

Disertación sobre señalización ferroviaria

RESUMEN histórico de la *movilización de trenes*. — Hasta hoy día, en Chile, únicamente están señalizados algunos ferrocarriles privados del norte, como el de Taltal y sólo en el recinto privado de las minas de Chuquicamata existe un Ferrocarril señalizado de acuerdo con las últimas prácticas modernas. De esta situación proviene el ser poco popular entre los ingenieros chilenos la técnica de las señales.

Parece, pues, conveniente comenzar por una explicación general de los sistemas de señalización como introducción al estudio particular de las instalaciones proyectadas o en ejecución de la Empresa de los Ferrocarriles del Estado.

En los primeros tiempos de la industria ferrocarrilera, los métodos de señalización o de movilización de trenes eran muy rudimentarios.

Se cuenta que en Inglaterra por delante de cada tren iban dos emisarios a caballo, con cornetas de caza para llamar la atención a los transeúntes y a las diligencias y despejar el paso al tren que avanzaba trabajosamente un centenar de metros más atrás.

Más tarde se introdujo el itinerario, en el cual quedaban establecidos los cruzamientos en estaciones determina-

das; y como se carecía de medios de comunicación no era posible alterar los cruzamientos y el atraso de un solo tren repercutía en todos los demás.

Diez y seis años después del descubrimiento del telégrafo, en 1851, yendo en Estados Unidos, Ch. Minot, Superintendente General del Eric Railroad de viaje en tren, sucedió que en Fusner estación intermedia en que debía efectuarse un cruzamiento, estuvo detenido más de una hora. Como el Superintendente viajero tuviera urgencia por llegar al lugar de su destino no se resignó a esperar indefinidamente, recurrió a la Oficina Telegráfica del Pueblo, y puso un telegrama al Jefe de la Estación próxima Goshen preguntándole si el tren esperado había ya pasado por aquella estación. No tardó en llegar la respuesta; aquel tren todavía no llegaba a Goshen; entonces el señor Minot telegrafió de nuevo ordenando al Jefe detener al otro tren si llegaba porque él partía en el suyo, y pidiéndole confirmara si había entendido claramente esta orden. Recibida la respuesta, regresó a la estación y ordenó al maquinista que partiera con su tren hasta la estación próxima, pero lo curioso fué que el maquinista se negó rotundamente a cumplir la orden, contestándole que si el señor Minot estaba dispuesto a

morir en el accidente que seguramente sucedería, él en cambio no lo estaba porque tenía familia a quien hacer falta. Pero Mr. Minot era porfiado y, como sabía manejar la locomotora, ordenó al maquinista que fuera a ocupar un asiento en el último coche, mientras él ponía en marcha el tren y llegaba sano y salvo a la próxima estación; y repitiendo el sistema de los telegramas seguía viaje hasta la estación de término. Según Mr. E. C. Keenan del N. Y. C. que relata esta anécdota, desde esta fecha se introdujo el telégrafo en los Ferrocarriles norte americanos y de ahí pasó el sistema a los demás ferrocarriles del mundo. Seguramente en Inglaterra la historia se cuenta de otro modo.

Posteriormente, fué necesario completar el despacho telegráfico de trenes con otros sistemas que dieran mayores garantías de seguridad. En efecto, el simple despacho de trenes por telégrafo tiene el inconveniente de introducir en forma preponderante el factor humano. En ferrocarriles de simple vía para que no suceda un choque de frente, es necesario que no haya un mal entendido entre los telegrafistas movilizados o una desatención de uno de ellos o del conductor del tren: en cualquiera de estos casos el accidente es inevitable. Estas circunstancias fueron el origen del llamado despacho de trenes por staff o por piloto.

El sistema consiste en tener una persona en cada sector que lleve un distintivo, como ser una banda roja en el brazo, cuya obligación es viajar en todos los trenes que pasen de una estación a la del otro extremo del sector. Los maquinistas a su vez tienen orden de no viajar en aquel sector sin que el piloto viaje en su tren. En otros casos se usaban en lugar del piloto, y aún hasta ahora se usa, un objeto material como ser una barra de bronce o un disco metálico que se denomina staff y

sin estar en posesión del cual, el maquinista tiene orden de no viajar en el sector a que pertenece dicho staff. Estas son las formas rudimentarias para conseguir la seguridad de tráfico en los sistemas de simple vía.

Movilización de trenes en simple vía y en doble vía.—Conviene recordar que en un sistema ferroviario de simple vía es necesario dividir el trayecto en sectores que tienen por límite dos estaciones en las cuales hay desvíos que permiten efectuar el cruce de trenes en sentidos opuestos. Cuando un tren ocupa el sector es evidente que no debe despacharse un tren en sentido contrario, del otro extremo del sector. Pero no es absolutamente necesario, considerado bajo el punto de vista de la seguridad, el que no sea permitido despachar otro tren del mismo sentido en pos del que ya está ocupando el sector. Este es el sistema conocido con el nombre de «prevenido» en nuestros ferrocarriles.

