgense en ella los hilos que admita, y nada más.»

Las Compañías usan, generalmente, postes de seis metros; es decir, los más pequeños que se emplean en las líneas telegráficas; y claro es, que, no pueden admitir muchos hilos.

Si los referidos postes fuesen de diez metros, ó pareados, ó con crucetas, de modo, en fin, que no ofreciese dificultad alguna la colocación de muchos hilos, el problema quedaba resuelto; pero repetimos que las Empresas razonan de esta manera: «nosotras construimos nuestras líneas telegráficas para nuestras necesidades, y admitimos en nuestros postes todos los hilos del Gobierno que quepan en ellos; la ley no puede obligarnos á hacer más.»

Hé ahí la *cuestión importantísima y difícil* que nos proponemos dilucidar hoy.

La verdad es, que, todo bien considerado, ambas partes tienen razón: el Gobierno y las Empresas.

Quando la ley general de Ferrocarriles se dictó, esto es, en 1855, y la Instrucción para su cumplimiento, es decir, en 1856, y aun el Real decreto de 12 de Abril de 1871, aunque ya no tanto, era bien fácil cumplimentar sus prescripciones, en lo referente al colgado de los hilos del Gobierno sobre los postes de las Empresas, porque la red telegráfica española estaba reducida á unos cuantos hilos, y no se calculaba, con error manifiesto, es verdad, pero no se calculaba, que pudiese llegar al desarrollo que hoy tiene, y menos, todavía, que este actual desarrollo llegara á

ser, como hoy ya lo es, de todo punto insuficiente.

De buena fe, indudablemente de buena fe, y sin pensar, de modo alguno, en las eventualidades de lo porvenir, que hoy es el presente, se prescribió que, los postes de las Empresas habían de estar siempre dispuestos á recibir el número de hilos, cualquiera que él fuese, que el Gobierno necesitase colgar sobre ellos, para su servicio y el del público; porque nadie se imaginaba, dado el exiguo desarrollo que entonces tenía la Telegrafía, que los postes de seis metros, generalmente usados por las Empresas, llegarían á no poder contener el número de hilos que el Gobierno necesitaria colgar sobre ellos.

La prescripción existe; y nuestra Dirección general está en lo firme, y tiene razón, y ejercita su derecho, exigiendo su cumplimiento estricto á las Empresas: porque no es ella quien debe modificarla, si necesita modificación; porque debe reducirse á procurar que se cumpla, mientras está vigente.

Pero la red telegráfica española ha logrado alcanzar gran desarrollo, y lo obtendrá aún mayor, forzosamente, dentro de poco, y lo seguirá alcanzando después, y luego, y siempre; y como es lo lógico que, las arterias principales de la red de los ferrocarriles lo sean también de la telegráfica, como en realidad ya lo vienen siendo, sucede, y ha de suceder más tarde en mayor grado, que en muchos trayectos, como por ejemplo, en los inmediatos á Madrid de las líneas que de aquí parten y toman luego distintas direcciones, el número de hilos que el Gobierno necesita, y ha de necesitar, colgar sobre los postes de las Empresas, es y ha de ser tan crecido, que si hoy bastaria para resolver el conflicto que las Empresas se decidiesen á relevar sus postes por otros de mayores dimensiones, ó á ponerlos pareados, ó á ponerles crucetas, mañana, es decir, muy en breve, será todo esto insuficiente, y el conflicto renacerá, y sólo tendrá, ó tendría, solución, proponiéndose las Empresas estar construyendo, constantemente, líneas de postes, paralelas á la suya, y á uno y otro lado de la vía, que á ellas les serian perfectamente inútiles, por no tener hilos suyos que ponerles, para regalárselas al Gobierno, á fin de que éste colgase, ó cuelgue, allí sus hilos.

¿Sería esto justo y equitativo?

Legal, sí; legal, lo es, mientras no se modifiquen las prescripciones que rigen en la materia, y quedan citadas al comienzo de este escrito; pero, ¿es justo? ¿es equitativo?

Inspirándonos en la mayor imparcialidad, creemos, que debiera dictarse una disposición, de carácter general, que resolviese la cuestión del mejor modo posible; y vamos á consignar

nuestro parecer, porque entendemos que, el que propone una cuestión, debe explicar cómo entiendo que puede resolverse.

