



AÑO LXXII

MADRID.—MAYO DE 1917.

NÚM. V

Los problemas de tracción con los nuevos tipos de locomotoras.

El estudio de los problemas de tracción en vías férreas con locomotoras de características conocidas, y el cálculo de estas últimas para que la máquina responda a necesidades del servicio fijadas de antemano, presenta en la práctica bastantes dificultades. En primer término, el empirismo y el dato experimental se imponen en cuestiones de esta índole, y la misma diversidad de fórmulas para determinar la resistencia de los trenes en marcha, ofrece al ingeniero numerosas dudas y vacilaciones en su elección, justificadas por las diferencias entre los resultados que se obtienen al aplicar una u otra de aquéllas, a un tipo de locomotora diferente de la que sirvió de base para establecerlas.

A fin de concretar lo que se relaciona con problemas tan interesantes, he procurado reunir algunos datos y estudiar los procedimientos que se emplean corrientemente en su resolución, para darlos a conocer a los lectores de esta *Revista*. En este artículo sólo he de ocuparme de la formación de los cuadros de cargas, haciendo aplicación a las modernas locomotoras, que hoy se utilizan en la explotación de nuestras líneas férreas más importantes.

Es mi objeto hacer una exposición metódica de la marcha que puede seguirse en la mayor parte de los casos, pero debo advertir que la fór-

mula, el dato práctico y, en una palabra, el detalle del procedimiento, no es ni puede ser preceptivo ni general. Cada tipo de máquina está afecto a un servicio que le es peculiar; a todas y a cada una de ellas debieran aplicarse fórmulas especiales para determinar con mayor exactitud las resistencias que se oponen al movimiento; pero ante la imposibilidad de realizar experiencias tan numerosas como las que corresponderían a los diferentes casos de la práctica, no hay más remedio que someter al mismo detalle de cálculo a todas aquellas máquinas que reúnen condiciones análogas y prestan el mismo o parecido servicio.

1.—La resistencia de los trenes en marcha.

Al movimiento de los trenes se oponen varias resistencias que es necesario vencer para ponerlos en marcha, para hacerles adquirir una velocidad determinada, y para conservarla durante la mayor parte del trayecto recorrido entre dos puntos consecutivos de parada. Estas resistencias son de dos clases diferentes: unas, que obran de un modo permanente en las alineaciones rectas y rasantes horizontales, son debidas al rozamiento de las manguetas de los ejes con los cojinetes de las cajas de grasa, a la acción del aire en reposo y a la resistencia a la rodadura; otras ejercen su acción de un modo accidental y se deben a la inercia, en la arrancada y en todos aquellos puntos del trayecto en que se intenta acrecentar la velocidad, a la acción de la gravedad en rampas y pendientes, a la acción de las curvas, sobre todo si son de pequeño radio, a la influencia del viento, que se opone o favorece a la marcha y, por último, a los mismos movimientos perturbadores de la máquina y muchas más causas imposibles de precisar exactamente.

El conocimiento de la intensidad con que obra cada una de estas resistencias es necesario para calcular el esfuerzo de tracción que ha de vencerlas, y si este último tiene un valor máximo dependiente de las características de la máquina, para llegar a calcular las cargas útiles que podrán remolcarse en cada una de las secciones de carga en que la línea se divide.

Todas estas resistencias se agrupan en la práctica de la manera siguiente:

1.º *Resistencias que se oponen al movimiento del tren en marcha, en rasante horizontal y alineación recta.*— Dentro de este grupo quedan comprendidas las permanentes y algunas accidentales, prescindiendo de las debidas a la inercia, que estudiaremos en último lugar, y teniendo en cuenta ahora, solamente, las circunstancias que influyen en el movimiento del tren a la velocidad uniforme y efectiva de marcha.

2.º Resistencias accidentales debidas a la acción de la gravedad en rampas y pendientes

3.º Resistencias accidentales que ofrecen las curvas.

1.º RESISTENCIA EN HORIZONTAL Y ALINEACIÓN RECTA.—La representamos por r_h , expresándola en kilogramos por tonelada. Los valores medios que he calculado para trenes completos, es decir, incluyendo la máquina y ténder, son los que figuran a continuación en la tabla I, en la que V representa la velocidad efectiva en kilómetros por hora (1). La tabla II da las resistencias en vías de 1 metro de anchura, deducida de la fórmula de Fink:

$$r_h = 2,6 + 0,0003 V^2.$$

TABLA I

Resistencias en vías de ancho normal en horizontal y alineación recta.

Velocidades V — Kilómetros por hora.	Trenes de viajeros y mercancías. r_h — Kilogramos por tonelada.	Trenes rápidos. r_h — Kilogramos por toneladas.
20	2,80	2,60
30	3,25	2,80
40	3,85	3,10
50	4,65	3,50
60	5,65	4,00
70	6,80	4,55
80	8,10	5,20
90	9,60	5,95
100	11,30	6,75

(1) Los números que contiene la segunda columna de esta tabla, se han obtenido tomando la media aritmética aproximada de los valores que dan las fórmulas

$$r_h = 2,4 + \frac{V^2}{1300} \quad \text{y} \quad r_h = 2,5 + \frac{V^2}{1000}$$

debidas a Clark y Fink, respectivamente, y aplicables a trenes ordinarios de viajeros y mercancías.

