

— DIRECTOR-DELEGADO —

JAIME FONT MAS

Plaza de Tetuán, 2, 4.º, 1.ª

Teléf. 1027 S. P. - BARCELONA



ÓRGANO OFICIAL

DE LA

ASOCIACIÓN DE

INGENIEROS IN-

DUSTRIALES DE

BARCELONA

Año XLVI — Núm. 56

Agosto 1923

Una instalación de "Block-System" automático en los ferrocarriles de M. Z. A.

No ha muchos años, la idea de que los aparatos para asegurar y proteger la circulación de los trenes en las grandes arterias ferroviarias actuaran de un modo completamente automático, prescindiendo en absoluto de la intervención del hombre, y dejando que por la acción exclusiva de los propios trenes los discos y señales se abriesen y cerrasen oportunamente, que es lo que en definitiva realizan los modernos sistemas de Block automático, inspiraba recelos, temores y desconfianzas a la mayoría de los técnicos europeos. En ninguna parte mejor que en las actas de diversas sesiones del Congreso Internacional de los Ferrocarriles, en que se discutió el tema del block-system, puede hallarse y reconstituirse la historia de la que podríamos llamar «resistencia europea» a la práctica del automaticismo integral en la señalización, automaticismo que, sin embargo, a fines del siglo XIX era ya familiar a los ingenieros de señales de Norte América.

Y no deja de ser interesante seguir en aquellas hojas del boletín del Congreso, viejas de algunos lustros, las fases de la porfiada polémica entre los técnicos americanos y los europeos, viendo como argumentaban, aquéllos, con los resultados de su experiencia personal, con las estadísticas de fallos de sus señales automáticas, con los tantos por cientos comparativos de accidentes en el block humano y en el exclusivamente automático; éstos, con un espíritu doctrinal y teorizante a la manera de Zenón de Elea cuando negaba con argumentos racionalmente incontrovertibles la realidad del movimiento. Un ejemplo típico, que refleja y compendia la posición mental en que se situaban buena parte de los Ingenieros ferroviarios del continente, se halla en estas palabras del ilustre Ingeniero del Nord francés Mr. Pieron, pronunciadas en la sesión de San Petersburgo, a guisa de condena hacia las procacidades (!) automaticistas en materia de seguridad: «*Nosotros consideramos como muy grave el hecho de substituir la conciencia de un agente responsable, por un aparato brutal y sin responsabilidad, que no es más infalible que un buen agente*».

Prescindamos del tono de estas palabras, que saben algo a lamentación de sociólogo de los albores del maquinismo, para ver tan sólo en ellas comprobado una vez más cuán expuesto a quiebras

está el emitir juicios demasiado definidos, y el poner límites a las posibilidades de la técnica. El automaticismo en materia de señales hoy día ya no hay quien lo discuta. La experiencia americana, y en escala mucho más reducida también la europea, ha sido lo suficiente prolongada y convincente para desarmar a los más reacios.

Por otra parte la elevación general de los salarios, la aplicación de la jornada de 8 horas a los agentes ferroviarios, el desarrollo del tráfico y las dificultades cada día crecientes para hallar o formar el personal calificado que la explotación de los ferrocarriles al modo clásico exige, han venido a dar en la post-guerra un valor de actualidad a la cuestión del block-system automático.

Esta circunstancia me ha movido a la publicación de estas notas, y, más especialmente, la de dar a conocer la instalación del block automático que muy pronto inaugurará la Compañía de los Ferrocarriles de M. Z. A. en su línea de Barcelona a Mataró (29 km. de doble vía), instalación que por ser la primera de este género que funcionará en España, y por la modernidad y perfección de la misma, no superadas en ninguna otra instalación del continente, constituirá un timbre de gloria para los ferrocarriles nacionales y especialmente para don Eduardo Maristany, cuyo nombre ya es cosa sabida que no puede separarse de cuantas iniciativas signifiquen mejora y modernización de nuestro sistema ferroviario.

Aun cuando la técnica del block automático no es hoy ninguna novedad, por lo general se halla tratada de un modo fragmentario en revistas especiales, y sólo es bien conocida de los Ingenieros familiarizados con la explotación de los Ferrocarriles. Podrá ser útil, pues, a los fines de simple divulgación que persiguen estas notas, sistematizar aquí sucintamente la exposición de los principios y soluciones del sistema automático antes de describir concretamente la instalación referida.

Una incursión retrospectiva acerca del desarrollo del block-system, con anterioridad al empleo de los procedimientos automáticos, permitirá una mejor comprensión del progreso que éstos representan en la explotación técnica de los ferrocarriles.

I—Principios generales del «Block-System»

Para asegurar la circulación de los trenes que marchan en el mismo sentido, precisa mantener constantemente entre los mismos un cierto intervalo. En un principio se adoptó el *intervalo de tiempo*. Las estaciones no debían expedir un tren detrás del otro hasta después de transcurrido un tiempo prefijado, variable según los casos, habida cuenta de las diferencias de velocidad de los trenes en sucesión. Mas como los intervalos de tiempo se deben establecer con margen de seguridad para precaverse contra circunstancias fortuitas, este sistema reduce la capacidad de circulación de las líneas, y, además, no puede dar una seguridad absoluta, porque la protección de un tren detenido accidentalmente depende de que el personal del mismo lo cubra a la distancia reglamentaria con señales de mano.

De ahí la substitución del intervalo de tiempo por el *intervalo de distancia*, que es lo que se ha llamado block-system. Para ello se considera dividida la línea en cantones o secciones mediante puestos de circulación (estaciones o puestos de plena vía) relacionados entre sí por algún medio de correspondencia. Cada puesto debe mantener cerrada la vía mientras el último tren expedido no haya llegado al siguiente. Así en cada sección sólo puede hallarse un tren. La relación entre los puestos puede ser simplemente telegráfica o telefónica, según el sistema más extendido en los ferrocarriles españoles, en donde cada trayecto completo de estación a estación constituye por lo regular una sección. En el block telegráfico toda la seguridad depende de las cualidades individuales de los agentes que regulan la circulación de los trenes, y de su preparación y capacidad profesional. Para precaverse contra la falibilidad humana y al propio tiempo poder confiar los aparatos a personal menos calificado, y por consiguiente más económico, se trató de materializar mediante enclavamientos apropiados las condiciones de dependencia entre los puestos que la seguridad requiere, dando lugar a numerosos sistemas de *block enclavado*, realizando programas más o menos extensos. Las condiciones primordiales que se consideraba debía realizar el block enclavado son las siguientes:

Precisa que cuando un puesto A dé paso a un tren hacia el inmediato B, no pueda abrir de nuevo A su señal hasta que aquel tren haya pasado por B; por consiguiente debe existir un dispositivo de enclavamiento que materialice esta condición entre cada dos puestos consecutivos.

a). *Una vez cerrada la señal de un puesto al pasar un tren, deberá quedar enclavada cerrada hasta que el agente del siguiente puesto en el sentido de la marcha anule aquel enclavamiento.*

Pero obsérvese que de poco serviría este enclavamiento entre los puestos, si los agentes, por descuido o comodidad, dejaran de cerrar las señales al pasar los trenes. Para obligar, pues, a cubrir los convoyes con el cierre de las señales después que sean traspuestas por los mismos, precisa esta nueva condición:

b). *Un puesto, si previamente no ha cerrado su señal, no podrá desenclavar al anterior ni permitirle que abra la suya.*

Con esto, si queda la señal abierta al entrar un tren en la sección por ella protegida, no podrá ocurrir que un segundo tren se presente y penetre indebidamente en la misma, porque la señal del puesto anterior no podrá abrirse en tanto que la del siguiente no haya sido cerrada. Así queda asegurado que sólo pueda hallarse un tren en cada sección. Deja sin embargo la condición b) de surtir efecto al tratarse del puesto de cabeza o principio de block, porque no puede existir en este caso enclavamiento alguno con otro puesto anterior que obligue al cierre de la primera señal de entrada. Subsiste, por consiguiente, la posibilidad de que penetren en la primera, y una vez en ella en las sucesivas secciones de block, varios trenes. Puede sortearse la dificultad estableciendo lo que en el argot ferroviario se llama «una ratonera», esto es, colocando a partir de la primera señal de block y a distancia algo superior a la longitud de los trenes, otra nueva señal que se maniobra simultáneamente con aquélla, dispuestas ambas de manera que cuando una esté cerrada, la otra quede abierta, y viceversa.

De este modo, es preciso que la primera señal se cierre después de traspuesta por un tren para que éste no se detenga ante la indicación de alto de la segunda. Para conseguir el mismo efecto existe otro procedimiento, ciertamente menos burdo e inelegante, porque no obliga a disminuir la marcha al pasar los trenes por la «ratonera». Consiste en proveer la primera señal de block de un desenanchador mediante el que se obtenga automáticamente su cierre al pisar los trenes un pedal dispuesto en la vía.

Pero las condiciones a) y b), en tanto que *necesarias, no son suficientes* para la seguridad. Nada impide, en efecto, que el agente de un puesto pueda cerrar y abrir repetidas veces su señal y permitir así al del puesto anterior que introduzca varios trenes en la sección comprendida entre ambos; en otros términos, un puesto cualquiera puede actuar sobre los aparatos, aun cuando *ningún tren haya pasado*, por cuanto no existe ninguna relación material entre los trenes y los aparatos del block.

Un caso típico y desgraciadamente frecuente de accidente imputable a la insuficiencia de las condiciones de seguridad a) y b) mencionadas, es el siguiente, ocurrido en 2 de Noviembre de 1892 en el North Eastern: El semaforista de un puesto admitió un tren de mercancías y poco después, vencido por la fatiga se durmió. Algo más tarde, fué despertado por la sonería de su colega que le pedía vía para un tren de viajeros; creyendo aquel agente que durante su sueño habría ya pasado el tren de mercancías por su puesto, aceptó el tren de viajeros, el cual se precipitó sobre el precedente cuando se detenía precisamente ante la señal que había debido cerrar para admitir el segundo tren, aumentando la parada del tren delantero los efectos de la catástrofe.

Precisa, por consiguiente, precaverse contra las distracciones y la falibilidad de los agentes, y ello ha tratado de alcanzarse haciendo intervenir mate-

rialmente el tren en el funcionamiento del block, de modo que actúe directamente sobre los aparatos para que se cumpla esotra condición:

c). *Un Puesto únicamente podrá desenclavar al anterior cuando se haya producido en aquél una acción por el paso efectivo de un tren.*

Y con estas tres condiciones por programa y por bandera se lanzaron los constructores en busca del sistema ideal y perfecto que satisficando a las mismas, diese todas las garantías de seguridad apetecibles. Dar los nombres de inventores y de aparatos que han estado en boga sería tarea inagotable; desde los primitivos aparatos Tyer, Spagnoletti y Sykees hasta los Hodgson, Lartigue, Siemens Halske, Flamache, Cardani, Taussen, Sarroste y tantos otros, la lista es interminable. Pero tamaña profusión de sistemas y soluciones es prueba concluyente de que ninguna de ellas resolvió totalmente el problema.

La dificultad, realmente insuperable, estaba en el pedal, este órgano o sistema para establecer la indispensable relación entre el tren en movimiento y los aparatos fijos, a que conduce la condición c) antes enunciada. Y así, en la sesión de San Petersburgo del Congreso internacional de ferrocarriles, Mr. Flamache, ponente del tema relativo al block-system, y a la vez inventor prolífico de aparatos, ante las objeciones de algunos asambleístas, al discutirse la eficacia de los pedales, hubo de confesar su desengaño con estas palabras de un picante humorismo: «J'ai des excuses à vous faire, messieurs, parce que je suis l'inventeur d'une dizaine de pédales».

Las dificultades que presenta la solución completa del problema del block a base de pedales son de dos categorías: una, de carácter mecánico o constructivo, debido a las rudas y a la vez delicadas condiciones a que ha de obedecer su funcionamiento; la otra es ya dificultad de principio inherente a todo pedal o sistema de contactos intermitentes destinado a comprobar el estado de ocupación de la vía.

En efecto, ninguno de tales aparatos puede ser capaz de distinguir si un tren ha pasado completo o ha quedado parte del mismo en la vía (a causa de una rotura de enganches no advertida a tiempo). En los ferrocarriles se identifica el último vehículo de un tren colocándole unos faroles, un banderín u otra indicación de vista. Y, claro está, ningún aparato mecánico ni eléctrico puede ser sensible a tales señales y acusar si el último vehículo de un tren las lleva o no.

Objeción parecida puede presentarse en el caso de que se autorice eventualmente la entrada de un segundo tren en una sección para prestar por ejemplo, auxilio a otro que se halle en la misma; en cuanto el de delante salga de dicha sección y pise el pedal o contacto de salida correspondiente, el puesto anterior quedará por este hecho desenclavado y en libertad de admitir un nuevo tren, aun cuando el segundo que entró en la sección continúe en ella. Por último, ofrece inconvenientes y dificultades el sistema de pedales o contactos aislados, en el caso de hallarse intercaladas entre dos Puestos de block las estaciones,

apartaderos y bifurcaciones en las cuales los trenes hayan de dejar o entrar en la vía general para hacer maniobras o dar paso a otros más rápidos.

En todo sistema de block enclavado existe una ley de continuidad y dependencia entre las secciones, mediante la que se consigue la sucesión ordenada de los convoyes, uno a uno. El poder admitir en una estación un tren que ha de alcanzar en ella a otro llegado con anterioridad, sin que éste haya previamente salido de la sección, y, por consiguiente, sin que haya actuado sobre el pedal o contacto situado a la salida de dicha sección, implica interrumpir aquella ley de continuidad, para lo cual precisan dispositivos especiales que permitan anular temporalmente los enclavamientos del block. Cosa parecida ocurre cuando han de efectuarse ciertas maniobras en las estaciones, y en el caso de apartar un tren de las vías generales.

