

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

MADRID, 28 DE FEBRERO DE 1893.

5.ª Serie.

Tomo 1.º

Número 4.º

AÑO XLI DE LA PUBLICACIÓN.

SUMARIO.

Alumbrado eléctrico del puerto de Barcelona.

SUMARIO DEL BOLETIN.—Reformas en la publicación de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.—Correspondencia.—Parte oficial.—Subastas.—Adjudicaciones.—Movimiento del personal de Obras públicas.

ALUMBRADO ELÉCTRICO DEL PUERTO DE BARCELONA

(Continuación.)

Aprovechando, pues, los resultados de estos mismos ensayos, la experiencia adquirida en el examen de otras muchas instalaciones análogas y las consecuencias de los sencillos cálculos que ahora detallaremos, basados en la desigual distribución de los rayos luminosos de estos focos y en las leyes conocidas de su propagación, creemos que la potencia de estas luces no debe bajar de 260 cárcels de intensidad media esférica, la que puede alcanzarse hoy día en algunas de las modernas lámparas con los mismos carbones de 12 milímetros y los mismos 15 amperes exigidos por los reguladores que se usaron en los experimentos, y cuya intensidad era cuatro veces menor. De igual modo hemos deducido para los focos de la segunda línea, cuya elevación se fija en solo 6 metros, una intensidad media esférica de 146 cárcels, la que puede obtenerse con carbones de 11 milímetros y corrientes de 11 amperes; es decir, con dinamos y lámparas más económicas que las de las pruebas. Veamos ahora cuál ha sido el fundamento de este criterio.

El problema que tratamos de resolver es precisamente el más difícil e indeterminado que entraña la fotometría, cual es el de fijar las condiciones de alumbrado y el grado de claridad obtenido por la instalación de uno ó más focos, en una superficie dada, teniendo en cuenta la difusión de los rayos lumínicos. Nosotros prescindiremos, sin embargo, de los efectos de esta luz difusa, de importancia escasísima en nuestro caso particular, y que,

- PUERTO DE BARCELONA

- ALUMBRADO

- INSTALACIONES ELÉCTRICAS

por el contrario, se convierte para un local cerrado en un factor de primer orden.

La condición teórica fundamental de un buen alumbrado, es la de obtener suficiente luz para poder leer y escribir sin gran esfuerzo en un punto ó zona cualquiera de la superficie iluminada. Ahora bien; la cantidad de luz necesaria á este objeto ha de variar naturalmente, según que el alumbrado sea interior ó exterior, pues en el primer caso dichas operaciones serán las habituales y á ellas debe subordinarse la instalación, mientras en el segundo tendrán lugar tan solo de un modo excepcional. De aquí que haya necesidad de fijar dos límites inferiores para esta cantidad; uno aplicable al alumbrado externo, que representará la mínima luz necesaria para poder leer y escribir, y el segundo, que se ha denominado *límite higiénico*, la claridad suficiente para realizar aquellas operaciones con entera facilidad. Dichos límites, según los más recientes experimentos de Javal, Weler y sobre todo del eminente físico Cohu, se han graduado respectivamente en 0,20 y 1,20 cárcel-metros.

La estricta aplicación de estas condiciones teóricas nos conduciría, sin embargo, á resultados inadmisibles por su exageración en el terreno práctico. Recordando, en efecto, que la distancia entre los focos que se instalen al borde de los muelles debe ser aproximadamente de unos 200 metros para que en la zona intermedia de aquéllos, ó sea á 100 metros de los mismos, pueda obtenerse la intensidad lumínica de 0,20 cárcel-metros que hemos fijado á la unidad de luz, sería preciso, teniendo en cuenta el principio fundamental de la fotometría relativo á la comparación entre dos luces de diversa potencia, que la intensidad de dichos focos fuese igual á $100^2 \times 0,20 = 2000$ cárceles; cifra económicamente absurda, toda vez que por la desigual distribución de los rayos lumínicos en esta clase especial de lámparas, las demás zonas comprendidas entre éstas y la zona media tendrían un exceso de luz realmente exagerado y evidentemente inútil para las necesidades del problema.

Nos es forzoso, pues, conformarnos con menor claridad en estos espacios centrales, cuya compensación puede obtenerse en caso necesario por medios indirectos, y concretarnos á determinar las intensidades racionales de los nuevos focos, por la conveniente graduación de sus potencias medias. Para ello, el único sistema que ofrece las mayores garantías de éxito, es el de la comparación con otros focos cuyos efectos prácticos hayan podido medirse y apreciarse en el terreno experimental, y de aquí la gran utilidad que pueden prestarnos los ensayos del Ingeniero Sr. Garrán, cuyos datos y consecuencias hemos reseñado en sus más sustanciales detalles.

