

siendo s la longitud media de una espira, determinada por la ecuación:

$$s = 2(l + e + 2e_0) = 2(30 + 3,5 + 2 \times 2,5) = 77 \text{ centímetros};$$

por consiguiente,

$$L_t = 4 \times 336 \times 0,77 = 1.035 \text{ metros.}$$

El hilo del inductor de las dinamos empleadas en Argentera era de $\frac{28}{10}$, su peso de 60 kilogramos y su longitud de 1.000 metros (1).

(Se continuará.)

ALUMBRADO ELÉCTRICO DEL PUERTO DE BARCELONA

(Continuación.)

Las dinamos pueden establecerse en uno ó en más grupos, alrededor de la ciudad donde su instalación sea más barata; los conductores principales vendrán á empalmarse con ambas redes en diversos puntos, repartiendo el fluido eléctrico á nuestra voluntad, ó sea en proporción del consumo (2); y como quiera que la diferencia de potenciales deberá arreglarse no al partir de las estaciones, sino en la proximidad de los puntos de empalme con las redes de dichos conductores, éstos podrán ser de pequeña sección, consin, tiendo una pérdida de 8 á 10 volts, y de aquí la economía del sistema. Pero hay más aún; como la electricidad puede afluir por diferente vías á la vez impidiendo que el potencial varíe sensiblemente con el consumo, esto permite otro considerable ahorro sobre los conductores de red. Por último-dicho sistema permite cortar dos conductores contiguos, en caso de recom-

(1) Si se quisiera calcular ahora la pérdida de potencial debido á los electroimanes, podríamos aplicar la fórmula

$$e = \frac{r L_t i}{2}$$

en la cual r expresa en ohms la resistencia de un metro de hilo inductor, igual en nuestro caso á 0,0027; $L_t = 1.100$ metros, é $i = 12$;

$$e = 17,32 \text{ volts};$$

por consiguiente, la pérdida de energía en watts, será de

$$17,32 \times 12 = 208 \text{ watts} = 0,282 \text{ caballos de vapor,}$$

próximamente el 7 por 100 de la energía utilizada.

(2) Dichos conductores constituyen los llamados «Hilos de alimentación.»

posición, sin producir la extinción de ninguna lámpara, puesto que la electricidad puede afluir por uno ó por otro sentido.

Esto no obstante, la distribución á bajas tensiones sigue siendo muy cara; y de aquí la tendencia de los inventores á emplear los altos potenciales, conservando, sin embargo, la tensión de 100 volts para el servicio de los particulares.

La primera modificación en dicho sentido débese también al mismo Edison y al sabio electricista Hopkenson, que inventaron simultáneamente la célebre distribución á tres hilos, formada por dos conductores ordinarios y un hilo fino intermedio llamado *de compensación*, enlazado con aquéllos por medio de dos dinamos acopladas en serie; de modo que por dicho hilo circulan en realidad dos corrientes iguales y opuestas que se compensan, colocándose las lámparas en derivaciones que enlazan el hilo central con los conductores externos. Este sistema permite realizar una economía en el peso y coste de los hilos (comparado con las distribuciones primitivas), que teóricamente se eleva al 75 por 100 (1), y prácticamente á un 60 por 100, cifra que basta para justificar el progreso realizado, y el éxito práctico de esta invención, adoptada al punto por numerosas instalaciones públicas. Tiene, sin embargo, el inconveniente de exigir un reparto prudencial de las lámparas en ambas redes, de modo que en cada una de ellas haya á la vez, aproximadamente, el mismo número encendidas. Esta dificultad se ha podido salvar empleando ciertos conmutadores automáticos, que hacen pasar grupos de lámparas de una á otra red, en relación con las diferencias de potencial.

Aun después de tantas perfecciones, el gasto de conductores sigue siendo elevado; y como era forzoso luchar con la distribución por transformadores, sumamente económica, fué ideada la distribución por *series múltiples*, que permite al infatigable inventor la competencia con todos los demás sistemas, y cuyo principio es el siguiente: La corriente continua de alto potencial se corta en tantos puntos del circuito, como veces contenga aquél el potencial normal de 110 volts, á fin de intercalar entre ellos otras tantas redes de distribución ordinaria. La dinamo empleada es, pues, una máquina de alta tensión, ó se compone de otras ordinarias acopladas en serie. Para que la diferencia de potencial en los polos de cada lámpara sea de 100 volts, es necesario que el número de las encendidas sea igual en cada grupo; y como, aun cuando se coloque el mismo número de lámparas en cada circuito secundario, los consumidores no las encenderán seguramente al mismo tiempo, hay necesidad de colocar un reóstato en derivación entre cada dos puntos de interrupción del circuito principal, que se maneja continua-

(1) Suponiendo que el hilo de compensación tiene un diámetro infinitamente pequeño.

mente á mano, exigiendo otros tantos hombres y puestos secundarios, de no reemplazar aquéllos por reguladores automáticos.

