— DIRECTOR-DELEGADO —
JAIME FONT MAS
Plaza de Tetuán, 2, 4.°, 1.ª
Teléf. 1027 S. P. - BARCELONA

TÉCNICA

ÓRGANO OFICIAL DE LA ASOCIACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE BARCELONA

Año XLVIII — Núm. 77 Mayo 1925

CÁLCULO DE ITINERARIOS

PRESENTACIÓN DEL LLAMADO "ITINERÓMETRO"

§ 1º INTRODUCCIÓN. — «Calcular un itinerario es buscar el tiempo mínimo necesario para que una máquina dada, lleve un tren determinado, entre dos estaciones separadas por un perfil de vía conocido».

«En *todo momento* de la marcha de un tren se verifica que: Esfuerzo motor es igual a la suma de esfuerzos resistentes, más o menos la fuerza aceleradora; traducido este principio con una fórmula algebraica se podía presentar en la siguiente forma:

$$\boxed{F_t = R_m + R_c \pm R_i + R_f \pm f_a} \quad (1),$$

que constituye lo que llamaremos «*Ecuación de la Marcha*» y es el fundamento de este trabajo».

Con estos párrafos empezaba un artículo que publiqué en Agosto de 1923, en los números 490 y 491 de la revista «Ibérica»; el presente es una ampliación del citado y la presentación de un nuevo procedimiento gráfico que, al condensar las ideas expuestas hace dos años, las hace cristalizar de momento en una forma más adecuada al trabajo general de *cálculo de itinerarios*.

El problema que plantea el enunciado o título de estas líneas, es de los más sugestivos que se presentan en la técnica ferroviaria, y puede añadirse que cuanto más se le estudia más interesante se encuentra.

Si la variación de valor en los términos de la «ecuación de la marcha» siguiese una ley que pudiese expresarse para cada uno de ellos en función de la misma variable, sería cuestión de establecer la ecuación (1) poniendo cada uno de sus sumandos en función de aquella. La fórmula resultante sería privilegiada, pues al representarla gráficamente en un sistema de coordenadas en que las abcisas fuesen espacios y las ordenadas velocidades, nos enseñaría el *movimiento real* del tren entre los puntos del espacio limitados por las ordenadas extremas de la citada representación gráfica.

NOTA: Al final del artículo va el índice de los párrafos.

Como que en la realidad no sucede de este modo porque, de los términos de la «ecuación de la marcha», hay *unos* que varían con la velocidad y *otros* que sólo dependen del perfil de vía, resulta que no es posible encontrar ninguna fórmula en que con sólo una variable independiente se pueda expresar el movimiento de un tren. La curva que, en un sistema coordenado de espacios y velocidades, nos represente la marcha real de un convoy, será preciso calcularla por puntos y como que la velocidad varía de un modo que no es uniforme sería preciso buscar un número muy grande de ellos para poder dibujarla con exactitud. Aquí está la dificultad del problema; no adelantemos la solución sin dar a conocer primero y como resumen, lo que son y significan cada uno de los términos de la «ecuación de la marcha» que ha quedado impresa en las primeras líneas de esta monografía.

El plan de este trabajo será: 1º dar un resumen de lo que son y representan los términos que intervienen en la cuestión (§ 2 a 7 inclusive), 2º presentar las bases en las que se apoya la resolución del problema (§ 8 a 10 inclusive), 3º resolución del mismo (§ 11 a 14).

§ 2º VALOR DEL TÉRMINO F_t. — Este valor representa el *esfuerzo motor máximo (en kg.) que puede proporcionar la locomotora a cada tonelada de tren completo* (máquina y ténder incluidos).

El esfuerzo motor que podemos sacar de una locomotora, depende principalmente de tres causas que lo limitan cada una por su lado:

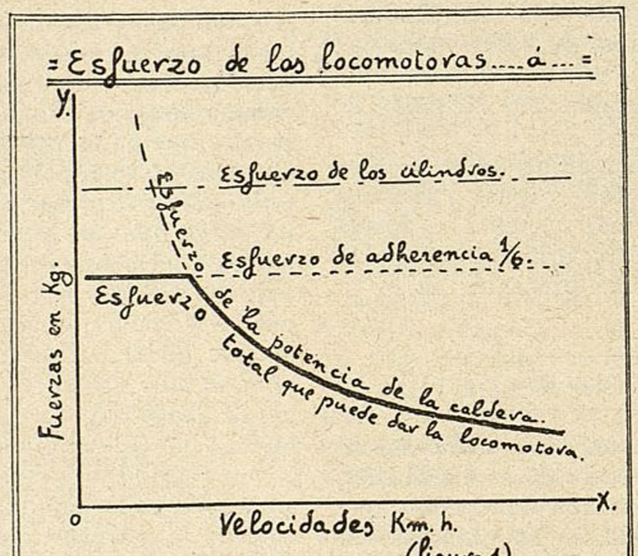
1ª La potencia de la caldera nos permite gastar una cierta cantidad de vapor hora; si no la gastamos, desarrollaremos un Nº de HP., menor que el máximo; si gastásemos más, bajaría el nivel de agua.

2ª El diámetro de los cilindros y la carrera de los pistones nos darán por su parte un esfuerzo máximo del cual no se podrá pasar; este se alcanzará cuando la admisión del vapor se verifique durante toda la carrera de los émbolos. Este esfuerzo va íntimamente ligado con la presión y el diámetro de las ruedas motores.

3ª El peso que los ejes acoplados cargan sobre la vía, multiplicado por el coeficiente de rozamiento de las llantas de las ruedas con los carriles, marca otro límite al esfuerzo que puede hacer la locomotora; pasando de este, las ruedas patinarán.

No se habla del factor *resistencia de las piezas*, por suponer que el constructor de una locomotora ya dá a cada una de ellas la sección y forma necesarias para que su trabajo máximo posible se haga en buenas condiciones, no solamente de resistencia sino también de seguridad.

a). El esfuerzo que resulta de tomar en consideración la potencia de la caldera ya podemos presumir que debe ser variable con la velocidad de marcha de la locomotora; no es tan sencilla como parece la relación entre la velocidad de marcha y el esfuerzo capaz de desarrollar una máquina de vapor atendiendo a la potencia de su generador. Hay varias fórmulas que la establecen y cada Compañía de Ferrocarriles puede escoger la que le merezca más confianza; dada una locomotora, lo mejor es calcular teóricamente este valor del esfuerzo en función de la velocidad y luego comprobar en la práctica si resultan ciertos los valores encontrados.



(figura 1)

Por mi parte puedo decir que las veces que he tenido ocasión de buscar esta relación de dependencia, he usado las fórmulas de Strahl con resultados que la práctica no ha desmentido. Cuanquier otro procedimiento puede ser bueno con tal de que esté bien establecido.

b) El esfuerzo máximo dado por los cilindros, se puede decir aproximadamente que varía poco con la velocidad y además que casi siempre es mayor que el procedente de la adherencia normal. Dado el diámetro del cilindro (y el número de ellos), la carrera de los pistones, la presión del vapor en su trabajo y el diámetro de las ruedas motoras, queda determinado por aquella célebre fórmula que en muchos tratados se hace servir *como a única* para determinar el esfuerzo total de la locomotora.

c) El valor que al esfuerzo motor permite dar la adherencia, es muy variable con el estado del tiempo; tanto es así que si los carriles están húmedos o grasientos, no llegará siquiera a $^1/_{10}$ del peso que carguen los ejes acoplados, y si la vía está seca y limpia permite pasar del $^1/_5$ (y hasta más si se usa del arenero); para un estado determinado de los carriles, variará también un poco con la velocidad, pero esta variación al lado de la que representa el estado de la vía, no tiene la menor importancia.

Se acostumbra a tomar como a bueno el valor que permite aprovechar $^1/_6$ del peso adherente, pero este límite lo ha de fijar en cada caso el resultado de experiencias y a falta de estas el estado del tiempo y otras condiciones locales del sitio o región a que deban aplicarse el resultado de los cálculos.

Dada una locomotora, calcularemos el valor del esfuerzo que es capaz de proporcionar por cada uno de los tres conceptos discutidos, y los trasladaremos a un sistema de coordenadas (figura 1) en que las abcisas representan velocidades y las ordenadas fuerzas (a una escala cualquiera). La representación del esfuerzo que en definitiva nos puede dar la locomotora a cada velocidad, es la línea (marcada más gruesa) formada por los extremos superiores de las ordenadas más pequeñas de las tres que pasan por cada punto del eje de velocidad.

La disposición que toma la figura 1, es la que presenta un gráfico calculado con los datos que proporcionan las características de una locomotora corriente. La curva correspondiente al esfuerzo de la caldera disminuye con la velocidad; la del cilindro en sí mismo es una horizontal situada casi siempre bastante alta y la que corresponde a la adherencia es otra paralela al eje de velocidades, pero generalmente más baja que la anterior.

Calculado el esfuerzo total que puede dar una locomotora en función de su velocidad de marcha, será muy fácil encontrar el valor de F_t pues bastará dividir cada ordenada de la primera por el número que represente el peso total de un tren con su máquina y ténder (tomando este peso en toneladas).

Si la curva del esfuerzo total que puede dar una máquina, gastando los carbones corrientes, ha sido comprobado por la experiencia, al controlar sus valores con un vagón dinamométrico, podemos tener la seguridad de que aquella es exacta y en este caso podemos preparar unos cuadros como los de la figura 2 en los que se hace el trabajo de una vez para siempre y se tienen los datos más a punto para aplicarlos, al querer calcular los itinerarios correspondientes a la locomotora para la cual se han estudiado.

Los valores de F_t los tenemos calculados para trenes variando de 50 en 50 toneladas y empezando desde el tren de cero toneladas (que representa máquina sola), hasta el que se considere peso máximo compatible con el esfuerzo de la locomotora que se estudie o con la resistencia de los ganchos de tracción del material móvil.

locidad inicial idéntica, un vagón por una de ellas y una locomotora por la otra (desde luego que la máquina debe ir con el regulador cerrado), se parará primero esta última que el vagón y esto es debido precisamente a que el valor de R_m para el último es menor que el correspondiente a la primera.

El efecto producido por las cuatro causas señaladas, es también evidente que *aumenta* con la velocidad de marcha.

Respecto a la velocidad relativa del tren y el viento puede decirse que aumenta desde luego con la del convoy y su efecto alcanza propor-

Valores de F_t para las locomoras de la serie .... a ....

Velocidades en Km.-hora	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Esfuerzo total de la máquina												
F_t para tren de 0 Tn. (máq. sola) F_t » » » 50 » F_t » » » 100 » F_t » » » 150 » F_t » » » 200 »												

Fig. 2

§ 3º Valor del término R_m. — *Representa el esfuerzo resistente que ha de vencer cada tonelada de tren para ser remolcada, a la velocidad de marcha, sobre una vía recta y horizontal.*

Un tren para moverse en esta condiciones, ha de vencer varias resistencias entre las que se cuentan principalmente: 1ª la de los mecanismos de la locomotora, 2ª la que presentan las ruedas a rodar y sus manguetas a rozar con los cojinetes, 3ª la de las desigualdades de la vía especialmente en las uniones de los carriles, 4ª la del viento.

No analizaremos en detalle *el efecto* que cada una de estas causas produce en el valor de R_m, pero ya podemos comprender que dependen de la velocidad del tren respecto a la vía los producidos por las tres primeras, y de la relativa entre aquel y el viento el resultante de la cuarta.

Comprendemos también fácilmente que *la tonelada* de locomotora tendrá un valor R_m más elevado que *la tonelada* de los coches y vagones, por cuanto a las resistencias propias del rodamiento, (2ª causa), hay que añadir, para la primera, la que proviene de los mecanismos, (1ª causa). Es evidente que si en dos vías paralelas (rectas y horizontales) lanzamos con una ve-

ciones elevadas especialmente a las grandes marchas a que van los expresos y rápidos.

