

rias que un error que se deslice en una controversia periodística en el *Philosophical Magazine* ó en una carta en la *Nature* acerca del cálculo de radioactividad terrestre en épocas prehistóricas.»

También se ocupa de los conflictos que suelen ocurrir entre el arte y la ingeniería. Está admitido que aun cuando sus caminos deben ser paralelos, se cortan con bastante frecuencia, y á menudo la intersección es en ángulo recto. Las causas de este malhadado estado de cosas son más bien superficiales que fundamentales. No hay una verdadera razón para que un edificio ó una máquina no puedan ser construidos de manera que realicen sus funciones mecánicas del modo más eficaz y al propio tiempo satisfagan al sentimiento artístico. De hecho las tendencias de hoy día van en esa dirección. La fealdad no es inherente á las construcciones mecánicas. El periodo antiestético de la ingeniería fué solamente transitorio y marcó un escalón rudimentario, dando hoy paso á algo mejor y más bello. La ciudad, en vez de ser una mancha en el paisaje y un conjunto de fealdades vulgares, puede muy bien encerrar las más altas bellezas arquitectónicas juntamente con todas las conveniencias modernas si el Ingeniero tiene razonable gusto ó inteligencia y le es permitido hacer el mejor uso de sus conocimientos é iniciativas.

Hablando de una cosa semejante, la relación de la ingeniería con la naturaleza, Sir Alejandro dice que «nuestra interposición con la naturaleza, que es el escenario natural, tiene lugar prácticamente de dos maneras: ó por la ejecución de obras hidráulicas, ya sea para el abastecimiento de poblaciones ó para la obtención de fuerza motriz, ó bien por la construcción de ferrocarriles en regiones montañosas ó pintorescas.

»La primera es la más fácil de tratar. La conversión del fondo de los valles altos en lagos, por la construcción de presas, me parece que no da lugar á dudas de ningún género. No me encuentro inclinado á admitir que el cubrir un terreno pantanoso con agua azulada sea una ofensa á la naturaleza, y que una hermosa presa de fábrica sea cosa que moleste á la vista.

»Quedan por considerar los ferrocarriles en países montañosos. Vienen, en primer lugar, las grandes líneas, como las del Simplón, que cruzan á través de regiones montañosas, y que constituyen medios importantes de las comunicaciones continentales. Yo ya he sugerido que es posible que hubiera sido mejor para el mundo continuar con las antiguas diligencias; pero el mundo ha decidido otra cosa, y, por lo tanto, estas obras no requieren más justificación. También debo añadir que algunas de ellas, como las del San Gothardo y de Albula, por ejemplo, más que desfigurar el paisaje, lo hacen más interesante.»

Se muestra muy severo, sin embargo, con algunas otras clases de ferrocarriles de montaña, especialmente con aquellos que conducen á las cumbres; pero creemos que aquí habló más bien como miembro del Club Alpino que como Presidente de la Institución de Ingenieros civiles. Cuando las obras de ingeniería desfiguran la naturaleza, ésta, afortunadamente, no tarda mucho tiempo en borrar las cicatrices, si las heridas no han sido demasiado grandes; y por lo que á esto respecta, también los Ingenieros saben acomodarlas á la naturaleza, y al ejecutar las construcciones armonizarlas todo lo más posible con aquello que las rodea.

También se ocupó de las relaciones de la ingeniería con las leyes, y discutió varias materias referentes á contratos y pliegos de condiciones, á contratistas y á Ingenieros consultores.

Al tratar de estas cuestiones Sir Alejandro, observa que «no es preciso repetir que la afinidad entre las obras de ingeniería y la vida industrial de una región es de la más alta importancia. Directamente, los Ingenieros proporcionan gran cantidad de trabajo; indirectamente, por medio de nuestros ferrocarriles y de nuestras fábricas, somos responsables del empleo de más trabajo que ninguna otra agrupación de hombres. Claro está que me sería imposible, en los pocos minutos de que dispongo, discutir aquí nuestra íntima relación con la industria. Únicamente me permitiré expresar el justificado deseo de que, para la pros-

peridad del país y de todos los que estén relacionados con la ingeniería, estas relaciones industriales deberán estar completamente apartadas de los inestables rumbos de la política.