Partiendo de este principio y combinándolo con el sistema de 3 hilos, ha llegado Edison, después de algunos tanteos, á plantear su magnífica distribución á 440 volts, con cuatro dinamos en serie, dos puestos secundarios y tres hilos de compensación. Mediante este ingenioso enlace, en apariencia algo complejo, pero que funciona admirablemente en la práctica, se ha conseguido una economía verdaderamente notable sobre los sistemas primitivos. El ahorro en el establecimiento de los conductores no se extiende solamente á las redes secundarias, donde ya hemos visto que era del 60 por 100, sino que alcanza también con este sistema á los conductores principales, y en mayor escala todavía; puesto que, como la sección de los mismos debe ser inversamente proporcional al cuadrado de la fuerza electro-motriz,

dichos hilos no tendrán más que $\left(\frac{100}{400}\right)^2 = \frac{1}{16}$ de su sección con el sistema primitivo; y á estas ventajas económicas, hay que añadir la muy importante de que las corrientes empleadas son continuas, y pueden aplicarse lo mismo al alumbrado por arco, que al de incandescencia, que á la distribución de la fuerza electro-motriz.

Cierto es que hay una pérdida de energía eléctrica en los reóstatos cuando disminuye el consumo. Pero este inconveniente se traduce solo en un ligero aumento de combustible, y como el gasto de éste representa una quinta parte no más del gasto total, si la pérdida de energía eléctrica llegase por ejemplo á $\frac{1}{5}$ (límite á que nunca alcanza), el aumento de gasto sería de $\frac{1}{5 \times 5} = 4$ por 100 del total, y esto en períodos sumamente cortos.

Llegamos á la famosa distribución por *transformadores*, que son, como sabemos, aparatos que reciben la energía eléctrica, y la restituyen bajo la misma forma, pero modificada en la relación mutua de los dos factores que la constituyen; fuerza electro-motriz é intensidad. Hé aquí la descripción de este sistema.

Las dinamos se colocan fuera de la ciudad, y proporcionan una corriente *alternativa*, á tensión elevadísima y constante (de 1.800 á 3.000 volts), y con gran número de inversiones por segundo. Dicha corriente circula por dos conductores principales perfectamente aislados y colocados de manera á precaver todo accidente. Estos conductores, que terminan al penetrar en la ciudad, alimentan dos grandes transformadores en derivación, cada uno de los cuales tiene dos polos secundarios, de donde arrancan los correspondientes circuitos á débil tensión (102 volts), en que van montadas las lámparas.

Estos transformadores gozan de las propiedades siguientes: La diferencia

do potencial media en los polos de la corriente secundancia, es proporcional á la que existe en los polos de la principal, sea cuales fueren las variaciones de intensidad de la corriente; y como la pérdida de energía eléctrica es muy débil (3 á 5 por 100), resulta que si un transformador recibe la electricidad bajo una diferencia de potencial constante, dará una corriente secundaria bajo otra diferencia también constante, llamándose á la relación fija entre estas dos tensiones *coeficiente de conversión* del aparato.

Si se hace variar el número de lámparas encendidas en uno de los circuitos secundarios, la diferencia de potencial no varía en los polos de las otras lámparas, y la energía absorbida por los transformadores varía en proporción de las que funcionan. Si se apagan completamente todas las lámparas de un circuito, la energía eléctrica absorbida por el transformador correspondiente es casi nula. Conviene advertir que las dinamos deben dar una diferencia de potencial constante, no en sus propios polos, sino en los de los transformadores, y de aquí la gran economía del sistema. Para conseguir tal resultado, se hace uso de un sencillo cuanto ingenioso medio de auto-regulación, cuya descripción nos llevaría demasiado lejos.