Sabemos por ellos, en efecto, que dos reguladores de arco voltaico de 65 cárceles efectivos de intensidad colocados en los muelles á 100 metros

uno de otro, y á una altura sobre el terreno de 9 á 10 metros, producen la suficiente luz en todos los puntos de su zona intermedia para poder efectuar con comodidad las distintas faenas comerciales, incluso la lectura de los impresos ordinarios. Partiendo, pues, de esta base, cuya exactitud aceptamos, es fácil calcular la intensidad de los focos colocados á 200 metros de distancia, valiéndonos de la sencilla y conocida fórmula

$$\frac{I}{i} = \frac{D^2}{d^2}$$

en la que

I é i representan las intensidades de unas y otras luces; y

D y d las distancias que las separan entre sí.

Sustituyendo, obtendremos:

$$I = 65 \times \frac{200^2}{100^2} = 260 \text{ cárcels,}$$

que como ya dijimos con anterioridad, expresa la potencia media esférica con que debe dotarse á estos reguladores. Veamos ahora en qué forma queda repartida esta luz sobre la base circular de 100 metros de radio á que debe alcanzar su acción.

La luz producida por el arco voltaico depende: 1.º de la intensidad y naturaleza de la corriente; 2.º de la longitud del arco, y 3.º de la sección y calidad de los carbones empleados.

Con corrientes alternativas los rayos lumínicos tienen aproximadamente la misma intensidad en todas direcciones, mientras con las continuas la luz se distribuye con notable desigualdad alrededor del foco. En cambio la potencia media obtenida es mucho menor para la primera clase de corrientes, y de aquí la preferencia que se da á las segundas para la alimentación de los reguladores.

Dicha desigualdad proviene del modo como se queman los carbones; el carbón positivo, que se coloca generalmente en la parte superior, se va socavando por su extremidad, mientras se talla en punta más ó menos redondeada el carbón negativo. Esta socavación á hueco, que recibe el nombre de *cráter*, forma una especie de reflector natural que despidе hacia abajo los rayos luminosos, dando lugar á esas diferencias angulares de intensidad, que á veces revisten enormes proporciones. Según la dirección en que se aprecien los destellos, así se obtiene un resultado cada vez distinto; y de aquí las divergencias que suelen encontrarse en las notas ó anuncios de los constructores de estas lámparas, y hasta en los ensayos llevados á cabo por íntegros facultativos.

Para evitar estas apreciaciones erróneas, y después de un profundo

estudio de la cuestión, basado en numerosos experimentos, el Jurado de la Exposición Internacional de 1881 estableció la fórmula práctica

$$S = \frac{H}{2} \times \frac{M}{4},$$

hoy generalmente aceptada por su notoria exactitud para determinar la intensidad media esférica S en función de H , intensidad horizontal, y de M , intensidad máxima.

El cómodo empleo de esta fórmula no exime, sin embargo, al constructor inteligente y concienzudo de obtener los diagramas lumínicos de sus lámparas para diferentes tipos de corrientes alternativas y continuas, pues del exacto conocimiento de aquéllos depende tal vez la solución de problemas tan interesantes como el de la altura más conveniente de los focos y el del buen aprovechamiento de su luz. En la lámina 11 hemos procurado reproducir fielmente los susodichos diagramas para las lámparas y corrientes propuestas, obtenidas en el reciente gran certamen de 1889 por el célebre Ingeniero electricista Mr. Fontaine.

Examinando estas curiosas curvas, vemos comprobado que la misma lámpara, que con una corriente continua de 15 amperes produce una intensidad media esférica de 265 cárcels, sólo da una potencia media de 105 cárcels cuando dicha corriente es alternativa. En cambio, puede apreciarse la gran uniformidad de la luz en este último caso, así como su variable distribución en el primero, que da para la intensidad horizontal una potencia de 135 cárcels, reducida á 15 para el rayo lumínico lanzado á 75° de inclinación sobre el plano focal y aumentada á la notable cifra de 790 cárcels, intensidad máxima, para una inclinación inferior de 60° .

Dada la altura de 10 metros fijada á estos reguladores, hemos determinado para cada una de las distintas inclinaciones angulares que marca el diagrama (concretándonos como es natural á las de la región inferior), los respectivos radios de los conos lumínicos correspondientes, consignando sus resultados en el cuadro adjunto.

Inclinación bajo el horizonte.	Intensidad luminosa en cárcels.	Radios de los conos luminosos. — Metros.
90°	0	0,00
75°	630	2,60
60°	790 (máxima).	5,70
45°	700	10,00
30°	432	17,30
15°	240	38,00
10°	200	58,00
5°	165	119,00
0°	135 (horizontal).	∞

Vemos, pues, que para las zonas intermedias á dos focos consecutivos, la intensidad luminosa variará de 165 á 200 cárcels para los espacios comprendidos entre los radios de 58 á 119 metros; en ellos, por lo tanto, aunque no faltará luz para las maniobras ordinarias, la lectura de las impresiones normales no podrá hacerse sin gran dificultad. Dicha operación será más cómoda entre los 58 y 30 metros, sobrando mucha luz desde esta última distancia al pie del foco. Nada más fácil, aplicando las reglas fotométricas, que determinar con toda precisión el punto exacto en que la intensidad luminosa de los rayos alcanza el límite práctico de $\frac{1}{3}$ de cárcel-metro, prefijado, como ya hemos dicho, para poder leer y escribir en condiciones de relativa facilidad con los alumbrados externos. Dicho punto resulta en este caso á 36 metros del foco, medidos en plano horizontal, y al que corresponde una longitud para el rayo lumínico de 37^m,30.