Los números de la columna tercera son el resultado de aplicar la fórmula

$$r_h = 2,4 + \frac{V^2}{2300}$$

que se emplea para trenes rápidos con carruajes del tipo americano.

TABLA II

Resistencias en vías de 1 metro de anchura en horizontal y alineación recta.

Velocidades V , en kilómetros por hora.	10	15	20	25	30	40
Valores de r_h en kilogramos por tonelada.	2,63	2,70	2,72	2,80	2,90	3,10

2.º RESISTENCIA EN RAMPAS Y PENDIENTES.—Expresada en kilogramos por tonelada tiene por valor:

$$r_i = \pm i \text{ kilogramos} \quad [1],$$

siendo i el número de milímetros por metro que define la inclinación de la rasante, tomado con el signo más o el menos según se trate de una rampa o de una pendiente.

3.º RESISTENCIA EN LAS CURVAS.—Representándola por r_c , su valor aproximado en kilogramos por tonelada y en función del radio ρ metros de la curva, puede calcularse por las fórmulas siguientes:

$$\text{En vías de ancho normal} \dots\dots\dots r_c = \frac{650}{\rho} \quad [2].$$

$$\text{En vías de 1 metro de anchura} \dots\dots\dots r_c = \frac{400}{\rho - 20} \quad [3].$$

Las tablas III y IV, que figuran a continuación, contienen los resultados obtenidos al aplicar las fórmulas anteriores.

TABLA III

Resistencia en curva y vías de ancho normal.

Radio ρ en metros.	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000
Valores de r_c en kilogramos por tonelada	2,60	2,16	1,86	1,62	1,30	1,08	0,95	0,81	0,72	0,65

TABLA IV

Resistencia en curva y vías de 1 metro de anchura.

Radio ρ en metros.	80	100	120	130	140	150	160	170	180	190
Valores de r_c en kilogramos por tonelada	6,67	5,00	4,00	3,64	3,34	3,10	2,86	2,67	2,50	2,35

En resumen; si se desea conocer la resistencia total en kilogramos por tonelada que corresponde a un tren de mercancías en vía ancha marchando a la velocidad de 30 kilómetros por hora, por una sección de carga en que los radios mínimos de las curvas sean de 600 metros y la rampa máxima de 10 milímetros por metro, su valor será, en virtud de lo anteriormente expuesto:

$$r_t = r_h + r_i + r_c = 3,25 + 10 + 1,08 = 14,33 \text{ kilogramos} \quad [4].$$

Si el peso del tren completo es $C = 300$ toneladas, la resistencia total que representamos por R_T será:

$$R_T = r_t C = 14,33 \times 300 = 4299 \text{ kilogramos} \quad [5].$$

Obsérvese que este valor no es otra cosa que la suma de las tres cantidades siguientes:

R_t = resistencia total del tren remolcado.

R_v = resistencia total de la máquina y tender considerados como vehículos.

R_m = resistencias pasivas del mecanismo de la máquina.

Por lo tanto:

$$R_T = R_t + R_v + R_m \quad [6],$$

expresión que conviene recordar para mayor claridad de los razonamientos que han de seguir.

2.—El esfuerzo de tracción en los cilindros, en la llanta de las ruedas motoras y en el gancho de tracción del tender. —La carga útil remolcada.

Suponiendo la marcha a velocidad constante, claro está que la resistencia total R_T que el conjunto del tren opone al movimiento y traslación a lo largo de la vía, ha de vencerse por el esfuerzo motor total, que habrá de ser igual a la expresada resistencia.

Por otra parte, *el esfuerzo útil de tracción* aplicado a la mangueta del eje motor, o lo que viene a ser lo mismo, el esfuerzo tangencial en la llanta de las ruedas motoras, ha de vencer las resistencias del tren remolcado y de la máquina y tender considerados como vehículos. Se deduce, pues, que si designamos por F_c el esfuerzo motor total o *esfuerzo indicado* en los cilindros y por F el esfuerzo útil de tracción, debe verificarse

$$F_c = F + R_m \quad [7];$$

$$F = R_t + R_v \quad [8].$$

En realidad, lo que interesa calcular es el *esfuerzo disponible en el gancho de tracción del tender*; es el esfuerzo que se utiliza para arrastrar la carga remolcada, variable con la velocidad de marcha, con la inclinación de las rampas y con los radios de las alineaciones curvas. Para calcularlo designemos por M el peso de la máquina y tender en toneladas. La resistencia total que opondrán al movimiento estos dos vehículos valdrá (párrafo 1.º):

$$r_t M = R_m + R_v$$

y el esfuerzo útil F_g que pretendemos calcular

$$F_g = F_c - r_t M = F + R_m - r_t M = F + R_m - (R_m + R_v),$$

es decir,

$$F_g = F - R_v = R_t \quad [9];$$

como debía suceder. Resulta, pues, el esfuerzo disponible en el gancho de tracción del tender igual a la diferencia entre el esfuerzo en la llanta y la resistencia total de máquina y tender considerados como vehículos.