Aparatos Eléctricos de Block-Bastón.—Hay pues, dos métodos de trabajo en sistemas de simple vía: por block absoluto y por block permisivo. Para satisfacer las exigencias de la seguridad de tráfico sin disminuir la capacidad de la línea se han ideado los instrumentos designados con el nombre de «Electric-staff», o sea de bastón eléctrico o bien aparatos eléctricos de block bastón.

Estos aparatos, ya instalados en el ramal a San Antonio y en el ramal a Los Andes y en uso desde el año de 1910 en el ferrocarril de Antofagasta a Bolivia, consisten esencialmente en lo siguiente: un depósito de bastones todos semejantes colocados en una de las estaciones extremas del sector y otro exactamente igual colocado en la estación del otro extremo. Ambos aparatos están conectados por un alambre que los hace eléctricamente solidarios el uno del otro. El mecanismo es de tal

naturaleza que para retirar un bastón de uno de los aparatos se necesita que la estación del otro extremo lo autorice enviando por medio de un magneto de mano una corriente eléctrica. Retirado el bastón de uno de los instrumentos ya no es posible retirar otro de uno cualquiera de los aparatos aunque los operadores envíen corriente eléctrica con su magneto. En estas condiciones si se ordena a los maquinistas de los trenes que no entren al sector o block sin tener en su poder el bastón correspondiente a dicho sector, siempre naturalmente que los maquinistas no desobedezcan la orden, se puede decir que quedan eliminados en absoluto los choques de frente en plena vía.

Ahora bien, ¿qué ventaja representa el bastón eléctrico sobre el simple staff de que hablamos antes? Si se tiene un solo staff o bastón para el sector o block se comprende fácilmente que no es posible despachar los trenes consecutivos en la misma dirección y por consiguiente, es necesario hacer los itinerarios en forma que alternativamente viajen por el sector trenes en sentidos opuestos. En cambio, provisto el sector de aparatos eléctricos se pueden despachar de cualquiera de las estaciones cualquier número de trenes consecutivos de la misma dirección, ya que llegado el primer tren al otro extremo del block entregará el bastón, éste será colocado en el aparato, hecho lo cual, será posible sacar otro bastón de la otra estación para el segundo tren siempre que la primera estación lo autorice enviando corriente con el magneto.

Las estaciones provistas de aparatos de bastón eléctrico tienen un aparato que corresponde al sector, digámoslo así, de adelante y otro que corresponde al sector de atrás. Estos dos aparatos contienen bastones de forma diferente, de modo que los bastones del uno no calzan en el otro aparato. Los primeros instrumentos que se construyeron tenían

bastones que aunque diferentes no era fácil distinguirlos a primera vista y sucedió en Inglaterra a causa de esta circunstancia un accidente fatal. En una estación en que se detuvo un largo rato un tren de carga, el conductor del tren llevó a la oficina del Jefe el bastón que traía de la estación anterior y se lo entregó, volviendo en seguida a su tren a buscar ciertos documentos; el Jefe en lugar de colocar el bastón inmediatamente en el aparato lo dejó encima de la mesa y durante la ausencia del conductor del tren concedió vía libre a un tren de dirección contraria. Cuando el conductor del tren volvió a la oficina del Jefe éste se había ausentado y como viera el bastón encima de la mesa, lo tomó, lo entregó a su maquinista y prosiguió viaje con ese bastón que no pertenecía al sector que iba a ocupar sino al anterior y que era el mismo que él había traído. Cuando el Jefe de Estación volvió a su oficina y se dió cuenta de lo acontecido ya no era tiempo de evitar el choque de aquellos trenes que fué de enormes proporciones. Para evitar esta clase de equivocaciones se hacen hoy día los bastones de sectores diferentes, con letras distintas gravadas en ellos y se colocan a la entrada del sector discos fijos que llevan grabada la misma letra del bastón y se da orden al maquinista que sólo entre al sector, cuando esté en posesión del bastón que lleva gravada la misma letra del disco que tiene al frente. Más efectivo aun es señalar el ferrocarril y relacionar el Inst. Staff con la señal de salida.

Movilización de trenes en doble vía. Aparatos de Lock and Block.—La movilización de trenes en doble vía se puede hacer por intervalo de tiempo, block absoluto telegráfico y block telegráfico con precaución. Creo que no es necesario entrar a definir estos términos.

En Estados Unidos hay 3 500 millas

movilizadas por teléfono, 3 100 por telégrafo, 1000 por campanillas y 1 400 por Lock-Black.

