

Ferrocarriles. - La repetición de señales sobre la locomotora¹

SISTEMA CONTINUO, DE INDUCCIÓN, CON ACCIONAMIENTO AUTOMÁTICO DEL FRENO.

Es el "automatic train control" de los americanos.

En los sistemas europeos antes aludidos, el funcionamiento de los aparatos colocados sobre la locomotora depende del efecto que producen contactos o electroimanes que se sitúan en puntos determinados de la vía, generalmente un poco antes de las señales avanzadas. En los americanos, no es esta acción intermitente la que se ejerce, sino la continua de corrientes que circulan por el circuito de vía, constituido por los carriles².

El circuito de vía, que es la base de las modernas instalaciones de *block system* automático, sirve también en el caso de accionamiento de aparatos repetidores, como es natural, pues si en el block se emplea para cambiar la posición o indicación de las señales, análoga razón existe para procurar la utilización de un circuito formado por los carriles, cuando se trata de hacer visibles sobre la máquina aquellas mismas señales de la vía, o producir el frenado automático que estas señales ordenan.

Se simplifica, pues, la obtención del "automatic train control", como el del *cab-signal*, de que luego se habla, cuando se cuenta con el block de circuito de vía, como cuentan en gran parte de sus líneas los ferrocarriles de los Estados Unidos, para los cuales la nueva instalación repetidora viene, en cierto modo, derivada de la de block, a completarla, y aun pudiera pensarse en decir a sustituirla modificada, pues la expresión continua de las señales de block sobre la locomotora deja a las de la vía un papel secundario.

Otra característica esencial, que diferencia al sistema americano de "train control" de los europeos de inducción antes citados, es la ofrecida por los aparatos de la locomotora, que se ponen en peligro no sólo cuando ésta rebasa señales a la parada, o entra en zonas de block que lo imponen, sino cuando en su marcha sobrepasa velocidades determinadas.

El equipo de una instalación de esta clase fabricada por la General Railway Signal, comprende, en líneas generales:

a) En la vía, con las dos filas de carriles de cada cantón o sección de block, se forma un circuito sobre el que se hace circular una corriente alterna de 60 períodos, cuya presencia o ausencia pone en funcionamiento los aparatos de la locomotora, por el campo magnético que dicha corriente crea y sirve para influenciar los receptores de electroimán de la locomotora.

b) En la locomotora, los siguientes aparatos (figura 7.^a):

Receptores de electroimán, como en los sistemas europeos, bajo el travesaño o cabezal de los topes, colocados de manera que pasan, de los dos, uno sobre cada carril.

Amplificador de corriente (del tipo de tubo de vacío), que recoge la corriente de los receptores y, amplificada y con sus características cambiadas, lo entrega al

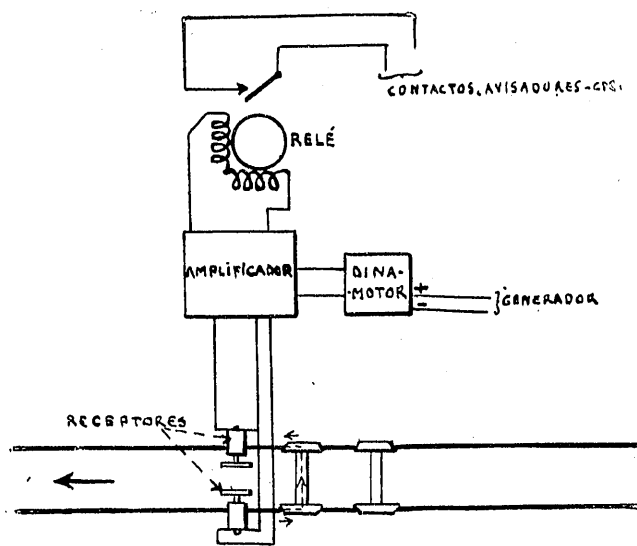


Figura 7.^a

Relé principal, que es un relé de tipo motor de inducción, de dos fases, y cuyo rotor, al girar por la corriente recibida, mueve unos contactos que consienten o no pasar otra corriente de un grupo dinamo-motor a los aparatos avisadores y accionamiento del freno.