Constituye, pues, un punto débil o vulnerable de todos los sistemas con pedales o contactos intermitentes, la manera cómo deben resolverse estas dificultades a base de dejar en manos del personal los medios de suprimir los enclavamientos, de los que depende precisamente la seguridad que con el block enclavado se busca.

Y hénos aquí, llegados a la entraña del problema y a presencia del callejón en que se halló por largo tiempo lo que podría llamarse, generalizando un poco, la técnica europea, persiguiendo por extraviadas encrucijadas la solución que realizara el programa teórico y práctico completo del block enclavado.

Mientras tanto en Norte-América, país donde el poco peso de la tradición y de los principios de escuela permitían una mayor agilidad al ingenio, un camino nuevo se abría con la invención del *circuito de vía*, cuyo principio ha llegado a ser hoy base imprescindible de todas las aplicaciones de la electricidad a las instalaciones destinadas a asegurar la circulación de los trenes.

II—El circuito continuo de vía y su aplicación al «Block-System» automático

El circuito continuo de vía aplicado al accionamiento de las señales, es invención debida al ingeniero americano William Robinson, quien la patentó en 1872 en su país y en Francia, y se caracteriza, como ocurre con las ideas más fecundas, por su extremada sencillez y simplicidad de concepción.

Consiste el sistema en utilizar los dos carriles de la vía como conductores en toda la extensión de cada sección de block, interrumpiendo la continuidad eléctrica de los carriles en los puntos j (fig. 1), que delimitan las diversas secciones, mediante un eclisaje especial con el que se obtienen juntas aisladas. Si se conectan los dos polos de un generador de energía P con los carriles en el extremo de una sección, y por el extremo opuesto se enlazan éstos con los bornes de un electro-imán o relais R, quedará establecido el *circuito de vía*,

así llamado porque se utiliza ésta para el paso de la corriente.

El circuito de vía constituido de este modo permite registrar o comprobar con la máxima sencillez y seguridad la presencia o la ausencia de vehículos en una sección, cualquiera que sea el punto en donde se hallen, y puede utilizarse para el gobierno automático de las señales, cumpliéndose de un modo «automático» también, puede decirse, todas las condiciones de seguridad que se imponían al block enclavado.

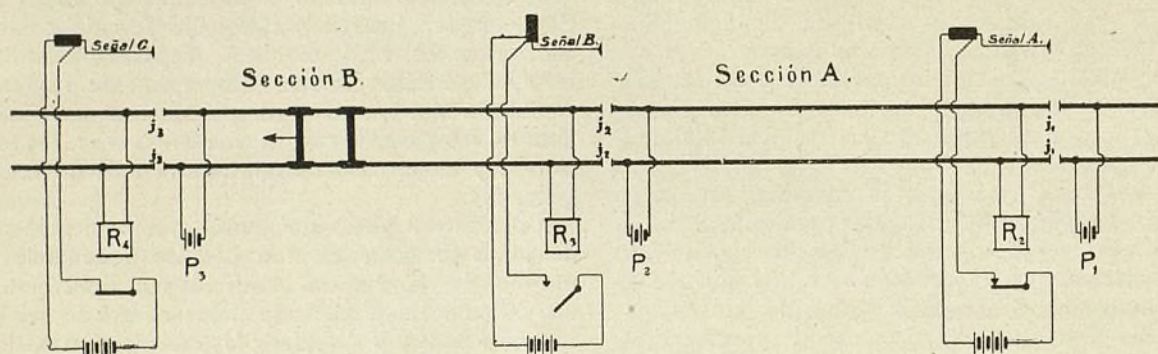


Fig. 1.—Block automático con circuito de vía de corriente continua

Es fácil ver (fig. 1) que en tanto que ningún eje establezca corto-circuito entre las dos hileras de carriles en una sección A, es decir, mientras se halle ésta totalmente *libre*, el relé R_2 estará excitado y atraerá a su armadura, cerrando ésta el circuito local del motor que acciona la señal A de entrada en la sección, por lo que permanecerá aquélla abierta.

Por el contrario, si uno o más ejes se hallan en cualquier punto de una sección B, gran parte de la corriente del generador P derivará por dichos ejes, y el relé R_2 , no llegando a excitarse, interrumpirá el circuito local de la señal, la cual permanecerá cerrada por la acción de la gravedad.

Véase cómo de este modo se obtiene un *control permanente del estado de ocupación de la vía* que resuelve «per se», sin otro dispositivo especial ni aditamento alguno, cuantas dificultades hemos visto antes que presentaban los sistemas a base de pedales o contactos intermitentes en los casos de rotura de enganches, maniobras en las estaciones, apartado de trenes o entrada de los mismos en las vías generales.

La realización práctica del circuito de vía no ofrece ninguna de aquellas dificultades técnicas que presentaba la construcción de pedales mecánicos que debían sufrir la acción brutal del choque o peso de las ruedas. En la constitución del circuito de vía no existen órganos móviles, no hay solución de continuidad eléctrica, ni obra por establecimiento y ruptura de un circuito eléctrico que requiera contactos móviles en la vía accionados por los trenes; su funcionamiento, según se ha visto, se basa en el *suntaje del relé de vía por los ejes del tren*, y ello constituye la inspiración genial de William Robinson, que ha permitido que el block-system automático pudiese considerarse

como una solución perfecta y de una sencillez y simplicidad ideales.

Por último, obsérvese cómo en el circuito de vía todos los elementos actúan en el sentido de la seguridad: una avería en el aparato generador de energía, el aflojamiento u oxidación de un contacto, la rotura de un hilo de conexión o de un carril, un defecto de aislamiento en la vía, producen siempre el desexcitamiento del relé de vía y, por consiguiente, el cierre de la señal de entrada en la sección en que esto ocurra.

Aplicación del circuito de vía a los distintos tipos de block automático.

— El sistema de block que esquemáticamente hemos representado en la figura 1, corresponde propiamente al caso de las primitivas instalaciones automáticas en las que se empleaba la corriente continua producida por baterías de pilas, y señales dando dos indicaciones (alto o vía libre), sin repetidores ni discos avanzados.

Pero la corriente continua es cada día menos utilizada y puede afirmarse desde luego que hoy día está del todo excluida de las grandes instalaciones de block automático.

En primer término, la corriente continua no es económicamente transportable; por consiguiente, debe acudirse al empleo de baterías de pilas, de costosa conservación, cuyo funcionamiento es irregular y de escaso radio de acción por la reducida potencia que proporcionan. Además, no es posible emplear la corriente continua en el circuito de vía de las líneas electrificadas que utilizan la vía para el retorno de la corriente a causa de las juntas aisladas y de las perturbaciones que en los relés produciría la corriente de tracción. Se han ensayado algunas soluciones afectando una hilera de carriles al retorno y la otra exclusivamente al funcionamiento del block, dotándola de las correspondientes juntas aisladas, pero aun así se presentan serias dificultades, y el más ligero defecto en las juntas o en las conexiones conductivas de los carriles, puede dar lugar a falsas indicaciones. Por ello en todas las instalaciones modernas se tiende a adoptar de un modo general la corriente alternativa.

El tipo más sencillo de block automático con corriente alterna no difiere, esencialmente, del que hemos representado en la figura 1. Al efecto, se

adopta un relai apropiado a la corriente, y la pila es reemplazada por un transformador, de cuyo secundario puedan obtenerse tensiones variables entre unos 2 y 10 ó 12 voltios para alimentar los circuitos de vía con el voltaje más conveniente, según la longitud diversa de las secciones y la naturaleza del balasto y de las traviesas, todo lo cual influye en el grado de aislamiento entre carriles. En condiciones medias oscila éste entre 1 y 2 ohmios por kilómetro de vía; pero en casos desfavorables (humedad, balasto terroso, etcétera), puede ser inferior a 0'5 ohmios. Es a causa de esta débil resistencia entre carriles, que el circuito de vía debe alimentarse a muy baja tensión para disminuir pérdidas de energía por derivaciones. Ha de completarse la instalación intercalando en serie una resistencia o impedancia (lo segundo origina una menor pérdida de potencia) entre el transformador y la vía, para que al cortacircuitar los carriles los ejes de un tren, la intensidad de la corriente producida en el transformador no sea excesiva.

Introducción del relai de doble elemento.

—El circuito de vía con corriente alterna, empleado por primera vez en 1903 en el ferrocarril del North Shore (California), con representar un verdadero progreso, adolecía, sin embargo, de serios inconvenientes que luego se han vencido modificando esencialmente el principio funcional del relai de vía para corriente alterna.

El circuito de vía hasta aquí descrito actúa, en síntesis, como un transporte de energía en el que la generatriz está representada por el transformador, la línea por los carriles y el aparato receptor por el relai. El débil aislamiento que se ha visto existe entre carriles, conduce inevitablemente a que aquel transporte se haga en condiciones pésimas de rendimiento, por lo que sólo permite el establecimiento de secciones de reducida longitud. Por otra parte, el relai sencillo para corriente alterna — y aquí está la más grave objeción, — no permite la protección eficaz contra los efectos de las rupturas o falta de aislamiento eventuales en las juntas aislantes de la vía. Imaginemos que las dos juntas j_2 (fig. 1), no establezcan el debido aislamiento entre carriles contiguos. La corriente del generador P_2 (transformador en nuestro caso) del circuito de la sección vecina, pasando al través de dichas juntas, alimentará el relai R_3 y así podrá ocurrir que *estando ocupada* la sección B por un tren el relai R_2 se excite y la señal de entrada B indique erróneamente «Vía libre», lo que sucederá cuando la impedancia de los carriles entre el punto de conexión del relai R_3 y aquél en que se halle el tren en movimiento, sea suficiente para determinar en R_3 la diferencia de potencial indispensable para su excitación.

Para evitar los inconvenientes señalados, se creó el relai de doble elemento. Es un verdadero motor de inducción a campo giratorio bifásico, con rotor metálico no magnético y cuyo estator, contiene dos arrollamientos distintos alimentados por corrientes alternas de la misma pulsación, pero en

decalaje de fase. Uno de los arrollamientos V (fig. 2), llamado «elemento de vía» recibe la corriente del circuito de vía, cual si se tratara de un relai sencillo; el otro arrollamiento denominado «elemento local», es alimentando directamente mediante un transformador local conectado a la línea general de distribución de energía.

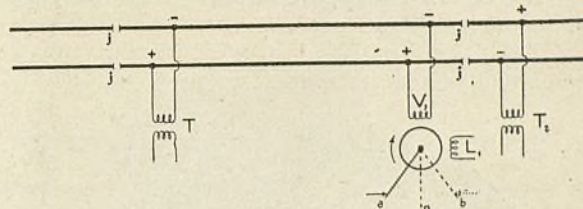


Fig. 2.—Esquema de relai de doble elemento.

La diferencia de fase entre los dos arrollamientos se consigue, en el sistema más generalizado, derivando los transformadores que alimentan el elemento de vía y el elemento local, de una misma fuente de energía monofásica, obteniéndose el decaje en el elemento de vía por la intercalación de una resistencia inductiva en el circuito. En otros casos, se utiliza una red trifásica, conectándose a distintas fases uno y otro arrollamiento del relai de vía.

El movimiento del rotor es evidente que sólo se producirá al hallarse excitados los dos arrollamientos. Este movimiento se transmite a los dedos o paletas que establecen o interrumpen los contactos, por una transmisión apropiada. Un resorte antagonista o la acción de la gravedad llevan las paletas a la posición neutra o de desexcitación del relai, cuando al faltar la corriente en el elemento de vía se anula el par motor en aquél.

Como quiera que en los motores de este tipo el par engendrado en el rotor es función del producto de las corrientes que producen el campo giratorio, o sea las que circulan por el elemento local y por el elemento de vía, puede llevarse al mínimo uno de los factores, esto es, la intensidad de la corriente transmitida a través del circuito de vía, lo que permite reducir el voltaje entre carriles y con ello las pérdidas de energía por derivación; por otra parte, el elemento local, pudiendo alimentarse con una corriente intensa sin pérdida sensible en el transporte, proporciona toda la energía deseada, obteniéndose así con excelente rendimiento un *par energético*, con lo que se consiguen dos cosas muy importantes en un relai: 1.º Establecer y mantener los contactos con suficiente presión para evitar chispas y resistencias por contactos defectuosos; 2.º Permitir el empleo de una fuerza antagonista que restituya con seguridad las paletas de contactos a la posición neutra al desexcitarse el relai.

Otra ventaja del relai de doble elemento es la de permitir la protección absoluta contra defectos de las juntas aislantes de los carriles, debido a la propiedad del motor de campo giratorio, de cambiar el sentido de rotación cuando se invierte la polaridad en una de las fases. En su

virtud, si se tiene la precaución de permutar la polaridad de los circuitos de vía, entre cada dos secciones consecutivas, como indica la figura 2 con los signos convencionales (+) (—), ocurrirá que si por defecto de aislamiento en las juntas *j*, el arrollamiento de vía *V*, del relai *R*₁, en lugar de recibir corriente del transformador *T*₁, la recibe del *T*₂ de la sección contigua, el sentido de ro-

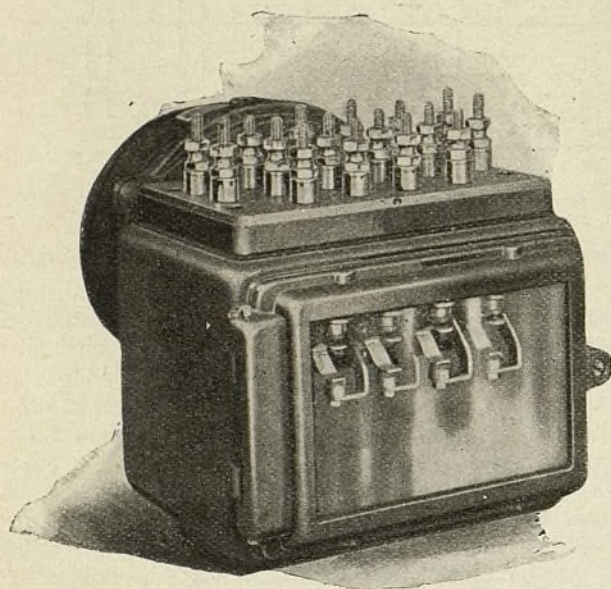


Fig. 3.—Relais de tres posiciones con cuatro series de contactos. (Motor acorazado en la parte posterior).

tación del rotor se invertirá. En consecuencia la paleta, en lugar de establecer el contacto *a*, que corresponde a la rotación normal y que es el que abre la señal, girará al revés hacia la posición neutra *n*, con lo que la señal no podrá dar una falsa indicación de «vía libre».