En Chile se movilizan los trenes en la actualidad con block telegráfico absoluto y permisivo. Nosotros empleamos aparatos telegráficos Morse inscriptores, con la idea de dejar constancia en la huincha de la movilización y poder, llegado el caso de un accidente, deslindar responsabilidades. En Inglaterra no se usan esta clase de instrumentos telegráficos, sino aparatos que dan sólo una indicación visual y auditiva sin dejar ninguna constancia de la transmisión de los telegramas que se hace valiéndose de un código de golpes de campanilla, pero con la diferencia que todos los Ferrocarriles ingleses están señalizados. Este sistema, hecha abstracción de las señales propiamente dichas, inspira aún menos confianza bajo el punto de vista de la seguridad que el sistema empleado por nosotros. Pero hay en uso en Inglaterra en todas las líneas importantes otros aparatos llamados de «Lock-and block» que están relacionados con la señal de partida de la estación de atrás en forma que no es posible poner en libre dicha señal mientras un tren ocupe el block. Naturalmente este sistema es mucho más seguro que el sistema empleado por nosotros. Ultimamente se han introducido los aparatos eléctricos de block bastón en la movilización de doble vía. Este sistema presenta la ventaja sobre el anterior que permite utilizar con entera seguridad cualquiera de las vías para tráfico en ambos sentidos lo que en la práctica hace posible los sobre pasamientos de trenes en plena vía.

Protección contra accidentes en Estaciones. Interlocking.—Más frecuentes que los accidentes en plena vía son los accidentes en estaciones y por desgracia no puede decirse que sean menos graves. En nuestra historia reciente tenemos el de Calera y el de Talagante. Aun en

estaciones señalizadas acontecen accidentes de esta naturaleza, como los de Basilea y Euston el año 1923. Sólo sería posible eliminarlos en absoluto con el control automático, pero no puede pensarse en esta solución en los casos corrientes por su elevado costo.

En general, pues, para obtener la seguridad en maniobras de trenes de mismo sentido o de sentido opuesto en una misma ruta, se usa un conjunto de mecanismos y transmisiones que se designa con el nombre de «Block Siqualling» (Señalización de Block); y para obtener la seguridad en maniobras de trenes sobre rutas convergentes o que se cruzan se usa un conjunto diferente de mecanismos y transmisiones, que se designa con el nombre de «interlocking» (Enclavamiento).

Los accidentes en estaciones se evitan con la concentración de cambios y señales y un enclavamiento bien concebidos; los accidentes en plena vía con la señalización de block.

El aparato de bastón eléctrico es un tipo de señalización de block. Un marco de enclavamiento realiza el «interlocking».

Las señales propiamente dichas tienen por objeto informar al tren sobre el estado en que se encuentra la ruta que tiene por delante.

Las señales usadas en los Ferrocarriles son, desde luego, de dos clases: fijas y de mano. Sólo trataremos de las primeras que a su vez se dividen: en señales principales y de maniobra. Las señales principales son las que gobiernan las vías principales y las convergentes a ellas, y sólo de ellas nos ocuparemos por el momento.

La primera señal principal percibida por un tren que viaja en una vía principal y se aproxima a un puesto de señales es la señal de distancia, cuya función, en la práctica moderna, es dar al maquinista una indicación sobre la velocidad con que puede proseguir el

tren, dada las condiciones de la ruta que tiene por delante.

Por lo general, unos 1 000 metros más allá (a menudo más de 1 000, nunca menos de 800 metros) encuentre el tren la *señal de entrada*, que puede considerarse como la puerta de la estación, y su objeto es proteger de los trenes por entrar, a los trenes detenidos en la estación.

Los trenes detenidos en la estación reciben la orden de proseguir su marcha por medio de la *señal de salida*, ubicada al extremo de la estación, pero más cerca del primer cambio que la señal de entrada.

No sólo a la entrada y salida de las estaciones deben colocarse señales principales del tipo de las de entradas y salida que designaremos con el nombre común de señales de detención para distinguirlas de las señales de distancia, sino también en las bifurcaciones, en los cruces y en los pasos a nivel. A cada grupo de señales de detención corresponde siempre una señal de distancia.

Las señales pueden dar su indicación por un semáforo o por una luz de color. El significado de sus aspectos es:

Rojo o brazo horizontal=detenerse.

Naranja o brazo horizontal de forma especial=disminuya su marcha, listo a frenar.

Verde o brazo a 45°=Prosiga.

Colocadas las señales principales en una estación en situación conveniente, es necesario concentrar su movimiento, como el de los cambios, en una cabina, desde la cual el personal pueda moverlas a distancia por medio de palancas.