Dinamo-motor, grupo movido por la corriente del generador para alumbrado de la locomotora. Proporciona, a su vez, fluido, según se indicó, para accionamiento de los aparatos avisadores y de accionamiento del freno.

Regulador centrífugo, para accionar los contactos de los avisadores y accionadores del freno automático, cuando la velocidad de la locomotora pasa de ciertos límites. Este regulador recibe movimiento de un eje del tender, y es la velocidad de rotación de este eje, en relación con la de la locomotora, lo que, al aumentar, separa las bolas del regulador y provoca el accionamiento de los contactos. Este accionamiento puede producirse por el regulador y por el relé principal, mediante dispositivos que permiten esta función respectiva, y cuya constitución, profusa en elementos, nos aparta de recoger su detalle en estas líneas.

Aparato de accionamiento del freno, que produce el efecto en el freno automático que el maquinista puede hacer con su manual operación.

Aparatos complementarios, como los avisadores

¹ Véase el número anterior, página 191.

² Nos referimos a las instalaciones más modernas que se emplean en los Estados Unidos, derivadas del circuito de vía, que no son las únicas que hay aplicadas en dicho país, pues también existen las de acción intermitente, como existen líneas sin block automático de circuito de vía y, desde luego, la mayor parte sin la instalación de mando centralizado de tráfico, que es una innovación reciente.

acústicos, ópticos y el botón de reconocimiento o de vigilancia, etc.

Con todos estos aparatos se produce el funcionamiento de la instalación con los resultados a que vamos a aludir.

Ante todo debemos anticipar que el sistema está organizado también en el sentido de que el maquinista conserva el mando del tren mientras maniobra respondiendo a la indicación de las señales, y sólo se accionan automáticamente los frenos cuando el maquinista omite alguna de sus obligadas operaciones.

En relación con esto, el maquinista, lo mismo que en sistemas europeos antes aludidos, tiene que accionar un dispositivo de "vigilancia" o "reconocimiento" siempre que se pase por señales que no indican vía libre; y si no lo hace, se frena el tren automáticamente, pero sin llegar a detenerse.

La disminución de velocidad que así se produce llama la atención al maquinista sobre su falta. Si a pesar de ello el maquinista no maniobra el freno, se reproduce, a partir de cierta velocidad, la acción automática, hasta que el tren se detiene.

Además de las señales, la velocidad del tren tiene una intervención importante, según se ve y se puede deducir de cómo está constituida la instalación de la locomotora, uno de cuyos aparatos de mayor relieve es el regulador centrífugo.

En el funcionamiento del sistema se distinguen tres velocidades:

a) Velocidad normal, que es la mayor velocidad a la cual un tren puede marchar sin que por su motivo se apliquen automáticamente los frenos ni se produzca aviso sobre la locomotora. Suele ser de 65 millas por hora, cuando el tren circula por una sección de vía libre.

b) Velocidad de aviso, que es la que al ser excedida ocasiona que sobre la locomotora se produzca un aviso automático, para que el maquinista reduzca la velocidad. Suele ser de 67 millas por hora, cuando el tren circula por un cantón de vía libre.

c) Velocidad límite, que es aquella que al ser excedida provoca la aplicación automática del freno. Suele ser de 70 millas por hora, cuando el tren circula por un cantón de vía libre.

Estas tres velocidades, concretadas en las cantidades de 65, 67 y 70 millas por hora, cuando el tren circula en una sección o cantón de vía libre (luz verde, en el código de señales americano), se reducen cuando la circulación tiene lugar en un cantón de precaución o peligro (luces amarilla y roja, respectivamente, según el código de señales americano), y suele fijarse esta reducción en 15, 17 y 20 millas por hora, para los casos de velocidad normal, de aviso y límite.