En definitiva resulta que para un tren que vaya marchando sobre una vía recta y horizontal, deberíamos tomar un valor de R_m para la tonelada de máquina y otro distinto (más pequeño) para la tonelada del material móvil. Esto traería mayor complicación y atendido a la variabilidad de este término, dadas las causas de las que depende su valor, es más cómodo y suficientemente exacto suponer que vale lo mismo para la máquina que para el material; será un término medio entre el que realmente presentan uno y otra, calculado para la proporción más corriente entre el peso de la *locomotora* y el del *tren remolcado*.

Hay muchas fórmulas empíricas que dan el valor de R_m en función de la velocidad; no hay hasta el presente ninguna, que responda a resultados de experiencias verificadas con vagones dinamométricos y materiales y vía de ancho igual a los «seis pies castellanos» (= 1'672 metros) fijado por la ley de 3 de Junio de 1855 para la vía normal de España.

Por mi parte puedo decir que he usado de la fórmula (2) sin que la experiencia haya probado que sea muy equivocada, de todos modos su valor real puede que sea solamente muy relativo. Dice así:

$$\boxed{R_m = 3 + \frac{V^2}{1200}} \quad (2).$$

y en la misma el valor de V representa la velocidad del tren en Km. por hora. Esta fórmula (2) aplicada para encontrar el valor R_m correspondiente a una locomotora, daría valores demasiado bajos; en cambio aplicada solamente al material de coches y vagones, los daría demasiado altos; es un término medio tal como ha quedado indicado anteriormente.

En el momento del arranque de un tren, tenemos que $V = 0$, de modo que $R_m = 3$ cosa que no resulta verdad porque para pasar del reposo al principio del movimiento se presenta un valor R_m que puede contarse en 15 o 20 kg. por tonelada; así que *empieza* el movimiento ya pasa este término por los valores que dá la fórmula (2), u otra parecida que se tome como a más exacta. De esta consideración vemos la ventaja de que un tren no arranque en bloque; primero se mueve la locomotora, luego el primer vagón y sucesivamente los otros a medida que se van tensando los enganches; de otro modo no sería empresa fácil poner en movimiento a los trenes pesados cuya carga llega muchas veces a más de 1000 Tn. remolcadas.

Los valores que corresponden a R_m para las distintas velocidades de marcha, podrían presentarse en forma gráfica en un sistema de coordenadas que representasen velocidades las abcisas y esfuerzos las ordenadas; el cuadro de la figura 3, resume los valores que toma este término para las velocidades que figuran en el mismo y no hay que olvidar que estos números no son absolutos porque dependen de las cuatro causas señaladas; estas dan valores muy diferentes de una clase de material a otro, apesar de que en las aplicaciones nos hemos de contentar con los indicados en el cuadro y que pueden tomarse como buenos salvo casos especiales.

Valores correspondientes a la resistencia al movimiento

Velocidades en Km.-h.	arranque	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Valores de R_m . . .	15 a 20	3'08	3'33	3'75	4'33	5'08	6'00	7'08	8'32	9'75	11'35	13'00	15'00

Fig. 3

§ 4º Valor del término R_c. — *Hace relación al incremento de resistencia en kg. que presentan las curvas a cada tonelada de tren.*

Las curvas se presentan, en general, aisladas y son de poca longitud; las mayoría de las veces, lo mejor es no tener en cuenta la resistencia que las mismas originan al paso de los trenes. De todos modos se indicará la causa de que proviene este término y el modo de medirlo, para poderlo calcular cuando las curvas se presentan en gran número y son de poco radio.

El aumento de resistencia que originan al paso de los trenes, proviene principalmente de que siendo las ruedas de cada eje una sola pieza con el mismo, es forzoso que una de ellas *patine* puesto que las longitudes de los carriles exteriores de las curvas son en conjunto mayores que la que forman los del lado del centro de la misma; la conicidad de los bandajes no basta para compensar estas diferencias de longitud y no es posible aplicar a los ejes de los materiales ferroviarios, los diferenciales que tanto éxito tienen en el automovil. El roce de los bordes de las pestañas con los carriles, es otra causa del aumento de resistencia que sobre las rectas presentan las curvas.

Una fórmula empírica que da este valor aproximado para las vías principales de ancho normal es la siguiente:

$$\boxed{R_c = \frac{650}{r - 55}} \quad (3),$$

en la que el término r representa el radio de la curva en metros. Para el ancho de las vías Españolas, se viene aceptando la misma fórmula sin duda porque no hay vagones dinamométricos que permitan establecer otra más adecuada.

El valor real de R_c debe depender de la longitud de los carriles y de la velocidad de la marcha, pero para no complicar este término del que ya se ha dicho que, salvo casos especiales, tiene menos importancia que los otros de la «Ecuación de la Marcha», se le supone adaptado a los valores que para el mismo dá la fórmula (3).

Otra consideración que va en contra de la exactitud de este término, es que la mayoría de las veces las curvas son de menos longitud que el tren, de modo que cuando hacen resistencia a la máquina y primeros vagones, todavía la cola del mismo está en vía recta y viceversa. Al aplicar pues a todo el tren (a cada Tn. del mismo) un valor fijo de R_c, cometeremos un error que será siempre por exceso en los casos de las curvas cortas. El buen criterio del calculista de los itinerarios, suplirá estas deficiencias que se presentan para el término R_c y, como queda indicado, lo mejor será prescindir del mismo si en la vía se presentan pocas curvas y cortas.

§ 6º VALOR DEL TÉRMINO R_f. — *Son los kg. de resistencia que puede producir el frenado de un tren completo, a cada tonelada del mismo.*

Al apretar las zapatas contra las ruedas, se origina un frotamiento el cual presenta una resistencia al rodar de las mismas; mientras más se «aprieten» los frenos, mayor será el rozamiento y si tanto los apretamos podrá ser que las ruedas encuentren más resistencia a rodar, rozando con las zapatas, que a patinar, rozando sobre el carril y en este caso (una vez anulada su inercia de rotación), dejarán de girar y empezarán a patinar. Con este hecho habremos salido perdiendo al querer aprovechar

Valores correspondientes a la resistencia de las curvas

Radio de la curva en mts.	150	175	200	250	300	400	500	600	700	800	900	1000
Valores del término R_c	7	5	4'5	3'5	2'5	2	1'5	1'2	1	0'9	0'8	0'7

Fig. 4

Los valores que le corresponden según la fórmula 3, son los que se indican en el cuadro de la figura 4.

§ 5º VALOR DEL TÉRMINO R_i. — *Representa los kg. de aumento de resistencia que presenta cada tonelada para ser remolcada en una rampa, o los de disminución de la misma cuando se la remolca en una pendiente.*

Las sinuosidades de las vías representan un aumento o una disminución de resistencia en kg. por Tn., exactamente igual al número que representa la inclinación de cada perfil o rasante en milímetros por metro. El doble signo $\pm$ que aparece delante el término R_i de la «ecuación» de la marcha (fórmula 1), es debido a que se usará el (+), cuando se trate de rampas y el (—), cuando se refiera a la «*resistencia*» de una pendiente; estas son resistencias negativas puesto que su presencia favorece la marcha.

El valor de R_i es el más exacto de todos los estudiados y por estudiar referentes a la ecuación (1). Si por ejemplo en un metro de rampa de 5 ‰ se arrastra una tonelada, se habrá hecho un trabajo de subida igual a 5 kgm., (se han subido 1,000 kg. a 0'005 mts.); como que el camino recorrido ha sido igual a 1 mt., el valor del esfuerzo ha de haber sido efectivamente de 5 kg.

El término R_i se expresa pues por el mismo número que marca la inclinación del perfil en ‰ y su valor serán kg. de resistencia que correspondan a cada Tn. de peso de tren.

el frenado para parar el tren, puesto que el coeficiente de frotamiento de los carriles con los bandajes es menor, que el de las zapatas con las ruedas cuando éstas no patinaban todavía.

Aunque esta clase de rozamientos no estan *definitivamente* estudiados, puede afirmarse que el coeficiente de frotamiento podríamos decir «potencial» es superior al «actual» y disminuye con la velocidad relativa de las superficies frotantes. La causa que rige este fenómeno es la misma que ha obligado a tomar para R_m un valor de 15 a 20 para el momento del arranque y luego ya bajaba este rápidamente o mejor bruscamente para volver a regirse por los valores que daba la fórmula (2) (en la que interviene también la resistencia del viento en grado elevado para las grandes velocidades).

Al rodar las ruedas, no deslizan sobre el carril y por lo tanto tienen una velocidad de desplazamiento igual a cero con respecto a este (el coeficiente de rozamiento o adherencia será el máximo); en el momento que empieza el patineo por efecto de haber intentado un mayor esfuerzo de frenado, empezará a valer algo la velocidad relativa de desplazamiento entre ruedas y carriles; el coeficiente de adherencia baja bruscamente y en definitiva habremos perdido esfuerzo de frenado; para que las ruedas vuelvan a rodar será preciso «aflojar los frenos» y que las zapatas dejen de apretar tanto a las ruedas.

En los ténders de las máquinas de maniobras en que las zapatas se aprietan con timonerías movidas a mano, es un hecho fácil de observar que si se mueve el volante de freno poco a poco (sin que varíe la velocidad de marcha durante todo el experimento), se llegará a una posición del mismo en que las ruedas van a patinar; si se pasa un poco de ésta, las ruedas dejan de girar y empieza francamente el patineo; para que vuelvan a rodar es preciso aflojar el freno pasando el volante de maniobra de la timonería del mismo, a una posición bastante anterior a la que ocupaba en el instante de empezar el patineo.

Queda pues probado que el coeficiente de adherencia «potencial» es bastante mayor que el «actual»; una vez empieza a existir velocidad relativa entre las dos superficies rozantes ya se rige el valor del mencionado coeficiente, por las leyes del rozamiento en marcha; el que disminuya éste con la velocidad puede atribuirse al mayor pulimiento que con ésta se origina en las superficies frotantes.

De todos modos se han hecho pocas pruebas con vagones dinamométricos para establecer como resultado de las mismas una ley segura y cierta por la que se rija la variación del coeficiente de rozamiento con los cambios de velocidad.

Al hacer los cálculos de frenado es cuestión esencialísima, por sobre cualquier razón de economía, el que nos mantengamos dentro de un límite de seguridad; esta se logra en principio al suponer que el coeficiente de adherencia de las ruedas con el carril vale $1/_{10}$ y por lo tanto el esfuerzo de frenado *máximo normal* que podemos aplicar a cada tonelada, es de 100 kg. Este será pues el valor de R_f si todos los ejes del tren van frenados; si se trata de trenes parcialmente enfrenados deberíamos tomar el valor siguiente:

$$\boxed{R_f = \frac{\text{peso frenado}}{\text{peso total del tren}} \times 100} \quad (4).$$

Para aplicar con éxito la fórmula (4) será preciso desde luego asegurarnos de que el material frenado podrá dar los 100 kg. por tonelada; si no fuese así deberíamos multiplicar por un coeficiente de rendimiento inferior a uno, y su valor lo debería dar la relación entre el esfuerzo de frenado exigible y el que realmente puede dar el freno maniobrado por un hombre normal.

Al tomar el coeficiente de adherencia $1/_{10}$ más bien se peca por defecto que por exceso pues, salvo casos especiales, ya se ha indicado en otro lugar anterior que se acostumbraba a usar $^1/_6$ para calcular el esfuerzo que pueden dar las locomotoras sin que sus ruedas patinen.

Al calcular un frenado no se acostumbra a contar el tiempo que pasa entre el principio de la maniobra de las timonerías y el efecto útil de frenado máximo; para las grandes velocidades y los frenos movidos a mano, tiene bastante importancia. A una marcha de 50 km. hora, se recorren más de 400 mts. en 30″ y este tiempo es seguro que se invertirá desde que una máquina pida frenos de urgencia hasta que las zapatas de todas las timonerías hagan su aprieto contra las ruedas. Mucho más tiempo pasará si la inclemencia del tiempo o el viento contrario, impiden que los silbidos de la máquina sean fácilmente oídos por el personal del tren y tengan que ser repetidos varias veces, antes de que se consiga lo que por los mismos se pide.