La fuerza de los hechos, obligará á hacer algo, y este algo, pudiera ser lo siguiente:

Los mayores postes que se usan en las líneas telegráficas, tienen de altura 10 metros; se entierran 2 metros en el suelo, por su raigal; y el hilo inferior, debe estar, por lo menos, á 3 $\frac{1}{2}$ metros de tierra: de modo, que quedan 4 $\frac{1}{2}$ metros de poste, para colocar hilos; y como éstos han de estar, entre sí, á distancias de 30 centímetros, resulta que, dividiendo los 450 centímetros de los 4 $\frac{1}{2}$ metros antedichos, por 30, son 15 los hilos que se pueden colgar en un poste de 10 metros: se puede, además, colocar otro hilo sobre la cogolla: total, 16 hilos.

Las Empresas suelen tener 3 hilos para el servicio de su explotación: quedan en 13, los hilos que el Gobierno podría colgar sobre los postes de las Empresas, si aquéllos tuviesen 10 metros de altura.

Pero las Empresas tienen también la obligación de facilitar al Gobierno, uno, dos, tres, ó cuatro hilos, nunca más de cuatro, según lo que se haya consignado en la ley de su concesión, por acuerdo de los Ministerios de Gobernación y Fomento. (Artículos 2.º y 3.º del Real decreto de 12 de Abril de 1871, ya citado, y artículos 1.º y 2.º de la Real orden de 24 de Abril de 1877, que se publicó en la *Gaceta* del 25.)

Luego el Gobierno podría colgar en un poste de 10 metros de una Empresa, de 13 á 9 hilos, según que aquélla no tuviese obligación de facilitarle ninguno, ó la tuviese de facilitarle de uno á cuatro.

Todo esto bien determinado, hé aquí lo que nosotros proponemos:

Que en una disposición de carácter legislativo se determine que, «el número de hilos que el Gobierno pueda colgar sobre los postes de las Empresas, sumado con el número 3 de los hilos que ellas usan, á lo sumo, y con el número de los que tengan obligación de entregar, según la ley de su concesión, formará, siempre, un total de 16 hilos; que las actuales Empresas, es decir, las que tienen ya sus líneas en explotación, pueden elegir, para cumplimentar esto, entre poner postes pareados, ó con crucetas, y renovar sus postes, sustituyéndolos con otros de 10 metros; que esta modificación, ó variación, se verifique en un plazo, improrrogable, de cinco años; que las nuevas Empresas, monten su telégrafo sobre postes de 10 metros, ó sobre postes pareados, ó con crucetas, dispuestos, desde luego, para recibir, cuando sea preciso, un maximum de 16 hilos; y que, si el Gobierno necesitase llevar por

una vía férrea, mayor número de hilos que los que, por esta disposición, puede colgar sobre los postes de las Empresas, construya por su cuenta, y por su cuenta vigile después, las líneas telegráficas indispensables al efecto.»

De este modo, quedaría resuelto, ó prevenido, el conflicto que se nos echa encima; y todos sabríamos, Empresas y Cuerpo de Telégrafos, á qué atenernos.

Si no pareciere bien lo que proponemos, piénsese otra cosa; pero no se tarde en pensarla, porque, como dejamos dicho, la cuestión es importantísima y de difícil resolución, y el conflicto con las Empresas, se entra por las puertas de la Dirección á más andar.

MISCELÁNEA

La fuerza electromotriz y la polarización de las planchas de tierra.—Las corrientes eléctricas y los temblores de tierra.—Cual debe ser la resistencia eléctrica de un sistema de pararrayos.