Del cuadro anterior se deduce asimismo cómo influyen las alturas de suspensión en el mejor aprovechamiento de la luz, pues si en vez de los 10 metros fijados suponemos que dicha elevación llegase hasta los 30 metros, habría que triplicar las distancias obtenidas para las diversas inclinaciones de los rayos; y por consecuencia, si á la distancia de 119 metros no llegaban antes otros destellos que los lanzados á 5° bajo la horizontal, ahora alcanzarían á dicha zona los emitidos á 15°, cuya intensidad supera á la de aquéllas en 75 cárcels; si en vez de 30 metros fijamos 60, cortaríamos la zona central con los rayos á 30° de inclinación, y casi hubiéramos triplicado la intensidad. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que dicha luz no se propaga en el vacío, donde conservaría inalterable su potencia á cualquier distancia del foco, sino al través de la atmósfera, donde sabemos que su intensidad variará en razón inversa del cuadrado de las distancias; y como la longitud de los rayos luminosos iría creciendo también con la altura de suspensión, la intensidad efectiva iría disminuyendo en cambio para una

misma inclinación en proporción cada vez más rápida. De esta doble premisa puede, pues, deducirse teóricamente la altura más adecuada de estos focos, bajo el punto de vista de su buena utilización; en nuestro caso particular dicha altura resultaría de 78 metros (1); pero aparte de lo exagerado de su coste, ya hemos indicado los demás inconvenientes que imposibilitarían en nuestro puerto este género de suspensiones.

Para el cálculo de los segundos focos, aunque obedeciendo al mismo criterio, debemos partir de una base distinta, en relación con su menor altura. Fijada ésta en solos 6 metros, para tener en cuenta la del arbolado, y más aún la conveniencia de iluminar la mayor superficie posible del interior de los tinglados, claro es que, resultando algo más desfavorable la distribución de su luz, debemos atenernos para sus efectos comparativos con las de las pruebas á la distancia de 80 metros, término medio entre la que separaba los dos primeros reguladores de aquéllas, y la de 100, que fué el tipo elegido para los focos de más elevación.

Aceptada esta cifra, y siendo de 120 metros la distancia máxima que ha de separar unos de otros dichos reguladores, su intensidad resultará igual, aplicando la fórmula fotométrica, á $65 \times \frac{120^2}{80^2} = 146$ cárcels. Ahora

bien; como dichos focos, según más tarde veremos, han de guardar entre sí distancias variables, y por lo general bastante más reducidas que la anterior, claro es que algunas zonas de esta línea tendrán un exceso de luz sobre la calculada, si bien no exagerado, como á continuación demostraremos, y muy conveniente por el doble objeto de esta segunda instalación.

Hé aquí, para la altura de 6 metros, la distribución angular de los rayos lumínicos y medida de las zonas correspondientes.

Inclinación bajo el horizonte.	Intensidad luminosa en cárcels.	Radios de los conos luminosos. — Metros.
90°	0	0,00
75°	346	1,60
60°	435 (máximo).	3,50
45°	385	6,00
30°	237	10,40
15°	132	23,00
10°	110	35,00
5°	91	65,00
0°	74 (horizontal).	∞

(1) En realidad desde los 67 á los 85 metros de altura el efecto útil de estos focos sería sensiblemente el mismo.

Calculada con dichos datos la distancia teórica correspondiente á la zona bañada por la unidad reglamentaria de luz ($\frac{1}{3}$ de cárcel-metro), resulta de unos 25 metros desde el pie del foco; y como quiera que la mínima separación de estos reguladores entre sí es de 45 metros para los tres primeros, y todos los demás se hallan á distancias comprendidas entre 56 y 120 metros, queda demostrado que el pequeño exceso de luz que puede haber en algún trozo, no se aparta sensiblemente del límite teórico fijado á los buenos alumbrados públicos.

Si quisiéramos determinar las alturas de suspensión más convenientes, veríamos que, para los focos más próximos entre sí, aquéllas resultaban de 6 metros, como las adoptadas, toda vez que en dicho caso las zonas centrales alcanzan ya con esta elevación, según hemos visto, el límite de intensidad práctico, y que para los focos más separados, ó sean los que distan entre sí 120 metros, la altura teórica de los mismos debería elevarse hasta 45 metros, no obstante lo cual la intensidad en la zona media no excedería de 407 cárcels, que para la longitud de 75 metros que entonces tendría el rayo luminoso, produciría una radiación en dicho punto céntrico de $\frac{407}{0,20 \times 75^2} = 0,36$ de la reglamentaria; es decir, de $0,20 \times 0,36 = 0,072$ cárcel-metros.