§ 7º VALOR DEL ÚLTIMO TÉRMINO f_a. — *Representa los kg. que sobran o faltan a cada tonelada de tren completo para que sea cierta en todo momento la «ecuación de la marcha».*

En cualquier momento que consideremos la marcha de un tren, tendremos un valor de F_t y otro para cada uno de los términos R que se han estudiado. Podrá darse la casualidad de que $F_t =$ suma de los términos R, y en este caso el valor de f_a es cero; lo más corriente es que F_t sea mayor o menor que la suma citada. Si es mayor, el valor de f_a será positivo y si es menor, deberá ser negativo para que pueda escribirse siempre la ecuación (1) tantas veces citada.

Si f_a vale cero quiere decir que en el momento considerado, el esfuerzo motor es igual a la suma de todas las resistencias, por lo tanto, al estar en equilibrio dinámico todas las fuerzas que intervienen en el *movimiento* del tren, se conservará éste para el instante siguiente al considerado y para los sucesivos mientras continúe valiendo cero el término f_a. La velocidad será constante.

Si por una causa cualquiera (entrada en una rampa por ejemplo), se destruye este equilibrio, aparece un valor, positivo o negativo, para f_a y viene este a actuar de fuerza aceleradora del movimiento, dándole una aceleración que dependerá solamente de este valor que estudiamos. La relación que los liga es esta:

$$\text{aceleración} = \frac{f_a}{\text{masa de 1 T}_n} = \frac{f_a}{\frac{1000}{9'81}} \backsim \frac{f_a}{100} \quad (5)$$

en la cual viene dada la aceleración en metros por segundo.

El valor de f_a es pues automáticamente el que juega más importante papel en la *«Ecuación de la Marcha»* pues su variabilidad con la velocidad, depende de la que tienen todos los otros términos de la misma. Si podemos encontrar en cualquier instante el valor «actual» de f_a sabremos las sucesivas aceleraciones que va tomando un tren y por lo tanto sus velocidades, espacios recorridos y tiempos empleados en recorrerlos.

(Al variar la velocidad de traslación del tren varía igualmente la de rotación de las ruedas; dada la proporción de masas entre el peso de las máquinas y vagones con las ruedas de los mismos, ya se tiene en cuenta la inercia que supone el acelerar o retardar la citada rotación al tomar aproximada por «exceso» la fórmula 5).

§ 8º *Suposiciones que deben hacerse para poder representar gráficamente, «a priori», la marcha posible de un tren.* — En las primeras líneas de esta monografía se apuntaba ya la dificultad que presentaba el querer representar gráficamente el movimiento de un tren en un sistema coordenado en que las abcisas fuesen espacios y las ordenadas velocidades. Esta dificultad estriba principalmente en que la velocidad varía de un modo que no es uniforme la variación, ni sigue tampoco una ley expresable en función de una variable única.

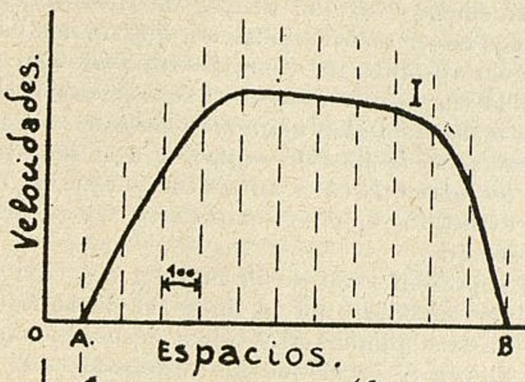
Supongamos apesar de esto, que hemos logrado resolver la cuestión y al fin se ha podido conseguir representar, con la línea I de la figura 5, el movimiento real de un tren entre las dos estaciones A y B.

Traslademos la línea I a otro sistema de coordenadas en que las abcisas continuan siendo espacios pero las ordenadas sean valores inversos a los de la velocidad. Formaríamos la línea II de la figura 6 que gozaría de una propiedad importante y muy interesante. Efectivamente: integrando, con un planímetro la superficie comprendida entre aquella, el eje de espacios y las ordenadas extremas, tendríamos un número que representaría el tiempo empleado por el tren en pasar de la estación A a la B (precisamente por-

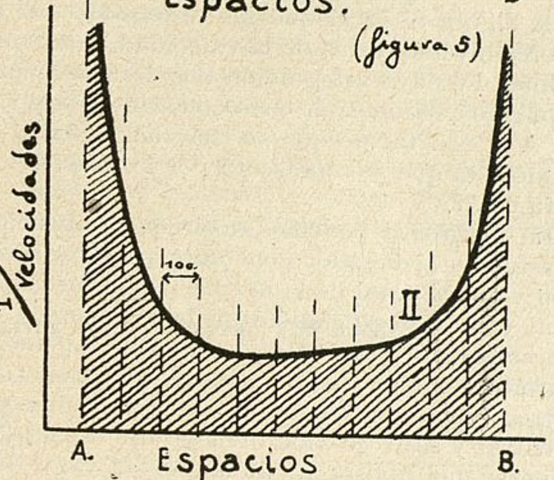
que: $\text{tiempo} = \text{espacio} \times \dfrac{1}{\text{velocidad}}$)

El movimiento es realmente variado sin ninguna uniformidad pero podemos dividir, el espacio a recorrer, en partes iguales tan pequeñas como se quiera y suponer que la velocidad varía en cada una de ellas de un modo uniforme aun cuando con aceleraciones diferentes de una sección a la siguiente. Esta suposición nos obliga a admitir que el valor del término acelerado f_a se conserva constante para toda la longitud de los cantones y sólo varía en las divisiones en que hemos seccionado la vía.

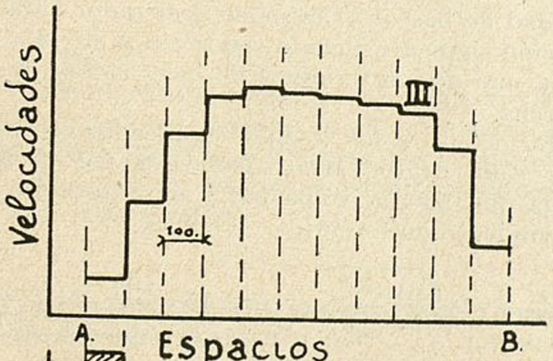
Si para longitud de cada cantón tomamos 100 metros, no cometeremos error apreciable con esta modificación de lo que pasa en la realidad; de todos modos podríamos escoger distancias menores y en el límite, el error cometido valdría cero. La representación gráfica del movimiento del tren ya no será la curva I de la figura 5 pero si, otra línea que se le aproximará bastante; tanto más cuanto más pequeñas sean las divisiones del espacio.



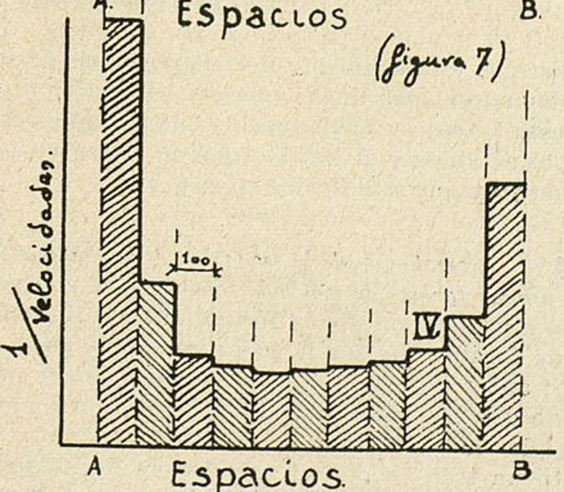
(figura 5)



(figura 6)



(figura 7)



(figura 8)

Admitido ya que el movimiento del tren es uniformemente variado dentro de cada sección podemos hacer nueva suposición que no nos hará variar en absoluto los tiempos empleados en recorrer la vía. *Supondremos que el convoy recorre cada cantón a una velocidad uniforme intermedia entre la que tiene según la anterior suposición a la entrada y salida del mismo.* Esto es admisible porque no nos hace variar los tiempos empleados en recorrer cada sección.

La representación de la marcha del tren estará pues marcada por la línea III de la figura 7 y si la trasladamos al sistema de coordenadas de la figura 8, en el que las ordenadas son los valores inversos a los de la velocidad, tendremos la línea IV cuya integración nos dará el tiempo empleado por un tren en reconocer el trozo de vía A B con tal de que su marcha se haya sujetado a la que se representa por la línea III de la figura 7.

En definitiva podemos decir que suponemos el esfuerzo acelerador constante para cada sección y que al final de la misma pasa bruscamente al valor correspondiente a la siguiente y así sucesivamente; las velocidades las suponemos uniformes a un valor medio entre las que tiene el tren (como resultado del esfuerzo acelerador) al entrar y salir de cada división del espacio. Al empezar una divisoria, calculamos el valor de f_a y por medio de la fórmula 5 tendremos la aceleración correspondiente a la misma; esta nos da la velocidad real de salida y por lo tanto posibilidad de buscar el esfuerzo acelerador para la sección siguiente cuando conozcamos el valor de cada uno de los términos de la ecuación de la marcha.

En cuanto a los tiempos empleados en recorrer cada cantón serán deducidos por la fórmula que liga la velocidad y el espacio en el movimiento uniforme;

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{Espacio}}{\text{Velocidad}} = \frac{100}{\text{media entre la que tiene el tren al entrar y al salir del cantón}}$$

Este es el mecanismo del sistema que se irá explicando en las líneas sucesivas hasta el final de este trabajo y mediante el cual ha sido posible el establecer el gráfico que se llama «itinerómetro» y que se describe en el § 11.

§ 9º *Presentación de la «ecuación de la marcha» en dos nuevas formas de uso más cómodo.* — A la ecuación representada por la fórmula (1), le daremos otras formas que serán más apropiadas para su uso; antes de establecerlas conviene hacer presente que los valores de F_t y de R_f son incompatibles en la práctica.

Si un tren va con el «regulador» de su locomotora, abierto para dar salida al vapor de la caldera y producir esfuerzo, se comprende que el valor de F_t será una cantidad real y positiva que podremos calcular; en este caso se comprende que hemos de suponer que R_f vale cero pues no tendría objeto el que *frenásemos* por un lado y *tirásemos* del tren por otro.

Viceversa, cuando tratamos de parar un tren o reducir su marcha, apretamos los frenos apareciendo con esto un cierto valor para R_f; se comprende que antes de frenar habremos suprimido el valor de F_t cerrando el regulador si no venía ya en esta forma antes de empezar el frenado.

Queda pues aclarado que, como no sea por un capricho muy especial, son incompatibles los valores de F_t y R_f (en el caso en que la locomotora marcha a contravapor, su esfuerzo no sería valor de F_t sinó de R_f).

La fórmula (1) la aplicaremos en la forma siguiente:

Para la marcha normal $\boxed{(F_t - R_m) - (R_c \pm R_i) = \pm f_a}$ (6)

Para la marcha en los frenados $\boxed{(R_m + R_f) + (R_c \pm R_i) = \pm f_a}$ (7)

Para los valores de R_i se tomará el signo (+) siempre que se trate de rampas y el signo (—) cuando se trate de las pendientes. Los valores de f_a representarán: aceleraciones los positivos y retardaciones los negativos para cuando se aplique la fórmula (6); y viceversa cuando se aplique la fórmula (7) en los casos para que están ambas establecidas.

§ 10º *Explicación de la marcha a seguir para calcular un itinerario.* — Supongamos que un tren está a punto de arrancar de una estación; supongamos que el trayecto entre esta y la siguiente lo consideramos dividido en secciones o cantones de 100 metros cada uno; y supongamos también por fin, que las variaciones del perfil de vía ocurren todas precisamente en las divisiones de las secciones, si así no fuese en la realidad, modificaríamos mentalmente el punto de comienzo de cada rasante y curva para que sucediese tal como ha quedado supuesto. (No olvidemos que el seccionamiento de la vía lo podemos hacer tan pequeño como queramos y si se han escogido 100 metros como base de división, es porque ya consideramos que la aproximación es más que suficiente).

Aplicamos la ecuación (6), al tren que está a punto de marcha y si resulta un valor mayor que cero, (positivo por lo tanto), el convoy empezará su movimiento con una aceleración que nos la dará la fórmula (5). (Recordar de todos modos lo dicho, al explicar el término R_m, referente a la resistencia de arranque).