Uno de los acuerdos adoptados por la Conferencia internacional de electricistas celebrada en París en 1881, tuvo por objeto regularizar la observación de las corrientes terrestres, cuyo estudio habria de efectuarse en conductores telegráficos de gran longitud. Pero como no es fácil disponer de éstos por mucho tiempo, preciso ha sido contentarse con líneas muy cortas construidas expresamente para dicho fin. Así, según dice el *Boletín de la Academia de Ciencias de San Petersburgo*, de cuya publicación tomamos estos apuntes, en el Observatorio central de Física de Pawlowsk, el Sr. Wild ha limitado sus observaciones de física terrestre á líneas de un kilómetro solamente. En tan corta longitud, la diferencia de fuerza electromotriz de las planchas de tierra situadas en los extremos de estas líneas, puede ocasionar errores del mismo orden que la diferencia de potencial que se trata de medir. Y como aun no se conoce un método exacto que permita determinar separadamente las fuerzas electromotrices de las dos planchas de tierra, el Sr. Muller, perteneciente al mismo Observatorio, ha emprendido una serie de investigaciones con el fin de hallar la diferencia de fuerza electromotriz entre los electrodos de metales diferentes colocados en tierras de diversa naturaleza. Para conseguirlo, ha elegido, entre las numerosas sustancias que podrá emplear, aquellas que producen la más débil diferencia de fuerza electromotriz; y habiendo tenido en cuenta que la polarización de los electrodos puede ser origen de errores considerables cuando la corriente terrestre alcanza cierta intensidad, el Sr. Muller no ha olvidado el estudio de esta polarización.

Diez sustancias diferentes han sido utilizadas como planchas de tierra, haciendo con ellas todas las combinaciones posibles, y en todas se ha medido: prime-

ro, la fuerza electromotriz e de las dos planchas; segundo, la polarización p producida por la corriente del elemento formado por las mismas planchas; tercero, la polarización p' de la corriente de una pila de cuatro elementos Daniell, y cuarto, la resistencia r del elemento. La fuerza electromotriz e se ha determinado por el método de compensación de Poggendorf; la polarización p se midió cerrando el circuito sobre un galvanómetro y observando la desviación, que es constante al cabo de un corto momento; para medir la polarización p' producida por la corriente de los cuatro elementos Daniell, el Sr. Muller cerró el circuito durante un tiempo de cinco á diez minutos, y midió en seguida rápidamente la polarización por el método de Poggendorf. La resistencia r ha sido determinada por el sencillo método de Ohm.

Las planchas empleadas tenían de dimensión 180 centímetros por 200, las de platino; 137 por 200, las de carbón; y 130 por 100, las de hierro fundido, plomo, cobre, zinc, alpaca, hierro batido, hierro estañado y latón, y para las observaciones se fueron colocando entre arcilla primero, y después entre arena, humedecidas hasta un grado conveniente.

Los principales resultados obtenidos han sido los siguientes:

1.º La fuerza electromotriz e es mayor cuando las planchas están enterradas en la arcilla que cuando se hallan entre arena; no habiendo sido posible señalar una relación exacta con el grado de humedad del suelo. Dicha fuerza electromotriz es por término medio de 0,229 voltas en las de plomo, de 0,250 en las de hierro fundido, y excede de 1 volta en las demás sustancias: por consiguiente, se deben emplear con preferencia las dos primeras, y, sobre todo, la de hierro fundido, por la constancia de la fuerza electromotriz e .

2.º La polarización p de las placas, bajo la influencia de su corriente, varía en el mismo metal, según el grado de humedad; dependiendo también del tiempo que las planchas estén enterradas.

En general, la polarización p , no solamente depende de la fuerza inicial electromotriz de las planchas, sino á la vez de la naturaleza de éstas.

3.º La polarización p' varía muy poco con la naturaleza del terreno, pues la diferencia entre la arcilla y la arena apenas se hizo sensible.

4.º La resistencia de los elementos depende mucho de las influencias exteriores, por lo que no ha sido posible obtener resultados concordantes, si bien se ha observado que la arena ofrece una resistencia mayor que la arcilla.

Las observaciones que preceden confirman, pues, las conclusiones deducidas por el citado Sr. Wild de sus estudios sobre las corrientes terrestres. En los periodos sin perturbaciones magnéticas y en líneas de corta longitud, la diferencia de potencial de la tierra es insignificante, ó todo lo más del mismo orden

que la fuerza electromotriz de las planchas de tierra.