Fáltanos ahora determinar el número y emplazamientos definitivos de unas y otras luces, teniendo en cuenta la acertada combinación de todos los servicios.

La situación de los focos de mayor potencia queda determinada, según se ha dicho, por la que ocupan las escaleras de embarque y desembarque. Exceptuando el muelle de San Beltrán, ó sea el menos importante de los cuatro que comprende la instalación, vemos que en los tres restantes habría imposibilidad absoluta de colocar otros focos análogos á los anteriores, por cuanto todos los espacios comprendidos entre unas y otras escaleras deben quedar en estos muelles completamente libres y desembarazados para el exclusivo servicio de las gruas hidráulicas, y especialmente de las móviles, que necesitan recorrerlos en toda su extensión á fin de confrontarse con las escotillas de los buques. Respecto al muelle de San Beltrán, ya indicamos asimismo en la Introducción, que lo más necesario y urgente era el buen alumbrado de sus puntos de embarque y desembarque, sin perjuicio de instalar otras luces en su zona de mayor amplitud y tránsito.

Siendo de diez el número total de escaleras en los cuatro muelles, claro es que éste debía ser también el de los indicados focos; pero la gran importancia de una de aquéllas, la denominada *de la Paz*, y su notable emplazamiento frente á las más amplias y concurridas arterias de la población, una de las cuales, la de la Rambla, alumbrada ya eléctricamente, encuen-

tra en ella su natural terminación, aconsejan, á nuestro modo de ver, la instalación, no de uno, sino de dos focos iguales y simétricos, á fin de armonizar el alumbrado de esta escalera con el de dicha vía y con lo excepcional de su movimiento de tránsito. Siendo de 38 metros la distancia que ha de separar entre sí estos focos, la potencia de los rayos luminicos en su punto medio será de 412 cárcels, y su longitud de 21^m,50, á cuyas cifras corresponde una radiación de 0,69 cárcel-metros; inferior todavía al límite fijado á la unidad de luz en los alumbrados interiores.

Para la colocación más adecuada de la segunda línea de focos, cuya intensidad media esférica ha de ser tan solo de 146 cárcels, debemos tener en cuenta que no se trata de alumbrar vías ó paseos urbanos en los que se impone como necesaria la condición de ornato y el simétrico y uniforme repartimiento de las luces, sino vías enclavadas en la zona marítima del puerto, y más aún en las del propio servicio de los muelles; de tal manera, que su alumbrado debe satisfacer á múltiples exigencias que pueden hacerle incompatible con la perfección de su visualidad. Lo preciso, lo esencial, es distribuir bien la luz para que todas y cada una de las actuales ó futuras instalaciones de estos muelles, disfruten ó puedan disponer en su día del contingente necesario. Así, pues, comenzaremos por estudiar el efecto que sobre aquéllas puede producir la primera línea de focos inmediatos á las escaleras á fin de evitar la colocación de otros nuevos, que serían supérfluos en las zonas que ya resulten bien iluminadas, y concentrar, por el contrario, el número conveniente de los segundos en las que hayan quedado en sombra ó con escasa luz.

Mediante este criterio, que es á nuestro juicio el más racional, y á la simple inspección del plano de estos muelles, se reconoce lo innecesario de colocar nuevos reguladores de arco en los pasos ó vías transversales, que por enfrontar con las escaleras de embarque y desembarque se hallan ya perfectamente iluminadas mediante la instalación de los primeros focos. En cambio, si examinamos los grupos parciales de embarcaderos cubiertos del muelle de la Muralla, veremos patente la necesidad de colocar una lámpara en la confrontación de cada uno de los pequeños pasos intermedios entre unos y otros tinglados, cuyos frentes han de proyectar sobre aquéllos fuertes sombras, que es preciso evitar, dado el activo movimiento comercial de estos espacios, donde funcionan las gruas fijas y los grupos de cuatro placas giratorias. Recordando que en los embarcaderos hoy descubiertos será forzosa, tal vez en breve plazo, la instalación de nuevos tinglados para el mayor resguardo y seguridad de las mercancías, á cuyo efecto, y en la época de construcción de aquéllos, se dejaron ya habilitados en sus sitios respectivos los cimientos para los pilares de los futuros cobertizos, claro es que el criterio expuesto debe ampliarse para esta nueva clase de embar-

caderos, que, como sabemos, se extienden igualmente en toda la longitud del inmediato muelle de Atarazanas.