Supondremos que este valor de f_a permanece constante en toda la sección de 100 metros y por lo tanto la velocidad variará de un modo uniforme desde cero a un valor que quedará determinado por la fórmula siguiente:

$$\text{velocidad} = \sqrt{2 \times \text{aceleración} \times \text{espacio}} =$$

$$= \sqrt{2 \frac{f_a}{100} \times 100} = \sqrt{2 f_a} \quad (8),$$

en la que el valor de f_a es conocido. El tren supondremos que habrá seguido el primer trazo horizontal de la línea quebrada III de la figura 7, a una velocidad uniforme, intermedia entre cero y la que da la fórmula (8).

Al llegar a la división entre los dos primeros trayectos, tiene el tren la velocidad que marca la fórmula (8) y al emprender el segundo cantón, le aplicamos nuevamente la fórmula (6) calculando todos los términos de la misma con arreglo a la velocidad de marcha encontrada anteriormente. El nuevo valor de f_a será el que regirá mos construír el gráfico de su marcha con una representación parecida a la de la figura 7, y por lo dicho en aquellas líneas en que se describía esta, podrá tomarse la citada representación como expresión del movimiento real del convoy.

Calcular ahora el tiempo empleado en el trayecto, ya será una cosa mecánica, pues partiendo de las velocidades medias de cada sección y de la suposición que estas se han tomado de 100 metros, basta consultar el cuadro de la figura 9, para comprender la facilidad con que puede lograrse el llegar al fin del problema propuesto.

Todo lo demás sólo será facilitar estas operaciones, pues ya se comprende que si los itinerarios se tuviesen que calcular con este procedimiento explicado y del modo dicho hasta el presente, resultaría un trabajo tan pesado que dudo mucho que su aplicación se extendiese, a la resolución de esta clase de problemas. De todos modos es la base de lo que sigue y lo que ha dado origen al «*Itinerómetro*» últimamente y an-

Tiempos (en segundos) necesarios para recorrer 100 metros

Velocidad uniforme en Km.-h.	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Número de segundos para recorrer 100 mts	36	18	12	9	7'2	6	5'15	4'5	4	3'6	3·25	3

Fig. 9

para esta segunda sección y por lo tanto la velocidad variará, uniformemente también, pero con una aceleración distinta a la que tenía en el primero.

Para saber la velocidad al final de este segundo trayecto, se aplica de nuevo la fórmula (8) y se tendrá *el aumento* sobre la que llevaba el convoy al entrar en el mismo. El tren supondremos que habrá seguido el segundo trozo horizontal de una línea quebrada parecida a la de la figura 7 ya citada.

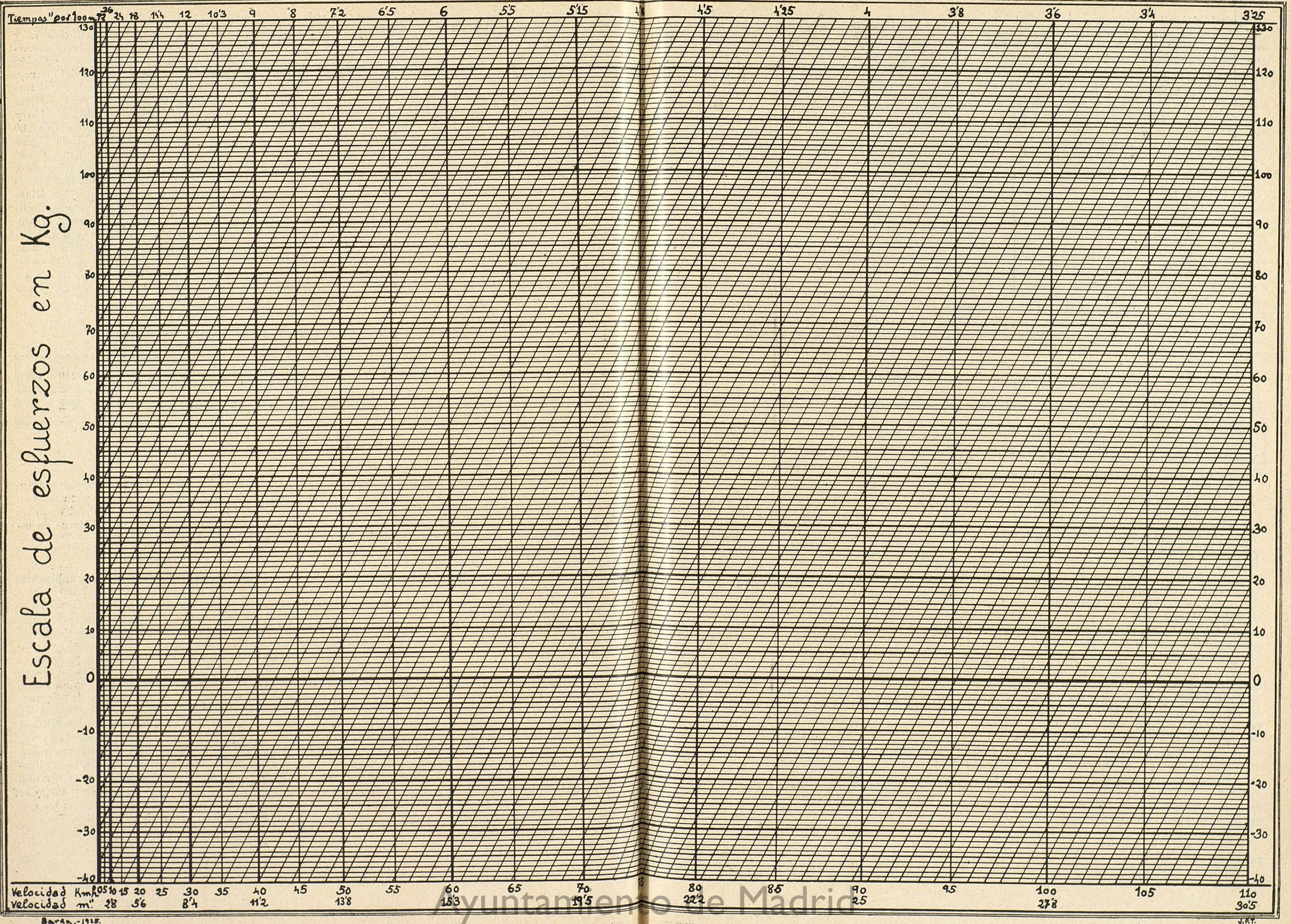
Es decir que: para calcular la aceleración del tren en un cantón cualquiera, precisa aplicar la fórmula 6 (o la 7 según los casos), y dando a sus términos el valor que les toque, *no sólo atendiendo a la velocidad que lleve el convoy al entrar en el mismo sino también a las características del perfil de vía* para la sección cuya aceleración de movimiento va a establecerse. Encontramos con esto el valor f_a que corresponde y entonces, aplicando la fórmula (8), veremos el incremento de la velocidad al final del trayecto.

Con estas aplicaciones sucesivas de una de las ecuaciones de la marcha y de la fórmula (8) veremos la velocidad que lleva el tren al pasar por cada divisoria ficticia y por lo tanto podre- teriormente al proyecto de un aparato semiautomático que ahorrase los cálculos presentados en este § 10; (Como a curiosidad quedará dado un esquema del mismo, en las últimas líneas de esta monografía).

§ 11º Itinerómetro, su construcción y aplicación. —Llamaremos «itinerómetro», al gráfico que se presenta en la página central; su finalidad y objeto es permitir el cálculo del itinerario mínimo de un tren cuando se conozcan las características de su locomotora, el peso total del convoy y el perfil de la vía que se ha de recorrer.

Se construye del siguiente modo: Se trazan los dos ejes coordenados de los cuales representará velocidades el de abcisas y esfuerzos el de las ordenadas. Este lo dividiremos en partes iguales que tengan cada una 3 milímetros por ejemplo, (en el de las páginas (74 y 75) se han hecho de 1'5 milímetros para que quepa en las mismas, pero para trabajar en las aplicaciones resulta un poco confuso); en la división que hace 40 o 50 se pone en el *cero* y luego se numeran las restantes correlativamente; las que van hacia abajo llevan signo negativo.

←·═ ITINERÓMETRO ═·→



ANEXO. — Aplicación del Itinerómetro a un caso de arranque, marcha y frenado

La explicación de todo lo dicho en los § 11.° a 14.°, quedará aclarada con el ejemplo que se presenta en esta hoja suplementaria de papel calco, la cual se deberá colocar sobre el Itinerómetro de modo que coincidan con las del mismo las líneas que representan la rampa 0 y los esfuerzos o sean los ejes coordenados.

Supongamos que se trata de remolcar un tren, con una locomotora cuya curva de esfuerzos por tonelada menos la que represente las resistencias R_m, sea la dibujada en el gráfico (A); supongamos también que este tren sólo lleva frenados al máximo el 50 °/₀ de su peso total, y por lo tanto que la línea $(R_m + R_f)$ que deba servir para el cálculo de las paradas, sea la que se ve dibujada en la parte alta del gráfico citado. El trayecto a recorrer es una línea recta de 2900 metros de longitud y se presenta horizontal en los primeros 400 metros, en rampa de 10 °/₀₀ en los 500 metros siguientes y en rampa de 5 °/₀₀ en los restantes.

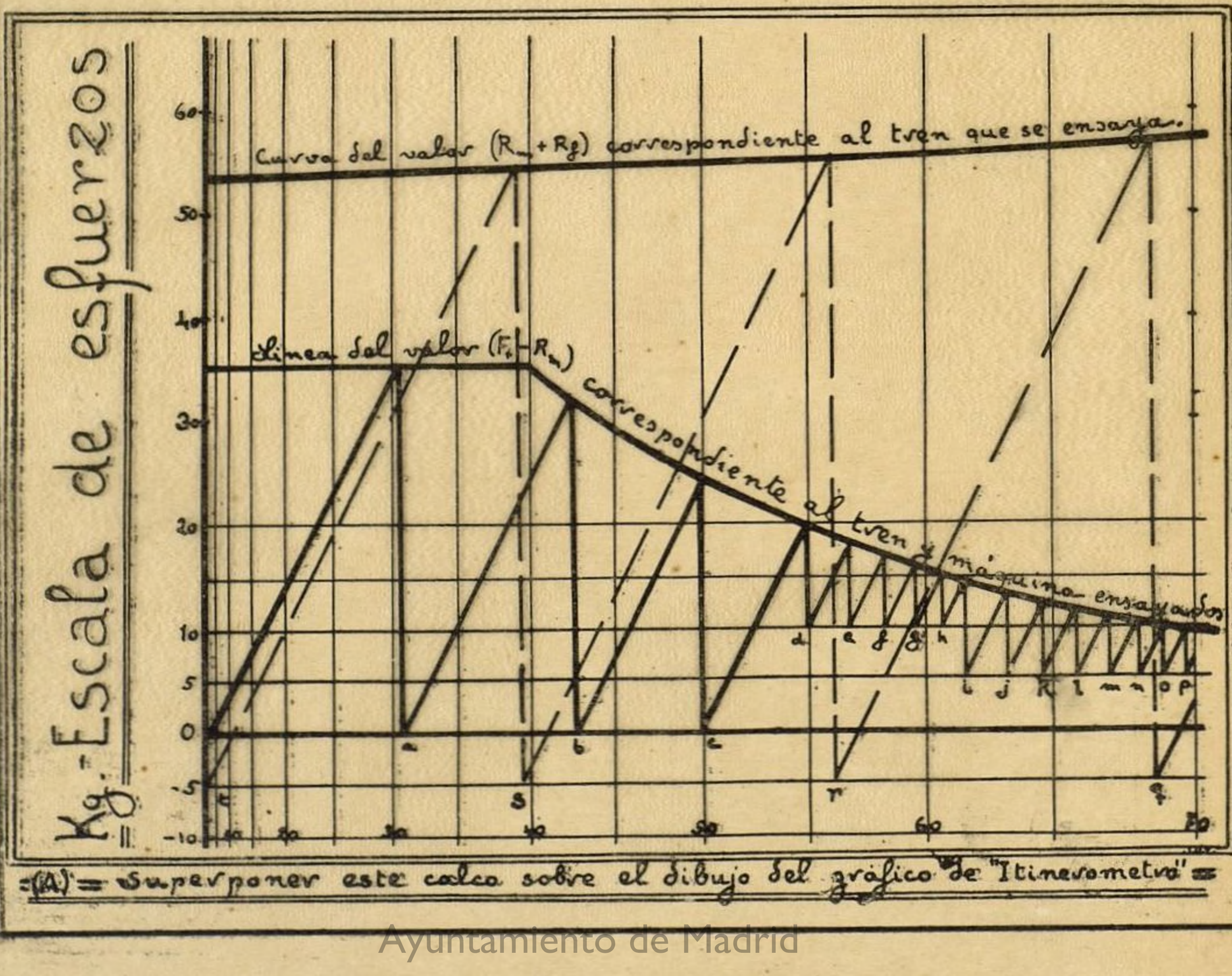
Con estos antecedentes, la lectura de este trabajo y el gráfico A, (situado sobre el Itinerómetro), no habrá inconveniente en ver que las velocidades del tren al final de cada 100 metros y los tiempos empleados en recorrerlos van siendo respectivamente las siguientes hasta llegar a la máxima admitida de 70 kilómetros-hora primero, en el régimen después y finalmente en la fase del frenado.