Claro es que este sistema, que reúne todas las condiciones exigibles en una buena distribución, tiene sobre los de Edison la gran ventaja de no exigir personal ni puestos secundarios, toda vez que los transformadores son aparatos fijos y automáticos. En cambio, el emplear corrientes alternativas impide su buena aplicación al alumbrado por arco, y sobre todo á la distribución de la fuerza; con la circunstancia además, de que dichas corrientes con grandes potenciales son de peligroso manejo. Esto no impide que se haya extendido con inusitada rapidez, contándose en América por centenares las instalaciones de este género, y habiéndolo adoptado en Europa con brillante éxito las ciudades de Tours, Pesth, y últimamente Roma, cuya distribución puede citarse como verdadero modelo.

El problema de las distribuciones eléctricas se halla, pues, resuelto; y esto á tal punto, que en los Estados Unidos, donde en 1876 no se conocían otros efectos de luz eléctrica que los obtenidos en algunas proyecciones teatrales, como la pila Buissen, y donde algunas dinamos Gramme importadas por Mr. Fontaine, excitaron la mayor admiración, pasan hoy día de muchos miles las dinamos originales construidas por inventores americanos, y se halla tan desarrollado el alumbrado eléctrico, que éste representa actualmente en dicho país una intensidad luminosa superior á la que darían todas las fábricas de gas de Francia y España reunidas. En la actualidad existen en esta gran nación muchos centenares de estaciones centrales y miles de instalaciones privadas. Las primeras solamente representan una fuerza mecánica de 400.000 caballos de vapor, que alimentan unos 220.000 reguladores de arco, y más de millón y medio de lámparas de incandescencia.

Existen diversas sociedades poderosas para la construcción é instalación de este cuantioso material, de las que la más importante, sin disputa, es la sociedad Edison, que acapara más del 50 por 100 de todos los pedidos, siguiéndola en orden decreciente las de Westinghouse, Westo-Maxim, Tomson-Houston, Sawyer Man, Mather y Brush.

En Europa las instalaciones particulares son también numerosísimas, especialmente en Alemania, Inglaterra y Francia. No así las estaciones centrales, que abundan bien poco, pues exceptuando las de Berlín, Milán y Roma, que pueden considerarse de primer orden, todas las demás deben mirarse como secundarias, incluso las de nuestro país, donde va cundiendo bastante el alumbrado eléctrico, y donde se ha dado el curioso fenómeno de que varias poblaciones de tercera ó cuarta categoría han pasado bruscamente desde el primitivo estado en que se hallaban, respecto á su alumbrado público, á disfrutar del más perfeccionado y moderno, y esto mucho antes que nuestras grandes capitales.

Esto tiene, no obstante, su natural explicación, en la lucha de los intereses creados, en la natural competencia entablada contra el nuevo sistema por las grandes Compañías de gas, que es evidente no pueden resignarse, ni en España ni en los demás países de Europa, á ceder el paso sin reñidísimo combate, y más cuando todavía pueden aducir á su favor (aunque no en todos los casos) los argumentos económicos; pero esta lucha será estéril, podrá durar más ó menos tiempo, con la importancia de los sacrificios que aquéllas se impongan, y el progreso más ó menos rápido de las aplicaciones industriales de la nueva ciencia; pero al final de la jornada, el gas quedará relegado á empleos caloríficos y mecánicos, y la electricidad, de acuerdo con los consejos de la higiene, con la mejora de la salubridad, con su potencia infinitamente mayor, con su menor riesgo para los incendios, siempre que se establezcan bien sus conductores, quedará como reina absoluta para la producción de luz, tanto en el alumbrado público como en el privado, donde sus ventajas son todavía de mayor transcendencia, aunque parezca lo contrario.

Como verdadera y anticipada apoteosis de este triunfo, aún queda grabada en la mente de todos la maravillosa impresión producida en ella por el gran certamen de París, donde el alumbrado eléctrico ha recibido su verdadera y definitiva sanción. En aquel océano de luz, lanzado sobre los soberbios edificios y jardines del Campo de Marte por 20 sociedades eléctricas en noble y franca competencia, han podido apreciar hasta los más reacios la intensidad y sijeza de las modernas lámparas de incandescencia y de arco, y la maravillosa precisión con que funcionan las máquinas dinamos de actualidad. La duda ya no es posible; y en presencia de este hermoso espectáculo, resumen de lo que hoy se pone en práctica en todas las

ciudades, en los pueblos, en las fábricas, en los puertos, en todos los puntos del orbe civilizado, no podemos menos de contestar afirmativamente á la pregunta que nos habíamos impuesto, y decir en voz alta:

«Sí; la electricidad, como ciencia industrial, ha llegado ya al desarrollo suficiente para emplearla sin la menor vacilación en toda clase de alumbrados, y, por lo tanto, al proponerla con carácter definitivo para el de los nuevos muelles de nuestro puerto, tenemos perfecta conciencia de sus condiciones actuales, y de las ventajas que pueden recabarse de su aplicación.»