Una vez conocido el esfuerzo de tracción en la llanta de las ruedas motoras, la carga útil C_u que puede remolcarse en condiciones determinadas de perfil, trazado y velocidad, se deduce inmediatamente por la ecuación

$$C_u = \frac{F_g}{r_t} = \frac{F_c - r_t M}{r_t} = \frac{F_c}{r_t} - M \quad [10].$$

Basta para ello conocer F_c o la relación que existe entre este esfuerzo indicado y el esfuerzo en la llanta, si este último es conocido por las características de la máquina. La relación $\frac{F}{F_c}$ oscila entre 0,8 y 0,9 en casi todas las locomotoras modernas; aceptando el valor medio 0,85 se tendrá:

$$F_c = 1,18 F \quad [11].$$

Por ejemplo: La locomotora compound de vapor recalentado 2 C 1 (notación alemana), tipo Pacífico de la casa Maffei, utilizada por la Compañía de Madrid, Zaragoza y Alicante, pesa en servicio 85,5 toneladas,

arrastra un t nder que pesa cargado 47,42 toneladas, y puede desarrollar un esfuerzo de tracción en la llanta que, aproximadamente, resulta ser de 8.500 kilogramos a la velocidad de 80 kilómetros por hora. Si las rampas máximas son de 10 milímetros por metro y las curvas de 800 metros de radio, el cálculo de la carga útil se hace del modo siguiente (véase párrafo 5):

$$F_c = 1,18 \times 8500 = 10030 \text{ kilogramos.}$$

$$M = 85,5 + 47,42 = 133 \text{ toneladas.}$$

$$r_i = 5,2 + 10 + 0,81 = 16 \text{ kilogramos (tablas I y III).}$$

$$C_u = \frac{10030}{16} - 133 = 493 \text{ toneladas.}$$

3.— Valor del esfuerzo medio teórico de tracción.— El peso adherente.— El rendimiento orgánico y el rendimiento comercial.

De lo que queda expuesto se deduce que es preciso conocer, además de las resistencias totales, sea el esfuerzo indicado en los cilindros, sea el esfuerzo de tracción en la llanta y la relación que existe entre uno y otro. El esfuerzo útil de tracción depende en realidad de la velocidad efectiva de marcha, como se verá más adelante, pero es corriente incluir entre las características de las máquinas un *valor medio teórico de dicho esfuerzo* que, la mayor parte de las veces, la locomotora no tiene necesidad de desarrollar, aun estando dotada de la potencia suficiente para ello. La fórmula que expresa su valor suele hacer referencia al esfuerzo tangencial en la llanta de las ruedas motoras, pero no está de más consignar que en este punto se observa alguna confusión en prontuarios, tratados de ferrocarriles y hasta en revistas técnicas. Corrientemente se hace mencisi n de estos esfuerzos sin especificar a cuál de ellos se hace referencia, siendo así que unos constructores o ingenieros dan el valor del esfuerzo indicado y otros el del esfuerzo tangencial, fáciles ambos de confundir, porque la estructura de sus fórmulas es la misma, sin más diferencia que la que existe entre los coeficientes de reducción que entran en ellas.

En lo que sigue haremos uso de las notaciones siguientes:

p = presión efectiva del vapor en la caldera, presión manométrica o *t mbre*, expresada en kilogramos por centímetro cuadrado;

d = diámetro de los cilindros, en las máquinas de simple expansión, expresado en centímetros;

d_a y d_b = diámetros de los cilindros de AP y BP , respectivamente, en las locomotoras compound, expresados en centímetros;

- l = carrera del émbolo en centímetros;
 D = diámetro de las ruedas motoras en centímetros;
 F = esfuerzo útil de tracción en la llanta de las ruedas motoras, en kilogramos.

Las fórmulas que hoy se emplean entre los ingenieros para deducir los valores de F son las siguientes:

a) Máquinas de simple expansión y vapor saturado:

$$F = 0,50 p \frac{d^2 l}{D}; \text{ trenes rápidos} \quad [12].$$

$$F = 0,65 p \frac{d^2 l}{D}; \text{ trenes de mercancías} \quad [13].$$

b) Máquinas compound con dos cilindros y vapor saturado:

$$F = 0,40 p \frac{d_b^2 l}{2 D}; \text{ trenes rápidos} \quad [14].$$

$$F = 0,48 p \frac{d_b^2 l}{2 D}; \text{ trenes de mercancías} \quad [15].$$

c) Máquinas de doble expansión con cuatro cilindros y vapor saturado:

$$F = 0,40 p \frac{d_b^2 l}{D}; \text{ trenes rápidos} \quad [16].$$

$$F = 0,48 p \frac{d_b^2 l}{D}; \text{ trenes de mercancías} \quad [17].$$

d) Máquinas de simple expansión y vapor recalentado:

$$F = 0,60 p \frac{d^2 l}{D} \quad [18].$$

e) Máquinas compound con cuatro cilindros y vapor recalentado:

$$F = 0,75 p \frac{d_a^2 l}{D} \quad [19].$$

f) Locomotoras Mallet-Baldwin:

$$F = 1,2 p \frac{d_a^2 - 1}{D} \quad [20].$$

EL PESO ADHERENTE.—Las fórmulas anteriores dan un valor medio del esfuerzo teórico que puede desarrollar la máquina en buenas condiciones de funcionamiento. Este esfuerzo tractor tiene por límite máximo el esfuerzo adherente o adherencia. Si designamos por P_a el peso adherente de la locomotora, esto es, el que carga sobre todos los ejes acoplados, y por f el coeficiente de adherencia o de rozamiento resbalando, en todos los momentos de la marcha debe verificarse la desigualdad

$$F < P_a \times f.$$

No puede admitirse la igualdad de estas dos fuerzas tangenciales, pues si así sucediese, o el esfuerzo F fuera mayor que $P_a \cdot f$, esta resistencia al resbalamiento sería vencida por el esfuerzo de tracción y las ruedas patinarían, es decir, girarían rápidamente sin avanzar sobre los carriles.

Esto hay que evitarlo en el momento de la arrancada, que es cuando la máquina ha de efectuar su mayor esfuerzo para vencer las resistencias estudiadas anteriormente y la debida a la inercia, que es tanto mayor cuanto menor es el espacio en el que se pretende ganar la velocidad efectiva de marcha.

El suplemento de esfuerzo tractor r_a , expresado en kilogramos por tonelada de peso del tren completo, necesario para hacer adquirir al convoy la velocidad efectiva de V kilómetros por hora en una longitud de l metros a partir del punto de parada, se calcula por la fórmula

$$r_a = \frac{4 V^2}{l} \text{ kilogramos} \quad [21].$$

Por lo tanto, si la carga útil remolcada pesa C_u toneladas, y por M se representan las que pesa el conjunto de máquina y tender, el esfuerzo total necesario para poner al tren en movimiento y hacerle adquirir la velocidad de V kilómetros por hora, será

$$F_c = (r_t + r_a) (C_u + M).$$

El esfuerzo en la llanta puede ser

$$F = 0,85 (r_t + r_a) (C_u + M)$$

y el peso adherente de la máquina

$$P_a > 0,85 \frac{(r_t + r_a)(C_u + M)}{f} \quad [22].$$

Por ejemplo: una locomotora 2 C de simple expansión y vapor recalentado, de las que emplea la Compañía de los Caminos de hierro del Norte de España para el servicio de los trenes correos, arrancando en una estación establecida en tramo recto y horizontal con una carga útil de 270 toneladas, para llegar a adquirir la velocidad de 60 kilómetros por hora en una longitud de 1 kilómetro, debe tener un peso adherente

$$P_a > 0,85 (5,20 + 14,4) (270 + 100,6) \cdot 7 = 43220 \text{ kilogramos}$$

si el coeficiente de adherencia se supone igual a $\frac{1}{7}$. La citada máquina tiene, en efecto, un peso adherente de 45 toneladas.

La fórmula 22 es de aplicación en todos los casos de la práctica. Si se desea calcular el valor de P_a suponiendo al tren con la velocidad de marcha normal, bastará hacer en ella $r_a = 0$ y el numerador de la fracción representará la resistencia total R_T determinada en el párrafo 1, fórmula 5.

EL RENDIMIENTO ORGÁNICO Y EL RENDIMIENTO COMERCIAL.—Se llaman así, respectivamente, a las relaciones

$$\frac{F}{F_c} \quad \text{y} \quad \frac{F_g}{F_c}$$

El rendimiento orgánico varía entre 0,80 y 0,90 como ya se dijo anteriormente. El rendimiento comercial suele variar entre 40 y 68 por ciento, en las máquinas de gran velocidad, y entre 70 y 85 en las que están afectas al servicio de los trenes mercancías o mixtos de pequeña velocidad.

4.— La potencia en la llanta y la potencia indicada. La velocidad mínima.

Si representamos por v la velocidad de marcha en metros por segundo, la potencia en la llanta valdrá

$$T = F \cdot v \text{ kilográmetros.}$$

Su valor en caballos de vapor y en función de la velocidad V en kilómetros por hora, será

$$T = \frac{F V}{3,6 \times 75} = \frac{F V}{270} \text{ caballos de vapor.} \quad [23].$$

La potencia indicada valdrá, análogamente,

$$T_c = \frac{F_c \cdot V}{270} \text{ caballos de vapor.} \quad [24].$$

Si suponemos T constante, los dos factores de la potencia han de variar en razón inversa, y por esta razón, las máquinas que prestan servicio de pequeña velocidad, deben desarrollar un gran esfuerzo de tracción y estar dotadas de ruedas de pequeño diámetro, siempre que este no se reduzca de un modo excesivo, porque entonces aumenta el trabajo del rozamiento de las manguetas con los cojinetes de las cajas de grasa.

Por el contrario, las locomotoras de trenes rápidos arrastran menor carga útil, desarrollan menor esfuerzo de tracción y pueden circular a mayores velocidades, para lo cual van provistas de grandes ruedas, cuyo diámetro tampoco puede ser excesivo sin perjuicio de disminuir la estabilidad.