Examinando con atención el plano general, se ve bien lo difícil de conciliar la condición que nos hemos impuesto, no sólo con la del buen aspecto de la instalación, sino con las demás inherentes á un buen alumbrado. Fijándonos en el grupo de tinglados más próximo á la escalera de la Paz, el solo alumbrado de los pasos intermedios exige la colocación de tres focos voltáicos, espaciados entre sí unos 62 metros. Si aplicamos igual criterio á los grupos restantes, vemos que cada uno de éstos exigiría la instalación de otros dos focos, pero emplazados entre sí á las variables distancias de 90, 96 y 110 metros, todas bastante superiores á la que separa los primeros, y algo exageradas para las zonas de gran tráfico, según hemos procurado demostrar al ocuparnos del repartimiento de las haces luminicas.

La buena visualidad, de la que no es posible prescindamos en absoluto, y sobre todo la necesidad imperiosa de obtener más luz, aconsejan la colocación de un foco más, intermedio á cada dos de los anteriores, exceptuando los correspondientes al muelle de Atarazanas, donde el tráfico es menos activo, y al que ya no alcanza la edificación de los proyectados almacenes. Verdad es que, procediendo así, no conseguiremos la uniformidad en las distancias de unos á otros focos, pero podremos disponerlos mejor y con más simetría á uno y otro lado de los grandes pasos; su conjunto resultaría agradable, pues la separación de las luces en cada uno de los grupos parciales irá aumentando paulatinamente desde el arranque á la extremidad de la línea en proporción con su longitud; y finalmente obtendremos, como ya hemos visto, toda la luz necesaria á su objeto, sin caer tampoco en inconvenientes prodigalidades.

Respecto al muelle de Barcelona, la solución es más sencilla, puesto que, dada su escasa anchura de 50 metros, y el menor tráfico desarrollado en la zona inmediata al antepuerto, á cuyo paramento no pueden atracar los grandes buques, es evidente que bastará la colocación de otros dos focos, emplazados frente á los pasos transversales primero y tercero, puesto que el segundo, correspondiente á la escalera central del muelle, estará ya sobradamente iluminado con la potente lámpara montada á su proximidad.

Por último, para complementar el alumbrado del muelle de San Beltrán en su zona de mayor circulación y anchura, ó sea en el primer tercio de su longitud, juzgamos suficiente la instalación de dos nuevas lámparas, cuyo emplazamiento no puede ser hoy definitivo, por la necesidad que habrá más tarde de urbanizar y reformar dicho muelle en armonía con las necesidades de su tráfico, y que por ahora pueden colocarse ventajosamente junto á la cerca de sus dos primeros solares y á uno y otro lado del paso transversal que las separa en prolongación de la llamada calle de Albareda.

La distancia que exista entre estos focos será de 120 metros; pero la inmediación de los reguladores colocados en la escalera del arranque del muelle de Barcelona y en la primera del de San Beltrán, así como la circunstancia de hallarse todo este espacio completamente descubierto, darán al mismo la suficiente luz, teniendo en cuenta que su movimiento ha de ser esencialmente de tránsito.

Tal es, pues, la distribución que tenemos la honra de proponer como la más adecuada y ventajosa, y cuyo esquema, sobre el que luego hablaremos más despacio, se representa en la lámina 17. Por la inspección detallada del mismo, donde se han hecho constar las posiciones relativas de unos y otros focos, así como sus diversas distancias de separación, y sobre todo por el examen del plano general, en el que aparecen marcados los distintos reguladores de arco con dobles círculos de carmín rayados de amarillo, y de radio mayor ó menor, según la intensidad de aquéllos, puede apreciarse mejor aún que con nuevos y prolijos razonamientos el cuidado y el tacto con que hemos procurado dar satisfacción á tantas y tan encontradas necesidades.

El número de reguladores propuestos es de 26, de los que 11 deberán tener una potencia media esférica de 260 cárcels, que podrán producirse con corrientes continuas de 15 amperes; y los 15 restantes la de 146 cárcels, que exigirán un flujo eléctrico de 11 amperes de intensidad. Veamos, pues, qué medios y sistemas resultan más oportunos y eficaces para su instalación.

DINAMOS

Los reguladores de arco se emplean actualmente en los tres géneros siguientes de distribuciones: 1.º en el caso de una distribución bajo potencial constante de 50 á 70 volts, continuo ó alternativo, dando buen resultado los reguladores monofotos con solenoides en tensión; 2.º en el caso de una distribución en serie, de *intensidad constante*, para lo que pueden emplearse á voluntad las lámparas de solenoides en *derivación* ó *diferenciales*, pero con la condición precisa de que todas ellas se hallen provistas del mecanismo necesario para dejar el arco automáticamente fuera del circuito una vez consumidos los carbones, y 3.º en el caso de una distribución bajo potencial constante de más de 100 volts, con dos lámparas en tensión entre los conductores, que también pueden ser de solenoides en derivación ó diferenciales.