1.° **Período de aceleración en la marcha del tren**	Al final de los 1.^{os} 100 m. es de	30 Km.-h. y para recorrerlos emplea aproximadamente	24 segundos
	» » » » 2.^{os} » » » »	42 » » » » »	10 »
	» » » » 3.^{os} » » » »	50 » » » » »	8 »
	» » » » 4.^{os} » » » »	55 » » » » »	7 »
	» » » » 5.^{os} » » » »	56 » » » » »	6'5 »
	» » » » 6.^{os} » » » »	57 » » » » »	6'5 »
	» » » » 7.^{os} » » » »	59 » » » » »	6 »
	» » » » 8.^{os} » » » »	61 » » » » »	6 »
	» » » » 9.^{os} » » » »	62 » » » » »	6 »
	» » » » 10.^{os} » » » »	64 » » » » »	6 »
	» » » » 11.^{os} » » » »	65 » » » » »	5'5 »
	» » » » 12.^{os} » » » »	66 » » » » »	5'5 »
	» » » » 13.^{os} » » » »	67 » » » » »	5'5 »
	» » » » 14.^{os} » » » »	68 » » » » »	5'5 »
	» » » » 15.^{os} » » » »	69 » » » » »	5 »
	» » » » 16.^{os} » » » »	70 » » » » »	5 »

3.° **Período de frenado**
- En los últimos 100 m. pasa la veloc. de 40 Km.-h. a 0 y tarda el tren en recorrerlos unos 18 »
- » » penúltimos 100 » » » » » 56 » » 40 » » » » » » » 8 »
- » » antepenúltimos 100 » » » » » 69 » » 56 » » » » » » » 6 »

2.° **Régimen:** Los 1000 mts. que faltan tarifar, serán recorridos a 70 Km.-h. y empleará para cada 100 mts. unos 5'15" de modo que en total serán 5 15 × 10 = 51'15 »

Tiempo total empleado por el tren en recorrer los 2900 mts. 201'5" = 3'4' ≅ 4 mint.



=(A)= Superponer este calco sobre el dibujo del gráfico de "Itinerómetro" =

El eje de abcisas lo dividiremos desde el origen hacia la derecha en partes iguales a los valores (expresados a una escala mitad que las divisiones del eje de ordenadas) que debe ir tomando f_a para que la velocidad pase de cero a 30'5 metros por segundo (o a un valor mayor si se quiere), teniendo presente que: velocidad $= \sqrt{2 f_a}$; las divisiones se numerarán respectivamente con la cantidad correspondiente a V para cada uno de los valores de f_a y representarán velocidades en metros por segundo, que se escribirán junto al eje de referencia que estamos dividiendo.

$$\left(\text{vel.} = \sqrt{2\ a \times e} = \sqrt{2 \frac{f_a}{m} \times e} = \sqrt{2 \frac{f_a}{100} \times 100} = \sqrt{2 f_a}\right)$$

Por cada punto de división de este eje de abcisas, se trazarán ordenadas que representarán velocidades en metros por segundo. Como que en ferrocarriles se acostumbran a contar las marchas en kilómetros por hora, se pondrán en el itinerómetro las respectivas equivalencias que pueden verse en el cuadro de la figura 10. Desde luego que en estos gráficos sólo se dibujan las ordenadas correspondientes a las velocidades variando de cinco en cinco km. hora, por ejemplo.

En la parte superior de cada una de las ordenadas que pasan por los puntos de división del eje de las abcisas, se pone un número que indica los segundos necesarios para reconocer 100 metros a la velocidad (uniforme) que marque la ordenada respectiva. Si en las aplicaciones se quisiera buscar más aproximación y se considerase excesiva la longitud de 100 m. escogida para los cantones imaginarios, sería preciso calcular las velocidades de referencia para distancias menores (de 50 mts. por ejemplo) y se podría poner las dos clases de equivalencias con tal de que se diferenciasen los números correspondientes a una y otra longitud. En el gráfico que se presenta en las páginas (74 y 75) sólo se han puesto las indicaciones de tiempos y velocidades para 100 mts. pues ya se ha dicho anteriormente dos veces que se consideraba más que suficiente la aproximación a la realidad, tomando esta longitud como base de división ficticia del perfil de la vía. El querer que un sólo itinerómetro permitiese trabajar con dos clases de seccionamiento de vía, daría lugar a confusiones.

Se trazan una serie de líneas horizontales por los puntos en que ha quedado dividido el eje de los esfuerzos y para facilitar luego el uso del itinerómetro, se procura que sean unas más gruesas que las otras y más fuerte todavía la que pasa por la división cero; pueden numerarse también por su extremo derecho. Estos detalles son desde luego accidentales pero conviene tenerlos presentes al dibujar los gráficos, pues en *su construcción* no representa gran trabajo ni complicación el tenerlos en cuenta, en cambio en *su uso* se obtiene una mayor comodidad de aplicación.

Se ven otra familia de rectas paralelas, equidistantes entre sí, y formando ángulo de 63° 30' con el eje de abcisas. (No nos olvidemos que los valores que nos resultaban para graduar el eje de velocidades, los hemos tomado a escala mitad de la magnitud de cada parte en que se ha dividido el eje de los esfuerzos; el ángulo agudo mayor, de un triángulo rectángulo que tenga un cateto doble del otro vale 63° 30').

Correspondencia de velocidad en metros" y kilómetros h.

Velocidad en Km.-hora. . .	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Velocidad en metros p. seg. .	0	2'8	5'6	8'4	11'2	13'8	15'3	19'5	22'2	25	27'8	30'5

Fig. 10

Claro está que si al construír un itinerómetro se variasen las escalas, *o los seccionamientos de vía*, estas líneas variarían de inclinación; son detalles que no afectan al fondo de la cuestión. La separación y número de estas rectas inclinadas puede ser cualquiera con tal de que la figura resulte clara; su oficio será sólo servir de guía en las aplicaciones que se irán estudiando y que empiezan en el párrafo siguiente al explicar el modo de usar el itinerómetro para calcular la marcha normal de un tren.

§ 12º *Aplicación del itinerómetro al cálculo de la marcha normal de un tren.* — Será una cuestión previa, si no se tiene ya hecho, el calcular la curva que da los valores de F_t en función de la velocidad; será una segunda cuestión, también previa, el cálculo de la que corrresponde a R_m. Ambas desde luego se deberán referir al tren imaginario cuya marcha vamos a establecer y a la máquina que deba remolcarlo.

Para cada velocidad restaremos el valor de R_m

del de F_t y el resultado de esta sustracción será un número que llevaremos sobre la ordenada correspondiente de un itinerómetro. Estas restas las haremos para todas las velocidades, desde cero hasta la de 110 km. h., y la línea que resulte de unir con un trazo seguido los puntos marcados sobre cada ordenada del gráfico de referencia será, para cada velocidad, lo que representan los dos primeros términos de la ecuación (6).

Observamos el perfil de vía en el punto en que está situado el tren, dispuesto para arrancar; de esta inspección sacaremos, el valor de los dos segundos términos de la ecuación (6), que sumaremos, y cuyo resultado llevaremos sobre la ordenada correspondiente a velocidad cero del «itinerómetro» en que se haya dibujado la curva $(F_t - R_m)$. El valor f_a de la fórmula (6), aparece representado por la distancia que hay entre esta última curva citada y el punto que representa $(R_c \pm R_i)$, con tal que esta distancia se mida sobre la ordenada de velocidad cero.

Si f_a resulta que debe tomarse por debajo de la curva $(F_t - R_m)$, será positivo y servirá para buscar la aceleración que adquiere el tren. Este valor se conserva constante durante los primeros 100 mts. (suposiciones del párrafo 8º).

Por la parte inferior de este valor f_a, pasa una línea de las inclinadas a 63° 30', la cual seguiremos hacia arriba hasta que corte a la horizontal que pasa por el extremo superior del citado valor f_a; se forma un *triángulo rectángulo* cuyo cateto horizontal vale también f_a (porque la escala de abcisas se ha tomado mitad que la de ordenadas, y el cateto horizontal es mitad que el vertical) y *por construcción del itinerómetro tendremos que la ordenada pasante por el extremo derecho de este cateto horizontal es precisamente la que corresponde a la velocidad adquirida por el tren al cabo de 100 metros de recibir el esfuerzo acelerador f_a.*

El tiempo empleado en recorrer este primer trozo de vía, lo leeremos también directamente en la parte alta del itinerómetro y sobre la ordenada que represente una velocidad media entre la inicial (cero) y la adquirida por el tren al final del primer trayecto de 100 metros.

Anotado este tiempo vamos a buscar el valor de f_a que ha de regir para el segundo trayecto de 100; éste aparece directamente también pues es el trozo de ordenada que pasa por el extremo derecho del triángulo auxiliar y comprendido entre la curva $(F_t - R_m)$ y el punto que represente el valor de $(R_c \pm R_i)$ correspondientes al perfil de vía en el segundo cantón.

Por el extremo inferior de este nuevo valor f_a, pasa otra línea de las inclinadas a 36° 30' la cual seguiremos hasta que corte a la horizontal que pasa por el extremo superior del mismo. Se forma un segundo triángulo rectángulo por el extremo derecho del cual pasa la ordenada que representa la velocidad con que el tren enfocará el tercer cantón.

El tiempo empleado en recorrer el segundo, se leerá directamente en la parte superior de la ordenada correspondiente a la velocidad media entre la que tenía el tren al empezar la 2ª sección y la que tiene al principio de la tercera. Este tiempo quedará igualmente anotado y seguidamente indagaremos el perfil de vía correspondiente a los terceros 100 metros...

Ya se ve el proceso a seguir, pues es una repetición de lo dicho para los dos primeros cantones.

Cuando al buscar el valor de f_a correspondiente a una sección, nos encontremos con que el punto representación del perfil de vía para el mismo caiga precisamente en la curva de $(F_t - R_m)$, será señal que f_a vale cero y por lo tanto la velocidad permanecerá constante; el tiempo empleado por el tren para recorrer este cantón será el que se lea en la parte superior de la ordenada representante de esta velocidad. Este tiempo será constante cada 100 metros, hasta que una variación del perfil haga aparecer un valor para la fuerza aceleradora.

Si al buscar el de f_a que ha de seguir un cantón, nos encontramos con que el punto que representa la resistencia del perfil cae más alto que la curva representante a $(F_t - R_m)$ querrá decir que el valor de f_a es negativo y por lo tanto el tren se retrasará, uniformemente también, durante los 100 metros del cantón. Por el extremo superior de f_a pasa una línea de las inclinadas a 63° 30' la cual seguiremos hacia abajo hasta que corte a la horizontal que pasa por la parte baja del valor citado; se forma un *triángulo rectángulo* a la izquierda del valor negativo encontrado para f_a.