Supongamos que un tren circula normalmente con vía libre. Sobre la locomotora, una indicación de luz verde se pone de manifiesto, y el tren sigue su marcha, aun a la velocidad normal de 65. En cuanto llega a exceder la velocidad de aviso, 67 millas, suena sobre la locomotora un repique hasta que el maquinista reduce aquella velocidad. Si no lo hace y la velocidad sigue creciendo, al pasar de las 70 millas sobreviene una acción automática de los frenos, que subsiste hasta bajar de las 70 millas.

Supongamos ahora que el tren, circulando a una velocidad que no exceda de la de 67 millas de aviso, pasa de un cantón de vía libre a uno de precaución.

La luz verde del equipo de la locomotora se cambia en amarilla, y, simultáneamente, dos avisadores acústicos se ponen a sonar: uno, el de repique antes aludido, y el otro, de sonido más agudo, que indica la entrada en zona de precaución. El primero pide, como cuando se excede la velocidad de las 67 millas, que se accione el freno. El segundo manda al maquinista que maniobre el "Reconocimiento". Si esta maniobra se efectúa, cesa el sonido agudo, y si no, el freno funciona automáticamente. Suponiendo que el "Reconocimiento" fué maniobrado, al maquinista le queda aún el otro aviso, en virtud del cual debe reducir la velocidad hasta 20 millas por hora, en un recorrido de unos 1.000 m. después de entrar en el cantón de protección. Si falta al cumplimiento de este mandato, se aplica el freno automáticamente, lo mismo que ocurre al excederse la velocidad límite, que en zona de precaución es la de 20 millas. Cuando el tren termina el recorrido de los 1.000 m., a la velocidad ya de las 20 millas, el avisador de sonido agudo se pone a sonar para advertir que se impone una nueva maniobra del "Reconocimiento", como antecesora de un nuevo frenado. El avisador de repique que empezó sonando cuando el tren penetró en la zona de precaución, deja de hacerlo si la velocidad baja a 18 millas. Es decir, que por todo este funcionamiento se obliga al maquinista a frenar cuando entra en una zona de precaución, y hacerse dueño de la velocidad del tren hasta entrar despacio en el siguiente cantón, que es de peligro.

Pasa el tren a este cantón, y el maquinista recibe la indicación del sonido agudo cada 90 metros, que le ordena operar el "Reconocimiento". Si la velocidad creciese dentro de este cantón de peligro, excediendo las 20 millas, el freno actúa automáticamente. El tren circula así, a escasa velocidad, por la zona de peligro.

Al entrar en una zona libre se restablecen las condiciones de marcha normal. El indicador óptico cambia de amarillo al verde, y suena un gong que dice al maquinista que todas las restricciones se han levantado, salvo la de exceder de la velocidad de las 70 millas.

El maquinista queda, como se deduce de lo expuesto, sujeto a una intervención estrecha de los aparatos repetidores, que con sus avisos le van indicando los momentos de su actuación respecto al significado de las señales de la vía, y que llegan ellos mismos a producir sobre el freno la operación que el maquinista deje de hacer. El programa es más amplio que en los sistemas europeos, y tan completo, que parece comprender todas las previsiones y colmar su labor de automatismo en su función guiadora del maquinista y suplidora de sus omisiones.

Consecuencia de esto es la profusión de aparatos y el coste de su instalación, que sin duda fué la causa del abandono registrado en su empleo durante el año 33.

Pero con relación a este abandono no podemos olvidar, por una parte, la aparición de nuevos sistemas de repetición continua sobre la locomotora, como el del *cab-signal*, de que luego hablaremos, y por otra el recelo con que algunos han recibido el que sean los aparatos repetidores los que automáticamente accionen el freno, librando así al maquinista de uno de sus principales cometidos respecto a la circulación, y añadiendo un gasto que los impugnadores del sistema no encuentran justificado.