»Al hablar á una Sociedad en la que figuran empleados de varias profesiones, debo tal vez añadir aquí algunas palabras. Es de justicia recordar que únicamente en la pasada centuria la Sociedad ha reconocido realmente que ninguna de sus secciones tiene por sí sola superior importancia, y que lo que es de desear es la prosperidad de todas las secciones. Probablemente no habrá habido, hace una centuria, nada semejante á las actuales predicaciones de la enemistad de clases.»

Por lo que se refiere á lo futuro, el orador encontró muy difícil profetizar nada con alguna certeza. Las leyes de la evolución tienen límites muy dilatados en los progresos de la ingeniería, y probablemente no pasará mucho tiempo sin que se creen nuevas especies de máquinas, que ejercerán una influencia perturbadora en el estado actual de cosas. Sin embargo, después de que se hayan creado seguirán las leyes generales del desarrollo, hasta que, á su vez, sean implantadas por otras. «Parecería, no obstante, natural esperar, mirando hacia adelante, que una de las principales direcciones que los Ingenieros del porvenir debían seguir en la sucesión de sus trabajos, sería no apartarse mucho de lo establecido, evitando las transformaciones siempre que sea posible, y tratando de aumentar mucho la eficacia de todo aquello que permanece.»—H.

El proyecto de un ferrocarril longitudinal en Chile ha sido aprobado por el Congreso chileno, garantizando el Gobierno un interés del 5 por 100 del capital invertido, que se calcula será de 37.500.000 pesos. El Congreso ha autorizado al Presidente para contratar, bien la obra, ó bien parte de la misma, debiendo someter los contratos á la aprobación del Senado. Este ferrocarril se extenderá desde la frontera del Perú hasta el estrecho de Magallanes, tendrá una longitud aproximada de 4.200 kilómetros y arrancarán de él varios ramales á los puertos importantes y á los distritos mineros y agrícolas.—H.

## UNIDADES ELÉCTRICAS

POR

D. JOSÉ MARÍA DE MADARIAGA

### Conferencia explicada en el Instituto de Ingenieros civiles.

El digno Sr. Presidente de este Instituto, y algunos de mis compañeros, para quienes el afecto que me profesan es como lente que aumenta exageradamente las proporciones de mi personalidad, me pidieron que diese una conferencia en este Centro. Al examinarme á la luz del propio conocimiento, fué mi primer impulso inclinar la honrosa distinción que se me hacía; pero reflexionando inmediatamente sobre los fines que se propusieron las personas iniciadoras de esta idea, creí que todos debíamos contribuir á su realización, y me decidí á aceptar, si quiera para no dejar crecer la hierba en el camino tan hábilmente recorrido por los Ingenieros que me han precedido en este sitio. Mas decidida mi aceptación, surgió la primera dificultad prevista. ¿Cuál había de ser el tema de mi conferencia? Porque hablar ante una concurrencia tan ilustrada de un asunto que, ya que no tenga novedad, ofrezca siquiera un mediano interés, es tarea difícil para quienes no podemos remontarnos á las alturas del águila.

Hacer una exposición del desarrollo de nuestros conocimientos en materia de electricidad, puntualizando la importancia de

su estudio y la necesidad imprescindible de que todas las Escuelas de Ingenieros le incluyan en su cuadro de enseñanza, porque todos tienen necesidad de valerse de este agente maravilloso, habria sido fácil; pero el asunto es demasiado conocido; estudiar comparativamente los diferentes electromotores que la industria utiliza, y, en especial, los que emplea la industria minera, sería tema de actualidad por lo que á algunos de estos electromotores se refiere, y á él me sentía muy inclinado; pero la materia me parece demasiado árida para conferencias de este género, y excesivamente extensa para poderla encerrar en el cuadro de una sola sesión. Discurriendo así sobre diferentes puntos que pudieran servirme para cumplir el encargo que se me hizo, y desechando muchos de ellos á continuación, por no parecerme adecuados al objeto, me ocurrió por fin pensar que, estando designado por el Gobierno español para representarle en el Congreso que sobre unidades eléctricas se ha de celebrar en Londres en el mes de Octubre próximo (este Congreso había sido convocado para el mes de Octubre de 1906, y se ha demorado hasta el mismo mes de este año, á petición de diferentes Naciones que á él han de concurrir), no sería inoportuno presentar á ustedes el estado actual de esta cuestión, á reserva de darles cuenta, si hay lugar para ello, de las discusiones que en aquella Asamblea se tengan y de los acuerdos que en la misma se adopten sobre tan interesante asunto.