La misma propiedad de poder cambiar el sentido de rotación del rotor por la inversión de la polaridad de una de las fases, permite obtener el funcionamiento del tipo de relai descrito, bajo la forma llamada de *tres posiciones*. Si la situación de la paleta de contactos cuando el relai está desexcitado y bajo la acción exclusiva de la gravedad es *n* (fig. 2), como quiera que según sea la polaridad de la corriente que pase por *V* se moverá la paleta hacia la izquierda o hacia la derecha, dará respectivamente contacto en *a* o en *b* (de puntos en la figura). Pueden ocupar las paletas, por consiguiente, tres posiciones distintas. *a*, *n* y *b*, a las que corresponderán tres efectos diversos, y de ahí el nombre de «relais de tres posiciones» dado a este tipo. Se utiliza especialmente el relai de tres posiciones para el gobierno de las señales avanzadas o repetidoras, como se verá más adelante.

El relai de vía en las instalaciones de block automático ha sido llamado el cerebro del sistema, porque es el aparato primordial a cuya acción directora han de obedecer las señales. Por ello deben poseer los relais las máximas garantías de buen funcionamiento obtenidas por la ro-

bustez de todos sus órganos y elementos y por la protección eficaz de los mismos contra las acciones perturbadoras o destructivas de carácter mecánico, eléctrico y atmosférico. La figura 3 representa un relai de doble elemento para tres posiciones con rotor cilíndrico en jaula de ardilla de la General Railway Signal C.^o, adoptado por M. Z. A.; posee cuatro paletas de contactos y es notable por su robustez, potencia y sistema de protección. El relai de la fig. 4, de doble elemento y para dos posiciones, con inducido plano de sector oscilante y dos paletas, lo construye la Compañía francesa Thomson-Houston; va protegido por una campana de cristal no representada en el grabado.

El régimen «abierto» o «cerrado» de las señales en el block automático.

Las instalaciones de block automático pueden disponerse lo mismo para el sistema de explotación llamado a «vía abierta», como para el de «vía cerrada». En el primer sistema las señales están permanentemente abiertas, excepto cuando se halla ocupada la sección protegida. En el régimen de «vía cerrada», la posición normal de las señales es la de «alto», y únicamente se abren al aproximarse un tren por la acción del mismo, si está libre la sección que cubren. Las figuras 5 y 6 representan esquemáticamente la realización de uno y otro sistema. Para el régimen de vía cerrado (fig. 6) precisan los relais adicionales *Q*, excitados por un circuito que se establece por la posición neutra *n* de una segunda paleta del relai de vía *R*. En una

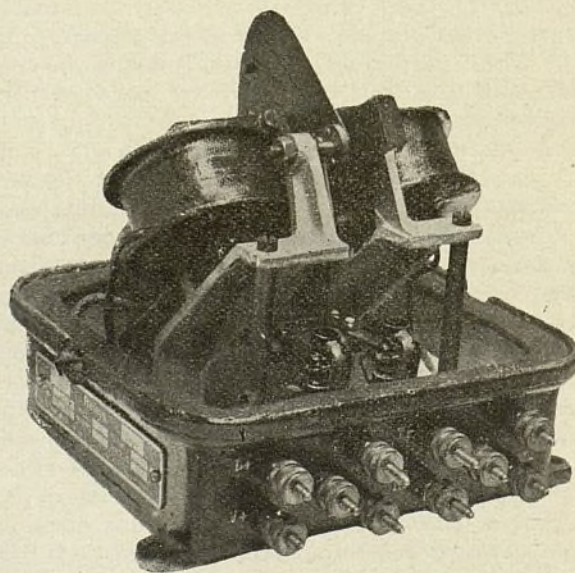


Fig. 4.—Relais de dos posiciones con dos series de contactos

palabra, para que una señal *S*₃ esté abierta, deben cumplirse dos condiciones: 1.^a Que la sección protegida se halle libre (relai *R*₃ excitado); 2.^a Que la sección anterior esté ocupada (relai *R*₂ sin excitar).

Es cuestión, la de si es mejor que las señales estén normalmente abiertas o cerradas, acerca de la cual los tratadistas de las dos escuelas han con-

sumido torrentes de dialéctica, sin conseguir, sin embargo, convencer a los partidarios de cada sistema que era mejor el contrario. Quiere esto decir, en suma, que es asunto *opinable*, y sobre el que no existen en el fondo razones decisivas en favor de un régimen determinado.

Pero si es así tratándose de señales que los agentes han de maniobrar, juzgo, por el contra-

tas o cerradas? Convengamos, pues, en que no es a priori y por una cuestión de principio o doctrinal, sino únicamente atendiendo a razones puramente objetivas, como las relativas a seguridad en el funcionamiento de los aparatos, a la economía y a la facilidad de entretenimiento, como debe resolverse la elección del régimen de explotación en el block automático.

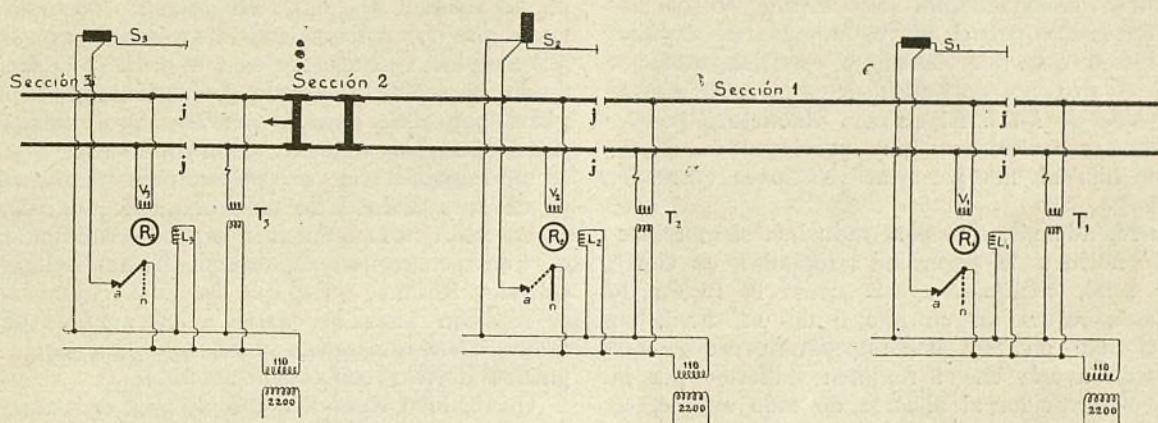


Fig. 5.—Block automático para régimen de vía "abierta"

rio, que la vieja querella entre los partidarios de uno y otro sistema carece de toda justificación, y hasta de sentido al tratarse de las instalaciones modernas de block automático funcionando por corriente alterna. En este sistema, la solución lógica, racional y más segura, está exclusivamente en el sistema de «vía abierta». Y ello como consecuencia de la misma automaticidad con que actúan las señales. Si el objeto de ellas es indicar el estado de ocupación de las secciones, lo natural es que este estado lo traduzcan, fielmente las

Los argumentos de este último orden que se invocan a favor del régimen «cerrado» son su menor consumo de energía (1) y el hecho de que estando habitualmente cerradas las señales es menos probable que por una causa exterior (acumulación de nieve o hielo en los mecanismos de maniobra) queden inmovilizadas en posición de vía libre. La utilización de la corriente alterna industrial a bajo precio en comparación con la energía de las pilas y la adopción de los tipos modernos de señales (brazos semafóricos trabajan-

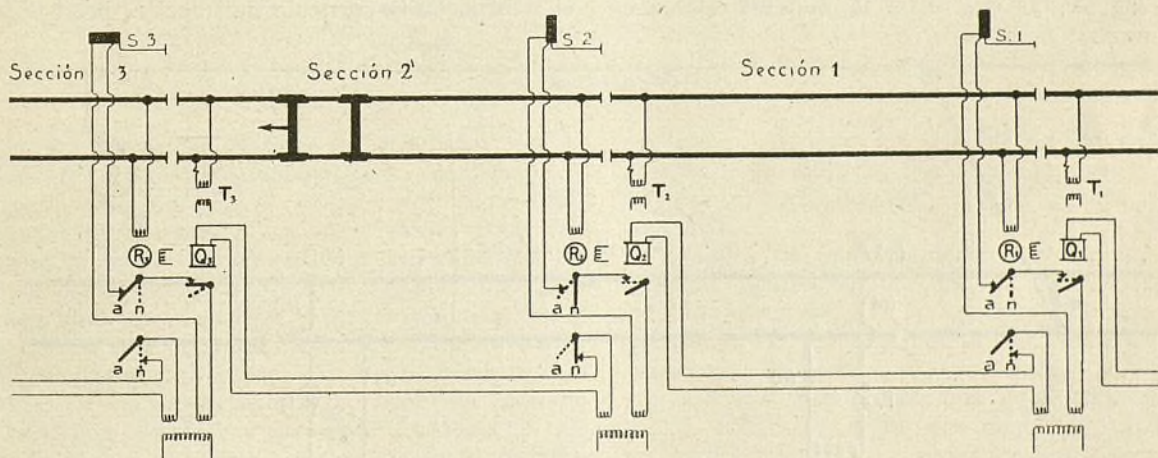


Fig. 6.—Block automático para vía "cerrada"

señales. ¿Qué se gana en el régimen «cerrado» con mantener las señales en «alto» estando libre la sección a su cargo, si de todos modos al aproximarse un tren *se han de abrir automáticamente*? Lo que se consigue, en definitiva, es que las señales estén cerradas cuando no hayan trenes por delante de las mismas. Pero en este caso en que nadie ha de verlas, ¿qué más da que estén abier-

do hacia arriba, supresión de transmisiones exteriores por acople directo del motor con la señal, etc.) eliminan en absoluto aquellos inconvenientes.

(1) Recuérdese que siempre las señales se abren por efecto de una energía exterior, y faltando ésta deben cerrarse por la simple acción de la gravedad; la posición «abierta» consume, pues, constantemente energía.

Atendiendo a la simplicidad, no hay duda que todas las ventajas están a favor del sistema «abierto», como lo muestra la simple comparación de las figuras 5 y 6. En el sistema «cerrado» hay que hacer una operación más: abrir la señal por la acción del tren; y esto requiere un relai adicional en cada Puesto y dos hilos de línea, lo que no sólo aumenta los gastos de primera instalación, sino también los de entretenimiento. La regularidad de funcionamiento será menor en el sistema «cerrado», por el mayor número de órganos y contactos que intervienen, y especialmente por las irregularidades derivadas de *roturas y averías en los hilos de línea*. El sistema automático pierde, pues, una característica muy preciada: la de no requerir hilo alguno para las relaciones entre los puestos.

Ocurre, además, que por traducirse siempre, según las normas de seguridad adoptadas, en cierre de la señal, cualquier avería como la fusión de un plomo, rotura de un hilo o de un carril, un corto circuito, etc., se pone inmediatamente de manifiesto la avería en el régimen «abierto» por la simple observación, al alcance de todo agente, de la posición *anormal* (cerrada) que toma la señal afectada. En el régimen «cerrado» el defecto no se acusa al exterior y no se hará patente hasta que se tenga conocimiento de que varios trenes han sufrido sistemática e inmotivadamente detenciones ante determinada señal. Por esta circunstancia puede resultar muy afectada la regularidad de la explotación.

Por último, las consecuencias de un defecto de reglaje en un relai o de la fusión y enganche de un contacto por una descarga (incidentes raros, pero posibles en algunos aparatos), son mucho más graves en el sistema normalmente cerrado que en el abierto. Supongamos que por una de las causas dichas las paletas del relai R_2 (en los dos casos

tratase de una señal de entrada, pudiendo observar que la señal no se ha cerrado como procedía, no confiarán en la protección de la misma y habrán de cubrir el tren con señales de mano. Por el contrario, en el sistema normalmente cerrado de la fig. 6, aun cuando el contacto a del relai R_2 cierre indebidamente el circuito de maniobra de la señal 2, ésta no quedará abierta, porque dicho circuito estará interrumpido por el relai auxiliar Q_2 , que no recibirá corriente en tanto que no esté ocupada la sección 1. Por consiguiente, los agentes del tren o de la estación, estando la señal 2 cerrada, se considerarán protegidos por ella. Parece que hay aquí más seguridad, pero es todo lo contrario: obsérvese que si un segundo tren se presenta, en cuanto ingrese en la sección 1 se desexcitará R_1 , excitándose Q_2 , por lo que la señal 2 se abrirá, permitiendo que el tren penetre en la sección 2 con peligro de colisión. Resulta, pues, que en tales circunstancias el régimen «cerrado» daría a los agentes de los trenes o estaciones una *falsa seguridad* de la que pueden derivar consecuencias fatales.