Enclavamiento.— Pero para evitar señales contradictorias y no correspondencia entre la posición del cambio y el aspecto de la señal, es preciso relacionar las diversas palancas de la cabina, de modo que el señalero sólo pueda accionarlas en un orden determinado tal,

que le sea imposible colocar cambios o señales en una posición que signifique un accidente a trenes consecutivos o convergentes. Sin embargo el Ingeniero señalizador debe además tener en vista que los enclavamientos entre las diversas palancas no estorben, sino por el contrario faciliten las maniobras de trenes en la estación. El problema no es sencillo y para resolverlo se requiere no sólo conocimiento de los mecanismos de señalización sino también y principalmente de las maniobras ferroviarias y no admite soluciones generales: cada caso particular debe estudiarse y resolverse de acuerdo con las condiciones locales.

El marco de enclavamientos se compone de un conjunto de palancas cuya función es transmitir el movimiento a cambios y señales. El enclavamiento consiste en una disposición que impide invertir una palanca cuando otra haya sido invertida o que obligue a invertir previamente un cierto grupo de palancas, antes de poder invertir una determinada. Por ejemplo, la inversión de la palanca de un cambio de punta que da ruta al tren por un desvío debe enclavar en normal la palanca de la señal que indicaría al tren ruta por la vía derecha; y antes de poder invertir la palanca de la señal que indica ruta al tren por el desvío debe ser necesario invertir la palanca del cambio de punta que da ruta por ese desvío.

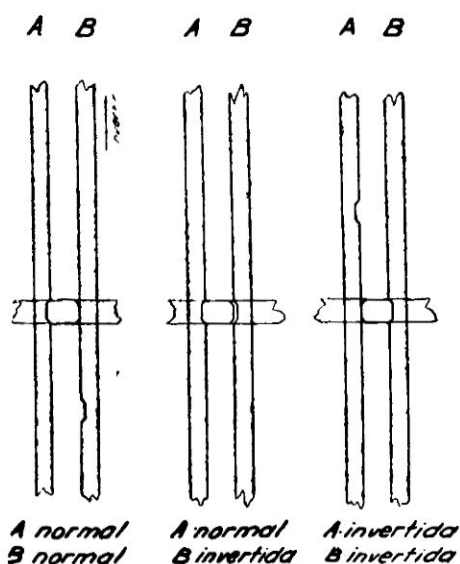
En un marco de enclavamiento las palancas en posición normal corresponden a señales en peligro y ruta para los trenes por las vías principales.

El enclavamiento de las palancas puede obtenerse por medios mecánicos y eléctricos. Es costumbre que en todo marco de enclavamiento ya sea eléctrico, electro neumático, etc., se superponga siempre al enclavamiento eléctrico, un enclavamiento mecánico de las palancas.

Lo corriente es realizar el enclava-

miento mecánico por el sistema que podríamos llamar de «barra y taco». Consiste en una barra de hierro solidaria a la palanca y que lleva cortes triangulares o trapeciales en que calzan tacos de hierro. Las barras se mueven en canales y los tacos en otras canales normales a los de las barras. Los tacos correspondientes a dos palancas distintas que deben enclavarse mutuamente están ligados entre sí por una barra rígida. Sean A y B estas palancas. La barra de A tiene una muesca trapecial que queda frente al taco con A normal; la barra de B tiene otra muesca trapecial que queda frente a su taco con B invertida.

Enclavamientos



Así pues, con B normal, el taco A queda introducido en la muesca de la barra A y el taco B queda en contacto con la arista de la barra B, porque los extremos de los tacos A y B quedan a una distancia fija igual a la distancia que separa las aristas de las barras A y B más la profundidad de una de las ranuras. Se ve pues, que la palanca A queda acorrojada en normal mien-

tras B esté en normal; pero cuando B se invierte, A puede invertirse, pues gracia a la muesca trapecial el taco A se moverá normalmente ($\perp$) transmitirá su movimiento al taco B y este se introducirá en la muesca de la barra B que por estar invertida la palanca queda frente a él. En esta situación la palanca B queda enclavada por A y mientras A no se vuelva anormal B tampoco se puede volver normal. De este modo se consigue que el señalero se vea obligado a invertir B antes que A y a poner normal B antes de colocar a normal A.

Las combinaciones que se pueden hacer por este medio son las suficientes para las necesidades de los enclavamientos entre señales y cambios.

Sistemas empleados para el movimiento de cambios y señales.—El movimiento de cambios y señales se puede hacer ya sea utilizando el esfuerzo muscular del mismo señalero, o por ser motor. En este último caso el señalero con su palanca se reduce a controlar la energía motriz. La energía motriz puede ser eléctrica o neumática.

La transmisión del esfuerzo muscular de la cabina al cambio se puede hacer:

- 1.º Por barras rígidas.
- 2.º Por doble alambre.
- 3.º Por magneto generador.
- 4.º Por transmisión hidráulica.