Prácticamente, no es posible hacer variar los dos factores de la potencia de un modo arbitrario; a ello se opone, en primer término, la limitación del esfuerzo de tracción en la llanta (párrafo 3) y en segundo lugar las dificultades de aumentar el esfuerzo sin aumentar al mismo tiempo las resistencias pasivas que disminuyen el valor del efecto útil.

Toda máquina de peso adherente P_a kilogramos, tiene un límite mínimo de velocidad de marcha. En efecto, deduciendo V de la fórmula 23 y asignando a F su valor límite $P_a \cdot f$, el límite mínimo de la velocidad será

$$V_n = \frac{270 \cdot T}{P_a \cdot f} \quad [25].$$

Si la locomotora pone en juego toda su potencia, en cuanto circule a velocidad inferior a V_n , tendrá que desarrollar un esfuerzo mayor que el esfuerzo adherente y las ruedas patinarán sobre los carriles. Esto demuestra claramente que no es posible aumentar cuanto se quiera las cargas útiles a expensas de la velocidad.

La potencia indicada, expresada en caballos de vapor, puede deducirse de la fórmula

$$T_c = 20 \sqrt{G p \left(S_h + \frac{S_t}{3} \right)} \quad [26],$$

en la cual,

G = superficie de la parrilla en metros cuadrados.

S_h = superficie del hogar en ídem id.

S_t = superficie tubular en ídem id.

p = timbre de la caldera en kilogramos por centímetro cuadrado.

El coeficiente 20 suele hacerse igual a 22 cuando las ruedas motoras tienen un diámetro mayor de 1,50 metros y el hogar es muy profundo, y suele rebajarse a 18 con hogares de poca profundidad y diámetros menores de 1,5 metros.

Aplicando la fórmula anterior a la locomotora compound de vapor recalentado, tipo 2 D (carro giratorio anterior y cuatro ejes acoplados), que emplea la Compañía de Madrid, Zaragoza y Alicante para el servicio de los trenes expresos, se tendrá:

$$P_a = 60000 \text{ kg.}; \quad p = 16 \text{ kg.}; \quad S_h = 14,67 \text{ m}^2; \quad S_t = 186,46; \quad G = 4,1$$

$$T_c = 22 \sqrt{4,1 \times 16 \left(14,67 + \frac{186,46}{3} \right)} = 1562 \text{ caballos de vapor.}$$

Y observando que la potencia en la llanta es el 80 a 90 por 100 de la potencia indicada, haremos

$$T = 0,85 \times 1562 = 1330 \text{ caballos de vapor}$$

en números redondos.

La velocidad mínima cuando el coeficiente de adherencia pueda tomarse igual a $\frac{1}{6}$ será, en virtud de la fórmula 25,

$$V_n = \frac{270 \times 1330 \times 6}{60000} = 36 \text{ kilómetros por hora.}$$

5.—La potencia en función de la superficie de calefacción total.—La ecuación característica de las locomotoras.—Los gráficos de tracción.

La potencia de una máquina está íntimamente relacionada con la potencia de vaporización que depende, como es lógico, de la mayor o me-

nor superficie de calefacción total. Esta última produce por cada metro cuadrado un número determinado de caballos indicados.

Por otra parte, la dependencia que existe entre la velocidad y el esfuerzo de tracción, se explica fácilmente desde el momento en que a mayor velocidad y con el mismo grado de admisión, tiene que aumentar el consumo de vapor por efecto del aumento consiguiente en el número de emboladas. Ahora bien, la producción no aumenta de la misma manera; pues si bien es cierto que aumenta algo por el mayor número de golpes de escape, esta producción dista bastante de compensar el creciente consumo, con lo cual resulta forzoso disminuir el grado de admisión recogiendo algo los tornillos del aparato de cambio de marcha, y como consecuencia queda disminuído el esfuerzo de tracción.

Entre este último, la velocidad y la superficie de calefacción, existe una relación determinada que nos va a permitir averiguar las condiciones prácticas del funcionamiento de la máquina. De las distintas fórmulas empíricas establecidas por los ingenieros para expresar numéricamente la dependencia entre los citados factores, voy a utilizar la propuesta por el Sr. Richter, que es por cierto de aplicación muy frecuente; nos permitirá plantear *la ecuación característica de la locomotora*, con ayuda de la cual se resuelven con gran sencillez los problemas de tracción. Sean:

S = superficie total de calefacción en metros cuadrados.

G = superficie de la parrilla en metros cuadrados.

T_c = potencia indicada en caballos de vapor. •

D = diámetro de las ruedas motoras en metros.