Queda bien entendido que al pronunciarnos contra el régimen de explotación a vía cerrada en el block automático, no nos referimos a las señales que a las funciones propias del block suman las de protección de puntos especiales (bifurcaciones, cruces, etc.), las cuales evidentemente han de poder mantenerse en «alto» desde los mismos. Nuestras objeciones se refieren, pues, al régimen «cerrado» en plena vía, según el sistema de la figura 6, en que se dispone que sean los trenes los que desde la sección anterior abran las señales.

El circuito de vía con corriente alterna en las líneas con tracción eléctrica. — En las líneas electrificadas que utilizan los carriles para el retorno de la corriente de tracción, precisa adop-

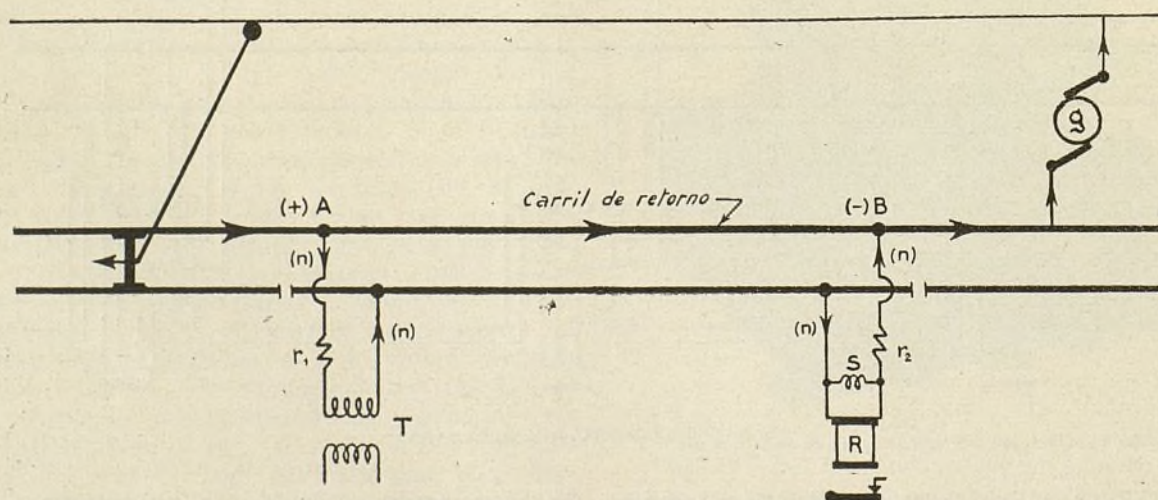


Fig. 7.—Circuito de vía con un carril.

de las figuras 5 y 6) hayan quedado pegadas al contacto a , a pesar de hallarse un tren detenido en la sección 2 y el relai sin excitar. En el sistema «abierto» (fig. 5), la señal 2 quedará abierta y los agentes del tren o de la estación, si se

tar disposiciones especiales para que las juntas aisladas del block que interrumpen la continuidad eléctrica de los carriles no impidan el paso de la corriente de tracción.

a) *Circuitos de vía con un solo carril* — Uno de

los medios propuesto ha sido el de especializar para el retorno una hilera de carriles, en la que no se instalan, por consiguiente, juntas aisladas, destinándose el otro carril al funcionamiento del circuito de vía, como indica la figura 7. Pero la circulación de la corriente de retorno, siendo en general de gran intensidad, da lugar a diferencias de potencial a lo largo del carril con acción sobre los aparatos del circuito de vía. Así, por ejemplo, si la resistencia del carril de retorno entre los puntos A y B de conexión del circuito de vía (fig. 7) fuese de 0,01 ohmios y se tuviese una corriente de tracción de 1,000 amperios, la diferencia de potencial entre aquellos puntos llegaría a $RI=10$ voltios. Por consiguiente, dada la escasa resistencia óhmica del circuito de vía, podrá pasar una corriente continua de crecida intensidad por el mismo, según la dirección de las flechas (n), atravesando el transformador T y el

te las posibilidades de adopción de este procedimiento.

b) *Circuitos de vía con conexiones inductivas.* — En este sistema se conserva el seccionamiento de las dos hileras de carriles por juntas aislantes, empleándose las llamadas *conexiones inductivas* constituidas por núcleos de hierro laminado sobre los que se arrolla un conductor de suficiente sección para el paso de la corriente continua de retorno. La figura 8 representa la manera de conectar las bobinas así formadas con los carriles.

La corriente continua de tracción en cada hilera de carriles, halla fácil paso por *c, e, f, g* o por *d, e, f, h*, dada la reducida resistencia óhmica de los conductores. Por el contrario, la gran resistencia aparente de las bobinas B se opone al paso de la corriente alternativa del block procedente del transformador T. El circuito de vía funcionará como si las conexiones a-b y c-d no

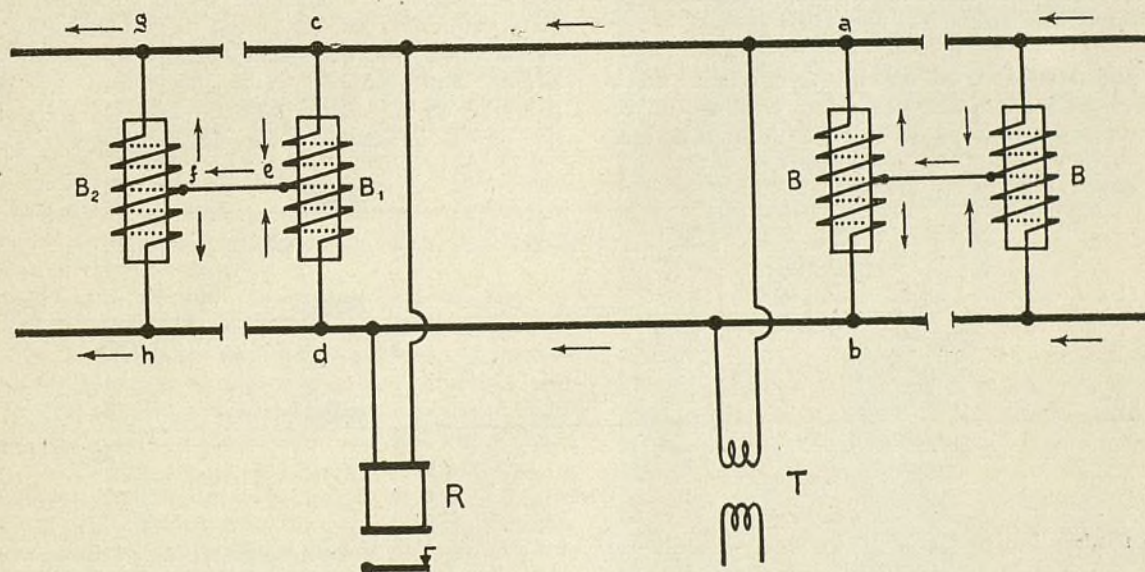


Fig. 8.—Conexiones inductivas.

relais R, los cuales podrán ser averiados por la misma. Para limitar la derivación de corriente continua de tracción por el circuito de vía, se disponen resistencias r_1 r_2 en serie sobre dicho circuito. Tratándose de líneas muy cargadas en las que la corriente de tracción puede alcanzar 2,000 o más amperios, se debe proteger además el relé R con una bobina S de impedancia y muy débil resistencia derivada entre sus bornes; esta bobina, en virtud de su self, se opone al paso de la corriente alternativa con que funciona el relé, en tanto que sunta enérgicamente la corriente continua de tracción.

El circuito de vía con un solo carril aislado sucintamente descrito, no es aplicable en general en líneas muy cargadas, por la insuficiencia de sección del carril, a menos de poder utilizar la gran conductibilidad de una estructura metálica para el retorno de la corriente, como ocurre en los metropolitanos aéreos. Por otra parte, el consumo grande de energía y el coste de los aparatos para secciones de alguna longitud limitan prácticamen-

existiesen, en tanto que la self de las bobinas B se mantenga elevada, pues sólo una parte pequeña de la corriente del circuito de vía derivará por ellas.

El valor de esta self depende del grado de saturación magnética del núcleo de hierro. Mientras la intensidad de la corriente de retorno sea la misma en las dos hileras de carriles, las dos corrientes c-e y d-e en las bobinas B darán lugar a flujos magnéticos que se neutralizarán por ser la corriente en los dos medios arrollamientos de sentido contrario, y el núcleo permanecerá desmagnetizado. Pero si por un eclisaje eléctrico deficiente se desequilibra la intensidad de la corriente de retorno entre los dos carriles, el núcleo de la conexión inductiva quedará magnetizado en un sentido determinado, disminuyendo por ello su permeabilidad y la self de la bobina. Si se llegara a la saturación del núcleo, la impedancia de la bobina se hallaría totalmente destruída, y los carriles, y por ende el transformador de vía, quedarían en corto-circuito. Para evitar este

inconveniente, los núcleos se construyen generalmente con entrehierro, y así se impide su saturación y se hacen insensibles entre extensos límites a las faltas de equilibrio de la corriente de retorno.

Los primeros circuitos de vía con dos carriles y conexiones inductivas fueron instalados en 1904 en el Boston Elevated; los buenos resultados del sistema hicieron que se generalizase pronto, constituyendo en la actualidad el tipo de circuito universalmente adoptado en las líneas electrificadas.

Hasta aquí nos hemos referido a la tracción con corriente continua. Se ha aplicado también el circuito de vía en líneas con tracción por corriente alterna, utilizando relays de vía que sólo actúan bajo la acción de una determinada frecuencia, 50 ó 60 períodos, permaneciendo insensibles a las frecuencias más bajas generalmente empleadas para la tracción. Las conexiones inductivas son asimismo utilizadas en este caso para la selección entre las dos corrientes.

La señalización en el «block-system» automático.—La explotación por «block-system» no requiere en rigor señales de tipos especiales ni apa-

ordenan propiamente parada, como en las de alto absoluto, con lo que el color rojo viene a tener dos significaciones distintas, según la clase de la señal de donde proceda. Se ha tratado de diferenciar de noche las señales absolutas de las avanzadas, dotando a aquéllas de doble foco luminoso; pero aun tiene esta solución el inconveniente de que el apagado accidental de una de las dos luces da a la señal absoluta la apariencia de una avanzada, resultando que contingencia tan fácil de producirse puede cambiar una orden de alto en otra indicación que permite proseguir la marcha, en contra de los principios a que debe obedecer un sistema completo de señales. Por ello están sin duda mejor orientadas las reglamentaciones que prevén la utilización de una luz distinta de la roja para indicar la posición cerrada de las señales avanzadas.

Otro tipo de señales bien conocido lo constituyen los semáforos o señales de brazo oscilante, usadas con preferencia en los países de habla inglesa. Las indicaciones que dan estas señales son siempre *positivas*, contrariamente a lo que ocurre con las de pantalla, en las cuales deja de verse la señal cuando da la indicación «vía libre», porque se sitúa

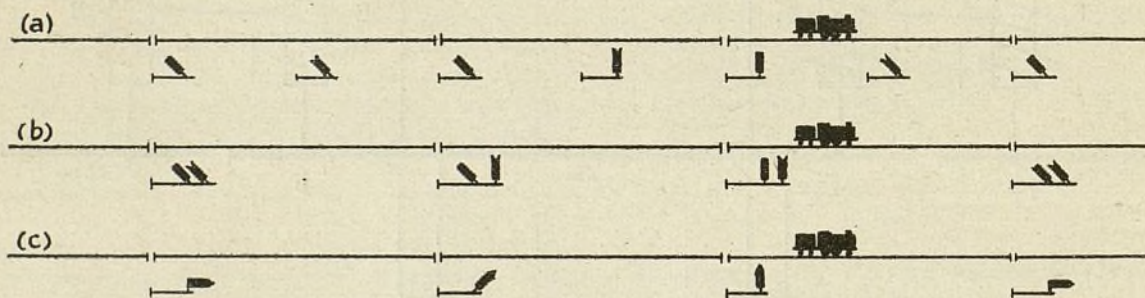


Fig. 9.

ratos que den indicaciones distintas de las de uso general en ferrocarriles. No obstante, el creciente desarrollo del «block-system», en el que toda la seguridad descansa en la eficacia de las señales, ha contribuido al perfeccionamiento de la señalización y a la aparición de nuevos sistemas de señales.

Las señales hoy en uso en los ferrocarriles pueden clasificarse en tres categorías: señales de pantalla, semafóricas y, últimamente, las exclusivamente luminosas.

En el sistema de señales de pantalla, el más generalizado en España, la indispensable distinción entre las *señales de alto* propiamente dichas, y las *avanzadas*, que son rebasables y meramente preventivas de la situación de aquéllas, se establece por la forma de la pantalla, que es cuadrada en las primeras y redonda en las segundas (de ahí el nombre de *discos* que se les da). Mas la distinción entre unas y otras por la forma, no es posible hacerla durante la noche, en que las indicaciones se dan por luces de color, observándose aquí una laguna o anomalía en la reglamentación oficial vigente, por cuanto prevé indistintamente el uso de la luz roja para la posición «cerrada» así en las señales avanzadas, que no

la pantalla de canto respecto al maquinista. Por ello, los franceses, con mucha propiedad, traducen nuestra expresión «señal abierta» por «signal effacé».

Tiene por este concepto el semáforo una superioridad incontestable sobre las señales de pantalla. Cuando un maquinista *no ve el disco*, supone que está abierto. Por el contrario, en el semáforo, el brazo es siempre visible, y la indicación «vía libre» es tan *positiva* como la de «alto», no pudiendo suscitar las dudas y vacilaciones a que da lugar el sistema de pantallas, especialmente cuando los maquinistas no tienen muy conocidas las líneas y el emplazamiento de sus señales.

