

que patine un aparato que parcialmente rueda sobre el césped; la disposición D, que reúne las ventajas de los dos sistemas, resulta muy recomendable.

La evacuación de las aguas de la superficie de las pistas se debe hacer, en general, dando a éstas un bombeo como en las carreteras, y a los muelles de lle-

gada y estacionamiento una pendiente general hacia los drenes; en algunos casos, aunque no es lo frecuente, se pueden construir las pistas con la pendiente hacia el centro, disponiendo en éste sumideros que recojan las aguas.

José Luis ESCARIO
Ingeniero de Caminos.

Ferrocarriles. - La repetición de señales sobre la locomotora

Para que una señal dé satisfacción cumplida a su cometido, es preciso: 1.º Que esté en su posición debida. 2.º Que sus indicaciones sean percibidas y atendidas por el maquinista. Con relación a lo primero se cuenta, como garantía de seguridad, con los *enclavamientos*, y para favorecer lo segundo se han ideado los sistemas de repetición de que vamos a tratar.

Tienen su razón de ser en la conveniencia de contrarrestar los defectos de vigilancia en que pueda incurrir el maquinista, recordándole la presencia de las señales de la vía y confirmándole su indicación. A veces, la acción de los aparatos repetidores llega incluso a ser ejecutiva y produce la maniobra de los frenos para detener el tren o aminorar su marcha.

Su necesidad no siempre puede justificarse plenamente, pues la conciencia del personal responsable y los severos reglamentos que se le imponen suelen ser suficientes para hacerle cumplir con lo relativo a la observancia de las señales; pero se comprende que al aumentar la velocidad de los trenes y crecer su número, se haya buscado un mayor margen de seguridad, y que el progreso de la técnica ferroviaria no se conformase con no extender su campo por este lado que se le ofrecía. Con ello se alcanzaron estos últimos años soluciones que representan un perfeccionamiento muy grande, logradas, por cierto, en unos tiempos en los cuales las circunstancias de las explotaciones ferroviarias no son las más a propósito para recargar los gastos con nuevas instalaciones. Así se explica que, además de la tendencia observada en los Estados Unidos estos dos últimos años, favorable a la substitución de la maniobra automática del freno por la reproducción única de las señales sobre la locomotora, se pueda registrar también la supresión de estas mismas señales repetidoras en ciertas líneas de débil tráfico de dicho país. Y, sin embargo, son precisamente las instalaciones modernas de Norteamérica las que más nos llaman la atención, no sólo por su alcance individual, sino por su relación con otras que, como las de block-system, telefonía selectiva y mando centralizado de tráfico, contribuyen con aquéllas a marcar el carácter propio a las explotaciones americanas.

Por esto, y por lo que, tanto en Norteamérica como en Europa, se viene haciendo sobre lo relativo a repetición de señales, juzgamos el asunto de interés bastante para dedicarle las siguientes líneas.¹

¹ El asunto de la repetición de señales sobre la locomotora fué discutido en las sesiones IX y XII (Roma y El Cairo) de la Asociación Internacional del Congreso de Ferrocarriles y, aun sin figurar en el orden de la sesión, se trató también acerca de él en las celebradas en París y Berna los años 1900 y 1910, respectivamente.

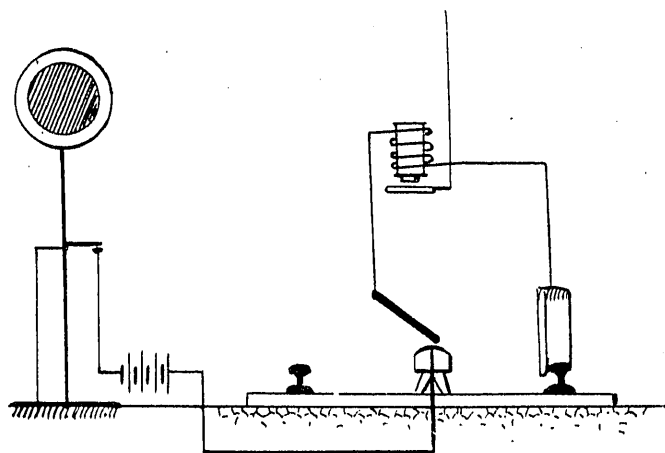
LOS PRIMEROS APARATOS.