Las ecuaciones establecidas por el Sr. Richter, que hemos de transformar, son las siguientes:

Para máquinas de simple expansión y vapor saturado:

$$T_c = 0,9 S \sqrt{\frac{V}{D}} \quad [27].$$

Para máquinas compound con vapor saturado y simple expansión con vapor recalentado:

$$T_c = 1,15 S \sqrt{\frac{V}{D}} \quad [28].$$

La fórmula 27, por ejemplo, puede transformarse del siguiente modo, en virtud de lo anteriormente expuesto:

$$\frac{F_c V}{270} = 0,9 S \sqrt{\frac{V}{D}}$$

de donde:

$$F_c = 243 \frac{S}{\sqrt{VD}}$$

En todas las máquinas la relación $\frac{S}{G} = m$ tiene un valor numérico que suele oscilar entre 50 y 60 y que se deducirá en todos los casos de las características de la locomotora. El valor de F_c será, pues,

$$F_c = 243 m \frac{G}{\sqrt{VD}} \quad [29].$$

Análogamente se transforma la ecuación [28] en la siguiente:

$$F_c = 311 m \frac{G}{\sqrt{VD}} \quad [30].$$

Esta última es aplicable a las máquinas compound de vapor recalentado sin más que aumentar el valor de F_c en un 30 por 100, y así tendremos:

$$F_c = 405 m \frac{G}{\sqrt{VD}} \quad [31].$$

Las tres ecuaciones [29], [30] y [31] son las características de las locomotoras indicadas. Fijados, pues, los elementos de la máquina, una de estas tres ecuaciones nos permitirá deducir el valor de F_c en función de la velocidad, única variable que queda en el segundo miembro de las mismas después de sustituir a G y D por sus valores numéricos.

Para mayor claridad en la exposición del método que conduce al establecimiento de los gráficos de tracción, tomaremos como tipo una locomotora 2 C (carro giratorio delantero y tres ejes acoplados), de simple expansión, de vapor recalentado empleada en el servicio de trenes correos por la Compañía del Norte de España.

Las características de esta máquina que interesa conocer son las siguientes:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Superficie de la parrilla} = G = 2,66 \text{ m}^2 \dots\dots\dots \\ \text{Superficie de calefacción total} = S = 152,4 \text{ m}^2 \dots\dots \end{array} \right\} \frac{S}{G} = 57.$$

Timbre = p = 12 kilogramos por centímetro cuadrado.

$$\text{Esfuerzo medio teórico de tracción} = F = 0,6 p \frac{d^2 l}{D} = 8088 \text{ kilo-}$$

gramos.

Diámetro de las ruedas motoras = $D = 1,75$ metros.

Diámetro de los cilindros = $d = 0,55$.

Carrera de los émbolos = $l = 0,65$.

Peso de máquina y tender en servicio = $M = 100,6$ toneladas.

Peso adherente = $P_a = 45$ toneladas.

Con estos datos, la ecuación 30 nos dá:

$$F_c = 17727 \frac{2,66}{\sqrt{V} \times 1,75} = \frac{35454}{\sqrt{V}},$$

de la cual deduciremos los valores de F_c para cada uno de los que corres-

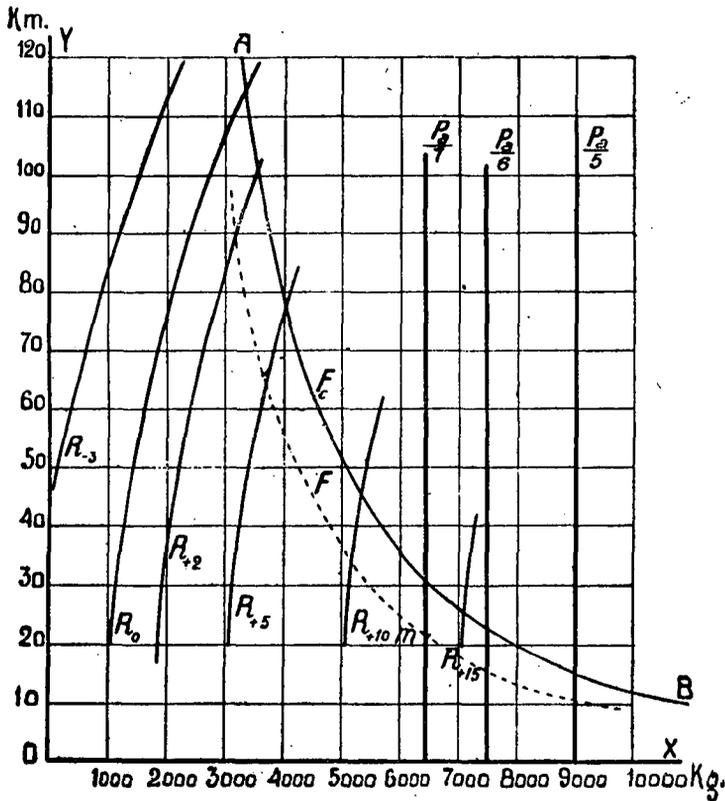


Fig. 1.—Gráfico núm. 1.

ponden a la velocidad. Así, por ejemplo, para $V = 60$, resulta $F_c = 4575$ kilogramos.

LOS GRÁFICOS DE TRACCIÓN.—Los resultados anteriormente indicados

se traducen en un gráfico que se dibuja del siguiente modo: Trácese dos ejes coordenados OY y OX (fig. 1); sobre el primero tomaremos los valores de V adoptando la escala de 1 centímetro por cada 10 kilómetros y sobre el segundo los esfuerzos de tracción F_c adoptando la escala de 1 centímetro por tonelada.

De esta manera podremos dibujar la curva AB , representativa de los esfuerzos, en función de la velocidad efectiva de marcha.