El indudable progreso que las ciencias físicas han tenido en el siglo pasado débese, en mi opinión, no sólo al crecido número de fenómenos nuevos descubiertos en este lapso de tiempo, sino muy principalmente al estudio profundo que de los mismos fenómenos se ha hecho al someterlos á los principios de la mecánica. Fomentóse de este modo el desarrollo de la Física matemática y pudieron deducirse leyes de carácter racional que presiden á la producción de estos fenómenos, aunque no haya podido penetrarse en la esencia íntima de los mismos, que queda tan desconocida como la de los fenómenos llamados propiamente mecánicos. En esta introducción del concepto mecánico en el estudio de los fenómenos físicos, nuestra inteligencia limitada ha buscado el modo de reducir el número de objetos en que tiene que ejercer su actividad, refiriendo los más nuevos á los que le son más familiares ó de antiguo conocidos. Un ejemplo aclarará este concepto.

Descubre el gran Faraday en el año 1830 el admirable fenómeno de la inducción electro magnética, descubrimiento no hecho al acaso, sino fruto de una madura reflexión, porque si Ampère y Arago habían llegado á producir imanes por medio de las corrientes eléctricas, era lógico pensar, admitiendo la reversibilidad del fenómeno, que los imanes ó corrientes á ellos equivalentes pudieran engendrar en un circuito neutro otras corrientes. Los hechos confirmaron las previsiones del célebre investigador inglés, y la observación le permitió deducir la ley empírica que rige cualitativamente, por así decirlo, el fenómeno, y que da el sentido de la fuerza electromotriz ó corriente inducidas cuando se conoce el de las del sistema inductor.

Más tarde, lord Kelvin y von Helmholtz aplican á este fenómeno el principio de la conservación de la energía, principio sin duda fundamental, á pesar de las aparentes contradicciones que fenómenos novísimos, no suficientemente conocidos ó bien interpretados, han hecho surgir. Escribiendo la ecuación diferencial que expresa este principio, encuentran los dos físicos citados la ley general, de carácter matemático, de la inducción, que dice que la fuerza electromotriz inducida es siempre igual, á «menos la derivada del flujo inductor cortado por el circuito inducido con relación al tiempo», ley de la cual se deducen variados teoremas, importantísimos desde el punto de vista científico, y muy fecundos por las consecuencias que de ellos se derivan en las grandes aplicaciones industriales que de la electricidad se hacen hoy día, casi todas fundadas en este fenómeno.

Sin embargo de esto, la esencia íntima, el proceso misterioso de este fenómeno, admirable entre los más, son para nos-

otros desconocidos, tanto como lo es la naturaleza íntima del fenómeno de la gravitación, no obstante ser bien conocidas las leyes que á ésta presiden, y variadísimas y de la mayor importancia las consecuencias que de las mismas se han podido deducir. Es verdad que estos fenómenos pueden siempre tener una explicación si se parte de alguna hipótesis; pero al fin y al cabo nunca puede afirmarse que esta explicación sea la expresión exacta de la realidad. En esta materia hay que ser siempre ecléctico, como ya tuve ocasión de decir en otro lugar (1), porque las hipótesis suelen caer por tierra cuando se descubren nuevos fenómenos, y á veces, uno mismo se puede explicar por dos ó más hipótesis distintas.

Mas dejando aparte esta cuestión, diré que la aspiración en el estudio físico-matemático de un fenómeno es llegar á poder escribir las ecuaciones diferenciales del mismo, operación frecuentemente difícil por el número de variables que producen la indeterminación del problema, pero que, cuando es posible, da el medio de llegar á obtener las leyes á que anteriormente me he referido.

No basta, sin embargo, esto; cuando se quiere descender al terreno de las aplicaciones es necesario poder apreciar cuantitativamente todos los elementos que en el fenómeno que se estudia intervienen, y como no podemos formarnos cabal idea de estas magnitudes, de otro modo que por referencia á magnitudes que elegimos como tipo ó término de comparación, de aquí la necesidad de adoptar un sistema de unidades de medida. Ya dijo lord Kelvin que un fenómeno no es perfectamente conocido sino cuando se puede expresar en números, resultado de las medidas de sus elementos.

Si, como hemos dicho, los fenómenos físicos son fenómenos realmente mecánicos, y en ellos hay masas que se mueven, caminos recorridos, tiempos empleados en recorrerlos, acciones que se ejercen entre aquellas masas, velocidades, aceleraciones y trabajos, es evidente que las unidades que se elijan para efectuar las medidas deben permitir expresar fácil y cómodamente estas diversas magnitudes. Las fundamentales serán, por consiguiente, la unidad de masa, la de longitud y la de tiempo.