Por el vértice correspondiente al extremo izquierdo del cateto horizontal pasa una ordenada que representa precisamente la velocidad que tendrá el tren al fin de los 100 metros. El tiempo empleado en recorrerlos se leerá directamente en la parte superior de otra ordenada que represente la velocidad intermedia entre la que lleva el tren al entrar y al salir del cantón.

Resumiendo podemos decir que al empezar cada cantón buscamos el valor que para el mismo debe tener f_a; si este es positivo, construiremos el *triángulo rectángulo auxiliar* hacia la derecha del mismo y por el extremo derecho del cateto horizontal pasará la ordenada correspondiente a la velocidad adquirida la cual nos permitirá buscar el nuevo valor de f_a para el trayecto siguiente; si f_a fuese igual a cero ya podríamos ver sin ninguna construcción auxiliar, que la velocidad permanece constante; si f_a fuese negativo, construiremos el *triángulo rectángulo auxiliar*, hacia la izquierda del mismo y por el extremo izquierdo del cateto horizontal pasará la ordenada correspondiente a la velocidad que tendrá el tren al final del cantón.

Los tiempos empleados en recorrer un cantón cualquiera se leen directamente en la parte superior de una ordenada que represente la velocidad media entre la que lleva el tren al entrar y al salir del mismo; basta pues anotarlos para poder sumar luego los que correspondan a los cantones que formen el total de vía que separa dos estaciones.

Queda pues resuelto el problema del enunciado de este trabajo; falta para completarlo, el establecer los tiempos que se tarda en el frenado de los trenes. Véase en el párrafo que sigue.

§ 13º *Aplicación del itinerómetro al cálculo de un frenado.* — Por el párrafo anterior nos hemos enterado del modo detallado de usar el «itinerómepara los casos de marcha normal (con el regulador de la locomotora bien abierto para que esta desarrollase su potencia máxima); ya teníamos trazado el camino gracias a la orientación que podía haber dado el § 10º. En estas líneas se explicará el modo de proceder en los casos de frenado.

Empezaremos por acostumbrarnos a la fórmula (7) que es la que se usa en estos casos y con la que más fácilmente se comprenderá el modo de proceder; decía así:

$$(R_m + R_f) + (R_c \pm R_i) = \pm f_a$$

Suponiendo que el lector se ha hecho cargo de lo que representa el término R_f y del modo de calcularlo dado un tren con su locomotora, fácil nos será trazar en un «itinerómetro» la curva que represente la variación de la suma $(R_m + R_f)$ en función de la velocidad.

Para tener el valor de f_a en cualquier punto, hemos de añadir al de la suma $(R_m + R_f)$ el que representa la resistencia del perfil y estos valores, los trasladaremos en el itinerómetro tomándolos *desde la horizontal cero hasta abajo en los casos que* $(R_c \pm R_i)$ *sea positivo y hacia arriba en los casos en que, por tratarse de pendientes, sea negativo el valor de* $(R_c - R_i)$.

Supongamos que frenamos en un punto cualquiera del trayecto y que en este punto empieza precisamente un cantón (de los de 100 metros); conocemos desde luego la velocidad de marcha. Nos situamos sobre la ordenada que la represente y aparece en seguida el valor de f_a que ha de marcar la aceleración de frenado en este trayecto. Es el trozo de la misma comprendido entre la curva $(R_m + R_f)$ y el punto que represente el perfil de vía en el trayecto a recorrer (teniendo en cuenta lo dicho unas líneas anteriores).

Para que realmente se frene es preciso que este punto quede por debajo de la línea de frenado; si coincidiese con la misma la velocidad se conservaría constante (salvo el caso que pudiésemos aumentar el valor de R_f usando p. ejemplo el contravapor o con arena en los carriles); si el punto que representa el perfil fuese más alto que la curva de frenado, el tren se acelerería en vez de retrasarse. Supongamos que cae por debajo, dando un valor positivo de f_a.

Por el extremo superior de este valor pasa una línea de las inclinadas a 63° 30', la seguiremos hacia abajo hasta que corte a la horizontal que pasa por el extremo inferior de f_a y se formará, a la izquierda de éste, el ***triángulo rectángulo auxiliar*** para el que tan buenas propiedades hemos encontrado al tratar de la marcha normal. Igualmente que lo dicho anteriormente podemos asegurar que, ***gracias a la construcción y fundamento del itinerómetro***, la ordenada que pasa por el extremo izquierdo del cateto horizontal es la representación de la velocidad del tren al final del primer cantón en que ha empezado el frenado.

Para el siguiente se repite la misma construcción explicada y así sucesivamente hasta llegar a la velocidad cero o sea hasta parar el tren. Los tiempos empleados para reconocer cada división de vías, se encuentran, como siempre, en la parte superior del «itinerómetro» y sobre la ordenada que representa velocidades intermedias del convoy entre las que lleva al entrar y salir de las mismas.

Cuando se trata de trenes que llevan freno en todas sus ruedas, se obtienen unos esfuerzos de frenado de más de 100 kg. por tonelada y claro está que son capaces de parar el tren en cualquiera de las pendientes que pueden presentarse en una vía férrea. En trenes de mercancías que sólo llevan unos cuantos vagones con freno ya aparecen valores de R_f que son más pequeños y puede darse el caso que $(R_m + R_f)$ sea muy poco superior al valor absoluto de la inclinación de una pendiente, en cuyo caso los valores de f_a son pequeños y por lo tanto muy largo el espacio necesario para una parada.

El cálculo de un frenado está expuesto a errores aparentes porque un tren al que le hayamos calculado un espacio mínimo necesario para su parada desde una velocidad determinada, puede resultar que se pare antes y en menor espacio recorrido. La contradicción de la teoría con la práctica sólo parecerá evidente al que no entienda la primera; aquí ya se ha dicho que se tomaba coeficiente de adhesión $^1/_{10}$ como a valor de seguridad y desde luego que el estado de la vía permite mucho más en la mayoría de los casos; ya se ha indicado que la seguridad debía ser la norma que rija los cálculos de frenado.

§ 14º *Consideraciones complementarias.* — Ya está explicado el procedimiento para calcular itinerarios tan exactos como se quiera; resulta de una rapidez grande que sólo se demuestra al hacer la aplicación a los casos prácticos. Puede parecer complicado el sistema, por la dificultad de explicarlo claramente fundamentando al mismo tiempo las suposiciones y procedimientos; si tiene alguna extensión este trabajo es precisamente para que queden los menos detalles posibles sin explicar y no encuentre dificultades el que quiera aplicarlo a la resolución de estos problemas de marcha de los trenes.

—Se debe hacer presente que los itinerarios que se calculen son los mínimos, es decir: los que pueda hacer la locomotora aprovechando toda su potencia; para que estemos seguros que un itinerario pueda hacerse en la práctica, es muy conveniente que a la curva representante del esfuerzo de la máquina en función de la velocidad le multipliquemos sus ordenadas por un coeficiente menor que la unidad; con esto resultarán unos valores más bajos para F_t y en los itinerarios que resulten quedará un margen que permitirá, a un maquinista, ganar un poco de tiempo sobre la marcha calculada y adelantar cualquier retraso accidental que por la menor causa inesperada se produce a un tren.

—Tampoco debe llamar la atención el que un trayecto corto se haga en «menos» tiempo que el calculado. Las «paradojas» solamente resultan tales para los que desconocen todas o alguna de las causas porque se rige un fenómeno; la explicación en este caso está en que al calcular los «*itinerarios mínimos normales*» se ha supuesto que el nivel de agua en la caldera permanece constante. Es evidente que el «volante» de esta puede permitir un mayor gasto de vapor con el cual se adelantará marcha a la calculada con arreglo a todo lo que se ha indicado en estas líneas.

—Los fraccionamientos de la vía en cantones de 100 metros cada uno es una longitud que en los arranques sería un poco excesiva si quisiéramos una meticulosa exactitud; se podrían tomar desde luego más cortos pero conviene no olvidar que en ferrocarriles, y en general en todos los asuntos que por su complejidad dependen de varias causas, vale más tener en cuenta lo principal de todas ellas y en la proporción que verdaderamente interesa, que no perder el tiempo al querer afinar algunas mientras hay otra u otras cuya variabilidad sólo permite un cierto límite de aproximación. ¿Tendría alguna importancia querer buscar el valor de f_a cada 10 metros por ejemplo, sabiendo que una pequeña diferencia en la calidad del carbón empleado, o en el estado de la máquina o incluso en el del tiempo atmosférico implican más variación de la que tiene el cálculo tal como se ha indicado y la realidad? Evidentemente debemos contestar que no.

—Referente al frenado se debe decir algo más, que desde luego supliría el criterio del operador aun que no se explicase. La parada de un tren debe hacerse en un punto determinado de la vía (que sin error podremos suponer que coincide con un final de cantón). Si empezamos a frenar en un sitio arbitrario, podrá resultar que la velocidad del tren llegue a *cero* un espacio antes o después del prescrito para la parada; claro está que de la misma manera que el maquinista de un tren gradua su freno para parar exactamente en el sitio señalado, igualmente el operador teórico podrá usar de la aceleración de frenado que quiera con tal de que no sea superior a la máxima de que podemos disponer. En aquel caso no haríamos el frenado *máximo normal* y el tiempo empleado para la parada resultaría mayor del estrictamente necesario.

Hay el siguiente procedimiento para calcular un frenado *máximo normal* y parar en el sitio previsto. Si suponemos que el tren a partir de una velocidad cualquiera queda frenado al máximo normal, es evidente que hará una marcha retardada hasta pararse; si la fuerza retardadora suponemos que actua de aceleradora y en sentido inverso, podríamos con ella hacer retroceder el tren una vez parado y aumentaría de velocidad hasta llegar a la que tenía al empezar el frenado. En este principio nos apoyaremos cuando queramos exactitud mayor que lo corriente.

Supondremos el tren parado en la estación o sitio en que le queramos parar y sujeto a una fuerza f_a aceleradora que sea precisamente igual al esfuerzo de frenado que dispondríamos en este sitio aplicando la fórmula (7); construiremos los triángulos rectángulos auxiliares como ya se ha explicado suficientemente en los párrafos 12 y 13 y así formaríamos un itinerario hasta llegar a la velocidad que llevará el tren cuando se dirija *hacia* la estación de referencia. Al calcular la marcha desde la estación de partida a la citada de término ya sabremos el itinerario correspondiente al frenado y por lo tanto sólo calcularemos el de la marcha normal hasta encontrarnos con el calculado para el frenado inverso.

Se debe hacer presente que lo más práctico en los frenados, es contar un minuto para la parada de los trenes de viajeros y dos para los trenes que no tengan freno «continuo». Así la marcha se calcula sólo hasta que falten 400 metros por ejemplo para llegar a la estación de parada y el resto se deja para el frenado, contado en la forma que se acaba de indicar; los tiempos que resultarían al aplicar el *frenado máximo* a un tren de viajeros que marchase a 60 km. h. en horizontal, no pasarían de $^1/_4$ de minuto pero en la práctica sólo se usa el frenado máximo en caso de peligro pues las reacciones son molestísimas para el viajero, y además se destruiría muy pronto el material.

—Otra de las cosas que se ha supuesto es que sólo había variaciones de perfil en los principios de cantones. Esto puede no ser exacto puesto que hay vías muy accidentadas cuya inclinación varía a cada momento; para estos casos está el buen criterio que sepa escoger por simple apreciación, el perfil ficticio que debe substituir al real de los carriles; el error puede ser muy pequeño aun en los casos de vías más accidentadas.

—Por fin una última observación que es interesante dejar bien sentada. Se presenta con el llamado «Itinerómetro», un gráfico *permanente y único* que puede servir para estudiar con facilidad y rapidez, al mismo tiempo que con suficiente exactitud, cualquier problema relacionado con la marcha de los trenes. Aun cuando que como a resultado de experiencias que se hagan con el tiempo, se llegue a la conclusión de que no son ciertas y exactas las relaciones de que nos valemos hoy día para establecer los valores de los esfuerzos de una locomotora en función de la velocidad de marcha y los de las resistencias a la misma, permanecerá con su actualidad el gráfico de las páginas (74 y 75) llamado «Itinerómetro» gracias a que este se apoya sólo en las leyes generales del movimiento, sólidamente establecidas, y es independiente de los valores que demos a los términos de la llamada «Ecuación de la Marcha» presentada en la fórmula (1) de un modo general y adaptada luego a las (6) y (7) que permiten su mejor aplicación a los casos prácticos.