Pero entre el 2.º y el 3.º caso hay una diferencia sensible; en aquél la intensidad en la corriente es constante, de modo que cuando se apagan una ó más lámparas, la potencia luminica de las restantes no varía en la más pequeña cantidad. En el caso último, por el contrario, si se apaga una de

las dos lámparas, la intensidad de la corriente que alimenta la otra ha de variar por fuerza, puesto que aumenta el potencial y la resistencia disminuye; dicha intensidad crece también por consecuencia, y con ella la potencia de la lámpara que permanezca encendida, y que puede, por lo tanto, quemarse ó destruirse. El único modo de evitar dicho inconveniente, es reemplazar la lámpara apagada por una resistencia conveniente; pero ni esto se hace siempre á tiempo, ni excusa en lo más mínimo el consumo de fluido eléctrico.

De aquí que el sistema más generalmente usado para la instalación de los reguladores ó lámparas de arco voltaico, sobre todo cuando se destinan, como en nuestro caso particular, al alumbrado público, sea el segundo de los descritos ó el llamado *distribución en serie*, para cuya elección definitiva debemos también tener en cuenta una circunstancia esencialísima en todos estos problemas; la de la gran economía que es resultado inmediato de las altas tensiones.

En una distribución de este género, y como quiera que cada lámpara de arco exige aproximadamente unos 50 volts de diferencia de potencial, vemos, en efecto, que á poco que aumente el número de aquéllas, la fuerza electromotriz, y por lo tanto el potencial de las dinamos, tendrá que ser un tanto elevado, teniendo en cuenta además la resistencia de los conductores. Hé aquí, teóricamente demostrada, la ventaja económica de estas altas tensiones.

Supongamos que se trate de transportar á lejana distancia una energía eléctrica W ; sean E la diferencia de potenciales en los polos de la dinamo, é I la intensidad. Tendremos, pues,

$$E \times I = W.$$

Supongamos también, para fijar nuestras ideas, que se desea obtener un rendimiento eléctrico m igual al 90 por 100. La energía aprovechada será, pues, de $E \times I \times m$, y la pérdida en los conductores de $(1 - m) \times EI$; sea R la resistencia de estos conductores (suponiéndolos completamente aislados).

Aplicando la ley de Joule, sabemos que

$$(1 - m) EI = RI^2;$$

de donde

$$R = \frac{(1 - m) E}{I} = \frac{(1 - m) E^2}{EI} = \frac{(1 - m) E^2}{W}.$$

Luego si R es proporcional al cuadrado de E , claro es que la sección y el gasto de los conductores podrán reducirse en idéntica proporción. Si ha-

ce mos $E = 1.000$ volts, el gasto de cobre será, pues, 100 veces menor que con $E = 100$ volts.

Hay que tener en cuenta dos circunstancias esenciales que limitan prácticamente la exagerada aplicación teórica de este principio.

Es la primera la referente al calor producido en los conductores por el paso de la corriente eléctrica, y que puede llegar á un límite para el que no haya compensación con el enfriamiento exterior; es preciso, pues, no sobrepasar este límite, que se ha fijado prácticamente en 1 á 3 amperes por milímetro cuadrado de la sección transversal del conductor (siendo éste de cobre).

Refiérese la segunda á los accidentes que las tensiones exageradas pueden producir por el contacto inadvertido de los conductores ó elementos no aislados de las dinamos. Ya hemos dicho, sin embargo, que adoptando las precauciones convenientes, dicho temor tiene mucho de infundado, pues continuamente se están manejando generadores de fuerte potencial sin el más pequeño inconveniente.

A pesar de todo, creemos que para las distribuciones de electricidad, esencialmente aplicables al alumbrado público, por el sistema en serie, no es prudente rebasar de los potenciales de 1.000 á 1.500 volts, no obstante el empleo frecuente de dinamos más poderosas, como las del sistema Thomson-Houston.

Conviene advertir también, que los tales accidentes suelen ser poco graves y numerosos con las dinamos de corrientes continuas que, según se ha dicho, son las que nos conviene emplear, por exigir para una misma intensidad lumínica corrientes mucho más débiles que si hubieran de ser alternativas, y, por lo tanto, menos peligro, y un gasto de instalación considerablemente menor. Pero no son estas tampoco las únicas razones que aconsejan en nuestro caso la continuidad de la corriente.

Ciñéndonos, en efecto, á las reglas teóricas, todas ó la mayor parte de las lámparas de arco pueden adoptarse á las corrientes alternativas del mismo modo que á las continuas, porque si aquéllas cambian de sentido, también cambiará al mismo tiempo la imanación del *alma* ó *barra* de los solenoides; pero en realidad, exceptuando las lámparas con electrodos paralelos denominados *bujías eléctricas*, construídas especialmente para el objeto, todas las demás se presentan mal en el terreno práctico á estos cambios bruscos. Si consideramos, por ejemplo, una lámpara con solenoide en derivación, cuya diferencia de potencial se arregla de ordinario para una corriente continua, ya no será igual dicha diferencia á la de su *potencial medio* en el caso de que la corriente fuese alternativa, ni dentro de ésta si llega á variar el número de sus inversiones en la unidad de tiempo; y esto consiste en que las corrientes producidas por la auto-inducción, que son de

suyo despreciables para las bobinas aisladas, ejercen, por el contrario, gran influencia y son causa de notables perturbaciones cuando aquéllas se hallan provistas de barras internas, como sucede forzosamente en los reguladores de arco.