Hasta hace poco en Inglaterra sólo se usaba la barra rígida; pero después de la guerra, el ejemplo alemán en Bélgica, ha hecho reconocer a los técnicos, ingleses las ventajas del doble alambre, que es preconizado por la casa W. B. & Saxby.

Cuando se trata de mover cambios a grandes distancias y no se dispone de energía eléctrica es indicado el uso del magneto generador, disposición ideada el año 1923 por el señor Roberts de la R. S. C.º para los Ferrocarriles irlandeses. La energía eléctrica la genera el mismo señalero girando un magneto y se

aprovecha en un motor del mismo tipo de los usados en el sistema de transmisión eléctrica. La transmisión hidráulica se usa en Italia, pero no tiene aplicación en países fríos.

La transmisión del esfuerzo muscular de la palanca a la señal se puede hacer:

- 1.º Por simple alambre;
- 2.º Por doble alambre.

En Inglaterra es de uso general el simple alambre. En Alemania y Suiza el doble alambre. Después de la guerra, Bélgica adoptó el doble alambre y un gran número de técnicos ingleses preconiza hoy día su adopción en Inglaterra.

Estos sistemas se refieren a la señal de semáfora; cuando se trata de señales luminosas, como las adoptadas para la Primera Zona, basta un contacto en la palanca que cierre o abra el circuito eléctrico de la señal.

En las agujas mismas del cambio hay instalado un dispositivo cuyas partes son:

- 1.º El cerrojo;
- 2.º El detector;
- 3.º La barra de seguridad.

La palanca, en el marco, correspondiente al cambio mueve por intermedio de barras de transmisión las agujas. Estas son solidarias de dos barras planas normales a ellas; cada una de estas barras tiene dos agujeros y los de la una quedan frente a los de la otra cuando las agujas guardan su distancia correcta. Si una de las agujas está torcida los agujeros de las barras no coinciden. Otra palanca en el marco, mueve un pasador de un diámetro ligeramente inferior a los agujeros de las barras, este pasador queda frente a los agujeros cuando el cambio se encuentra en cualquiera de sus posiciones extremas. El movimiento del pasador es solidario al de la barra de seguridad que consiste en una barra, de largo mayor que el mayor espaciamiento entre ejes del equipo, colocada

por delante de las agujas, al costado de uno de los rieles y que al moverse toma un nivel superior a la callampa del riel. Así no es posible mover esta barra si una rueda se encuentra en el riel. En estas condiciones para mover la palanca correspondiente a la barra de seguridad en el marco de enclavamiento es necesario:

- a) Que las agujas estén a distancia correcta;
- b) Que el cambio esté en una de sus posiciones extremas;
- c) Que no haya material rodante delante del cambio de punta.

El oficio del detector es impedir poner a libre la señal, mientras el cambio no se encuentre en posición correcta. Generalmente es un contacto eléctrico de gran precisión.

Señales luminosas de posición y de color.—Donde se dispone de energía eléctrica, hoy día, la señal luminosa es la indicada, pues mucho más complicado es mover un semáforo por medio de un servo-motor que encender una ampolleta, fuera de que en la noche la luz es obligatoria.

Hay dos sistemas de señales luminosas: de color y de posición. Estas últimas consisten en una pantalla sobre la cual se encienden luces blancas, en línea horizontal para indicar peligro, en una línea a 45º para indicar precaución y en línea vertical para indicar libre. Los partidarios de esta clase de señales argumentan a su favor con la frecuencia del Daltonismo en el personal. Estas señales son especialmente apropiadas para los sistemas de señalización, con señales de tres o cuatro posiciones cuya aplicación corresponde a los casos en que los block son muy cortos y no dan lugar a la instalación de la señal de distancia.

La señal luminosa de color muestra tanto en el día como en la noche luces rojas, anaranjadas y verdes para dar

sus indicaciones. La visibilidad de estas luces sobrepasa un kilómetro a pleno sol y es muy superior en días nublados o en la noche. La pantalla tiene que ser bien estudiada para que el reflejo del sol sobre el lente no dé falsas indicaciones.

Una condición esencial.—Condición que debe satisfacer todo sistema de señales es que si falla el control sobre la señal ésta se coloque por sí misma en posición de peligro. En los sistemas de señales de semáforo esto se consigue por la acción de la gravedad con un contrapeso. En los sistemas de señales luminosas, la acción de la gravedad se traslada al relay que en su posición de equilibrio gravitacional hace los contactos eléctricos correspondientes al aspecto «peligro» de la señal.

El circuito de vía o Lack-circuit.—El circuito de vía tiene por objeto el control de las señales y de los cambios por los mismos trenes. No es el único medio de conseguirlo pero es el mejor. Su función es como se ve, análoga a la de la barra de seguridad, pero más amplia.