Desde mediados del siglo pasado existía patentada en Inglaterra una invención para dar un aviso sobre la locomotora de la posición de las señales; pero la necesidad de estos aparatos no se veía bien clara y su desarrollo no llegó entonces a alcanzarse. Los ingenieros ferroviarios continuaron, no obstante, preocupándose de la cuestión, y algunos años más tarde, en 1872, aparece en Francia un sistema repetidor que merece citarse porque fué muy empleado en la vecina nación y, más o menos modificado, aún continúa utilizándose. Nos referimos al aparato llamado corrientemente "cocodrilo", imaginado por los Sres. Lastigue y Forest, de la Compañía del Norte de Francia, en dicho año, y que se instala en las líneas de doble vía de la referida Compañía a partir de 1880. Posteriormente, se siguen inventando nuevos tipos, todos los cuales, lo mismo que los anteriores, pueden dividirse en dos grupos: el de los mecánicos y el de los eléctricos. Los primeros no logran mucho éxito por los inconvenientes propios de los contactos de choque y transmisiones mecánicas que venían a constituir sus partes esenciales, y de los segundos puede decirse que es el "cocodrilo" el de más relieve, hasta que van apareciendo los sistemas de inducción electromagnética que, en sus diversas formas, son los que se vienen aplicando actualmente en nuevas instalaciones.

En el sistema del "cocodrilo" se aprovechó para su constitución los escasos elementos que en los tiempos de su invención ofrecía la industria eléctrica, muy reciente aun el comienzo de la construcción con carácter industrial de las primeras dinamos, y antes de que Deprez, en 1882, presentase en París sus experiencias sobre el transporte de una camioneta de medio caballo por una línea de 800 metros de longitud. Las pilas, los electro-ímanes y los contactos eléctricos, eran casi lo único de que podían disponer prácticamente los inventores, y de estos elementos se valieron Lastigue y Forest, en Francia, para su aparato repetidor de 1872, que se componía esencialmente de un contacto fijo colocado sobre la vía, de un silbato accionado por un electro-íman, sobre la locomotora, y de un cepillo metálico, colocado también en la locomotora, en su parte baja, y que frotaba sobre el contacto fijo de la vía al pasar sobre ella la locomotora.

El contacto fijo es una pieza de madera de dos a cuatro metros de longitud, cubierta por una placa de cobre y colocada, a lo largo, en el eje de la vía, pieza que por su vago parecido a un cocodrilo dando sobre las aguas mereció que los ferroviarios

llamasen vulgarmente con aquel nombre al aparato. El circuito eléctrico de esta parte fija se alimenta por una pila, cuyo polo positivo se une a la citada placa de cobre, y el negativo a tierra, a través de un contacto que se cierra cuando la señal está a la parada, y se abre cuando la señal se abre (fig. 1.^a). Estando, pues, la señal en posición de mandar la detención del tren, el circuito de la parte fija no precisa para cerrarse sino que sobre la placa de cobre de la pieza larga de madera pase el cepillo metálico de la locomotora, ya que en ésta el conductor eléctrico que parte del cepillo, va, a su vez, a la masa, después de seguir el arrollamiento de un electro-imán. Así

Figura 1.^a

sucede que este electro-imán entra en juego cuando la locomotora, al circular, encuentra la señal mandando parar y, atrayendo la armadura, hace sonar el silbato.

Por su parte el maquinista, para acreditar que estuvo atento a la señal, al pasar por ella cuando está cerrada, debe inscribir un signo en la cinta del aparato Tlaman, registrador de velocidades, que suelen llevar las locomotoras francesas.

Se coloca el aparato llamado "cocodrilo" un poco antes del disco de avanzada y, cuando éste se encuentra en posición de cerrar la vía, provoca, según se ha indicado, el funcionamiento sobre la locomotora de un silbato especial de que ésta se ha dotado.