Sobre este último punto, el problema se plantea concretamente haciendo una distinción entre lo que es simplemente la repetición de las señales, y lo que es el accionamiento del freno, y se discute apasionadamente acerca de ello, como lo demuestran los términos en que se trató del asunto en la última sesión del Congreso de la Asociación Internacional de ferrocarriles, celebrado en El Cairo a principio de 1933.

En esta discusión del último Congreso de ferrocarriles las posiciones se fijaron con bastante claridad, colocándose de un lado los representantes ingleses, alemanes y suizos, como defensores del automatismo, en realidad originariamente americano, y del otro los franceses, propugnando la suficiencia de los repetidores acústicos, como son los del antiguo "codrilo".

En el fondo, esta discusión del Congreso, a juzgar por la lectura del acta de las sesiones, es como una reproducción con distinto motivo, de otras más antiguas de lejanas sesiones, en las que, al tratar temas de block, se ponía de manifiesto la porfiada polémica sobre el automatismo, sostenida entre los técnicos americanos y europeos, con la aportación por aquéllos de los argumentos de su experiencia personal, y con la presentación por éstos de sus opiniones sobre la suficiencia de la persona humana para responder del cumplimiento que le imponga una reglamentación adecuada.

Las opiniones pueden ser muy diversas, según se comprende, pero el hecho es que, a estas alturas, el automatismo es una cosa admitida sin más reservas que la posibilidad económica de su empleo y la eficacia y bondad de los aparatos que lo realicen. Y por lo que particularmente afecta a la repetición de señales, lo que, en suma, podemos registrar, es que en Europa los sistemas de acción intermitente, más económicos en su instalación que los continuos, permiten emplear el procedimiento de freno automático en Inglaterra (Great Western), Alemania, Suiza, etc., y que en los Estados Unidos es en los últimos tiempos el sistema de repetición continua del *cab-signal* el que se generaliza, pero con un procedimiento tan completo que, en realidad, consiste en trasladar a la locomotora las señales de la vía y ofrecerlas constantemente a los ojos del maquinista.

SISTEMA DE SEÑALES CONTINUAS SOBRE LA LOCOMOTORA.

Este sistema, que es el *cab-signal* de los americanos, se enlaza, en su instalación, con el block eléctrico de circuito de vía, en forma que del conjunto resulta un nuevo block automático en que las señales se ofrecen sobre la locomotora, además de sobre la vía. En la locomotora, de modo más completo, porque en todo momento se manifiestan, mientras que en la vía sólo con intermitencias, en los puntos de entrada de cada cantón. Según esto, si existe una duplicidad de señales, y las de la locomotora son más constantes y cómodamente visibles, parece que las de la vía pudieran considerarse innecesarias; pero de momento, al menos, se las conserva, como señales originarias y de carácter primario.

Es decir, para este sistema que representa reproducir sobre la locomotora las señales de la vía, adquiere un sentido exacto la mayor parte de las veces,

pues en esta mayor parte de las veces se aplicó la nueva instalación repetidora a otras de block con señales luminosas de luces de color, y las señales de la locomotora, que son también luminosas, vienen a constituir una copia en miniatura de los discos coloreados por la luz, de las señales de la vía (fig. 8.). Una copia en cuanto al procedimiento de señal y su apariencia.

En las señales sobre la locomotora de las modernas instalaciones de *cab-signal* se suprime la indicación de parada absoluta (rojo), a favor de la condición de permisivo que tiene el block de los americanos, con arreglo a cuyo principio el tren no se detiene ante el color rojo, a favor también, para este caso de señales continuas, de no perderlas de vista el maquinista al dejarlas atrás, como deja a las de la vía en rojo que rebasa, aunque sea a débil marcha. Las señales continuas sobre la locomotora tienen esta ventaja de no desaparecer después del paso del tren por el punto en que están las de la vía, sino de persistir, y ello explica la tolerancia de prescindir del rojo único.