Si se aíslan los dos rieles de la vía férrea transversalmente y longitudinalmente en los límites extremos de un blok y se hace pasar la corriente que gobierna al relay de la señal por estos rieles aislados, es evidente que sólo circulará corriente por este relay mientras no pase un tren sobre los rieles conductores colocándolos con sus ruedas y ejes en corto circuito. Como el relay al quedar desexcitado, por la acción gravitacional, hace los contactos correspondientes al aspecto peligro de la señal, ésta se coloca naturalmente en peligro tan pronto como el primer eje del convoy ha entrado al block circuitado. La señal queda colocada en el límite inicial del circuito de vía y por consiguiente protege al tren que lo ocupa.

Se pueden confeccionar circuitos de vía con corriente continua o con corriente alterna. Los de c. c. usan relays semejantes a los telegráficos del tipo no polarizado y del tipo polarizado. Los de C. A. usan relays de muchos tipos diversos, cuya aplicación depende de la tracción empleada en el Ferrocarril. Cuando el ferrocarril es a vapor o a C. C. se usa el tipo llamado de aleta, el cual se construye en dos formas: el llamado de 1 elemento y el de dos elementos. Baste decir aquí, para no alargarse demasiado que el primero corresponde en sus cualidades al relay no polarizado de C. C. y el segundo al polarizado.

La alimentación del circuito de vía se hace por un extremo y el relay se encuentra en el otro extremo.

Como la aislación entre los rieles es muy imperfecta, porque el lastre es más o menos conductor como así mismo los durmientes, la corriente de alimentación es mucho mayor que la corriente que llega al relay. Es el caso de un canal con filtraciones de importancia. El cálculo se hace en la misma forma que el de las líneas telegráficas y telefónica o de energía muy largas, haciendo uso de las fórmulas correspondientes a los circuitos de características uniformemente repartidas.

Las ecuaciones diferenciales son:

$$\frac{d^2 V}{dx^2} = Z Y V \quad \frac{d^2 I}{dx^2} = Z Y I$$

y la integración determinadas las ctes. por las condiciones iniciales:

$$V = V_1 \cosh \gamma x - I Z_0 \sinh \gamma x \\ I = I_1 \cosh \gamma x - \frac{V_1}{Z_0} \sinh \gamma x$$

$$Z = \text{Impedancia por} \\ \text{unidad longitud } \gamma = \sqrt{ZY} \\ Y = \text{Admitancia por} \\ \text{unidad longitud } Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y}}$$

En ferrocarriles de tracción por corriente alterna se requiere el empleo de los circuitos de vía de C. A. de frecuencia diferente de la de tracción y en ese caso se impone el uso de relays de frecuencia determinada, insensibles a otras frecuencias.

Señalización automática y semi-automática.—Con el circuito de vía se hace posible la señalización automática, es decir, el gobierno de las señales por los mismos trenes. Su uso es frecuente en líneas de ferrocarril muy recargadas de tráfico para aumentar su capacidad.

En la señalización automática se pueden tener las señales normalmente a libre, o normalmente a peligro que se ponen a libre al acercarse un tren, siempre que el block de adelante esté libre. Este último sistema es complicado en su ejecución y de elevado costo de primera instalación. Por eso la mayoría de los ferrocarriles adoptan el primero. (56 000 millas contra 8 000 millas).

El automatismo en la señal tiene la desventaja de restringir recursos en casos de emergencia y la ventaja de proteger los trenes automáticamente.

Para aprovechar las ventajas del sistema no automático y del automático, se ha ideado una disposición, designada con el nombre de semi-automática, en la cual la señal sólo puede colocarse a libre con intervención del señalero, pero se coloca a peligro por la sola acción del tren.

Control automático de trenes.—En líneas de mucho tráfico, en la actualidad, se tiene la tendencia no sólo de usar señales automáticas sino control automático de la marcha misma del tren; es decir, aplicación del freno sin intervención del maquinista en caso de desobediencia de la señal. A este respecto citaré las palabras del ingeniero británico J. Parsons en una conferencia que dió el 21 de Abril de este año en el Ins-

tituto de Ingenieros Señaleros de Londres. «La primera cuestión que se presenta en el desarrollo de un sistema automático de control de trenes es el grado de control que conviene usar. Puede consistir en la simple aplicación del freno por medios automáticos al traspasar una señal en «peligro». Puede irse más allá y consultar medios por los que aplicaciones automáticas del freno se hagan en cada señal de detención o de precaución, pero con el detalle adicional de que el maquinista puede dar el conforme a cualquiera de estas señales y procediendo así, anular la aplicación automática del freno; o puede aún irse más lejos, y con la introducción de un «aflojador de tiempo», asegurar que la velocidad efectiva de la locomotora queda reducida a una cifra y en una distancia predeterminadas. Los principios enunciados pueden realizarse por diferentes métodos, pero en la opinión del autor (Mr. Parsons), si finalmente se adopta un dispositivo ampliamente, será uno que trabaje en el principio inductivo, sin contacto físico entre el tren y el aparato control de la vía; también será de construcción sencilla y no aquellos que contienen organismos controladores de velocidad definida y los complicados dispositivos que implican».