Como dentro de pocos momentos diré, al hacer un poco de historia, se ha convenido en tomar como unidad de masa la de un centímetro cúbico de agua destilada á la temperatura de cuatro grados, el gramo; como unidad de longitud, el centímetro; como unidad de tiempo, el segundo. Para los que desearan que estas unidades tuviesen su representación en la naturaleza misma, ó en los fenómenos que ésta ofrece, con carácter de segura invariabilidad, habría sido más acertado elegir como unidad de longitud, la longitud de onda de una radiación determinada del espectro, y como unidad de tiempo, la duración de una de estas vibraciones. Así lo indica M. Lucien Poincaré, y sale al paso á la objeción que podría hacerse por ser excesivamente pequeñas estas magnitudes, diciendo que podría amplificarse la primera haciendo uso del fenómeno de las interferencias, y adoptar múltiplos de la una y de la otra, convenientes, para que los valores numéricos resultantes de una medida no fuesen excesivamente grandes.

Sea de esto lo que quiera, se ha convenido en representar aquellas unidades del modo siguiente:

[M]. . . . . Unidad de masa.  
[L]. . . . . Unidad de longitud.  
[T]. . . . . Unidad de tiempo.

$[M^{-1} L^{-1} T^{-1}]$ . Unidad de fuerza, dina =  $\frac{1 \text{ gramos}}{980,4486}$  en Madrid.

$[M^{-2} L^{-2} T^{-2}]$ . Unidad de trabajo, ergio =  $\frac{1 \text{ kgmts.}}{980,4486 \times 10^4}$  en Madrid.

$[M^{-2} L^{-2} T^{-3}]$ . Unidad de potencia, ergio en 1''

(1) Discurso de recepción en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

No he de hacer á la ilustración de ustedes la ofensa de entretenerme en deducir estas fórmulas; únicamente diré que la expresión de una cualquiera de ellas indica desde luego la naturaleza de la unidad que representa, así por ejemplo:

[ $M. L. T.$ ]<sup>-2</sup> producto de una masa por una celeración, es una fuerza.

Añadiré que la condición de homogeneidad á que deben obedecer estas expresiones, permite, muchas veces, deducir cuál es la naturaleza de una función, cuando se conocen las variables de que depende. Así es como M. Bertrand halla que la velocidad de propagación en un movimiento vibratorio es

$V = \sqrt{\frac{e}{d}}$ , siendo  $e$  la elasticidad y  $d$  la densidad del medio, como ya Newton y Laplace lo habían deducido por camino diferente.

Viniendo ahora á las unidades eléctricas que de estas geométricas y mecánicas se han de deducir, empezaré por recordar (y demando el perdón de ustedes por la necesidad de valerme para encadenar mis ideas de estos razonamientos excesivamente elementales) que las acciones magnéticas y eléctricas corresponden al grupo de las fuerzas centrales llamadas newtonianas, y pueden, por lo mismo, expresar por las fórmulas

$$f = K \cdot \frac{m \cdot m'}{r^2} \quad f = K' \cdot \frac{q \cdot q'}{r^2}$$

Como se ve, en cada una de ellas existe una cantidad indeterminada, el coeficiente  $K$  ó  $K'$  de la ley de Coulomb. Para determinar el problema se supone, generalmente, este coeficiente igual á la unidad, cuando se trata de las acciones magnéticas, á que se refiere la primera fórmula, y entonces se deducen las dimensiones de la unidad de polo magnético, que son

$$\left[ L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \right]$$

Fácilmente puede llegarse á las de la unidad de intensidad de campo magnético, que son

$$\left[ L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \right]$$

Cuando de estas cantidades magnéticas se quiere pasar á las eléctricas, se busca un fenómeno en que intervengan una y otra de estas dos clases de acciones, y se establece así, un sistema electromagnético de unidades de medida. Estudiando la acción de una corriente circular sobre la unidad de polo magnético, supuesta en el centro del circuito, se deduce, fácilmente, que aquella acción vale

$$h = \frac{li}{r^2}; \quad [l \dots \text{longitud del circuito}; r \dots \text{radio del carrete}].$$