Como se ve, el aparato es bien sencillo, y juzgando por el tiempo que hace que viene empleándose, preciso es reconocer el aceptable cumplimiento de su cometido; pero al presente, los perfeccionamientos en las aplicaciones de la electricidad y otros sistemas más satisfactorios, ponen de manifiesto sus defectos. Es un aparato que trabaja por la presencia de corriente eléctrica que, si por una causa cualquiera, como rotura de un conductor, agotamiento de la pila, etc., llega a faltar, hace del "cocodrilo" una cosa inerte, que deja pasar la locomotora sin producir efecto. De la misma manera, la suciedad de la placa de cobre del contacto fijo, la nieve o el hielo que se

depositen sobre ella, pueden constituir un motivo de no funcionamiento.

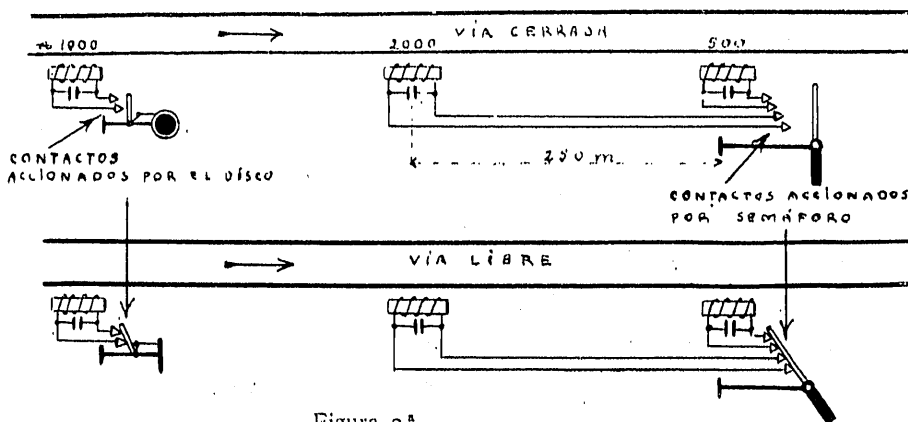
Todos estos inconvenientes, advertidos de antiguo, han sido señalados con singular relieve cuando a fines de 1933, como consecuencia del choque de trenes de Lagny, cerca de París, se discutieron las causas de este terrible accidente, ocurrido en una línea equipada con block-system automático y con aparatos repetidores de señal del tipo de los de "cocodrilo". Se recordó entonces en Francia lo remoto del origen de estos aparatos y lo inadecuado de su constitución, si se les compara sobre todo con los de aplicación actual en los Estados Unidos, sean los de accionamiento de frenado (*automatic train control*), sean los de producción única y continua de señales luminosas y acústicas sobre la locomotora, llamados de *cab signal*, de más generalizado empleo en estos últimos tiempos.

A estos nuevos sistemas americanos hemos de referirnos, por tanto, especialmente, no sin antes citar los aparatos de inducción electromagnética y algún otro que en los países de Europa han tenido más aceptación, principalmente en Alemania y Suiza, de que a continuación hablamos.

APARATOS DE INDUCCIÓN.

En las primeras tentativas que se realizaron en Alemania para introducir un sistema repetidor de las señales sobre la locomotora, se juzgó suficiente que el procedimiento consistiese en advertir al maquinista el paso de su tren por una señal avanzada, cualquiera que fuese su posición. Es decir, se trataba sólo de llamar la atención sobre las señales, para que no pasase ninguna inadvertida, pero sin reflejar su posición.

Para este programa tan simple, se podía aplicar un sistema de contacto eléctrico como el del "cocodrilo". No obstante, como sus inconvenientes resultaban patentes, se experimentó, ya entrado este siglo, un procedimiento de tipo electromagnético, que comprendía: a) en la vía, un trozo de carril antimagnético (de acero al níquel, por ejemplo) colocado un poco antes de la señal avanzada sobre la que se quería llamar la atención; b) sobre la locomotora un pequeño grupo generador de corriente alterna, alimentado por una batería, servía para, a su vez, dar flujo a un electroimán situado junto a las ruedas y que pasaba sobre el trozo de carril antimagnético de la vía. Al suceder este paso, el campo electromagnético se

Figura 2.^a

modificaba y en la armadura de un relé térmico se producía, como consecuencia, una dilatación que provocaba el accionamiento de un avisador acústico. Este procedimiento, como el de contacto eléctrico, se abandonó, buscando como sustitutivo un sistema de repetición integral de las señales sobre la locomotora y el funcionamiento automático de la válvula del freno de aire comprimido.