Las señales de tres posiciones.— En una instalación de block, las señales avanzadas o repetidoras de las que propiamente cierran los cantones, quedan intercaladas entre éstas, según se representa en (a) fig. 9. Al aplicarse el «block-system» en América a líneas con circulación muy cargada, debió reducirse la extensión de los cantones, y ello trajo consigo la aproximación de las señales avanzadas y de sección. De ahí la idea, inspirada en razones de simple economía, de fijar las dos señales próximas sobre un mismo soporte o pie, una debajo de la otra, como indica (b). Mas no tardó

en verse que en las indicaciones que en definitiva resultaban de las combinaciones posibles de las dos señales acopladas, quedaban reducidas a tres, y que éstas podían darse con un brazo único pudiendo ocupar tres posiciones distintas, según se ve en (c). Con esta disposición, se reducía a la mitad el número de señales indispensables antes, así como el de lámparas, aparatos de maniobra y transmisiones, y la interpretación o lectura de las señales se hacía mucho más clara y fácil como evidencia la simple comparación de los tres esquemas (a), (b) y (c).

Fué, finalmente, una innovación feliz la de hacer mover el brazo hacia arriba, con lo que a la vez que se suprimían los contrapesos, se obtenía que el brazo en «vía libre» se destacase perfectamente del mástil.

La popularidad del semáforo de tres posiciones en América, data de la reunión de otoño de 1899 de la «American Railway Signalling Club», en la que fué unánimemente aceptado y admitido como lo más práctico en materia de señales. Después ha penetrado también el principio de las tres posiciones en la señalización interior de las grandes estaciones, permitiendo resolver *elegantemente* los complejos problemas que en éstas se presentan para compaginar la seguridad con la elasticidad y la «souplesse» que el servicio de las mismas requiere, o bien para asegurar el paso de los trenes directos por las estaciones.

En Europa ha sido también reconocida por todos los especialistas la excelencia de la señal de tres posiciones; pero en unos casos son demasiado importantes los capitales que las empresas tienen invertidos en la señalización para que puedan pensar en cambiar radicalmente de sistema, y otras veces la inercia de la máquina administrativa o el espíritu conservador de ciertos medios ha impedido y aun seguirá privando que la señalización de tres posiciones se desenvuelva.

En España, donde hasta hace poco ni la densidad general del tráfico había requerido, ni la capacidad financiera de las Empresas habría permitido cuantiosos dispendios en la señalización y en el block enclavado, nos hallamos, por esto mismo, en las mejores condiciones para dar un salto de gigante y poder pasar desde el vetusto disco, que aun constituye todo el utillaje de muchas estaciones, hasta la más moderna señalización automática de tres posiciones.

Las señales puramente luminosas. — Los obstáculos que a la visualidad de las señales se presentan en las líneas electrificadas por la presencia de postes, catenarias, palomillas, etc., ha inducido al uso de señales exclusivamente luminosas, actuando durante el día de igual modo que de noche. Existen dos tipos de señales de esta clase. Las *señales luminosas de posición* dando las indicaciones mediante luces blancas en alineación horizontal, vertical o a 45°, por analogía con los semáforos. Se usaron por primera vez en América en las líneas del Pennsylvania, sin que se haya extendido en escala su empleo, porque son señales caras y que ocupan mucho espacio.

Las *señales luminosas de color* dan las indicacio-

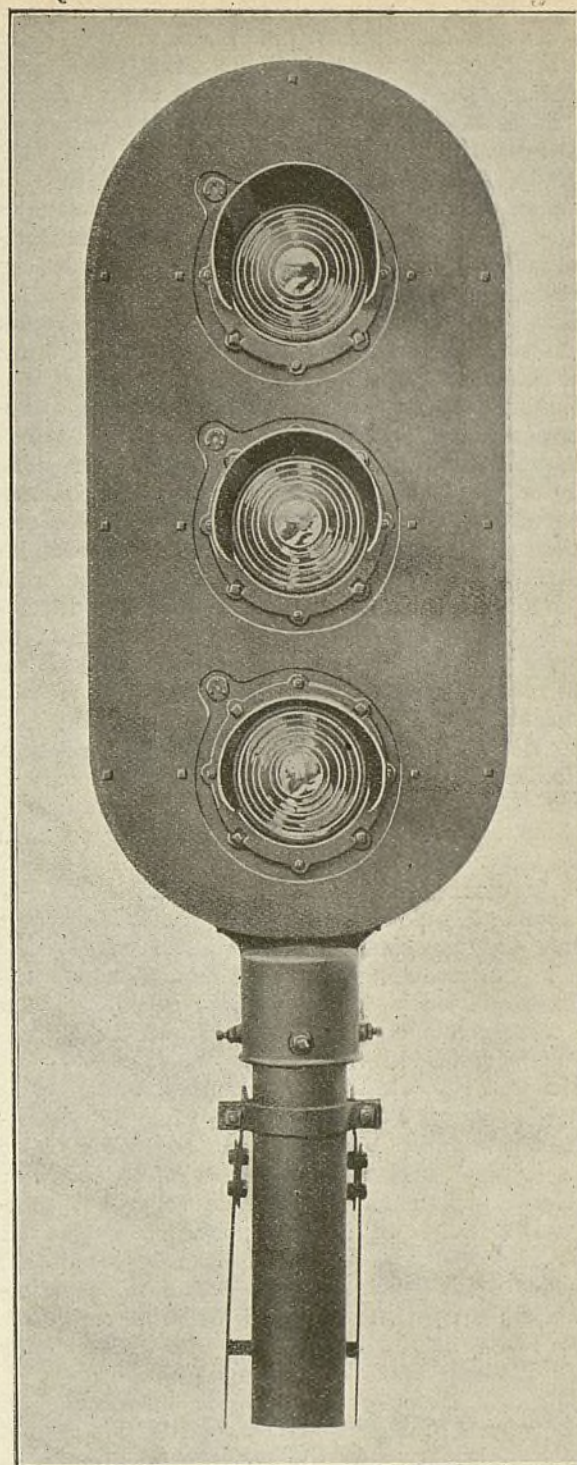


Fig. 10.—Señal luminosa de tres indicaciones.

nes mediante los colores usuales en las señales de noche. Están constituidas por dos o tres linternas (según sean señales de dos o tres indicaciones) dispuestas verticalmente sobre una pantalla oscura que sirve de fondo y llevan una especie de visera para evitar la reflexión de los rayos solares (fig. 10). El sistema óptico destinado a concentrar la luz en un haz de escasa dispersión (generalmente con un ángulo de 5°) es la parte principal del aparato, usándose lentes de escalones con exclusión de reflectores o espejos que pudieran dar

indicaciones fantasmales por reflexión de la luz exterior. Cuando la vía está en curva, debe agregarse una lente especial para aumentar el ángulo de dispersión. Las lámparas utilizadas consumen 40 ó 50 vatios y deben ser de filamento muy concentrado, que se sitúa exactamente en el foco de la lente. Es norma utilizar en estas señales los colores rojo, amarillo y verde, cada día más generalizados en la señalización de las vías de circulación, excluyéndose en absoluto el uso de la luz blanca para indicar «vía libre», porque la rotura de un cristal o un reflejo exterior podrían dar una falsa indicación de vía libre.

En las pruebas de estas señales que hemos tenido ocasión de presenciar, se comprobó su perfecta visibilidad a más de 1,500 metros en pleno día y en cualquier posición que se hallara con respecto al sol, pudiendo afirmar que a grandes distancias se distingue y descubre mejor la señal luminosa que las de forma, por tener aquella brillo propio, del que éstas carecen. En tiempo de niebla, la ventaja a favor de la señal luminosa se acentúa por su gran poder de penetración.

Las únicas objeciones de cierto valor que a la misma se hacen, son la de que en el caso de apagarse las lámparas (rotura del filamento), no queda *doblada* la indicación dada como en el semáforo por la posición del brazo, y la de la menor visibilidad en las curvas cuando el observador se halla alejado del eje óptico de las lentes.

Son ventajas inherentes a la señal luminosa la supresión del motor y de toda transmisión mecánica, con la economía consiguiente en el coste y en la conservación, ya que no requieren más mecanismo que los interruptores para encender la luz que corresponda en cada caso, lo que da una seductora simplicidad al sistema.

Sin embargo, cuando estas señales forman parte de un conjunto y deben existir relaciones y comprobaciones mutuas, la falta de órganos móviles como los que en las señales semaforicas permiten establecer fácilmente contactos de relación y comprobación, exige en las luminosas el empleo de relays suplementarios que complican la instalación y pueden casi anular aquella economía, especialmente si la corriente utilizada es la alterna, que exige relays más costosos, por estar constituidos por verdaderos motores de inducción.

Por esta razón, el coste de la instalación del block-system Barcelona-Mataró, según los presupuestos pedidos a diversos constructores europeos y americanos, resultaba ser sensiblemente el mismo con señales luminosas que con semáforos de tres posiciones.

En la actualidad existen en América unos 3,500 kilómetros de líneas, casi todas ellas electrificadas, equipadas con señales luminosas. En Europa, aparte de los metropolitanos y en los túneles, en los que su uso es obligado, han sido también empleadas en ferrocarriles secundarios; pero no tenemos noticia de que las use ninguna explotación importante de ferrocarriles a vapor. Las dificultades administrativas a veces y el gasto considerable que la substitución de lo existente exigiría para uniformar convenientemente la señalización, son obs-

táculos formidables para su adopción. Sería temerario, sin embargo, negar la posibilidad de que la señal luminosa pueda ganar terreno de día en día, y no es quimérico presumir que evolucionando y perfeccionándose—cuenta hoy con pocos años de existencia—pueda constituir la base de la señalización de los futuros medios de transporte terrestres.

El block automático en las líneas de vía única.

— Hasta aquí nos hemos referido al block para trenes circulando en el mismo sentido. El «block-system» automático es aplicable también a la circulación por vía única, existiendo en Norteamérica más de 30,000 km. de líneas de una sola vía, equipadas con el mismo. En este caso es *permisivo* para los trenes que se suceden, es decir que entre estación y estación pueden hallarse dos o más trenes del mismo sentido, y *absoluto* para los de sentido contrario. Las ventajas a las que se debe su gran desarrollo son el permitir un considerable aumento de la capacidad de la línea, la elevación del coeficiente de seguridad, y el hacer más económica en personal la explotación. En España, donde la vía única predomina aun en las grandes arterias del tráfico, puede ofrecer gran interés la aplicación de los modernos sistemas de block automático, porque permitiría incrementar considerablemente su capacidad de transporte sin los gastos enormes que hoy supone el establecimiento de dobles vías.

Mejor que todo comentario, darán idea de las posibilidades del sistema algunas cifras que tomamos de un estudio de A. H. Sperry (1) relativas a resultados obtenidos en el «Western Maryland Railway» con el establecimiento del block automático en los 126 km. de vía única entre Comberland y Hagerstown, efectuado en 1919.

	1918	1920	Variación
Núm. de trenes circulados	2642	3908	+ 48 %
Total de retrasos de trenes	12682 h	3973 h	— 69 %

A consecuencia del aumento de velocidad comercial, resulta que a igualdad de tráfico pudieron economizarse 10,610 horas de tren al año, 1'24 locomotoras-día y 118 vagones-día, lo que significa el ahorro anual de las cantidades siguientes:

Por disminución de 1'24 locomotoras.	25,792 \$
» » » 118 vagones . .	43,070 »
» » » 10,610 h. tren .	67,267 »
» ahorro de carbón.	39,045 »
Economía anual.	175,174 \$

La realización del block automático en la vía única ha exigido resolver nuevos problemas. Un tren en plena vía no sólo debe obrar sobre las señales anteriores, como en la doble vía, sino que además debe mantener cerradas las que han de *impedir movimientos contrarios*, por delante del mismo. Y esta acción debe ser *selectiva*, es decir, dependiente, no sólo de la simple ocupación de una

(1) Increasing track capacity, by Henry M. Sperry. January 1923. New York.

sección, sino del *sentido* en que marche el tren. Lógicamente con el uso de relays especiales de dirección, que no describimos, así como tampoco los circuitos de vía típicos, para no alargar desmesuradamente estas notas.

III—Descripción de la instalación de «Block-System» automático de la red catalana de M. Z. A.

El tráfico intensísimo de viajeros en el trayecto Barcelona-Mataró, de la Red Catalana de M. Z. A., creciente en escala ascendente de año en año, por el desplazamiento centrífugo de los habitantes hacia las viviendas de las afueras, que se produce en las grandes capitales industriales, indujo a la Compañía a la adopción de medidas que a la vez que garantizasen la seguridad de la explotación de una manera eficazísima, permitiesen aumentar la capacidad de circulación de la línea, agotada a ciertas horas en la actualidad, sobre todo en la temporada veraniega, y muy especialmente en los días festivos y en los anteriores y posteriores a los mismos. En tales casos la sucesión de trenes llega a realizarse con intervalos de 15 y hasta de 10 minutos.

Al propio tiempo, aquellos trenes que al iniciarse hará cosa de 25 años los servicios de *banlieue* se crearon bajo la denominación, muy propia entonces, de «ligeros» (no excedían de tres unidades con peso de 75 toneladas), se han convertido, sin dejar de denominarse oficial y administrativamente «trenes ligeros», en pesadísimos convoyes, alcanzando hasta diez coches tipo americano (la máxima composición admitida) con 450 toneladas de peso, para cuyo remolque ha debido

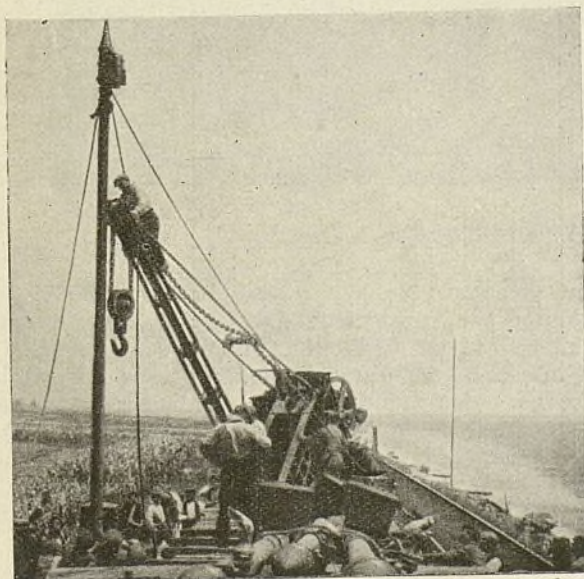


Fig. 11.—Tren de trabajos para el montaje de semáforos.

crearse un tipo de máquina de extraordinaria potencia.