De esta ecuación salen inmediatamente las dimensiones de la unidad de intensidad de corriente eléctrica, que son

$$i_1 \dots \left[ L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \right]$$

y las de cantidad de electricidad, diferencia de potencial, resistencia eléctrica y capacidad, que son

$$q_1 \dots \left[ L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} \right]$$

$$r_1 \dots \left[ L \cdot T^{-1} \right]$$

$$v_1 \dots \left[ L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2} \right]$$

$$c_1 \dots \left[ L^{-1} T^2 \right]$$

Es claro que sustituyendo en la fórmula de las acciones eléctricas

$$f = K' \frac{q \cdot q'}{r^2},$$

en vez de las dimensiones de la fuerza, de la cantidad de electricidad y de la resistencia eléctrica, las que acabo de apuntar, se podrían deducir las dimensiones del coeficiente  $K'$  de Coulomb, para estas acciones eléctricas, que no es un mero coeficiente numérico, sino que tiene una significación física ó mecánica, puesto que sus dimensiones son las del cuadrado de una velocidad

$$K' \dots \left[ L \cdot T^{-1} \right]^2.$$

No debe extrañar que este coeficiente no sea un simple coeficiente numérico. En las fórmulas que expresan la ley de diferentes fenómenos existen coeficientes semejantes; así, por ejemplo, en la que da la ley del movimiento uniforme, se puede decir que el espacio es proporcional al tiempo empleado en recorrerle, y el coeficiente de proporcionalidad es, entonces, una velocidad. Lo que da importancia á la deducción que acabo de hacer, es que este coeficiente  $K'$  es inversamente proporcional al poder inductor específico del dieléctrico en que se produce el fenómeno, y como este poder inductor lo es, á su vez, al cuadrado de la velocidad de propagación de la luz en este dieléctrico, resulta que el coeficiente de Coulomb corresponde al cuadrado de velocidad de propagación de la luz en el dicho dieléctrico.

Mas si prescindiendo del fenómeno electromagnético que ha servido de base para establecer este sistema de unidades que acabo de apuntar, se supone, como en el caso del magnetismo, que el coeficiente  $K'$  es igual á la unidad (lo cual equivaldría á tomar como unidad de velocidad la de propagación de la luz en el dieléctrico que se considere), se podrían deducir las dimensiones de las unidades que sirven, en tal hipótesis, para medir las cantidades eléctricas. No me he de entretener en esta deducción, y sólo he de recordar que la unidad de cantidad de electricidad tiene por expresión de sus dimensiones

$$q_1 \dots \left[ L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \right]$$

Si se encuentra ahora la relación entre las unidades de cantidad de electricidad en las dos hipótesis hechas de  $K'$  igual 1 y  $K'$  igual al cuadro de velocidad de propagación de luz en el medio que se estudie,

$$\frac{(q_1)_e}{(q_1)_m} = \left[ L \cdot T^{-1} \right] = \sqrt{K'}$$

se ve que esta relación es homóloga á una velocidad, y, por consiguiente, corresponde á la raíz cuadrada del valor del coeficiente  $K'$  respectivo. Los dos sistemas así constituidos se llaman, como ustedes saben, electrostático y electromagnético de unidades de medida. Empleando un símil indicado por M. Jouber, podría decirse que estos dos sistemas corresponden á los

casos en que una misma distancia se expresa, ya por el tiempo empleado en recorrerla, suponiendo al móvil una velocidad uniforme, ó ya por la longitud lineal que separa el origen y término de aquélla.

La experimentación confirma aquel resultado, pues si se mide una misma carga eléctrica por un método electroestático, y, después, por un electromagnético, se encuentran relaciones que se aproximan mucho á los valores de la velocidad de propagación de la luz en los distintos dieléctricos, para el aire, á  $3 \times 10^{10}$  C. G. S.

Que la relación entre estas dos unidades de cantidad de electricidad debe ser homóloga á una velocidad puede deducirse fácilmente.

Sea una esfera de radio  $a$ , aislada y cargada eléctricamente, de modo que su potencial sea 1. La capacidad electroestática representada por el radio tendrá el mismo valor numérico que la carga. Si se descarga esta esfera á través de una resistencia apropiada y se vuelve á cargar y descargar  $n$  veces en un tiempo  $t$ , podrá decirse que la expresión  $\frac{na}{t}$  es el valor medio de la corriente de descarga. Se puede elegir el número  $n$ , de modo que aquella fracción tenga un valor numérico igual á la unidad de intensidad en el sistema *e. m.*, y decirse entonces que  $\frac{na}{t}$  expresa la relación de las unidades de intensidad *e. m.* y *e. e.*, relación que, como se ve, es una velocidad.