* *

Como efectos naturales de las corrientes telúricas, citaremos un hecho curioso, mencionado en una de las comunicaciones dirigidas á la Academia de Ciencias de París. En el momento de ocurrir los últimos terremotos en Niza, uno de los soldados que daban la guardia en una fortaleza de aquella población, estaba transmitiendo un telegrama á otro fuerte por un hilo subterráneo, y súbitamente recibió una sacudida tan violenta, que le dejó inmóvil sobre su asiento, en donde permaneció como anonadado algunos minutos. El estado grave y especial en que ha quedado dicho individuo desde entonces no deja duda sobre la realidad de la fuerte sacudida eléctrica que sufrió, y que debió provenir de una intensa corriente telúrica, fenómeno que ha sido igualmente observado durante anteriores conmociones terráneas, lo cual parece proporcionarnos un dato más para apreciar las causas, muy indeterminadas aún, sobre la relación que pueda existir entre los terremotos y los fenómenos meteorológicos ó cosmotelúricos.

* *

Si en todo tiempo conviene tener bien dispuestos los conductores de los pararrayos, nunca más necesario que al aproximarse la estación estival, por ser en ésta más frecuentes las tormentas, á lo menos en la parte central de España, y poder evitar así las desgracias personales y los tristes siniestros que las descargas pudieran producir en los museos, polvorines, etcétera. No se da ciertamente en nuestro país á esta clase de protección toda la importancia y atención que se merece, cual si se desdenara su eficacia. Muchos son ciertamente los pararrayos que descuellan sobre los edificios de esta corte; pero, en nuestro entender, no reúnen las condiciones que aconsejan los electricistas. Así se ven muchos (y algunos colocados en edificios donde se enseña la ciencia) que desde la punta de platino ó de cobre dorado hasta la tierra, están perfectamente aislados de toda pieza metálica y del edificio, con sus aisladores de porcelana, cual si estuviesen dispuestos para recibir la obediente corriente voltaica de escasa tensión y de constante intensidad que producen nuestras inofensivas pilas, creyendo sin duda los que instalan esta clase de pararrayos que la descarga eléctrica de enorme tensión que provenga de una nube ha de recorrer dócilmente el débil camino que se le tiene trazado.

Creemos haber dicho en alguna ocasión que así como no se levanta un edificio ó se construye una obra pública análoga sin que apruebe los planos ó intervenga una persona competente, así también las instalaciones públicas de las obras que se relacionan con la electricidad debieran someterse á la aprobación de quienes por las disposiciones vigentes y sus especiales conocimientos tienen autoridad para ello.

Dejando aparte estas digresiones, reproduciremos en prueba de nuestro aserto la descripción de una instalación de pararrayos en el extranjero, y que podrá apreciarse cuanto dista de muchas de las colocadas en Madrid, que son más bien un peligro que una segura preservación de las descargas eléctricas atmosféricas.

El Ayuntamiento de Greenoch, en Escocia, ha encargado recientemente al profesor Sr. Jannieron de proteger el nuevo edificio municipal contra los efectos del rayo. El proyecto, formulado por persona tan competente, se sujetará á las siguientes condiciones: la torre principal se eleva á una altura de 78 metros, y estará protegida por una cinta de cobre de 25 milímetros de ancho y 3 de grueso; su parte superior terminará en seis puntas cónicas de cobre, con cabos de platino de 6 milímetros de largo y 4 milímetros de grueso. Además, la cinta de cobre tendrá en muchos sitios puntas semejantes. Al lado de la torre principal hay cuatro torrecillas, y cada una estará protegida por una punta igual empalmada á una cinta de cobre, y así también otras cuatro torres de 40 metros de altura que corresponden á los ángulos de edificio estarán protegidas igualmente por una cinta de cobre con catorce puntas verticales. *Sobre el tejado se fijarán horizontalmente cintas de cobre que se enlazarán á los principales conductores, y éstos, á su vez, lo estarán también á todas las partes metálicas del tejado.* En todos los sitios que sea posible, se establecerán comunicaciones á tierra por medio de las tuberías de aguas que suben á los diversos pisos, sin perjuicio de establecer otras comunicaciones á tierra con planchas de cobre enterradas en el suelo humedecido, á la profundidad de un metro por lo menos, y deberán estar cubiertas por ambos lados de una capa de coque en polvo, de 10 centímetros de espesor. La resistencia de la tierra en las tuberías de aguas no deberá pasar de dos ohms, y la de cada una de las tierras formadas por las planchas de cobre, ha de ser inferior á cinco ohms. La resistencia total de todo el sistema, en cualquiera de los puntos en que se mida, será inferior á un ohm. Para las comprobaciones se colocarán también los convenientes aparatos.