Y a pesar de todo, no es raro ver en ciertas horas cómo los pasillos y plataformas de los coches que

dan completamente abarrotados en los trayectos más cercanos a la capital. No podía estar, pues, más justificada la instalación del «block system» automático que vamos a describir en sus características principales.

Señales.—Ha sido adoptada la señal semafórica de tres posiciones, cuyo brazo horizontal, inclinado a 45° y vertical, indica respectivamente «alto», «prevención» y «vía libre». Para las señales de plena vía se seguirá el régimen absoluto condicional, o sea, que podrá ser rebasada una señal de alto con marcha prudente, después de parar ante la misma, al revés de las señales de entrada, para cuyo franqueamiento en posición de alto precisará autorización especial del jefe de estación. Al efecto, los brazos semafóricos tienen forma diversa, según correspondan a señales de plena vía o a las de entrada de estaciones. Los primeros es-

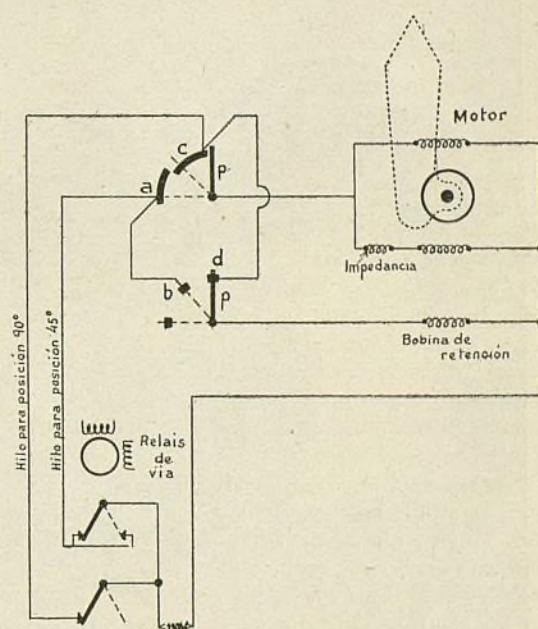


Fig. 12.

tán terminados en punta y los segundos ortogonalmente. Por la noche la distinción se hará situando a izquierda o a derecha respectivamente del poste tubular la lámpara testigo de que están dotadas todas las señales, la que asimismo sirve para acusar durante la noche su presencia si accidentalmente se apagara la luz que produce la señal.

El equipo de la señal es el tipo normal de la General Railway Signal Co., que es la que ha suministrado todos los aparatos de esta instalación, y está constituido por un motor de inducción de campo bifásico, con rotor en corto circuito y un tren de engranajes para transmitir directamente el movimiento al eje del brazo semafórico. El motor consume 420 VA y una potencia de 260 vatios, durante la maniobra completa hasta 90° unos ocho segundos.

El mantenimiento del brazo en las posiciones estables de 45° ó 90° se efectúa, no por el motor, sino por un dispositivo de retención accionado por una bobina que sólo absorbe 45 VA y 8 vatios de potencia. La figura 12 da idea del

funcionamiento. Estando el relai de vía desexcitado, las paletas de contactos estarán en posición vertical y los aparatos no recibirán corriente. Por consiguiente, la acción de la gravedad mantendrá el brazo horizontal. Además, actúa al faltar la corriente un enclavamiento especial para evitar que a mano pudiera levantarse el brazo. Si la excitación del relai establece los contactos hacia la derecha, pasa corriente por el hilo de mando a 45° hacia los contactos *a* y *b* del controler montado sobre el mismo eje que la señal y cuyos movimientos siguen las dos paletas *p* del esquema. Por el contacto *a* recibe corriente el motor, la cual se interrumpe al llegar a la posición

El conjunto del equipo forma un solo bloque compacto, que va montado en la parte alta del poste tubular, abultando muy poco y resultando en conjunto la señal de elegante aspecto, como puede apreciarse en la figura 14.

Seccionamiento de la línea.—La longitud de las secciones del block es función del intervalo de tiempo mínimo de sucesión de los trenes y de su velocidad. Con la señalización de tres posiciones adoptada, para que un tren *M* que siga a otro *N* halle normalmente las señales abiertas (a 90°) precisa que cuando se halle delante de cada señal *B*₁ (fig. 15) a una distancia prudencial *p*, el

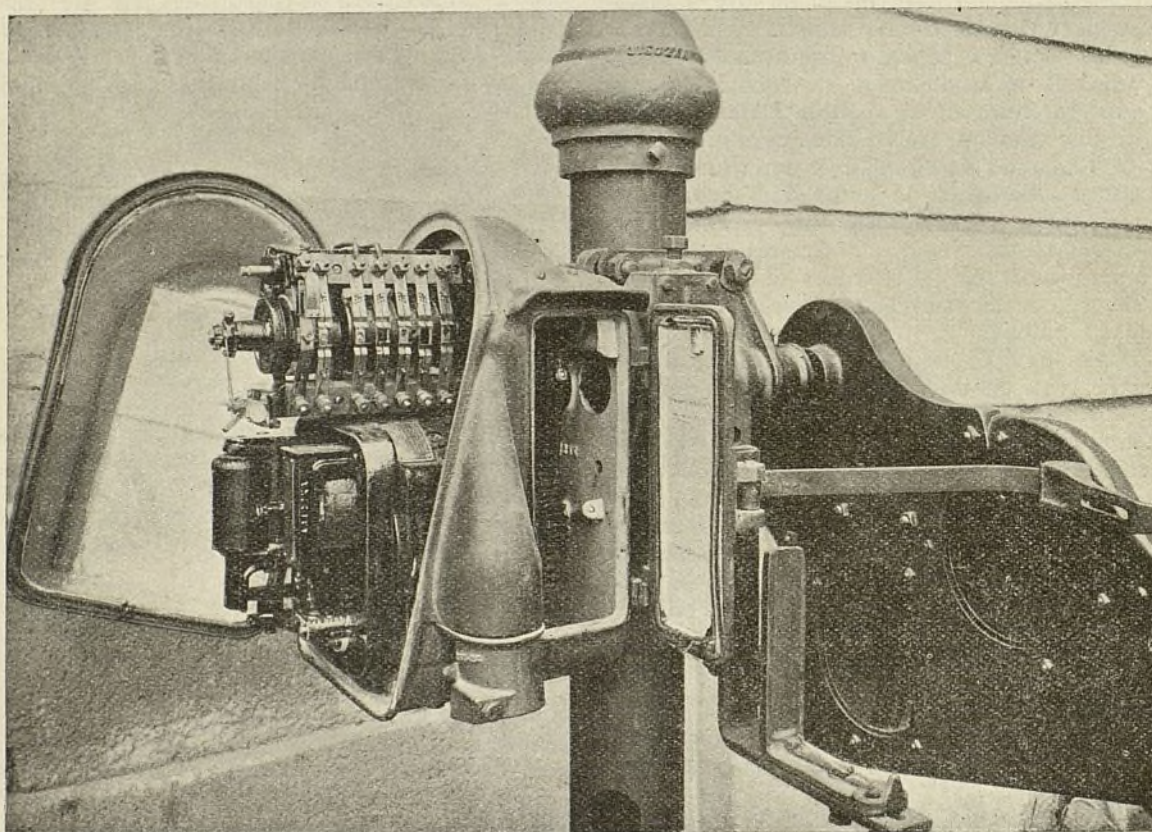


Fig. 13.—Motor de señal automática con carters abiertos.

de 45°, y por *b* se excita la bobina del aparato de retención, con lo que el brazo se mantiene en la posición alcanzada. Cuando por la inversión de la polaridad de los arrollamientos del relai se establezcan los contactos del mismo hacia la izquierda, la señal se pondrá a 90°, como representa la figura, manteniendo el contacto *d* excitada la bobina de retención. Cuando se interrumpe la corriente, el brazo descende por su propio peso, habiéndose evitado completamente la producción de choques que perjudican los aparatos, realizándose todos los movimientos con gran suavidad.

Tanto el motor, como el tren de engranajes y el dispositivo de retención, poseen carters metálicos herméticos e independientes uno de otro y del carter o coraza exterior, que es de hierro fundido con tapa de cierre a presión, sin tornillos a la intemperie (fig. 13).

tren delantero *N* haya rebasado totalmente la señal *B*₃; por consiguiente, si *l* es la longitud del tren y *S* la de cada sección (de señal a señal), el intervalo de distancia mínimo a que podrán sucederse dos trenes en las condiciones expresadas, valdrá $D = p + 2S + l$ y el intervalo de tiempo correspondiente, para la velocidad de marcha *V*, será $T = D : V$, de donde se obtiene la longitud de las secciones *S* en función del intervalo de sucesión y de la velocidad:

$$S = \frac{1}{2}(TV - p - l).$$

Puede también preverse que los trenes se sucedan con un intervalo menor del considerado, separándolos y protegiéndolos, no por una señal a 45° indicando «prevención» y otra en «alto», como ocurrirá siempre en (a) fig. 15, sino por una sola señal de «alto», como en (b), con lo que el inter-

valo de sucesión valdrá $D = p + S + l$. Claro está que en este caso los trenes hallarían normalmente las señales, no en «vía libre», sino a 45°, indicando hallarse cerrada la siguiente. Esto no impediría que

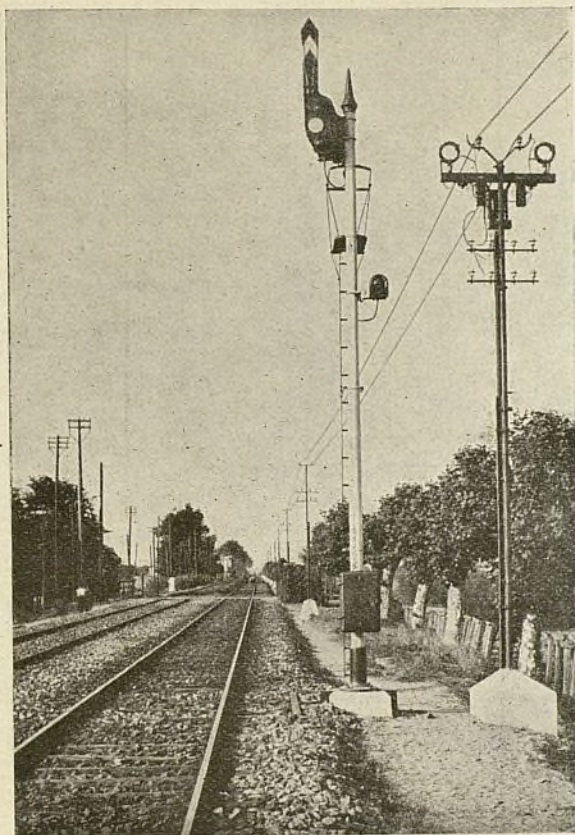


Fig. 14.—Semáforos y puesto de transformación.

la circulación pudiera tener lugar a la velocidad normal cuando el maquinista dispusiese de medios para parar el tren a la vista de una señal de «alto», lo que ocurre siempre con trenes provistos de freno continuo, en los que la distancia de frenado es muy reducida (menos de 300 m.) e inferior a la de visualidad de las señales.

normalmente la sucesión de trenes tenga lugar según (b), porque llevaría a los maquinistas a hacer caso omiso de las señales a 45°, es decir, equivaldría a suprimir de hecho las señales avanzadas, quedando la seguridad confiada a la observación de una sola señal.

En su virtud la longitud teórica de las secciones de block en la línea de Barcelona-Mataró se determinó para permitir la sucesión de los trenes de viajeros llamados «ligeros» que son los más frecuentes, a intervalos de 5 minutos con las señales avanzadas normalmente abiertas. Partiendo de la velocidad media de 50 km./h. y tomando $p=300$ m. y $l=200$ m. (longitud de un tren compuesto de 10 coches tipo norteamericano), se obtiene para la longitud de los cantones,

$$S = \frac{1}{2} \left(\frac{5}{60} \times 50 - 0.3 - 0.2 \right) = 1.8 \text{ Km.}$$

Al tratar de emplazar las señales de block a la distancia así calculada en una línea en la que ya existen estaciones intermedias, como es la considerada, ocurre que por venir impuesta a priori la situación de las señales de entrada y salida de las estaciones, es imposible en general establecer los cantones o secciones con el intervalo S teórico, ya que para ello precisaría que las distancias entre la salida de cada estación y la entrada de la siguiente resultasen múltiplos de S .