De todo lo expuesto se deduce que, en el examen que vamos á emprender para la conveniente elección de máquinas dinamos, debemos descartar en absoluto, no solo todos los generadores destinados á la producción de corrientes alternativas, sino también aquellos que dentro de la continuidad de sus corrientes, y por la especial construcción y arrollamiento de sus electros, tienen por objeto esencial asegurar la constancia de sus potenciales, y son los únicos idóneos para las distribuciones llamadas *en derivación*, ya sean éstas á dos ó tres hilos de *malla* ó *red* ó del sistema de *series múltiples*.

Para simplificar este trabajo, debemos limitar aún más nuestro examen, concretándolo, dentro del sistema elegido, al de los tipos llamados *industriales*, ó sean los más modernos y hoy de corriente aceptación, prescindiendo en absoluto del tropel de desdichadas lucubraciones que, por su aparente novedad, extraña forma ó disposición más ingeniosa que científica, han alcanzado un momento de boga y popularidad, para caer más tarde en el descrédito y el olvido.

Por último, aun dentro de los tipos corrientes, haremos mención tan solo de las apreciadas como mejores por la disposición de sus órganos, por el esmero de su construcción, y sobre todo por sus buenos resultados prácticos.

Dinamos Gramme.—Tipo superior.—Natural es que empecemos nuestro análisis por los trabajos del célebre inventor francés, al que se debe la primera máquina de este género verdaderamente práctica, siendo, por lo tanto, el creador de esta nueva y portentosa industria.

El mérito de Gramme es innegable, por más que, concretándonos á esta invención, su famoso inducido en forma de anillo se reduzca á una ingeniosa modificación del de Pocinotti y obedezca á una teoría completamente idéntica. Pero la obra de este hombre insigne es mucho más extensa, y para abarcarla en toda su cuantía hay que retroceder veinte años atrás y seguir paso á paso todos los progresos realizados en tan largo período por las ciencias electro-magnéticas. A él se deben, en efecto, la mayor parte de los órganos fundamentales de las modernas máquinas dinamos, en cuya historia le estará siempre reservado el mismo elevado lugar que ocupa Wat en la de las máquinas de vapor. Suyo es uno de los mejores reguladores de arco hoy existentes, y suyo también un gran número de interesantes descubrimientos sobre el magnetismo, la afinidad de los metales, los acumuladores y transformadores eléctricos y la electricidad

estática. Pero el defecto capital de Gramme, que sus compatriotas citan en cambio como su más justo título de gloria, ha sido su propio y natural orgullo de inventor: su inveterada resistencia á todo género de colaboraciones. Todas las máquinas que han salido de sus talleres, y pasan de treinta los tipos que ha producido su genio infatigable, han sido estudiadas por él hasta en sus más pequeños detalles. Él mismo las concibe, las calcula, las dibuja, vigila su construcción, preside sus ensayos, modifica sus partes defectuosas; la vuelve á empezar si es necesario, y no la entrega á la industria sino cuando se considera satisfecho.

Semejante modo de proceder asombra realmente y maravilla, pues representa la lucha gigantesca de un solo hombre contra una legión de inventores, contra una pléyade de eminentes electricistas. ¿Pero cuál es su inmediata y lógica consecuencia? Que muchas de sus máquinas no han salido jamás del taller; que otras han alcanzado aceptación dudosa; que las que han obtenido justa fama en aquellas épocas en que su solo nombre se imponía, ó se hayan abandonado hace ya tiempo, ó resulten muy inferiores á la generalidad de los modernos tipos.

Para no citar más que un ejemplo, recordaremos la célebre dinamo ideada por Gramme en 1884, con 12 polos y anillo aplanado (á fin de contrabalancear la creciente influencia de las máquinas multipolares del tipo Victoria), y que el mismo inventor retiró de la circulación por el calentamiento de las barras del colector, por la exagerada complicación en el montaje de sus escobillas, en número nada menos que de doce, y por el gran número de chispas que éstas producían.

¿Quién puede negar que Edison y Siemens no sean figuras tanto ó más colosales que la del inventor francés? Y sin embargo, el primero, verdadero genio de la electricidad moderna, no ha tenido reparo en aceptar los consejos del ilustre Hopkinson, y sus conocidas dinamos no han adquirido la perfección que las distingue hasta después de modificadas por aquel sabio electricista. De igual modo las máquinas Siemens deben exclusivamente su gran celebridad al eminente Ingeniero Hefner-Altenneck, inventor de los inducidos cilíndricos con arrollamiento exterior.

Así es que, de todas las dinamos Gramme (1), la única que hoy día puede sostener la competencia con las de otros sistemas y considerarse como verdaderamente industrial, es la llamada *tipo superior*, construida en 1887, y digna realmente de elogio por su gran sencillez y lo bien combinado de sus órganos. Hé aquí su descripción en breves palabras.