Maxwell, asimilando la acción magnética de una masa eléctrica en movimiento á la de una corriente, había sacado la misma consecuencia que acabo de apuntar. Bien saben ustedes que los experimentos de M. Cremieu vinieron á poner en tela de juicio las conclusiones del célebre profesor de Cambridge; pero los trabajos de Rowland, de Pender y de Karpen han puesto fuera de duda la exactitud de aquellas conclusiones.

Fácil sería deducir, expresando un mismo trabajo en los dos sistemas de unidades de medida, las relaciones que entre las de resistencia, fuerza electromotriz y capacidad existen, conocida ya la que liga á las de unidad de cantidad de electricidad; son las que aparecen aquí escritas:

$$\frac{\sqrt{r_{1m}}}{\sqrt{r_{1e}}} = \frac{i_e}{i_m} = \frac{e_m}{e_e} = \frac{q_e}{q_m} = \frac{\sqrt{c_e}}{\sqrt{c_m}} = \sqrt{K'}$$

Es evidente que entre las magnitudes absolutas de estas mismas unidades existirán las relaciones inversas, y se tendrá, por consiguiente,

$$\frac{\sqrt{R_{1m}}}{\sqrt{R_{1e}}} = \dots = \frac{1}{\sqrt{K'}}$$

Según las deducciones que acabo de apuntar, las fórmulas que expresan la ley de Coulomb para las acciones eléctricas y magnéticas deberán ser respectivamente las siguientes:

$$f_e = \frac{q^2}{c_{i.e.} \times r^2} ; f_m = \frac{m^2}{\mu \times r^2}$$

Mas para poder efectuar las medidas es conveniente usar múltiples de las unidades que acabo de definir teóricamente, que den valores numéricos aceptables, ni muy grandes ni muy pequeños, y es indispensable darles existencia real, por así decirlo, construyendo tipos ó patrones que los representen.

En 1848, Jacobi había construido, de una aleación particular, tipos ó patrones que le servían de unidad ó término de comparación para medir resistencias eléctricas; pero las aleaciones no son el material más apropiado para este objeto, por la dificultad de tenerlas siempre de composición absolutamente homogénea.

En 1860, Werner Siemens indicó que sería preferible emplear para formar tipos ó patrones de resistencia el mercurio, por la facilidad de poderle tener siempre en el mismo estado de pureza, y propuso que se adoptase como unidad de resistencia la de una columna de aquel metal líquido de 1 mm<sup>2</sup> de sección y de un metro de altura á 0°. Para relacionar los tipos ó patrones de resistencia con las unidades mecánicas y físicas anteriormente deducidas, Gauss y Weber habían adoptado como unidades de masa y de longitud el miligramo y el milímetro respectivamente; pero como los valores numéricos de la mayor parte de las magnitudes que hay que apreciar resultaban muy elevados, la *British Association* eligió el centímetro y el gramo, y como unidad de tiempo el segundo, que aquellos célebres físicos habían también adoptado. Decídese esta importante Asociación por el mercurio para construir los tipos ó patrones de resistencia, sin perjuicio de emplear como auxiliares tipos formados por una aleación de dos partes de plata y una de platino, y adopta también en aquella fecha, para medir las fuerzas electromotrices, la que produce una pila Daniell, con líquidos de densidad determinada.

En 1872 da á conocer Latimer Clark su pila tipo, formada por una mezcla de mercurio, sulfato mercurioso y sulfato de zinc, como polo positivo, y sulfato de zinc disuelto y lámina de zinc, como polo negativo, elemento cuya fuerza electromotriz puede determinarse, como indicaré después, por un método absoluto.

En 1881, el Gobierno francés invita á las demás Naciones para que concurran á un Congreso que había de celebrarse en París con objeto de adoptar los tipos de unidades eléctricas. Este Congreso acordó elegir como unidad de resistencia eléctrica un múltiplo de la unidad teórica electromagnética anteriormente deducida, igual á 10<sup>9</sup>, y para representarla, una columna de mercurio á 0°, de 1 mm<sup>2</sup> de sección uniforme, y de una altura que una Comisión especial había de determinar. Dedicó esta unidad de resistencia al físico alemán Ohm, y le da su nombre (Ohmio).