Respecto al «principio inductivo» a que se refiere Mr. Parsons, parece en realidad que le está reservado un futuro brillante. Su aplicación hace posible aún el manejo de los cambios, desde la locomotora en marcha.

Descripción sumaria de las características del sistema de señales en construcción en la I zona de los F. C. del E.—Con estas ideas generales entremos a examinar algunos detalles del sistema de señales en construcción en la Primera Zona. Un estudio a fondo de esta cuestión que será por supuesto mucho más interesante, sólo podría hacerlo don

Pedro Godoy, quien espero no se negará a dar una disertación en nuestro Instituto sobre este tema cuyo dominio posee mejor que nadie. Mis palabras deben sólo considerarse como una mala introducción a las suyas

Las características sobresalientes de la señalización adoptada para la Primera Zona de nuestros Ferrocarriles, son las siguientes: Señales luminosas diurnas de color; marcos de enclavamiento con palancas del tipo usado para transmitir esfuerzo muscular, accionamiento de los cambios por esfuerzo muscular hasta 400 metros de distancia; corriente alterna para los circuitos de vía, señales, y accionamiento de cambios a más de 400 metros; control semi automático de las señales; y diagramas luminosos que permitan al señalero seguir la marcha del tren desde la cabina

La energía eléctrica para la señalización se obtiene de la misma línea trifásica que corre paralelamente a la vía destinada al alumbrado de las estaciones. Transformadores monofásicos de 1,5 KW. 2300/110 volts instalados a la intemperie en puntos convenientes suministran la energía para la iluminación de las señales, la alimentación de los circuitos de control y de los circuitos de vía, estos últimos a través de otro pequeño transformador refrigerado por aire y de factor de transformación ajustable entre límites amplios, con el objeto de poder regular en cada circuito de vía el voltaje inicial necesario para obtener al término en el relay, el voltaje de trabajo normal que es de 0.45 volts. Los relays usados en los circuitos de vía son de aleta de dos elementos

La pieza móvil de este relay, es una aleta ranurada de aluminio, colocada entre dos circuitos magnéticos independientes entre sí que obran inductivamente sobre ella y la obligan a girar cuando ambos circuitos magnéticos son excitados por corriente alterna. Uno de los circuitos magnéticos se compone de

dos núcleos de hierro laminado en forma de U separados por un entre hierro en donde se mueve la aleta. Este circuito magnético tiene dos juegos de polos, situados hacia el centro de la aleta. Estos núcleos con sus bobinas se llaman el elemento local, pues normalmente están excitados por una fuente local, que suministra la mayor parte de la energía necesaria para el funcionamiento del relay. El segundo circuito magnético consiste en un solo núcleo, cuyos polos se encuentran entre los dos pares de polos locales y hacia la periferia de la aleta. Este circuito magnético con sus bobinas, es designado con el nombre de elemento control y es el elemento que recibe energía a través del circuito de vía, cuando el relay se usa como relay de vía. La acción de la corriente en este elemento, cuando el local está excitado, tiene por efecto desplazar la aleta de su posición de equilibrio, quedando determinado el sentido de rotación por las direcciones relativas de las corrientes en los dos elementos del relay (o sea por el defasaje de los flujos) circunstancia que hace posible su empleo como relay de tres posiciones, equivalente al relay polarizado de C. C. Para que el par motor del relay sea máximo se requiere que las corrientes de los elementos local y control estén en cuadratura; si las corrientes están en fase el par, es nulo

La transmisión del esfuerzo muscular de la palanca al cambio se hace por barras U rígidas con uniones sin eclisas, último modelo que ha dado muy buenos resultados. Para contrarrestar la influencia de la temperatura, se coloca un compensador cuya ubicación precisa debe calcularse en cada caso particular. Las grandes diferencias diarias de temperatura que se tienen en Chile, dieron bastante que hacer al empezar la construcción, pero un estudio prolijo del señor Godoy permitió resolver la dificultad en forma definitiva.

Las palancas correspondientes a las señales no transmiten ningún esfuerzo y su función se reduce al movimiento de un interruptor eléctrico o contacto.

Las palancas tanto de cambio como de señales están relacionadas entre sí por un enclavamiento mecánico y otro eléctrico, en el marco de enclavamiento.