En los cinco discos de la señal sobre la locomotora, reproducida en la figura 8., el superior se enciende en verde y expresa vía libre (seguir con marcha normal); el segundo y tercero, a partir de arriba, se encienden juntos, uno de amarillo y otro de verde, y dan a entender una primera idea de peligro (aproximarse a la inmediata señal de la vía para pasar por ella con velocidad reducida); el quinto disco, a partir de arriba, encendido él solo, ofrece color amarillo, y es señal de precaución (prepararse para pasar ante la próxima señal de vía o punto de peligro); el cuarto, a partir siempre de arriba, se enciende en rojo, pero no aisladamente, sino en combinación con el quinto, es decir, aparecen el rojo y el amarillo como indicación de peligro (hacerse dueño de la velocidad del tren, para parar inmediatamente, si es necesario, ante el primer tren detenido u obstrucción que se presente).

Las indicaciones son cuatro, por lo tanto. Ya no son las tres del block de señales de la vía de tres posiciones (vía libre, precaución y *parada*), pues hay una cuarta que es una nueva modalidad de la de precaución, que existe hoy día ya en varios casos, no sólo en éste del *cab-signal*, sino en otros, incluso en Europa, allí donde las grandes velocidades de los trenes y la intensidad del tráfico la han impuesto.

En esto difieren estas señales sobre la locomotora de las antiguas de tres posiciones, y, ade-

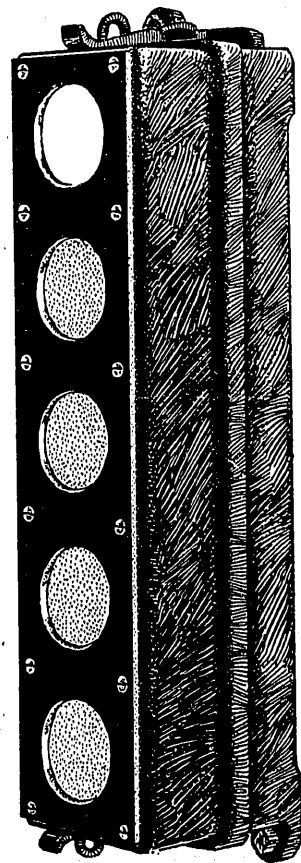


Figura 8.ª

más, respecto a las de la vía en que aquéllas van complementadas con una indicación acústica, que se produce al cambiar la expresión de las luminosas.

En cuanto al modo de realización del programa de este sistema, a la constitución de las instalaciones, el circuito de vía figura como principio fundamental, lo mismo que en el sistema anterior. Por los carriles de cada cantón se hace circular una corriente; pero no es de características constantes, como la que en el *train control* automático pone en juego, por su frecuencia o ausencia, los aparatos, sino que la corriente originaria sufre alteraciones para alcanzar tres formas distintas, cada una de las cuales es apta para influenciar el correspondiente aparato de la locomotora.

La corriente originaria, la de alimentación, es alterna, de una frecuencia de 100 períodos, y, al entrar en cada cantón, se la somete a un número determinado de interrupciones, en relación con el estado de dicho cantón: es interrumpida 80, 120 ó 180 veces por minuto, dando con ello lugar a una corriente de tres series de impulsiones, o lo que es lo mismo, a tres corrientes distintas, de 80, 120 y 180 impulsiones por minuto. La de 80 es la que en los aparatos de la locomotora produce la segunda señal de precaución (amarillo), la de 120, la primera señal de precaución (amarillo y verde), y la tercera, la indicación de vía libre (verde): la señal de peligro (rojo y amarillo) es causada por la ausencia de corriente.