Como unidad de fuerza electromotriz adoptó el múltiplo 10<sup>8</sup> de la unidad electromagnética teórica; dedicándola al célebre físico Volta, acuerda darle el nombre de Volt (Voltio).

Como unidad de intensidad toma la de la corriente que produce la fuerza electromotriz de un volt, en un circuito de un ohmio de resistencia, cuya intensidad resulta, por lo tanto, igual á la décima parte de la unidad teórica, y le dió el nombre de Ampère (Amperio).

Conviene en dar el de Coulomb (Coulombio) á la unidad de cantidad de electricidad, que representa la cantidad de electricidad de un amperio durante un segundo, y por fin da el nombre de Farad (Faradio) á la unidad de capacidad, que es igual á 10<sup>-9</sup> unidades electromagnéticas.

De las ecuaciones:

$$[L' \cdot T^{-1}] = 10^9 [L \cdot T^{-1}]$$

$$[L^{\frac{1}{2}} \cdot M^{\frac{1}{2}} \cdot T] = 10^{-1} [L^{\frac{1}{2}} \cdot M^{\frac{1}{2}} \cdot T^{-1}]$$

se deduce que estas unidades prácticas pueden obtenerse directamente de las ecuaciones entre las magnitudes eléctricas, como las unidades teóricas, si se eligen como unidades de longitud, de masa y de tiempo.

$$[L'] = 10^9 [L]$$

$$[M'] = 10^{-11} [M]$$

$$[T'] = [T]$$

En 1882 la Comisión designada por el Congreso de París fija en 176 centímetros la altura de la columna de mercurio que ha-

bía de representar el ohmio, llamado legal, aunque reconociendo que esta longitud debía ser aumentada.

En el segundo Congreso celebrado en París con motivo de la Exposición en 1889, se conviene en dar el nombre de Joule (Julio) á la unidad práctica de trabajo que tiene  $10^7$  ergios; el de Watt (Vattio) al Joule en un segundo, y en tomar como unidad para medir el coeficiente de autoinducción, la longitud de un cuadrante, igual á  $10^9$  unidades de C. G. S. Henry (Henrio). Recomienda, además, este Congreso, que la potencia de las máquinas eléctricas se exprese en kilovatios en vez de hacerlo en c. v., y acepta como unidad de intensidad luminosa la bujía decimal, igual á  $\frac{1}{20}$  del patrón Violle, ya conocido. En el mismo Congreso se acordaron las definiciones de *periodo*, *frecuencia*, *intensidad media*, *intensidad eficaz*, *fuerza electromotriz media*, *fuerza electromotriz eficaz* y *resistencia aparente* de las corrientes alternas. Propúsose, también, definir como unidad de flujo magnético, el Weber, igual á  $10^8$  unidades teóricas

$$\left[ L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \right],$$

y como unidad de intensidad, el Gaus, igual también á  $10^3$  unidades teóricas

$$\left[ L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \right]$$

de intensidad. Sobre esta última proposición no recayó acuerdo.

Desde luego se comprende que la determinación de uno de estos tipos de resistencia, de fuerza electromotriz, ó de intensidad ha de hacerse por un procedimiento indirecto ó absoluto, y yo no he de molestar á ustedes entreteniéndome en indicar ninguno de los varios que se han empleado para determinar el ohmio.

Sólo diré que los perfeccionamientos sucesivos que en estas determinaciones se han ido introduciendo, han exigido la corrección de los números primeramente encontrados, viéndose que la resistencia del ohmio que se llamó *verdadero*, para distinguirle del *legal*, corresponde á una columna de mercurio de las condiciones apuntadas, pero de una altura de 106,3 centímetros.

Insisten en 1890 y 1891 un Comité del *Board of Trade*, y otro del *American Institute of Electrical Engineers*, en la necesidad de adoptar múltiples adecuados de las unidades teóricas para expresar las magnéticas que habían de usarse en la práctica, relativas á la fuerza magnetomotriz, al flujo magnético, á la resistencia magnética y á la intensidad de campo magnético.

En el Congreso celebrado en Francfort en 1891, fecha memorable por haberse hecho en ella la demostración práctica de la transmisión de la energía mecánica á distancia por medio de la electricidad, con rendimientos hasta entonces desconocidos, se aprueba dar los nombres de Gauss y de Weber, propuestos para las unidades destinadas á medir la intensidad de campo magnético ó la inducción magnética y el flujo magnético, pero difirieron las opiniones sobre el valor anteriormente propuesto de  $10^8$  unidades teóricas, que á estas prácticas se había propuesto asignar.