Suponiendo que la máquina haya de remolcar la carga útil $C_u = 300$ toneladas (es indiferente adoptar cualquier carga útil como se verá al

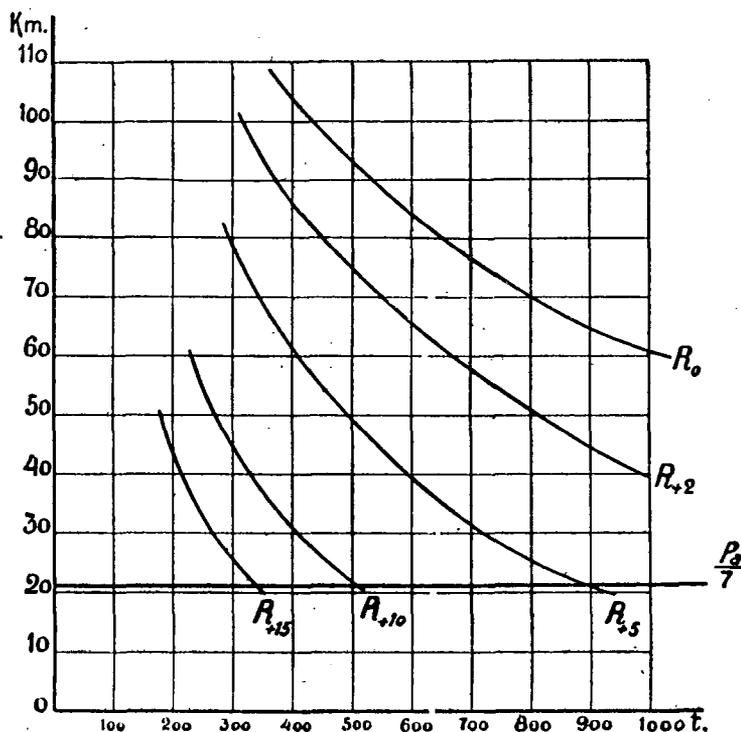


Fig. 2.—Gráfico núm. 2.

dibujar el gráfico núm. 2) el gráfico núm. 1 que estamos estudiando, nos permitirá deducir a qué velocidad y con qué inclinación de rampas se puede remolcar la citada carga y, al mismo tiempo, el esfuerzo de tracción indicado, o en la llanta, que precisa utilizar.

Para ello no hay más que dibujar las curvas representativas de las resistencias totales tomando como única variable la velocidad dentro de cada una de las secciones de carga en que la línea se divide. Supongamos

para mayor brevedad un trazado de curvas de gran radio (mayor de 1.000 metros), que nos permita prescindir de su influencia en el cálculo de las resistencias totales. La inclinación de las rasantes del perfil longitudinal son las siguientes:

Rampas de 2, de 5, de 10 y de 15 milímetros por metro.

Rasantes horizontales.

Pendiente de 3 milímetros por metro.

La resistencia total del tren a la velocidad $V = 40$ kilómetros por hora, por ejemplo, sobre una rama de 5 milímetros, valdrá (párrafo 1):

$$R_{+5} = (3,10 + 5) (300 + 100,6) = 3245 \text{ kilogramos,}$$

y a la velocidad de 50 kilómetros y en pendiente de 3 milímetros

$$R_{-3} = (3,5 - 3) (300 + 100,6) = 200 \text{ kilogramos.}$$

De esta manera se van determinando los diferentes puntos de las curvas R_0 , R_{+2} , R_{+5} , R_{+10} , ..., R_{-3} etc., que, como queda dicho, representan la resistencia total del tren dentro de cada rasante pero con diferentes velocidades.

Ahora bien, como la resistencia total debe ser en todo momento igual al esfuerzo de tracción en los cilindros, este gráfico nos indica que la carga útil de 300 toneladas puede remolcarse en rampas de 10 milímetros a la velocidad de 44,5 kilómetros, con un esfuerzo de tracción indicado de 5.300 kilogramos; que igualmente puede remolcarse en rampas de 2 milímetros a la velocidad de 101 kilómetros, con un esfuerzo de 3.600 kilogramos, y por último, en rampas de 15 milímetros siempre que la velocidad no pase de 25 kilómetros y el esfuerzo sea de 7.130 kilogramos.

Sin embargo, para que estas conclusiones sean ciertas es necesario que el esfuerzo en la llanta sea inferior a la adherencia. Será preciso trazar dos verticales que disten del eje OY las magnitudes

$$\frac{1}{5} P_a = \frac{45000}{5} = 9000 \text{ kilogramos;}$$

$$\frac{1}{6} P_a = \frac{45000}{6} = 7500 \text{ kilogramos;}$$

y claro está que la carga fijada podrá remolcarse por esta máquina siempre que el punto de intersección de las curvas $A'B$ y R_T se encuentre

situado a la izquierda de las mencionadas verticales, condición necesaria para que el esfuerzo tractor indicado sea inferior al esfuerzo adherente.

Si el coeficiente de adherencia se hubiera hecho igual a $\frac{1}{7}$, la carga de 300 toneladas no podría ser arrastrada en rampas de 15 milímetros, a menos de emplear los areneros o de aumentar el peso adherente con cajas de agua, etc., etc.