El plano general esquemático de la lámina I representa la distribución de las señales de block (siluetas llenas) y las longitudes de las secciones que se han adoptado atendidas las consideraciones expuestas y habida cuenta de las características de cada estación, de las condiciones de visualidad y demás circunstancias especiales concurrentes, habiendo resultado divididos los trayectos de estación a estación en dos o en tres cantones de block casi siempre de menor extensión que la teórica, lo que dará más elasticidad. Las secciones en que se hallan comprendidas las estaciones, cuando la distancia entre los cambios extremos lo ha permitido, se han proyectado con longitudes notablemente inferiores a la de la sección normal en atención a que en

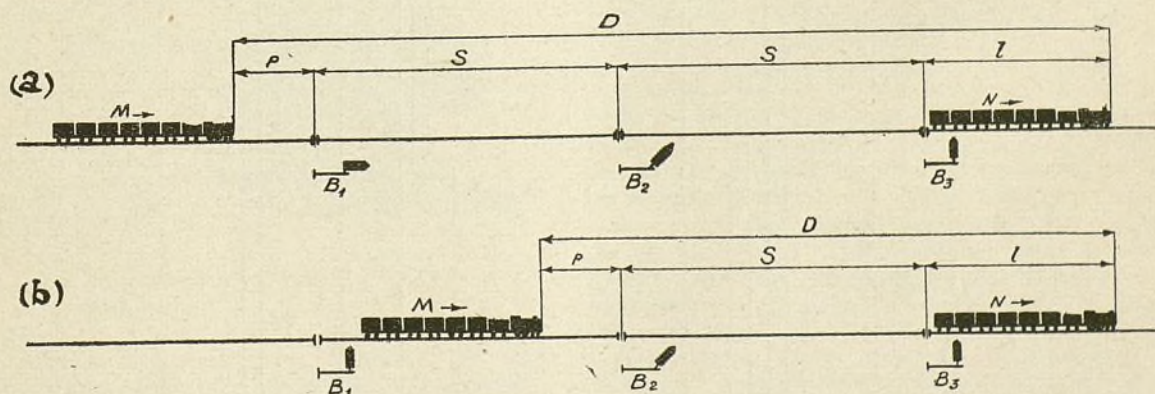
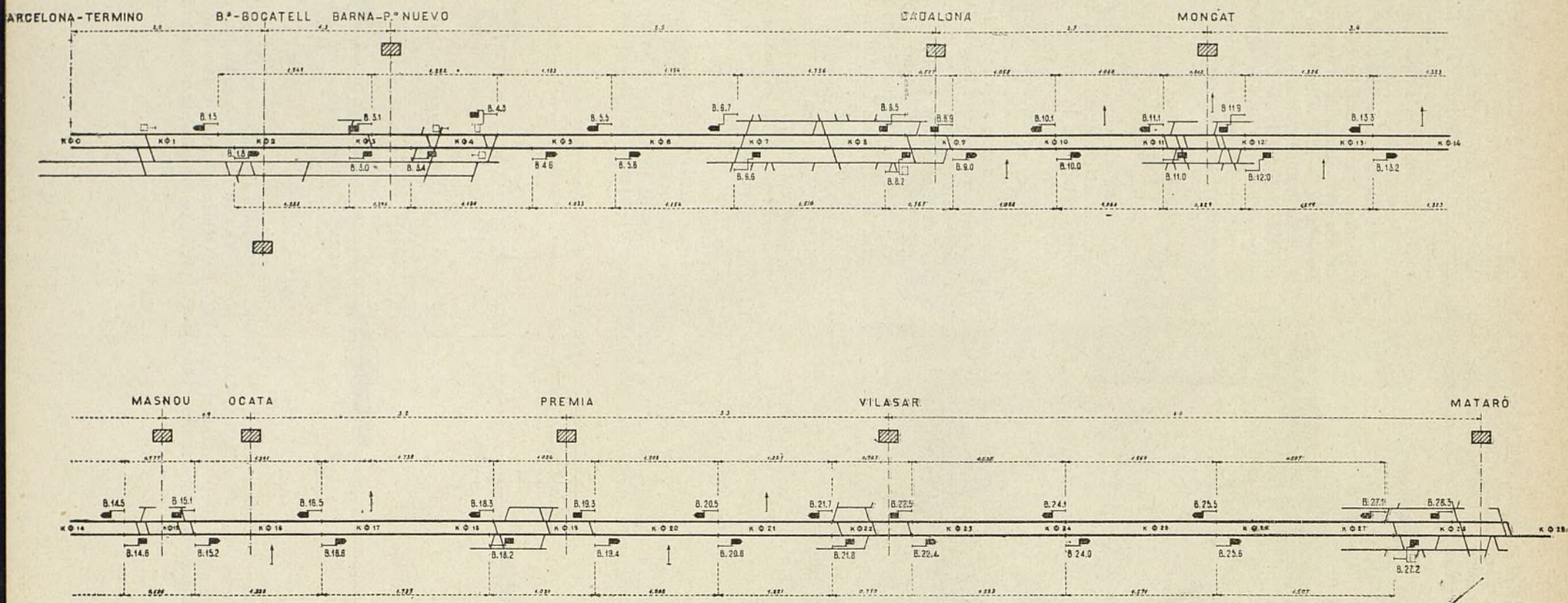


Fig. 15.

Con lo dicho hemos querido hacer ver la posibilidad de doblar la capacidad de circulación de una línea en un momento de congestión; pero no es aconsejable establecer las secciones para que

esta línea predomina la circulación de trenes escalonados con parada en todas las estaciones intermedias.

Ocurriría que si los cantones en que están comprendidas las estaciones fuesen iguales a los de plena



vía, el tiempo de ocupación de los primeros sería notablemente superior al invertido en recorrer los segundos por virtud de la parada en las estaciones y del tiempo perdido en los períodos de velocidad variable durante el frenado y arranque, cuando a lo que debe tenderse es a obtener tiempos de ocupación idénticos en todas las secciones, esto es, a establecer cantones iguales no en longitud real, sino en lo que podrían llamarse longitudes virtuales con relación al tiempo de ocupación.

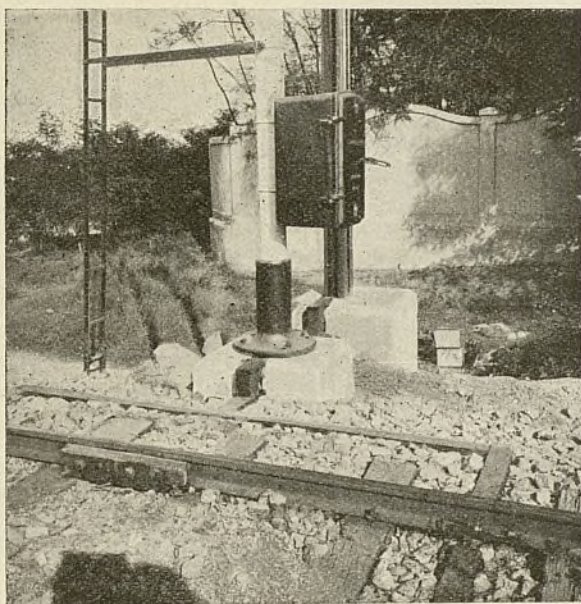


Fig. 16.—Junta aislada de carril.

Preparación de la vía. — La preparación eléctrica de la vía para el funcionamiento del block requiere asegurar la continuidad eléctrica de los carriles y aislar entre sí las secciones contiguas, así como las dos hileras que forman cada vía.

Para lo primero se han dispuesto en cada junta conexiones constituídas por dos hilos de cobre de 4,5

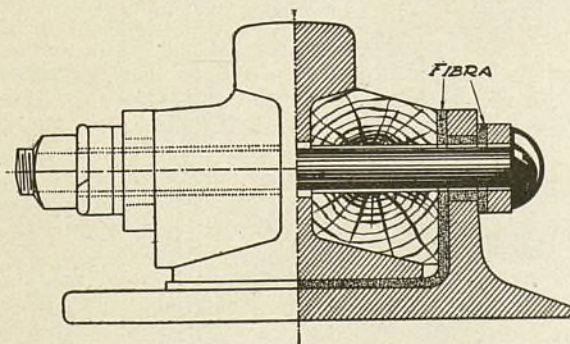


Fig. 17.—Sección de una junta aislada de carril.

m/m fijados en el alma de los carriles mediante casquillos cónicos de acero. La finalidad de tales conexiones está, más que en disminuir la resistencia de los carriles, en mantenerla constante, evitando las variaciones que la oxidación y los efectos de dilatación ocasiona en la resistencia de contacto de las eclisas. Las variaciones grandes de conductibilidad dificultarían el reglaje de los relais de vía.

Para el aislamiento de los carriles, en cada

extremo de sección se ha adoptado la junta aislante Weber, de la que dan idea las figuras 16 y 17. Esta junta, muy extendida en América, es de gran solidez, gracias a la fuerte escuadra de acero en que se asienta y fija el conjunto, evitando los desplazamientos relativos que rápidamente deterioran los aislantes. El elemento aislante está constituido por dos cuñas de madera y por las guarniciones de fibra que sin acudir al empleo de cilindros que envuelvan por completo los tornillos, los aíslan debidamente. Entre los extremos de los dos carriles que se aíslan, va interpuesta también una placa de fibra del mismo perfil que los carriles.

La figura 18 representa las juntas empleadas en los tirantes de aguja para dejar aisladas entre sí las dos hileras de carriles.

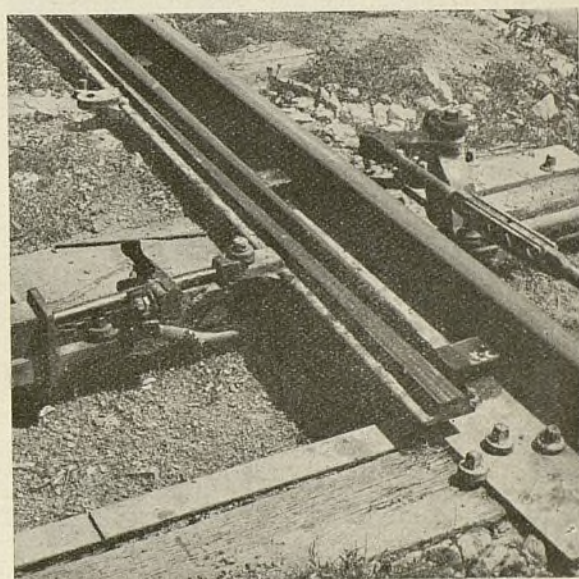


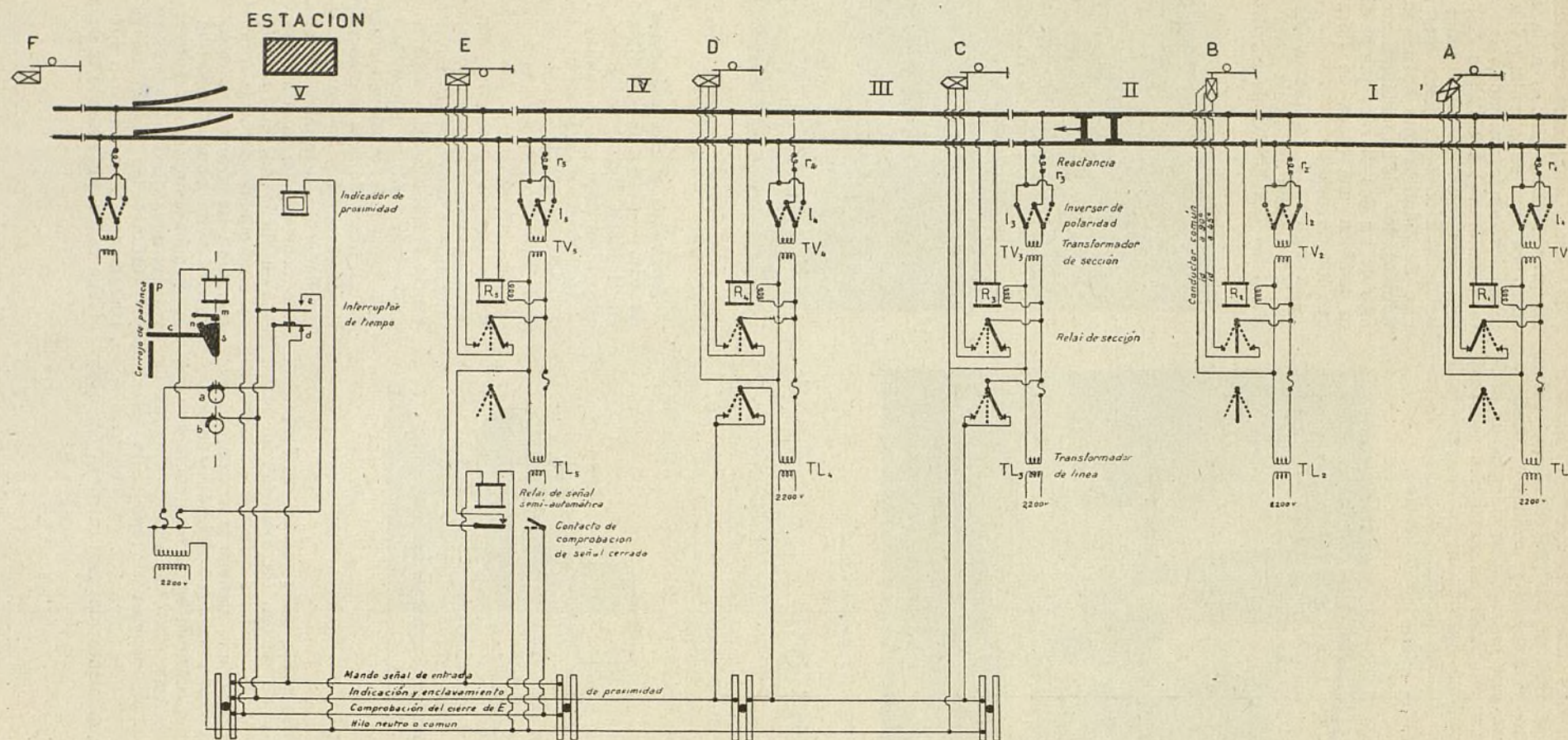
Fig. 18.—Aislamiento de tirantes de aguja.

Aparatos y disposiciones de los circuitos de vía. — Los circuitos típicos de vía empleados en el block Barcelona-Mataró se representan esquemáticamente en la lámina II.