Se emplearon, al efecto, sistemas de corriente continua y de corriente alterna en el grupo alimentador del equipo de la locomotora. En ambos se coloca en la vía, al lado del carril, un electroimán intercalado en un circuito que se cierra cuando la señal está en posición de vía libre, y permanece abierto cuando la señal está a la parada, con lo cual en el primer caso, es decir, estando cerrado o en cortocircuito el electroimán de la vía, al pasar sobre él el de la locomotora no se produce influencia ninguna y los aparatos repetidores no funcionan; pero, por el contrario, cuando la señal está indicando alto, el electroimán de la locomotora recoge una corriente que tiende a oponerse a la de un relé que va sobre la misma locomotora, y a causa de este debilitamiento de la corriente del

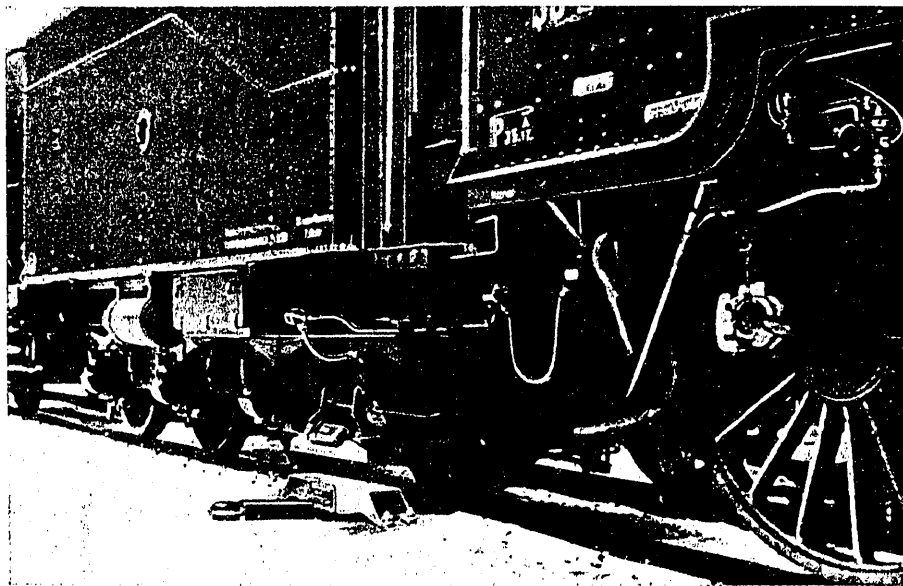


Figura 3.ª

relé, cae su armadura y modifica un contacto que motiva, por una parte, que se encienda una lámpara de aviso, y por otra, que se accione la válvula del freno.

Se observa ya en estos sistemas que el accionamiento de la repetición se produce al caer la armadura de un relé, por falta de la corriente necesaria, o sea, que el efecto del aparato se consigue no por acción de la corriente que nace, sino por la desaparición o debilitamiento de una que excita y mantiene atraída la armadura del relé principal. De esta disposición se deduce que una avería que ocasione falta de energía, a lo que da lugar es al funcionamiento de los aparatos de repetición, y no como en el caso del "cocodrilo", en el cual la falta de fluido lo que produce es la ausencia de señal de repetición.

Pero de todos modos, y aun representando este procedimiento inductivo un adelanto, por lo que significa de eliminación de contactos de la vía y por su tendencia a la consecución del funcionamiento cuando una avería suprime la corriente de alimentación principal, no se le consideró de aplicación enteramente satisfactoria y, principalmente después de la guerra, prosiguieron los ensayos de nuevos perfeccionamientos.