El edificio tiene algún parecido en su forma con el monasterio del Escorial, cuyo sistema de pararrayos no hemos tenido ocasión de examinar; pero ¿presentará en su totalidad una resistencia inferior á un ohm? ¿O se habrá adoptado el sistema de aislamiento de conductores por medio de porcelanas, que es el más generalizado en Madrid?

V.

Á continuación publicamos, para conocimiento de nuestros lectores, la relación de los individuos á quienes ha correspondido ascender el empleo inmediato superior, con motivo de la nueva ley de Presupuestos.

A Inspector, D. Julián Alonso Prados.

A Jefes de Centro, D. Marcial del Busto y Dejado Cajigal y D. José María Díaz y Palacios.

A Directores de primera clase, D. Rafael Sáenz y Romero y D. Vicente Coromina y Marcellán.

A Directores de segunda clase, D. Federico Sánchez y Contreras, D. Enrique Asensi y Gil, D. Rosendo de Soto y Rincón, D. Dámaso Valladares y Marqués y don Pedro Díaz de Ribera y Rodríguez.

A Directores de tercera clase, D. Nemesio Picornell y Pardo, D. Gregorio Argomaniz y Huidobro, D. Valentín López Samaniego y Albertón, D. José María Arbe y Martínez, D. Manuel Prego de Oliver y Ortiz, D. Joaquín Gutiérrez de la Vega y López, D. Matías Modesto Balada y Baldaliso, D. José Pascual del Castillo, D. Antonio del Pino y Visuara, D. Lucas Gil y Merino, don Antonio María Arias y Quirós, D. Fernando Segares y Sáez, D. Francisco Real y López, D. Tomás Cordero y Camarón y D. Antonio Mora y Carrera.

A Subdirectores primeros: D. Ramón de la Llave y de la Llave, D. Mariano García y García, D. Juan Díez de Tejada y Vega, D. Victorio Valero y Gómez, D. Félix Corbató y Esteve, D. Félix Díaz y García, D. Vicente Gómez y Jiménez, D. Juan Hija y Zamora, don Carlos Hacár y López, D. Víctor Piedras y Macho, don Félix Plaza y Recio, D. José Val y Martínez, D. Juan González y Ruiz, D. Antonio Gralla y Fiol y D. Enrique Villarreal y Ruiz.

A Subdirectores segundos: D. Julián Soriano y Ferrer, D. Leonardo Calvo Ramos, D. Ramón Vázquez y Gómez, D. Domingo Morales y Hernández, D. Enrique Julia y Hubert, D. Pedro María Barrera y Lanzas, don Alonso Clarós y Crespo, D. Rafael García y Medina, D. José Oñorbe y Sabando, D. Ramón López y Bernués, D. Manuel Pardo y Boza, D. Dionisio Sánchez Moreno y Martín y D. Calixto Jiménez y Martínez.

Entra en planta D. Francisco Ramón Ruiz de Moncada.

A Jefes de Estación: D. Felipe Larra y García, don Bartolomé Vives Tortell, D. Juan Osende y Zayetón, D. Manuel Pérez y González, D. Robustiano Ruiz y Blanco, D. Juan Martín de Eciolaza y Berasátegui, don Martín Díez y Peo, D. Mariano Pérez y Gómez, D. Ramón Pnyols y Palacín, D. Félix de la Cuesta y Gómez, D. Lorenzo Hernando y Bermejo, D. Federico Ruiz y Aldaz, D. Eugenio Domínguez y Díaz, D. Francisco Marza y Catalá, D. Ricardo Araujo y Medina, D. Ricardo Bonastro y Miralles, D. Florencio Rodríguez de Arce y Alvarez, D. Juan Barba y Gutiérrez y D. José de Palma y Rivas.