Hallándose un tren en una sección cualquiera II, el relai de vía R_2 queda desexcitado y la señal B de entrada en la sección se halla en «alto», según se vió anteriormente. Ahora bien; en la señalización de tres posiciones adoptada, estando una señal en «alto», la precedente debe hallarse a 45° , indicando «prevención». Esta relación de dependencia entre cada dos señales se ha obtenido del modo más sencillo, sin utilizar hilos de línea, que con frecuencia ocasionan interrupciones, acudiendo al relai de tres posiciones, en el cual, según quedó explicado, los cambios de polaridad en un arrollamiento determinan desplazamientos de sentido contrario en la armadura.

Con dicho fin, el controler de cada señal que se mueve solidariamente con el brazo de la misma, lleva un inversor de polos por el que pasa la corriente de alimentación del circuito de vía de la sección anterior, de suerte que estando la señal cerrada, quedan conectados los carriles a polos distintos del transformador de vía TV, que cuando aquélla se halla a 45° ó 90° .

Así se ve que estando la señal B cerrada, el in-



versor de polos I_2 ha cambiado la polaridad en la sección I y el relai R_1 se ha excitado estableciendo el contacto de la izquierda, que pone la señal A a 45°.

El equipo de las señales de plena vía, tales como A y B, sin relación alguna con las estaciones, está, en síntesis, constituido por los siguientes aparatos: Un transformador de línea TL de 600 VA de capacidad para reducir la tensión de 2,200 voltios de la línea de distribución a 110 voltios. Con esta tensión se alimenta el motor de señal, el circuito local del relai de vía R y el primario del transformador de vía. Este transformador de vía TV, con capacidad de 100 VA, tiene el secundario con bornes para obtener voltajes variables entre 1 y 15 voltios que permiten alimentar el circuito de vía con la tensión apropiada en cada caso. Por último, citaremos la bobina de reactancia intercalada en serie en el circuito de vía y el relai de vía, de doble elemento y tres posiciones, órgano esencial de la instalación cuya teoría se ha expuesto en la segunda parte de este trabajo. El consumo de estos relais por 1 km. de sección, es próximamente el siguiente:

	V. A.	Wats
Elemento local (a 110 V).	28	18,5
Elemento de vía (a unos 4 V)	12	7
Energía total.	40	25,5

Completan la instalación los aparatos de protección usuales, como fusibles, pararrayos, etc.

El conjunto de los aparatos, perfectamente protegidos y acondicionados, va encerrado en una caja de fundición con cierre hermético, representada en la figura 19. Una particularidad, entre otras, que demuestra cómo todos los detalles de orden práctico han sido cuidadosamente estudiados, es la unificación de todas las tuercas que intervienen, permitiendo el montaje con una sola llave.

Hasta aquí nos hemos referido a los puestos de plena vía. Las señales que además de las funciones propias del block asumen las de protección de una estación, como ocurre con D (señal avanzada) y E (señal de entrada), necesitan dispositivos suplementarios e hilos de línea para cumplir determinadas condiciones de relación con los aparatos de la vía, tales como las agujas, barreras de pasos a nivel, avisadores automáticos, etc.

El programa realizado en la instalación de que tratamos, con el fin de obtener todas las garantías en la seguridad de los trenes, comprende los siguientes extremos:

a) La proximidad de los trenes es anunciada automáticamente a cada estación.

b) Para que la señal de entrada E pueda hallarse abierta, todas las agujas situadas sobre la vía general correspondiente y las que pueden dirigir un movimiento hacia la misma, deben hallarse enclavadas en posición tal, que quede asegurada la libre circulación de los trenes por dicha vía general.

c) Se realiza el llamado *enclavamiento de proximidad* y el de ruta a veces, o sea que las agujas de referencia no pueden maniobrase aun cuando se cierre E, si un tren que se aproxima se halla en cualquier punto de las secciones III, IV (proximidad) y V (ruta). Esta condición tiene por objeto evitar que después que el maquinista haya visto una señal avanzada o de entrada abierta, la estación, cerrando *intempestivamente* dicha señal, pueda efectuar un movimiento o maniobra que sería peligroso en tales condiciones.

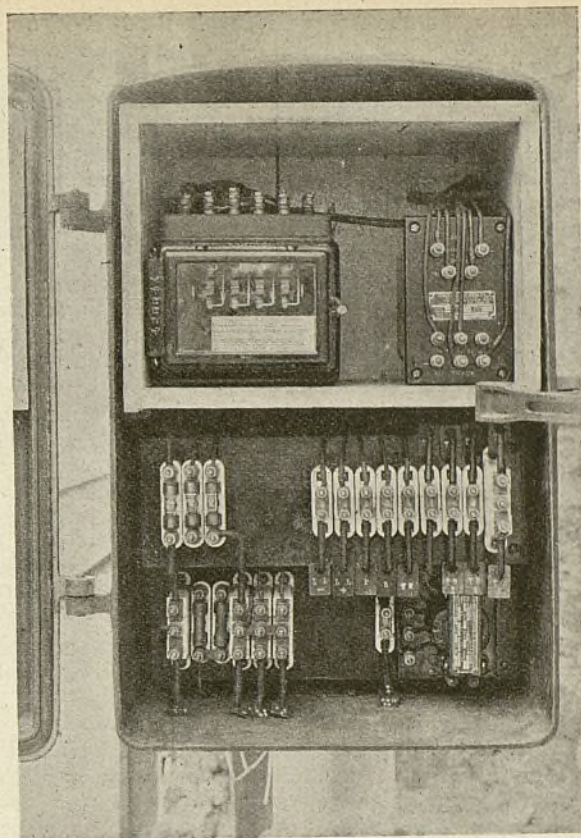


Fig. 19.—Caja de aparatos de un puesto de block.

La realización de este programa exige un relai adicional RS en la señal de entrada, que en este caso es semiautomática, un interruptor de acción diferida, una sonería o indicador de proximidad y uno o varios cerrojos de palanca, según estén las palancas de las agujas concentradas en un puesto de enclavamientos, o sean de maniobra local. En la figura 20 se ve la aplicación de dos cerrojos de palanca (uno para cada vía general) al puesto de enclavamientos mecánicos con palancas directoras sistema Willman de la estación de Mongat.

La lámina II representa la situación de los aparatos estando libres las secciones III a V, abiertas las señales, y encerrada por c la palanca p , directora o de aguja, en posición de dejar libre el paso de un tren por la vía principal. Para desencerrar p , precisa mover el sector s hacia la derecha, con lo que a la vez giran los cilindros con contactos a y b , solidarios del sector. En la primera fracción de este movimiento (cuando el saliente n del sector tropieza con el tope m de la armadura de la bobina Q) se rompe el contacto a y se establece el b , con lo cual el relai RS de la señal E no recibe energía y al caer su armadura corta la corriente del motor de la misma y la señal se cierra. En esta posición la señal, el controler de la misma cierra el contacto H, que junto con el b establecen la continuidad del circuito de la bobina Q, que es alimentada con energía procedente del transformador TL₃, según se puede seguir en el esquema. La excitación de Q levanta la armadura con el tope m y permite terminar el movimiento del sector hacia la derecha y desenclavar p .

Todo lo explicado es en el supuesto de estar libre de trenes el trayecto entre C y E. Si hubiese algún tren entre estas señales, al hallarse desexci-

tado el correspondiente relai de vía R_3 ó R_4 (paleas verticales) interrumpiría el circuito de excitación de Q y por consiguiente el tope m impediría el desencerrojamiento de p . Así queda realizado el llamado enclavamiento de proximidad.

El indicador óptico y acústico de proximidad de trenes K funciona por interrupción de la corriente que normalmente lo recorre, al entrar los trenes en la sección III, utilizándose el mismo hilo del enclavamiento de continuidad.

Finalmente, existe un aparato *desenclavador de acción diferida*, cuyo objeto es hacer desaparecer el enclavamiento de proximidad cuando estando un tren parado ante la señal E convenga maniobrar las agujas de la estación. Se obtiene ello simplemente, pasando el aparato de conmutación del contacto d al e , con lo cual por e y H se cierra el circuito de excitación de Q . El traslado de los contactos desde d a e , lo hace un aparato de relojería, previo un disparo a mano en un tiempo que puede regularse entre uno y cuatro minutos, con el fin de que desde que se cierra la señal, hasta que se pueda mover la aguja, transcurra el intervalo suficiente para que haya tenido tiempo de pasar o de detenerse un tren al que intempestivamente se le hubiese cerrado la señal de entrada.

Distribución de energía. — La distribución de energía se hará con corriente monofásica a 2,200 voltios mediante línea aérea de hilo de cobre estañado recubierto, de 20 m/m² de sección, excepto en el paso de las estaciones donde se ha adoptado el cable subterráneo doble (2x20 m/m²). La línea estará dividida en secciones de 5,2 km., con los correspondientes desconectores para el caso de reparación de averías. Los transformadores de línea derivados de la línea aérea, van montados

en los mismos postes con sus protecciones correspondientes, utilizándose un mismo transformador para dos señales cuando éstas se hallan próximas.

La alimentación de la línea de alta tensión tendrá lugar por un solo extremo que podrá ser indistintamente el del lado Barcelona o Mataró. Hubiese sido más económico alimentar por el centro la línea, pero las condiciones locales no se prestaban a ello, y además se corría el peligro de que a causa de los temporales de mar, frecuentes precisamente en la zona central (Masnou-Premiá-Vilasar), pudiese quedar una parte de la línea sin energía. La posible alimentación por ambos extremos permitirá localizar la interrupción al punto afectado.

En Barcelona y Mataró se dispondrá de una acometida de la Energía Eléctrica de Cataluña a 210 voltios y de un grupo motor-alternador de reserva de 10 K. V. A., pudiendo utilizarse indistintamente uno u otro como fuente de energía. Dos transformadores, uno en cada punto extremo, de 10 K. V. A. para 210/2,200 voltios (uno de reserva) permitirán elevar la corriente a la tensión de distribución. Las dos estaciones terminales de alimentación estarán dispuestas en tal forma, que automáticamente, al faltar la corriente en la acometida de una de ellas, se conectará la del otro extremo.

De esta suerte se tendrán todas las probabilidades de que el servicio de trenes no sufra perturbaciones por falta accidental de energía.

La potencia máxima consumida por el conjunto de la instalación, incluso el alumbrado de las señales (3 lámparas por señal), que estará encendido permanentemente, será escasamente de 10 K. V. A. La potencia media será sólo un 30 % de la máxima.

JULIO NOGUÉS.

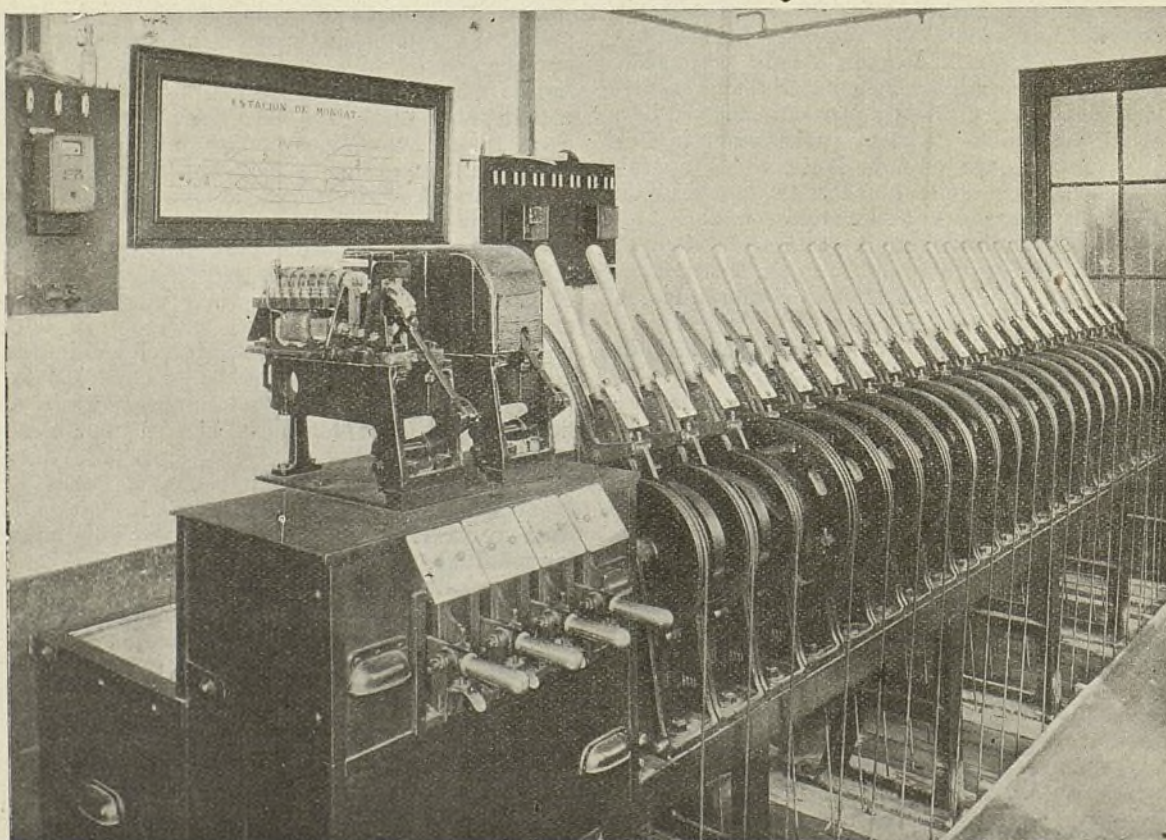


Fig. 20.—Cerrojos eléctricos aplicados a un Puesto de enclavamiento (Estación de Mongat).