En 1925, la Reichsbahn redactó un programa de las condiciones que debería reunir el sistema inductivo de repetición de señales que convenía adoptar, para que sirviese de guía a las casas constructoras. Se parte de la base, como cuestión de principio, en este programa, de mantener sobre el maquinista la obligación de observar las señales y ejecutar lo relativo a sus indicaciones, reservando el funcionamiento de los aparatos automáticos para cuando el maquinista no proceda de acuerdo con el cumplimiento de su deber. Con arreglo a esto, el maquinista, al ver una señal avanzada en posición de alto, tiene que acreditar esta observación apretando un botón llamado de vigilancia, y si no lo hace, transcurridos que sean cinco segundos después de pasada la señal, se produce una acción de frenado automático que le recuerda la necesidad de estar atento a la detención del tren. Si la señal sigue marcando alto y el maquinista, por su parte, no frenó, aun a pesar de la indicación



Figura 4.ª

recibida por el freno automático, sobreviene una acción de esta naturaleza después de los diez segundos de rebasada aquella señal. Además, al llegar a la señal de entrada, si está en posición de alto y el tren la rebasa, una nueva aplicación de freno automático se produce, esta vez hasta detener el tren.

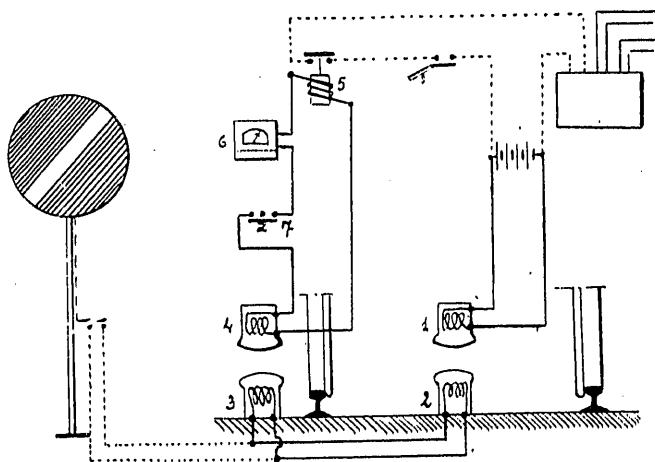


Figura 5.ª

Este sistema se ha desarrollado con una ejecución que dimana de acción inductiva *intermitente*, o sea, de la obtención, como en casos anteriores, de los efectos deseados al paso del tren por puntos determinados, que generalmente son, según se ha visto, los de colocación de señales. En estos puntos se establecen los electroimanes de vía que causan dichos efectos, diferenciándose así este procedimiento del *continuo* americano, de que luego hablamos, y en el cual interviene el circuito de vía, con cuya ayuda se logra expresar continuamente sobre la locomotora la posición de las señales de la vía.

La instalación inductiva de referencia, de Alemania, tiene, pues, como elementos esenciales, lo mismo que en otros sistemas de la misma clase, por un lado, el electroimán de vía, y por otro, el de la locomotora, que recoge la acción de aquél y la transmite al restante equipo eléctrico. Pero en el detalle varían las disposiciones con relación a sistemas anteriores, como es natural, ya que lo que se consigue con los nuevos aparatos va más allá que con los antiguos.

Los esquemas de la figura 2.ª representan la disposición general de la instalación fija, con tres electroimanes de vía con los arrollamientos dispuestos para las frecuencias de 500, 1.000 y 2.000 períodos, y conectados a las señales en la forma indicada. La figura 3.ª es una vista de conjunto de los electroimanes de vía y de la locomotora. Llevan estos últimos tres arrollamientos, para las frecuencias de 500, 1.000 y 2.000 períodos, correspondientes a los tres electroimanes de vía, y en cada circuito de estos tres arrollamientos va un relé cuya armadura, al desprenderse, acciona los aparatos repetidores y de freno. Con las señales cerradas, al paso del electroimán de la locomotora sobre uno de vía, la reacción entre los dos circuitos resonantes causa una reducción momentánea de la corriente del relé, y se producen los efectos deseados. Con las señales abiertas, los electroimanes de vía quedan en cortocircuito y no producen reacción. Tal es, en líneas generales, la composición y

funcionamiento del nuevo sistema intermitente inductivo que se emplea en Alemania y se instala en las líneas principales y con circulación a mayores velocidades. La de Berlín-Hamburgo es una de ellas, y el volador hamburgués, el nuevo automotor rápido, uno de los equipados con los referidos aparatos de repetición de señales. La figura 4.ª reproduce el puesto del conductor de este vehículo, en el que se ve, sobre la rueda del freno, el botón de vigilancia.