La máquina *tipo superior*, llamada así por la colocación especial de su inducido, se compone:

(1) Nos referimos solamente á las máquinas de corrientes continuas.

1.º De un electro-imán de fundición terminado por poderosas piezas polares en forma de mandíbulas, que rodean al inducido casi en sus tres cuartas partes.

2.º De dos soportes, también de hierro fundido, que reciben el árbol central y su polea.

3.º De una placa de fundición que une entre sí los soportes y los electro-imanés.

4.º De un anillo y su colector; y

5.º De las escobillas y demás piezas accesorias comunes á todas las dinamos.

Lo que caracteriza á estas nuevas máquinas, es que la placa de asiento, los soportes, las almas de los electro-imanés y sus expansiones polares, forman una sola y misma pieza de fundición; todo el esqueleto del aparato constituye, por consiguiente, un solo bloque, suprimiéndose de hecho todas las uniones y ensamblajes.

Los rollos de cobre de los *inductores* se preparan sobre moldes de palastro, cuyas dimensiones interiores son exactamente iguales á las exteriores de los electros, introduciéndolos luego en su lugar correspondiente entre dos marcos de madera ó de otra sustancia aisladora.

Estas dinamos son ingeniosas, de fácil manejo y de buen rendimiento industrial; pero sus defectos, comunes á todas las de Gramme, siguen siendo invariablemente el montaje un poco inseguro del anillo sobre el árbol de rotación, y sobre todo la débil potencia de su campo magnético, que apenas llega á $\frac{1}{6}$ de la unidad práctica de campo (10.000 unidades c. g. s.), cuando en muchas de las modernas máquinas se ha conseguido una intensidad superior á $\frac{1}{5}$ de la misma unidad.

Esto consiste en el mal estudio del sistema inductor, y en que los electros sean de fundición en vez de hierro dulce. La preponderancia de éste sobre aquélla, y especialmente la del hierro *sueco*, bajo el punto de vista del mayor coeficiente de saturación magnética, es ya un hecho práctico, reconocido y aceptado por todos. Hoy día, con los recientes y admirables trabajos en la materia de los Sres. Ewing y Low, se sabe que la inducción de 24.000 líneas de fuerza por centímetro cuadrado, máxima que hasta entonces se había obtenido, puede aumentarse hasta 31.500 líneas empleando el hierro de Lowmoor, y á 32.000, ó sean 500 más que la anterior, con el buen hierro de Suecia. Las corrientes de que se ha hecho uso en estos dos experimentos eran de 26,5 amperes, siendo además rigurosamente iguales los magnetismos remanentes de unas y otras barras, graduados en 500 líneas por centímetro.

Dinamos Siemens y Halske.—Igual popularidad á la de Gramme en Francia, goza Siemens en Alemania por la construcción de sus notabilísi-

mas dinamos, aplicables bien á la metalurgia, bien á la galvanoplastia, bien, finalmente, á los diversos sistemas de alumbrado eléctrico.

Caracterizan los primeros tipos, de los que no debemos ocuparnos, las máquinas llamadas horizontales, de muy escasa altura y débiles electros. En los concernientes al alumbrado, predominan, por el contrario, las formas verticales de los inductores, exceptuando un solo tipo, llamado de *inducido exterior*, ingeniosamente combinado á semejanza de las dinamos Gauz, á fin de disminuir todo lo posible las partes inútiles ú órganos inactivos de la máquina, y aumentar en consecuencia el número de sus líneas de fuerza.

En esta dinamo hay cuatro inductores de fundición, que forman una sola pieza con los soportes; son fijos, por consecuencia, y á su alrededor se mueve exteriormente el anillo inducido, semejante á los del tipo Gramme, con la única diferencia de que su núcleo ó corona interna se halla formada por placas ú hojas de palastro reunidas y aisladas entre sí. Las ventajas de esta máquina se reducen á su poco volumen, á la carencia de placas de asiento, á la buena ventilación del anillo y á la facilidad de obtener una crecida velocidad lineal, y por consiguiente, gran fuerza electromotriz, con un número limitado de vueltas, tanto por la multiplicidad de los polos, como por el considerable diámetro del inducido. En cambio, las resistencias al giro son muy notables en estas máquinas, que exigen mucho consumo de fuerza motriz, y sobre todo, sus inductores de fundición adolecen del mismo transcendental defecto indicado al hablar de los del tipo Gramme.

Pero las verdaderas y características máquinas del sistema Siemens, las que han contribuido á popularizar su nombre, no son ciertamente como la descrita, distinguiéndose por su bobina ó inducido especial, su forma de cilindro ó tambor, que ha sido punto de partida, para otra numerosa serie de sistemas, fundados en esta disposición radicalmente distinta de la que constituye el anillo Pacinotti-Gramme.

(Se continuará.)

MADRID: 1893.

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE GREGORIO JUSTE.

Calle de Pizarro, número 15, bajo