Justificadas, por consiguiente, y tal vez con demasiada insistencia, las razones en que fundamos la solución propuesta, pasaremos sin nuevos rodeos á la descripción de los medios escogidos para su planteamiento, pareciéndonos lo más lógico, ya que vamos á tratar de *dos* sistemas completamente heterogéneos, y cuyas respectivas aplicaciones nos han de conducir á la ejecución de trabajos de muy diversa naturaleza, dividir esta Memoria en dos partes, correspondientes cada una de ellas á un proyecto distinto é independiente, en relación con los sistemas expresados, y destinadas, la primera á describir *el alumbrado por gas*, tal como entendemos que debe plantearse en la zona anteriormente definida, y la segunda *al alumbrado eléctrico* de los nuevos muelles.

PRIMERA PARTE

ALUMBRADO POR GAS

Consideraciones generales.—Todo adelanto en una ciencia conduce inevitablemente á otro progreso de más ó menos entidad en las que la son similares. Las notabilísimas reformas llevadas á cabo de algunos años á esta parte en el alumbrado eléctrico por los especialistas, debían repercutir forzosamente en el seno de las grandes compañías dedicadas á la producción y explotación del gas de hulla, aunque no fuera más que en defensa de sus amenazados intereses. Durante largo tiempo el alumbrado por gas había permanecido estacionario, empleándose por tradiciones y costumbres inveteradas mecheros sumamente sencillos y de pequeña intensidad, tanto en el alumbrado público como en el de las habitaciones y talleres.

Reconocida, empero, la necesidad de aumentar la potencia luminosa de estos focos y perfeccionar con su mecanismo las buenas condiciones de la combustión, se produjo el hecho en extremo interesante de que, mientras los electricistas, partiendo de los reguladores de arco de gran intensidad, buscaban afanosos la manera de obtener la *divisibilidad* de la luz eléctrica creando las pequeñas lámparas de una á tres cárcels, los gasistas, por el contrario, intentaban la creación de lámparas potentes ó focos llamados

intensivos, que produjeran, como algunos de los de Siemens, 200 y más *cárceles* de intensidad.

Al mismo tiempo, y de los experimentos de unos y otros, resultaba otro hecho no menos curioso; el precio del alumbrado eléctrico iba aumentando á medida que se disminuía la intensidad de las nuevas lámparas, mientras por el contrario, el coste del alumbrado por gas disminuía notablemente con el empleo de los mecheros ó focos intensivos.

(Se continuará.)

CONGRESO INTERNACIONAL DE FERROCARRILES

(Continuación.)

SEGUNDA SECCIÓN.—TRACCIÓN Y MATERIAL

IX TEMA.—PASO DE LAS CURVAS.—MODO DE HACER CONCORDAR LOS TRAZADOS EN CURVA CON LA FLEXIBILIDAD DEL MATERIAL MÓVIL QUE HAYA DE CIRCULAR POR ELLOS.

A) *Material móvil.—Resultados de las experiencias comparativas sobre la resistencia á la tracción de las locomotoras, carruajes y vagones de diferentes sistemas, según que circulen por curvas ó por alineaciones rectas.*

(Memorias de los Sres. Lancrenon, Ingeniero agregado al Ingeniero Jefe del material y tracción de los ferrocarriles del Este de Francia, y Morandiere, Ingeniero encargado de los estudios del material y tracción del ferrocarril del Oeste de Francia.)

El Congreso adopta las conclusiones siguientes:

1.^a Limitando convenientemente la velocidad, se puede admitir en determinados sitios aislados, y en vista de circunstancias excepcionales, sobre líneas de ancho normal situadas fuera de los sitios de gran circulación, curvas cuyos radios pueden llegar á 150 metros y aun ser inferiores á esta cifra. El material móvil actual de la vía normal puede generalmente pasar por tales curvas á poca velocidad.

2.^a Según las experiencias de que se ha dado cuenta á las secciones reunidas, el aumento de resistencia debido á las curvas puede evaluarse en rasantes horizontales á razón de cuatro kilogramos por tonelada para las curvas de 200 metros de radio, y á razón de seis kilogramos por tonelada para curvas de 150 metros de radio.

Estas cifras se consignan á título de indicaciones, y debo tenerse presente que el aumento de resistencia puede variar entre límites muy amplios, como se deduce de los resultados de las citadas experiencias.