Y después de aludir a los empleados en Alemania, terminaremos esta breve reseña de los de inducción europeos, citando el sistema Signum, que ahora se extiende en los ferrocarriles federales suizos.

Sobre la locomotora van dos electroimanes que pasan, al circular aquélla, sobre otros dos de la vía (figura 5.ª). El primero de la locomotora, colocado entre las ruedas, es el excitador, y su arrollamiento recibe corriente de la batería de acumuladores del grupo de alumbrado. Al pasar sobre el correspondiente de la vía, 2, el núcleo de ésta, sucesivamente magnetizado y desmagnetizado, produce una impulsión en el arrollamiento, que se transmite al del otro electroimán de la vía, 3, el cual, a su vez, ejerce una acción magnetizante sobre el electroimán, 4, que es el receptor de la locomotora. La modificación de corriente producida en el arrollamiento de este último determina el accionamiento del relé, 5, que es el que corta la corriente del "hombre muerto" de la locomotora, accionador del freno.

Este sistema inductivo se dirige, pues, a la ejecución del frenado del tren, al mismo tiempo que sobre la locomotora provoca el sonido de un silbato de alarma, todo ello al paso por una señal cerrada. Si el maquinista observa a tiempo la señal, podrá, apretando el botón de vigilancia, 7, anular el efecto automático del freno y ejecutar él la maniobra. Si no hace esto y, por omisión, da lugar a que el aparato de "hombre muerto" funcione, es decir, si no presiona el botón citado, la banda de papel del registrador *Hasler*, de velocidades, de que las locomotoras eléctricas suizas están provistas, resulta perforada y queda así registrada la falta del maquinista. Es de advertir que al

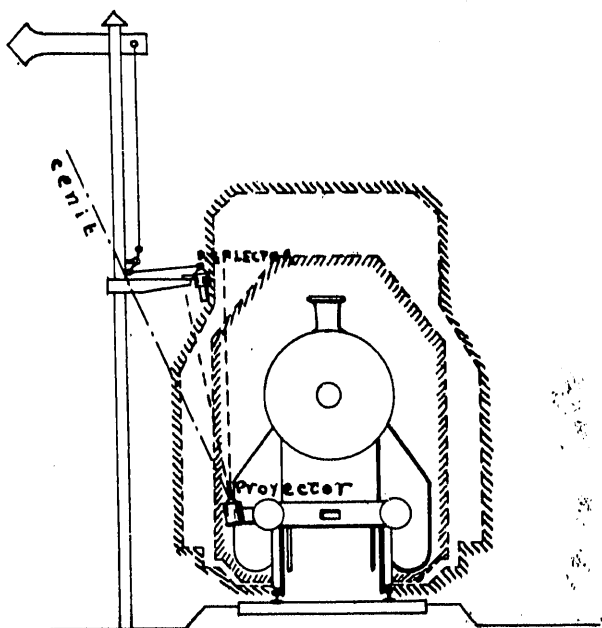


Figura 6.ª

entrar en funcionamiento el electroimán receptor e iniciar la acción del freno, motiva también que entre en juego un avisador acústico sobre la locomotora, que llama la atención al maquinista para que apoye sobre el botón y mueva él la palanca de freno, sin que el aparato lleve a término automáticamente su maniobra.

Desde luego, la disposición de este sistema obliga a que, si una avería en el contacto de la señal o en su unión eléctrica a los electroimanes de vía, ocasiona falta de corriente, los aparatos funcionen como para señal cerrada.

Por acuerdo tomado en diciembre de 1933, el sistema Signum se debe aplicar a las señales avanzadas de todas las líneas electrificadas de los ferrocarriles federales suizos.

SISTEMA ÓPTICO.

Nos referimos al sistema Bäseler-Zeiss, ensayado en Alemania, y que aunque no alcanzó la generalización del inductivo antes citado, merece que se le recuerde por lo curioso del principio que lo informa.