Como a nota, más que como a observación, debe hacerse constar que cuando en las velocidades que va tomando el tren se llega a la máxima compatible con la seguridad o fijada como a límite por cualquier causa que sea, debemos despreciar el esfuerzo acelerador sobrante y suponer lo que pasará en la realidad, el maquinista cerrará un poco el regulador en estos casos para no pasar de las velocidades límites admitidas. Hágase una poca práctica en el uso del «Itinerómetro» y se reconocerá seguramente su facilidad de aplicación al mismo tiempo que la exactitud de sus indicaciones, si se toman con cuidado los datos correspondientes a los valores de los términos de la ecuación de la marcha. La rapidez con que se resuelven estos problemas es otra cualidad que hay que reconocer al sistema presentado.

El supuesto que se planteaba en el enunciado de esta monografía, ha quedado resuelto por medio del itinerómetro; no hay nada más que añadir de momento aún cuando no se ha tratado el problema inverso que puede plantearse en esta otra forma: Dado un itinerario, un perfil de vía y una locomotora, fijar a priori la carga máxima remolcable. Tal vez otro día nos ocuparemos de esta otra fase del asunto; hoy por hoy sólo nos ha preocupado el problema directo y mas teniendo en cuenta que con un tanteo del mismo puede llegarse indirectamente a resolver el caso que se acaba de exponer.

§ 15º *Idea de un aparato que pueda resolver mecánicamente el cálculo de las marchas.* —Estos párrafos finales serán para dar idea de lo que podría ser un aparato que mecánicamente nos calculase los itinerarios; más que de utilidad real serán complemento curioso de la primera parte que podríamos llamar aplicación técnica. Sígase la explicación en el esquema que se presenta en la figura 11 de un modo solo croquizado y como primer anteproyecto.

El aparato mecánico estaría formado, como elemento esencial, por un doble cilindro de eje horizontal (1) el cual vendrá a representar la masa de la tonelada de tren a una escala sobre la cual daremos alguna indicación que demuestre la posibilidad de lograr la equivalencia deseada con unas dimensiones del rodillo que sean compatibles con las medidas de lo que puede ser un aparato de laboratorio experimental.

Este doble cilindro debería estar dispuesto para girar alrededor de su eje, el rozamiento debería ser tan pequeño que se pudiese despreciar. En su rotación arrastraría, por esfuerzo tangencial, a una tira de papel (2) en la que se habría dibujado el perfil de vía con todos los detalles que interesan a la marcha, todo ello a escala conveniente que podríamos fijar a priori en $^1/_{10000}$. Cada km. de vía ocuparía pues 10 cmts. de papel.

El cilindro debería recibir un esfuerzo motor que le obligase a girar y que fuese proporcional al que da la máquina a cada tonelada de un tren completo; podemos decir que este esfuerzo representaría para el rodillo, lo que el valor F_t a la tonelada de la realidad. Por otra parte deberíamos dar al doble cilindro otra serie de esfuerzos que se opusiesen a su rotación y que fuesen la representación de los distintos términos R que intervienen en la «Ecuación de la Marcha»; todos ellos, desde luego, a la escala conveniente que exigiese las medidas del aparato y especialmente la masa de giración del rodillo.

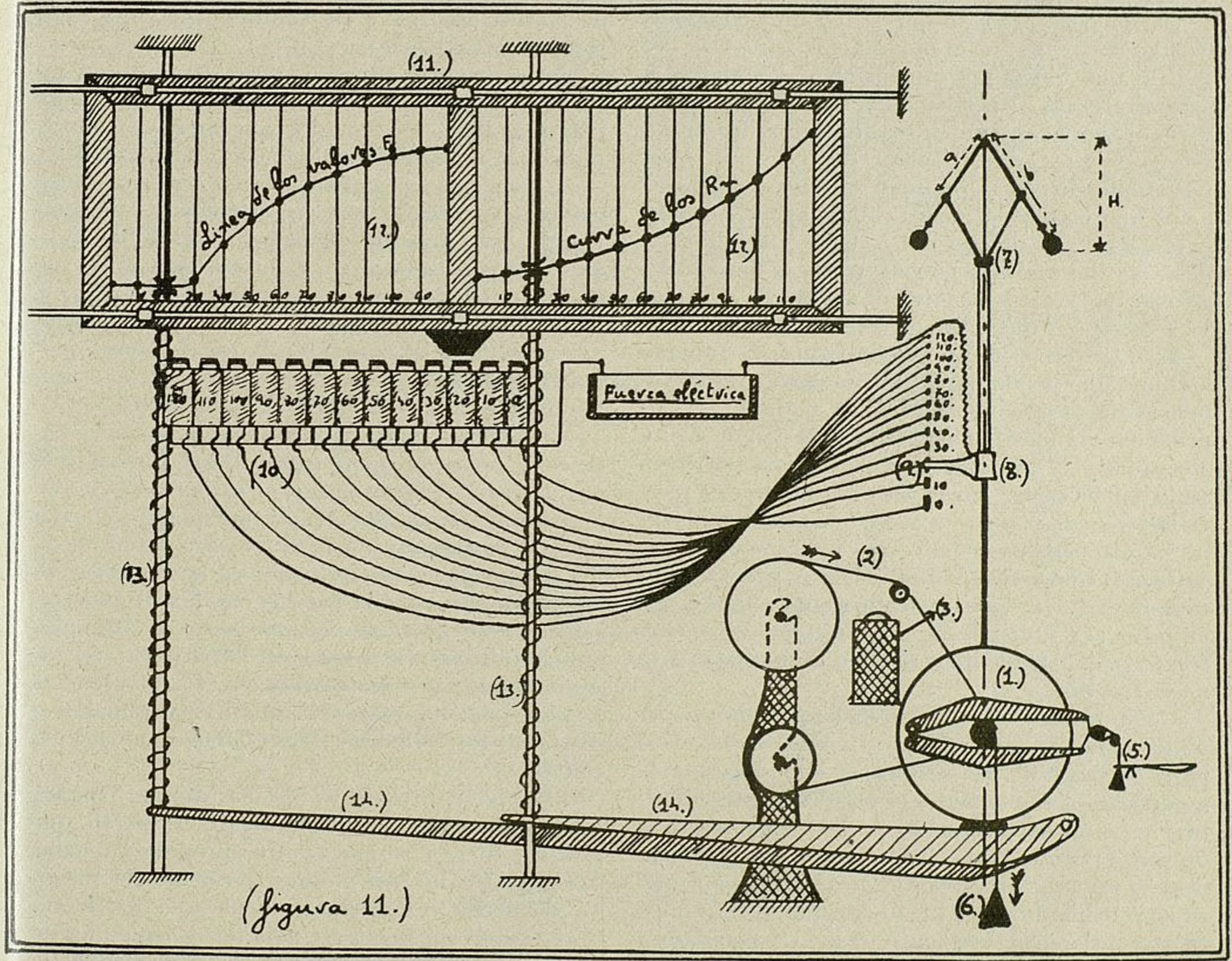
Este órgano esencial del aparato estaría sometido a las mismas fuerzas que la tonelada del tren real y por lo tanto aparecería automáticamente su valor f_a que sería el que haría variar la velocidad de rotación del doble cilindro con un movimiento variado, en todo comparable al de la realidad.

El operador pondría en marcha el aparato haciendo que todas las fuerzas actuasen sobre el rodillo. Este empezaría a girar y arrastraría la cinta del perfil (movimiento relativo exactamente comparable al de las ruedas del tren y los carriles de la vía); aquel pasaría por debajo de una aguja (3) combinada con un mecanismo de relojería (4) que marcase un punto, en la cinta de papel, por cada minuto y medio minuto transcurrido. Esta aguja nos podría indicar además el punto de perfil en que estamos situados.

El único cuidado del que trabajase con el aparato sería seguir el perfil de la vía para hacer intervenir los accidentes de la misma usando de unas palancas adecuadas (5) que luego se explicarán y que tuviesen por objeto actuar como esfuerzos resistentes representantes de los términos R_o, $\pm R_i$ y R_f a las escalas convenientes.

Veamos que con unas dimensiones corrientes para el rodillo (1) podremos escoger una escala adecuada entre las fuerzas que realmente actuen sobre la tonelada de tren y las equivalentes ejerciendo su acción en el doble cilindro. Supongamos que este reciba movimiento de rotación en virtud de un hilo arrollado al mismo y del que penda un peso (6). *Debemos buscar cual debe ser este, para que haga al rodillo el mismo efecto que un kg. a la tonelada de tren.*

El esfuerzo de 1 kg. actuando sobre la masa de 1 Tn. produce una aceleración de $a = \frac{f}{m} = 0'981$ centímetros″ por lo tanto si el tren parte del reposo, el camino recorrido al final del primer segundo será de 0'4905 cm. Se ha indicado que el perfil de vía se reducía a escala de $^{1}/_{10000}$ de modo que si suponemos que la tira de papel representante del mismo es arrastrada por la super-



(figura 11.)

Sea aquel una pieza metálica formada por dos cilindros unidos por sus bases y situados en un mismo eje horizontal; el mayor que tenga como a primer tanteo 100 cm. de diámetro × 20 cm. de grueso y el otro 1 cm. de diámetro × 160 centímetros de longitud; si la densidad del metal es de 8 podremos decir que el momento de inercia de esta pieza vale:

$$I = \text{masa}_1 \frac{\text{radio}_1^2}{2} + \text{masa}_2 \frac{\text{radio}_2^2}{2} = \frac{P_1}{g} \times \frac{50^2}{2} + \frac{P_2}{g} \times \frac{0'5^2}{2} = 1.600,000'128 \text{ cm.}^5$$

; esto por un lado.

ficie exterior del cilindro pequeño resulta que la velocidad angular del rodillo al final del primer segundo debe ser:

$$\omega = \frac{\text{Velocidad periférica}}{\text{radio}} = \frac{0'0000981}{0'5} = 0'0001962$$

La fuerza viva que tendrá el doble cilindro al finalizar el primer segundo valdrá:

$$\frac{I\omega^2}{2} = \frac{1600000'128 \times 0'0001962^2}{2} = 0'0308 \text{ kg. cm.}$$

Esta fuerza viva la comunicamos al rodillo gracias al trabajo de un *peso X* que pende de un hilo arrollado a la periferia del cilindro pequeño y que recorre por lo tanto 0'00004905 cm. Podremos escribir X × 0'00004905 = 0'0308 de donde el valor X será de:

$$X = \frac{0'0308}{0'00004905} = 630 \text{ gr.} = 0'63 \text{ kg.}$$

(suponemos en esta primera aproximación que la inercia del peso a moverse él mismo, no tiene importancia).

Queda pues probado que si del hilo colgamos 0'63 kg. se acelerará el movimiento giratorio del rodillo que tenga las dimensiones calculadas y éste arrastrará al perfil con aceleraciones 10.000 veces menores que en la realidad produce el esfuerzo de 1 kg. a la tonelada de tren; los tiempos empleados en la realidad serían pues iguales a los que emplea el perfil dibujado en la cinta para pasar por debajo del rodillo. Variando las medidas del rodillo, encontraríamos desde luego otra equivalencia entre el kg. de la realidad y el peso (6) que haga el mismo efecto.

Este peso representa en el aparato, el esfuerzo máximo que puede dar la locomotora a cada tonelada de tren; como que en la realidad se suprime en algunos momentos el esfuerzo de la locomotora y el tren continua su marcha por inercia, se debe poder hacer esto mismo con el peso de referencia y esto se logra colgándolo de un hilo (que pese poco para que no falsee los resultados) que será arrollado a la garganta (rectangular) de una polea puesta a continuación del cilindro (1) y dispuesta de modo que se pueda frenar repentinamente esta sin que se pare ni frene el rodillo.