Entra en planta D. Miguel Verdú y Gallo.

A Oficiales primeros, D. Cándido Nogales Calderón, D. José López Sandino, D. Juan Rizzo Alcoba, D. Antonio Nieto Gil, D. Francisco Ferrer Zamacois, D. José Abancens Alvarez, D. Francisco Sáinz Guzmán, D. Felipe Leciana López, D. Gregorio Sevillano Gutiérrez, D. José Valor Thous, D. Andrés Cruz Pastor, D. José María Espresati Quintero, D. Demetrio Berástegui y Ruiz, D. Abelardo San Martín y Falcón, D. José Serra y Martí, D. Cayetano Tames Fernández, D. Francisco Porta y Santiago, D. Nicolás Gil y Dolz, D. Nicomedes Sánchez Rodríguez, D. Juan Sánchez y Villegas, Don José Ribelles y Fúster, D. Luis Manchón y Palés, Don Francisco Castiñeira Cantarero, D. Lucas Calama Cria-

do, D. José Aguilar y Rodríguez, D. Rafael Lapuente y Martínez, D. Julián Toledo y Mata, D. Francisco Morojón García, D. Tomás Buforn y Zaragoza, D. Bernabé Segovia y Checa y D. Juan Elguetzabal y Orive.

Ha solicitado examen de Telegrafía práctica el Director de tercera D. Dámaso Valladares.

Forman el tribunal D. Julián Alonso Prados, Presidente, y D. Luis Lasala y D. Tomás Soler, Vocales.

En la vacante del Subdirector primero D. Victoria no López Aycardo, que pasa á Ultramar, ha entrado en planta el de la propia clase D. Fernando Delgado y Rajoy, que habia estado disfrutando cinco años de licencia.

Ha sido jubilado el Subdirector de segunda D. José Blanco Roda, y á consecuencia de esa vacante ha ascendido á Subdirector el Jefe de Estación D. Narciso Felici, y ha entrado en planta el Jefe de Estación don José Gasset y Font, que se hallaba en expectación de destino.

Se ha examinado de Telegrafía práctica el Subdirector de primera D. Enrique Bonnet y Ballester.

Formaron el tribunal el Inspector D. Francisco Pérez Blanca, Presidente, y como Vocales los Directores D. Rafael Sáenz, D. Luis Lasala y D. Tomás Soler.

Dadas las excelentes cualidades del Sr. Bonnet, es una redundancia añadir que fué aprobado.

El Director de segunda D. Vicente Coromina, Jefe del Negociado internacional, ha salido para París con el fin de asistir á la reunión de las Conferencias para la protección de los cables submarinos.

En el Negociado del personal se está formando el nuevo escalafón del Cuerpo de Telégrafos, que se publicará á la mayor brevedad posible.

También se ocupa el mismo Negociado en los trabajos preliminares de los ascensos que tocarán al personal con motivo del nuevo presupuesto.

Han solicitado su vuelta al servicio:

El Subdirector de segunda D. Francisco Ramón de Moncada y Ortiz.

El Jefe de Estación, procedente de Cuba, D. Miguel Verdú y Gallo.

El Oficial primero D. Ramón Gutiérrez.

Ha pedido un año de licencia el Oficial primero don Isidoro Sanz y Ros.

El Aspirante segundo D. Ignacio González Castejón ha solicitado un año de licencia.

Ha pedido la vuelta al servicio el Aspirante segundo D. Matías García Moreno.

El Aspirante segundo D. Francisco Javier Ballesteros ha solicitado un tño de prórroga á la licencia que está disfrutando.

El día 23 del pasado falleció en Madrid D. Ramón Mora y García, hermano mayor de nuestro querido Jefe D. Francisco Mora.

Una gran parte del personal de Telégrafos de Madrid acompañó el día 24 al cementerio de San Isidro el cadáver del hermano del Sr. Jefe de la Sección, manifestando á éste el sentimiento con que se asocian á la pena que tal pérdida le ha producido.

Nuestro estimado amigo D. Lucas de Tornos, Director Jefe de Centro en uso de licencia, ha tenido la inmensa desgracia de perder á su hijo José, que ha bajado á la tumba, después de larga y penosa dolencia, á la edad de veinte años.