Se funda este principio en la variación que experimenta la resistencia eléctrica del selenio con la distinta intensidad luminosa a que se le somete. Aprovechando esta propiedad, se han ideado los aparatos cuya constitución y funcionamiento es como sigue:

Sobre la locomotora va un proyector (fig. 6.) que lanza constantemente hacia arriba un rayo luminoso. En el mástil de la señal, un reflector, colocado a conveniente altura, cambia de posición según que la señal

indique vía libre o cerrada. En este último caso, el reflector devuelve sobre el proyector el rayo de luz que éste le envía al paso de la locomotora, y el rayo reflejado viene a incidir sobre un elemento de selenio que, por la variación de la intensidad luminosa sufrida, cierra el circuito eléctrico que sirve para producir sobre la locomotora los efectos deseados. Este circuito, lo mismo que la lámpara de incandescencia del proyector, se alimenta por la turbo-dinamo del alumbrado de la locomotora.

Se comprende que la luz que emite el proyector debe tener una modalidad que la diferencie de la luz natural, para evitar que ésta pueda producir sobre el selenio la misma variación que aquélla, y esta modalidad se consigue por un disco perforado que, girando a gran velocidad y atravesado por la luz del proyector, causa en esta luz un número grande de pulsaciones. Pero aun con este recurso y graduando la dirección del rayo de luz para que no se confunda su efecto con el del sol, queda expuesto el sistema a la influencia de la luz natural, que si en la misma Alemania resultaba perjudicial, más lo sería en países meridionales. Por otra parte, lo mismo el proyector que el reflector quedan muy sujetos a la acción de los agentes atmosféricos, dando por ello lugar a parecidos inconvenientes que los sistemas de contactos eléctricos.

En el número próximo nos ocuparemos de los sistemas "automatic train control" y "cab-signal" de los americanos.

Francisco WAIS
Ingeniero de Caminos.

Sobre esfuerzos secundarios

Vamos a tratar en el presente artículo de los que se producen en las estructuras metálicas. Nada podemos decir respecto a su cálculo, pues está explicado en el texto de D. Domingo Mendizábal, y ampliado su detalle en unos artículos que publicó la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS en el año 1931, firmados por don José Juan Aracil.

Tanto en el texto citado, como en los artículos, existen unas conclusiones, que fueron enunciadas por Waddell, como resultado de largos estudios. De éstas, hay una que por su concisión y sencillez, encierra una sugerencia; copiada literalmente dice así: Como valor aproximado se puede indicar que la relación de los esfuerzos secundarios a los principales, en las vi-

gas Pratt, Howe, Warren, etc., es $3,5 \frac{b}{l}$ en tanto que si a este último tipo se añaden montantes, llega hasta $5,00 \frac{b}{l}$ (l es la luz y b la distancia entre la fibra neutra y el borde más alejado).

Si tenemos una aproximación de los esfuerzos secundarios. ¿Por qué no utilizarla y calcular las estructuras teniéndolos en cuenta? Desde luego si así lo hacemos estaremos más cerca de la realidad física de la estructura, en la parte referente al trabajo de los materiales; pero no es esta la principal ventaja,

sino que existe un aumento en la carga de trabajo de los materiales, que llega hasta el 33 por 100 en las vigentes Instrucciones para cálculo de tramos y estructuras metálicas, que podemos aprovechar.

Haremos el estudio de la carga admisible en el cálculo, teniendo en cuenta estos esfuerzos perturbadores, haciendo variar la esbeltez aparente de la pieza, que es la relación entre la luz y el ancho de la barra, medido en el plano de la estructura.

Para la confección de gráficos o tablas, hay una condición en los Catálogos de Perfiles laminados que la facilita. Es la existencia de relaciones casi constantes entre las diversas secciones del mismo tipo.

Estudiemos el caso de sección I a tracción.

Notación: Fuerza de tracción. . . F
longitud. l
ancho de la sección. . . a
esbeltez aparente $K = \frac{l}{a}$

El esfuerzo secundario es, para el tipo general de estructura, $3,5 \frac{b}{l}$ del principal, siendo b la distancia entre la fibra neutra y el borde más lejano de la sección.