Sobre la locomotora, los aparatos, en su parte esencial y en términos generales, son: lo primero, los *receptores*, uno sobre cada carril, como en el sistema anterior; y a continuación un *filtro*, regulado de tal modo que permita el paso de la corriente de 100 períodos, e impida el de otras de más baja frecuencia. Después, un *amplificador* y un primer relé, de cuyo funcionamiento, por falta de corriente, depende la señal de peligro. Después el *transformador principal*, con dos arrollamientos primarios y uno secundario, dos transformadores en serie con dos condensadores, *rectificadores* y *relés selectores*. Todos estos últimos aparatos se suceden para trabajar sincronizados con las tres formas de corriente que circulan en el cantón de la vía, según su estado, y según la indicación, por tanto, de la señal de vía que a este cantón da entrada. Por último, entre los aparatos de la locomotora figuran los avisadores acústicos: uno, que produce un silbido firme y continuado; otro, de sonido agudo y corto. El primero funciona cuando las señales cambian su indicación en otra menos favorable, de sentido restrictivo; el segundo, a la inversa, cuando desaparecen las causas que impiden la marcha normal.

La composición de estas instalaciones descansa, como se ve, en la aplicación de modalidades distintas de corrientes eléctricas, y su selección por los aparatos de la locomotora, según principios análogos a los que constituyen el fundamento de otras modernas instalaciones ferroviarias, como la de teléfonos de llamadas selectivas, y como la de mando centralizado de tráfico.

La primera empleada fué, hacia 1907, la de los teléfonos selectivos, en la cual, desde un puesto de llamada, se lanza a la línea de dos conductores una corriente de impulsiones que sólo es recogida por uno de los aparatos, de los varios montados en derivación sobre dicha línea; y la segunda, mucho más reciente, la de mando centralizado de tráfico, que utiliza la selección por los aparatos receptores, que son los de ac-

cionamiento a distancia de las agujas, en forma que se maniobra solamente el que se desea desde el puesto central, enviando una modalidad de corriente por la única línea de conducción eléctrica que sirve a todos los aparatos.

La realización es distinta en cada uno de estos casos, y sólo el principio de empleo de corrientes de impulsiones, para ser seleccionadas por los aparatos receptores, marca la analogía de las instalaciones, entre las que figura esta de repetición continua de las señales sobre la locomotora, que pone a cubierto al maquinista de los inconvenientes de mala visibilidad de las señales de la vía en tiempos de niebla o lluvia, y, en todo caso, le previene por medio acústico de la necesidad de atender a las indicaciones que recibe de los cambios de las señales luminosas.

* * *

Los modernos sistemas europeos que hemos citado, de acción intermitente, y los norteamericanos, de acción continua, tienen en este diferente procedimiento de realización la característica que a cada uno coloca dentro de las normas propias de unas y otras explotaciones.

Los primeros se adaptan a las líneas equipadas con señales de pantalla o semafóricas, sin instalaciones de block, o con block que no es el eléctrico de circuito de vía, y su establecimiento puede incluso defenderse con razones económicas, como argumentaban los suizos en las discusiones del Congreso de El Cairo, al exponer que sus locomotoras eléctricas son conducidas por un solo agente, con la garantía del aparato llamado de "hombre muerto", y con la mayor que puede darle el relacionar este aparato con los de repetición de señales.

Los segundos, los sistemas norteamericanos, que no excluyen su posible defensa también con razones económicas, como la de considerar el mayor gasto de las instalaciones como una prima de seguro contra los accidentes, tienen su aplicación más indicada en las líneas explotadas con block de circuito de vía, del cual vienen precisamente derivados, de tal modo que su empleo equivale a una superposición que sobre él se establece.