En conexión con la reunión de la *British Association* en Edimburgo, se celebró una conferencia por Helmholtz, Guillaume y otros, para discutir la Memoria del *Board of Trade*, que les fué sometida. Se convino en ella en tomar definitivamente la altura de 106,3 centímetros para la columna de mercurio que había de representar el ohmio; y como la sección de esta columna había de deducirse del peso de la misma, siendo éste variable con la latitud, se encontró preferible expresar la masa de la columna de mercurio de sección constante, en vez de esta misma sección. Adoptóse, por último, en esta conferencia, el acuer-

do de someter todos estos puntos al Congreso que en el año de 1893 había de celebrarse en Chicago.

Estuvieron en este Congreso representadas las Naciones siguientes: Gran Bretaña, Francia, Italia, Alemania, Méjico, Austria, Suiza, Suecia y la América Inglesa del Norte. Fué presidente honorario el profesor Von Helmholtz, y de la Cámara de delegados de las Naciones mencionadas, el profesor Rowland. Se recomendó á los Estados representados la adopción de los acuerdos siguientes: Tomar como unidad de resistencia el ohmio internacional, igual á  $10^{-9}$  unidades electromagnéticas, representado por la de una columna de mercurio de 14,4521 gramos, á cero grandos, de sección constante y de 106,3 centímetros de altura: como unidad de intensidad el amperio internacional, igual al  $10^{-1}$  de la unidad teórica, cuya corriente deposita, de una disolución de plata en un segundo, 0,001118 gramos de metal; como unidad de fuerza electromotriz, el voltio internacional, que produce en un conductor que tiene la resistencia de un ohmio, una intensidad de un amperio y que puede representarse por la fracción  $\frac{1000}{1434}$  del elemento Latimer Clark á  $15^\circ$ ; como

unidad de cantidad, el coulombio internacional, que es la cantidad de electricidad que representa una corriente de un amperio internacional en un segundo; como unidad de capacidad, el faradio internacional, que es la capacidad de un condensador que con la carga de un coulombio internacional da una diferencia de potencial en sus armaduras de un voltio internacional, y que contiene  $10^{-9}$  unidades electromagnéticas; como unidad de trabajo, el julio internacional, que es igual á  $10^{-7}$  ergios; como unidad de potencia, el vatio internacional, equivalente á un julio internacional en un segundo; como unidad de coeficiente de autoinducción, el henrio internacional, que contiene  $10^9$  unidades C. G. S.

Formóse, además, una Comisión compuesta por los Sres. Von Helmholtz, Ayrton y Carhart para estudiar más profundamente el elemento Latimer Clark, la cual, por muerte de Von Helmholtz, no llegó á dictaminar.

Se presentó también, en este Congreso, una información para dar nombre á las unidades magnéticas; pero sobre este particular no se tomó acuerdo. Finalmente, se adoptó como tipo fotométrico la lámpara de pentano, de Heffner Alteneck.

(Se continuará.)

---

La excavación ejecutada en el canal de Panamá, en el corte de la Culebra, durante el mes de Enero último fué de 432.750 metros cúbicos. Esta es la cifra mensual más elevada á que se ha llegado hasta ahora. En el mes de Octubre del año próximo pasado la excavación fué de 248.800 metros cúbicos. Las fuertes lluvias de los meses de Noviembre y Diciembre fueron causa de que la obra ejecutada en dichos meses fuese inferior á la de Octubre. El gran adelanto alcanzado en dichas obras durante el mes de Enero fué debido á la llegada de gran número de trabajadores españoles é italianos.—H.

---

La construcción de tres puentes entre la ciudad de Nueva York y Nueva Jersey ha sido recomendada por la *Interstate Bridge Commission*, encargada por los Estados de Nueva York y Nueva Jersey de estudiar el problema del tráfico entre las citadas ciudades. Uno de los puentes que propone la Comisión deberá atravesar el Hudson entre las calles números 14 y 72, en Manhattan (Nueva York), y tendrá aproximadamente una longitud de 2.800 pies ingleses (854 metros). El coste de este puente se calcula que no será menor de 25 millones de dollars, pudiendo muy fácilmente alcanzar la cifra de 35 millones de dollars. Los otros dos puentes son de mucha menos importancia, pues se calcula que su coste no excederá de 500.000 dollars cada uno.—H.