Como que el esfuerzo de una locomotora disminuye con la velocidad, tal como se ha visto para el valor de F_t, resultaría que deberíamos modificar continuamente el peso colgante del hilo y esto no sería muy fácil. Podemos valernos de otro artificio que consiste en dejar constante el peso inicial, correspondiente al esfuerzo F_t para la velocidad cero y luego dar al rodillo un esfuerzo resistente, creciente, con la velocidad, a fin de que (F_t inicial) - (esfuerzo resistente introducido) fuese la representación, en cada momento, del valor real de F_t.

Esto se consigue con el mecanismo croquizado en la figura 11 que consiste en que el rodillo al girar, hace rodar un regulador de bolas (7) cuya masa de inercia a girar se debe descontar de la del primero y se debe procurar que varíe lo menos posible al abrirse las bolas. El manguito (8) del citado regulador lleva un contacto (9) que actua sobre una serie de «rélais» (10) (uno para cada velocidad) cuyo oficio es mover un doble cuadro (11) dejándolo a una posición fija para cada velocidad; este cuadro ofrecería desde luego una cierta resistencia a moverse.

Cada cuadro lleva una serie de varillas verticales (12) graduadas, en las que desliza un cursor por el que puede hacerse pasar un fleje metálico que materializará una línea curva que nosotros queramos y que dependa de la variación de F_t con la velocidad para el cuadro de la izquierda y de la de R_m para el de la derecha.

Frente a cada cuadro hay una varilla (13) fija al aparato y a lo largo de las mismas puede deslizar otro cursor que encaja además en el borde de los flejes acabados de citar; al desplazarse transversalmente el doble cuadro, los cursores de las dos varillas fijas subirán y bajarán a lo largo de las mismas.

Estos cursores, cuando suben, tiran de un resorte cuyo otro extremo va fijo a una palanca (14) que lleva un frotador que apoya en el cilindro; se comprende que puede calcularse el resorte para que sus deformaciones longitudinales hagan determinado esfuerzo de frenado y se comprende que el cuadro del lado izquierdo del croquis nos pueda dar por ejemplo los valores de F_t (combinándolo con el efecto del peso fijo) y el cuadro de la derecha nos dé los que correspondan al valor de R_m; ambos a la escala conveniente para que las aceleraciones del rodillo sean proporcionales a las que toma la T_m de tren.

Ya tenemos pues explicado como se hacen intervenir sobre el doble cilindro las fuerzas que en la realidad representan el esfuerzo de la locomotora y la resistencia al movimiento; faltan los que representan la inclinación y forma de la vía. Como que estas se traducen en un esfuerzo constante mientras el tren no cambia de rasante, pueden representarse con una serie de palancas con frotadores que apoyen en la periferia del rodillo creando una resistencia cuyas equivalencias hemos visto ya que son calculables para unas medidas de los cilindros presentadas como primer tanteo.

Para hacer el efecto de una rampa, bastará apretar la tecla correspondiente al perfil que marque el ‰ y se mantendrá apretada mientras la aguja (3) no nos indique variación de rasante. Se deben comprobar a menudo si los frotadores están en buenas condiciones para que su efecto sea constantemente el indicado por la tecla que lo gobierna.

Las pendientes serán menos fáciles de hacerlas intervenir pero hay un sistema para solventar la dificultad que se presenta de primera intención. Una pendiente quiere decir disminución de resistencia y por lo tanto si corrientemente tenemos una serie de palancas que rocen con el rodillo y estén apretadas cada una de ellas con una fuerza diferente, al levantarlas se notará el efecto igual que el que hace una pendiente.

Hay pues dos series de palancas; unas para representar los frenados, rampas y curvas, que introducen resistencia al movimiento del rodillo cuando se las aprieta; otras para representar las pendientes que quitan resistencia cuando se las pulsa. Con ambas series de palancas se deben poder obtener todos los valores que pueden presentarse de 1 a 130 kg. por tonelada para las primeras y de —1 a —30 para las segundas.

El conjunto de las segundas palancas hacen una resistencia al movimiento del rodillo y se debe compensar con un peso suplementario al motor y que tenga el valor justo para vencer no solamente la resistencia de todas estas teclas de pendientes sino también la que presentan los engranajes del regulador de bolas y las demás resistencias accidentales que se oponen a la rotación del rodillo.

Muy frecuentemente se deberían comprobar las palancas para tener la seguridad de que hacen el efecto que se espera de ellas; la fiscalización es muy sencilla teniendo presente lo que representan. La palanca que por ejemplo represente 2 kg. de resistencia, se comprobará al colgar la equivalencia de este peso en el platillo (6) de las pesas motores y al apretar la tecla de referencia; el rodillo debe mantenerse en equilibrio sin empezar su movimiento si está parado ni sin variar la velocidad de su movimiento si se le da una velocidad inicial. El peso que equilibra las palancas de pendientes y resistencias propias del aparato, es fácil calcularlo experimentalmente por este procedimiento y controlar que mantiene exactamente su valor adecuado cada vez que se usa del aparato.

Con estas líneas queda descrito lo que podría ser un mecanismo para calcular automáticamente los itinerarios, se podría construir amoldándose al esquema detallado, aun cuando se comprende que debería costar una serie de pruebas experimentales que serían las que fijarían las medidas definitivas y la clase de materiales más convenientes para su regular funcionamiento. Otros detalles complementarios se deberían tener en cuenta pero sería cuestión de resolverlos en la construcción del «itinerógrafo mecánico» que no parece ya tan necesario teniendo el procedimiento teórico gráfico que se ha detallado en este trabajo y que resuelve con rapidez y exactitud los problemas que pueden presentarse al estudiar la marcha de los trenes.

José Prats Tomás
Ingeniero industrial en M. Z. A.

INDICE DE LOS PÁRRAFOS

§ 1.º	Introducción.—Presentación de la «Ecuación de la marcha»	pág. 65
§ 2.º	Valor del término F_t	» 65
§ 3.º	Valor del término R_m	» 67
§ 4.º	Valor del término R_c	» 68
§ 5.º	Valor del término R_i	» 69
§ 6.º	Valor del término R_l	» 69
§ 7.º	Valor del término f_a	» 70
§ 8.º	Suposiciones que deben introducirse al movimiento real del tren	» 71
§ 9.º	Presentación de dos nuevas formas de la "Ecuación de la marcha"	» 72
§ 10.º	Explicación del proceso a seguir para calcular un itinerario	» 72
§ 11.º	Itinerómetro, su construcción y aplicación	» 73
§ 12.º	Aplicación del itinerómetro al cálculo de la marcha normal del tren	» 76
§ 13.º	Aplicación del itinerómetro al cálculo de los frenados	» 78
§ 14.º	Consideraciones complementarias	» 78
§ 15.º	Idea de un aparato que pueda resolver mecánicamente la cuestión	» 80

BIBLIOGRAFIA

Editado por los importantes «Establecimientos Ph. Bonvillain & E. Ronceray, de Choisy-le-Roi (París), hemos recibido un interesante folleto en el que se describen de modo claro y con profusión de grabados, los aparatos más modernos que se emplean hoy en las fundiciones para los trabajos de fusión y colada. Agradecemos el envío.

Tablas logarítmicas para Químicos, Farmacéuticos, Médicos y Físicos, por el Prof. Dr. F. W. Kuster T., adaptadas por el Dr. A. Thiel y traducidas por el Dr. C. Sana Sarrate.—Manuel Marín, Editor, Barcelona. 1925.

Sabido es que en el campo de los análisis químicos y determinación de los pesos moleculares, el cálculo y su exactitud son factores esenciales para la fijación de las consecuencias que de cada análisis se derivan.

A ello tiende el presente libro, que facilita notablemente todas las operaciones, por estar todo destinado al fin exclusivo que encabeza el libro.

Contiene:

I. Pesos atómicos de los elementos y logaritmos respectivos.—II. Pesos atómicos de los elementos más importantes y logaritmos respectivos, multiplicados por 1 hasta 6.—III. Múltiplos superiores de algunos pesos atómicos y logaritmos respectivos.—IV. Pesos y logaritmos respectivos de las moléculas, grupos atómicos, y equivalentes más frecuentemente usados.—V. Múltiplos y logaritmos de algunos pesos de moléculas y grupos atómicos.—VI. Tabla para calcular los análisis.—VII. Determinación volumétrica del nitrógeno y de otros gases. Tabla de reducción de gases. Tabla auxiliar.—VIII. Determinación volumétrica de los gases más importantes.—IX. Determinación volumétrica de substancias que desprenden gases.—X. Cálculo de análisis indirectos.—XI. Determinación de pesos moleculares.—XII. Determinación gravimétrica de volúmenes. Tabla auxiliar. —XIII. Solubilidad a 15º de algunas substancias importantes.—XIV. Pasos específicos y normalidad de algunas substancias. Preparación de soluciones normales, partiendo del peso específico.—XV. Puente de Wheatstone. Logaritmos de los valores a: (1000-a) para variaciones de a de 1 a 999.—XVI.—Constantes electroquímicas.—XVII.—Tabla aerométrica.—XVIII. Unidades de medida, y símbolos de fórmulas.—XIX. Cálculo de errores.—XX. Cálculo por igualación.—XXI. Unidades de uso frecuente, constantes y valores numéricos corrientes.

Aclaraciones a las tablas precedentes: Mantisas de cinco cifras de los logaritmos vulgares de todos los números de cuatro cifras comprendidos entre 1000 y 9999, con las partes proporcionales correspondientes.—Mantisas de cuatro cifras de los números de tres cifras comprendidos entre 100 y 999.—Apéndices.

Es un libro de uso constante para los dedicados al análisis, y que del mismo han hecho una profesión. J. I. M.

CRÓNICA DE LA AGRUPACIÓN

Peritajes forenses

En varias ocasiones nuestra Asociación ha protestado de que con todo y no estar creado el cargo de ingeniero industrial forense, de hecho actúen como tales unos compañeros nuestros, sin que ninguna razón de orden legal ni de pública conveniencia venga en defensa de este monopolio.

A raíz de la catástrofe ocurrida en el ferrocarril eléctrico de Las Planas, que tantas vidas ha costado a la ciudad, el Juzgado a quien correspondió la práctica de las diligencias del caso, designó como peritos para intervenir como tales en las mismas, precisamente a los mismos individuos de referencia, y ante el hecho la Junta Directiva de la Asociación estimó que debía nuevamente insistir sobre el asunto, y al efecto visitó al señor Presidente de la Audiencia para exponerle sus dudas de que se cumpla la ley cuando se trata de designar peritos ingenieros industriales, y para ponerle de manifiesto las conveniencias de que tales designaciones sean intervenidas por la Asociación, quien, dado su carácter de corporación oficial y contando como socios a la casi totalidad de los ingenieros industriales de Barcelona, se halla plenamente capacitada para designar en cada asunto especial al más competente, estableciendo normas siempre de acuerdo con el Poder público, que ofrezcan las máximas garantías.

El señor Presidente de la Audiencia prestó la mayor atención a cuanto le manifestó la Junta Directiva, y pidió que fuera ello reproducido por escrito, a fin de estudiarlo con el mayor detenimiento y poder resolver con toda justicia.

Tendremos ocasión de insistir sobre el particular.

El Excmo. Sr. Marqués de Comillas

El 18 de Abril último falleció en Madrid nuestro socio honorario don Claudio López Brú, segundo Marqués de Comillas.

Su nombre va unido a la historia de las más importantes empresas llevadas a cabo en España, durante los años de su vida.

Espíritu organizador, carácter enérgico, alma de temple de tenaz voluntad, dejó en todas sus obras la traza de su intervención.

La Industria española debe a su actividad incalculables beneficios. Comprendiéndolo así, nuestra Asociación le había nombrado socio honorario, rindiendo de esta manera homenaje a sus grandes merecimientos.

La Asociación de Ingenieros Industriales de Barcelona se honra expresando desde estas columnas su profundo y sincero pesar por la muerte de tan esclarecido español.

¡Descanse en paz el ilustre prócer!