En general, todas las modernas instalaciones de los ferrocarriles de los Estados Unidos se ligan unas a otras hasta dar a las explotaciones un carácter de automatismo y de reducción de personal que producen en conjunto una especie de mecanización del movimiento de los trenes. El *block eléctrico de circuito de vía* regula automáticamente, por las señales, este movimiento, permitiendo que sean los propios trenes los que se van resguardando unos a otros en su circulación; el *cab-signal* o el *train control* aseguran esta regulación, repitiendo sobre la locomotora las señales de la vía y llegando a frenar el tren en caso necesario; el *mando centralizado de tráfico* sirve para accionar a mucha distancia las agujas de las estaciones, y las señales, con lo cual se puede ejecutar por una sola persona, colocada en un punto céntrico de una sección de línea, las maniobras de alcances y cruzamientos de trenes en las diversas estaciones de esta sección, y mandar la detención de los trenes, o la reanudación de su marcha, mediante el cierre o apertura de señales; y los *teléfonos selectivos* complementan esta labor del mando centralizado poniendo

a disposición del ejecutor (*dispatcher*) un medio de hablar fácilmente con aquél de los sitios de la línea que le interese.

Con todas estas instalaciones, razón o consecuencia de la manera de ser peculiar de las explotaciones

americanas, resulta para éstas una condición que cuando llega el caso de fijarnos en una de aquéllas, como acabamos de hacerlo con la de repetición de señales, es inevitable un recuerdo de los demás que con ella vienen relacionadas.

Francisco WAIS
Ingeniero de Caminos.

Notas de un viaje por el extranjero

Hace más de un año empecé un viaje al extranjero como pensionado de la Escuela, llevando como tema "Presas de embalse", y como países a visitar, Francia, Suiza e Italia.

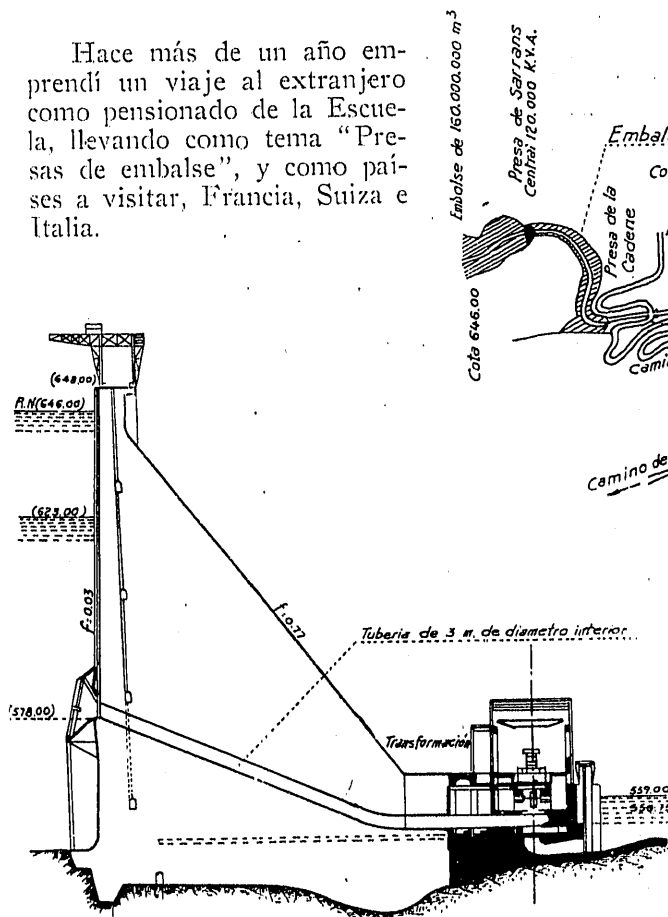


Fig. 2.ª — Presa de gravedad de Sarrans.

Gracias a la acogida cordial que me dispensó el ilustre ingeniero D. Juan Rodio, alma de mi viaje, pude visitar y recoger impresiones de los técnicos más destacados de Francia y Suiza. Vaya, pues, en esta primera nota la manifestación de mi agradecimiento al Sr. Rodio.

Visité y discutí sobre todos los tipos de presas, pero haciendo hincapié de modo especial en las presas que no fueran de gravedad, y por lo que puedan hacer en favor de las presas-bóveda y bóvedas múltiples estas notas, me decido a darlas a la publicidad.