Para estaciones de segundo orden de simple vía, como son las del sector Renca-Tilitil, ya terminado, se han consultado señales de distancia, de entrada y de salida en cada sentido; y en la estación misma discos indicadores de la posición del cambio. Los cambios de punta van protegidos por barras de seguridad, además de la protección derivada del circuito de vía. Los discos indicadores van colocados en los desvíos en sus límites de utilización o sea en el punto donde los galibos de dos trenes que marchan en vías vecinas dejan de recubrirse o comienzan a recubrirse. Los circuitos de vía terminan en estos mismos puntos, de modo que mientras un tren no está colocado en los límites de utilización de la vía no es posible dar entrada a la estación a otro tren.

Entre estaciones vecinas hay un enclavamiento de control que hace necesaria la intervención del señalero de la estación de adelante para dar libre con la señal de salida. De este modo el señalero se ve obligado al despachar un tren a pedir vía a la estación de adelante, la cual tiene en su mano el concederla o no.

Como yo realmente no he intervenido en la construcción de esta obra puedo declarar sin que la alabanza recaiga sobre mí mismo, que su ejecución material no sólo dejaría satisfecho al más exigente de los ingenieros europeos, sino que supera a todo lo que he visto en el extranjero, cosa que por otra parte es fácil que mis oyentes verifiquen con una visita ocular y entonces se convencerán que no exagero. El ma-

terial empleado es de la mejor calidad que puede obtenerse en el mercado y su adquisición ha sido hecha a precios convenientes. Hay detalles, como la fundación en bloques de concreto de los rolletes soportes de las barras de transmisión que dejan atrás aún la construcción de los mejores ferrocarriles ingleses. También llama la atención la nitidez de ejecución de los complicados diagramas de los circuitos eléctricos.

Paralelamente con la construcción de la obra se hace la educación del personal señaleros, que hará su manejo desde las cabinas. Esta educación es delicada y de gran importancia pues de ella depende el éxito de la explotación de las señales. En gran manera la eficiencia para circulación de trenes de una red ferroviaria, como para maniobras en estaciones, depende de la destreza de los señaleros. También es de importancia la educación del maquinista, en el caso particular de nuestro país, que hasta la fecha ha ignorado en absoluto cuánto se relaciona con un sistema metódico de señalización, por cuanto las señales sólo cumplen con su objetivo de evitar accidentes sin son obedecidas por el personal de los trenes y bien interpretadas. Esta instrucción la ha tomado a su cargo la Sub-Dirección General.

Parece de interés anticipar algunos datos sobre las economías que hará posible la señalización de la Primera Zona. Pero antes de dar cifras conviene dejar bien establecido este principio: Obras de seguridad no deben considerarse como obras reproductivas en sentido corriente. Así las obras que se ejecutan en una Fábrica para proteger al personal obrero, jamás se pretende que redunden en una economía en la explotación: su beneficio es de carácter intangible: prevención de huelgas futuras, dolores físico y morales evitados, etc. Pero si con una obra de esta naturaleza se consigue indirectamente una economía real, debe la Empresa que la ejecuta

darse por muy satisfecha. Este es el caso de la señalización de la Primera Zona.

De un ante-proyecto de planta de señaleros para la Primera Zona confeccionado por la Sub-Dirección General se desprende que establecida la señalización en toda la Zona, será posible disminuir en 200 el número de cambiadores y telegrafistas actualmente en servicio con una economía de \$ 650 000 anuales más o menos. En la nueva planta la situación del personal mejora: el sueldo medio que hoy día es de \$ 4 300, sube a \$ 6 000. Esta nueva situación es beneficiosa no sólo para el empleado sino también para la Empresa; con mejores sueldos es posible elevar el nivel intelectual y moral del personal y por consiguiente mejorar la eficiencia del conjunto.

Antes de terminar es preciso hacer un acto de justicia. Si esta obra tan importante de la señalización de nuestros Ferrocarriles la vemos hoy en parte

realizada, ello es el fruto de la iniciativa de don Francisco Mardones que después del fracaso de la señalización en la Primera Zona el año 1898, encargó en 1911 a don René Prieto estudiar este problema. En aquel entonces se habría seguramente realizado la señalización de nuestros Ferrocarriles de acuerdo con el proyecto presentado por Saxby & Farmer Ltda. a no mediar la guerra europea. Más tarde siendo Director General don Manuel Trucco el año 1918 don René Prieto, entonces Jefe del Departamento de Transporte, en un viaje a Buenos Aires, contrató al señor Evans, Ingeniero británico que ha dirigido la construcción de obras similares en Alemania y Argentina, y que hoy, gracias al impulso dado a este asunto por don Rodolfo Jaramillo, podrá dar término en breve plazo a esta obra transcendental que desearon ver realizada mucho antes los señores Mardones y Prieto.