Aparte de las simpatías que nos inspira el desconsolado padre, como tratamos muchos años al malogrado joven y habíamos tenido ocasión de apreciar sus bellas cualidades, hemos sentido profundamente esa irreparable desgracia que sume en el más grande de los dolores á D. Lucas de Tornos.

Enviámosle nuestro sentido pésame, y le deseamos toda la fortaleza y resignación que há menester para contrarrestar un golpe tan rudo.

El día 26 de Junio falleció en Madrid el Sr. D. Raimundo Valero y García, padre de nuestro querido compañero y constante colaborador D. Victorio Valero.

Acompañamos á nuestro amigo en el sentimiento que esta triste pérdida le ha producido.

Imprenta de M. Minuesa de los Rios, Miguel Servet, 13.
Teléfono 651.

MOVIMIENTO del personal durante la segunda quincena del mes de Junio de 1887.

TRASLACIONES.

CLASES.	NOMBRES.	PROCEDENCIA.	DESTINO.	OBSERVACIONES.
Oficial 2.º.....	D. José Fernández Vizecaño...	Alcañiz.....	Teruel.....	Por razón del servicio.
Jefe de Estación.	Pedro A. Martínez Cuenca..	Central.....	Dirección gral..	Idem íd. íd.
Subdirector 2.º..	Juan Díez de Tejada y Vega.	Central.....	Zamora.....	Por haber sido nombrado Jefe de reparaciones.
Idem 1.º.....	Francisco Querol y Centelles.	Granada.....	Badajoz.....	Por razón del servicio.
Oficial 2.º.....	Salvador Pinzón y Leveque..	Central.....	Estepona.....	Accediendo á sus deseos.
Aspirante.....	Francisco Gómez Andrés....	Central.....	Almería.....	Por razón del servicio.
Idem.....	Manuel Chavarino Ortega....	Almería.....	Central.....	Accediendo á sus deseos.
Idem.....	Miguel Martín Romero.....	Colunga.....	Central.....	Por razón del servicio.
Idem.....	José de Lara y Cappe.....	Zaragoza.....	Corral de Almaguer.....	Accediendo á sus deseos.
Idem.....	Ignacio Irimía y Traperero...	Central.....	Coruña.....	Por razón del servicio.
Idem.....	José Durán Llieiro.....	Orense.....	Buen.....	Accediendo á sus deseos.
Idem.....	Ricardo Aguado y García....	Central.....	Colunga.....	Idem íd. íd.
Idem.....	Manuel Sebastián Gil.....	Huesca.....	Zaragoza.....	Idem íd. íd.
Oficial 2.º.....	Francisco Castañeira y Cantarero.....	Central.....	Palma del Río..	Idem íd. íd.
Idem 1.º.....	Celestino García Piecher.....	Lucena.....	Santa Cruz de Mudela.....	Por razón del servicio.
Idem.....	Antonio Monserrat y Diéguez	Palma del Río..	Lucena.....	Accediendo á sus deseos.
Oficial 1.º.....	Francisco Gallego y Rebato.	Fuente de Cantos.....	Cáceres.....	Idem íd. íd.
Idem.....	José Pérez Salcedo.....	Central.....	San Sebastián..	Idem íd. íd.
Aspirante 2.º....	Vicente Franco y Alarcón....	Reingresado..	Fuente de Cantos.....	Idem íd. íd.
Idem.....	Eugenio Lasheras Riuz.....	Bermeo.....	San Sebastián..	Idem íd. íd.
Idem.....	José Fuentes Rodríguez....	Sanlúcar.....	Jerez.....	Por razón del servicio.

ERRATA DEL NÚMERO ANTERIOR DE LA «REVISTA»

En la página 180, línea cuarta, dice:

$$\frac{2 - 2p\sqrt{p^2 - 4q} + p^2 - 4q - 2p^2 + 2\sqrt{p^2 - 4q} + 4q}{4} = 0;$$

debiendo decir:

$$\frac{p^2 - 2p\sqrt{p^2 - 4q} + p^2 - 4q - 2p^2 + 2p\sqrt{p^2 - 4q} + 4q}{4} = 0.$$