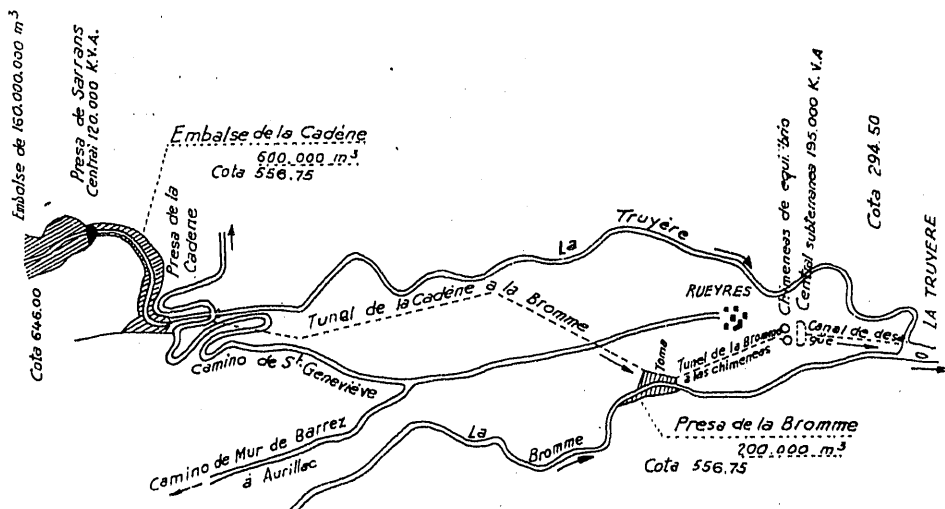


Fig. 1.ª — Plano del aprovechamiento industrial de La Truyère.

Visita a las obras de la Société des Forces Motrices de La Truyère

El aprovechamiento industrial de la Truyère se logra mediante dos saltos, llamados de Sarrans y Brommat (fig. 1.ª). El salto de Sarrans se consigue con la presa de su mismo nombre, que es la obra más importante de la regularización. La constituye una presa de gravedad (fig. 2.ª) de 105 m de altura y 220 m de longitud de coronación. En planta es ligeramente curva, de radio 475 m. El cubo de hormigón es de

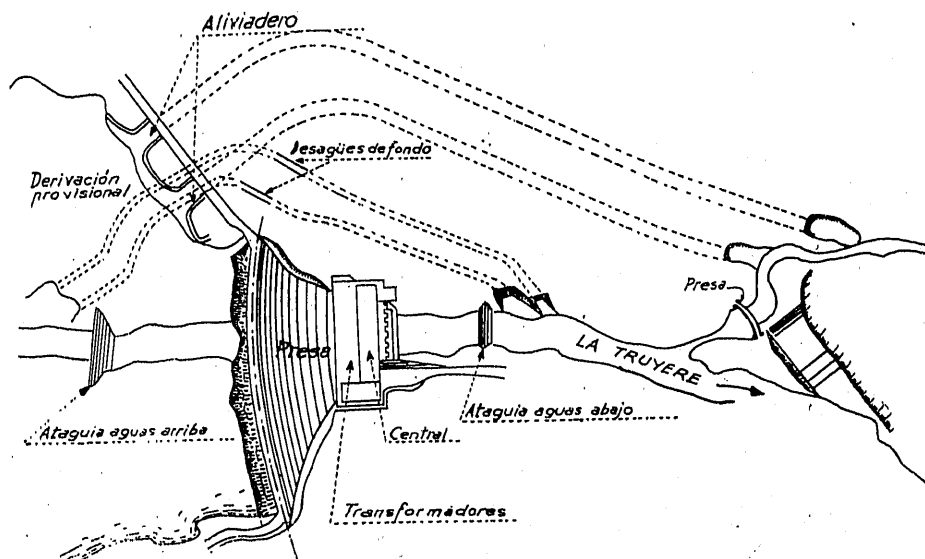


Fig. 3.ª — Detalle del salto de Sarrans.