No ha de perderse de vista que la curva AB da los valores de los esfuerzos indicados; los esfuerzos en la llanta se deducen multiplicando estos últimos por 0,85, y estarán representados por la curva F , situada por debajo de la curva AB . Por esta razón los puntos de encuentro con las curvas de resistencia quedarán todavía más próximos al eje OY . Así, por ejemplo, a la velocidad de 77 kilómetros por hora puede arrastrarse la carga de 300 toneladas con un esfuerzo indicado de 4.000 kilogramos en rampas de 5 milímetros; el esfuerzo en la llanta puede variar entre 3.360 y 3.600 kilogramos, según el coeficiente de reducción que se adopte.

LAS CURVAS DE TRABAJO.—El gráfico núm. 1 no resuelve el problema de la tracción con toda generalidad; lo interesante es determinar para cada máquina cuáles son las cargas útiles que se pueden remolcar en determinadas rampas y a velocidades conocidas. Este problema queda resuelto con ayuda del gráfico núm. 2 (fig. 2), que se dibuja utilizando el gráfico núm. 1.

Recuérdese que la carga útil remolcada (fórmula 10) tiene por valor

$$C_u = \frac{F_c - r_t M}{r_t} \quad (\text{fórmula 10}).$$

Si C representa el peso del tren completo en toneladas (400,6 en el ejemplo anterior), podremos poner la fórmula 10 en la siguiente forma:

$$C_u = \frac{F_c \times C}{r_t \times C} - M = \frac{F_c C}{R_T} - M \quad [32].$$

Esto nos indica que en todos los casos obtendremos la carga útil en toneladas, dividiendo por la resistencia total (párrafo 1) el producto del esfuerzo de tracción indicado por el peso del tren completo, y restando del cociente el peso de la máquina y tender en toneladas.

En el gráfico núm. 1 se pueden medir los valores de F_c que corresponden a cada velocidad de marcha y los de R_T correspondientes dentro de cada rampa o pendiente; basta efectuar las operaciones numéricas que

indica la fórmula 32, para poder trazar las curvas de trabajo (fig. 2), con cuyo auxilio se deducen las cargas útiles en los diferentes casos de la práctica.

Por ejemplo, a la velocidad de 50 kilómetros por hora, en alineación recta y en rampa de 5 milímetros, se puede remolcar una carga útil de

$$C_u = \frac{5000 \times 400,6}{3405} - 100,6 = 487 \text{ toneladas.}$$

El número anterior nos dará un punto de la curva R_{+5} . De esta ma-

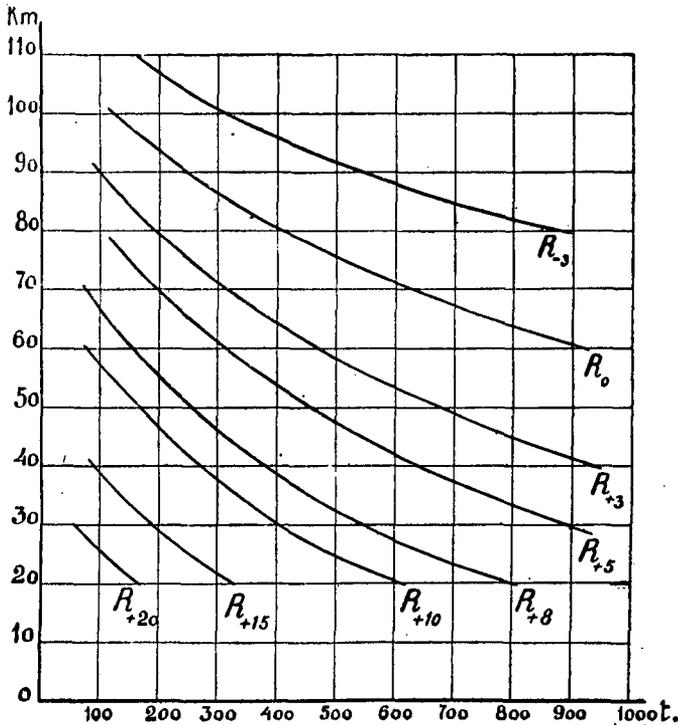


Fig. 3.

nera se han dibujado las líneas de trabajo R_{+10} , R_{+15} ... etc., adoptando una escala de 1 centímetro por cada 10 kilómetros para las velocidades y de 1 centímetro por cada 100 toneladas, para las cargas.

El esfuerzo de tracción en la llanta debe ser inferior al esfuerzo adherente; si el coeficiente de adherencia se hace igual a $\frac{1}{7}$, por ejemplo, dicha condición se verifica (gráfico núm. 1) para todos los valores de la

velocidad superiores a 20 kilómetros por hora. Será preciso, por lo tanto, trazar en el gráfico núm. 2, la horizontal $\frac{P_a}{7}$, a la misma altura a que se encuentra el punto m (gráfico núm. 1) y claro está que sólo será utilizable de las curvas de trabajo la parte de las mismas situada por encima de dicha horizontal que determina gráficamente el valor mínimo de la velocidad efectiva de marcha (párrafo 4).

En resumen, la resolución de los problemas que pueden presentarse

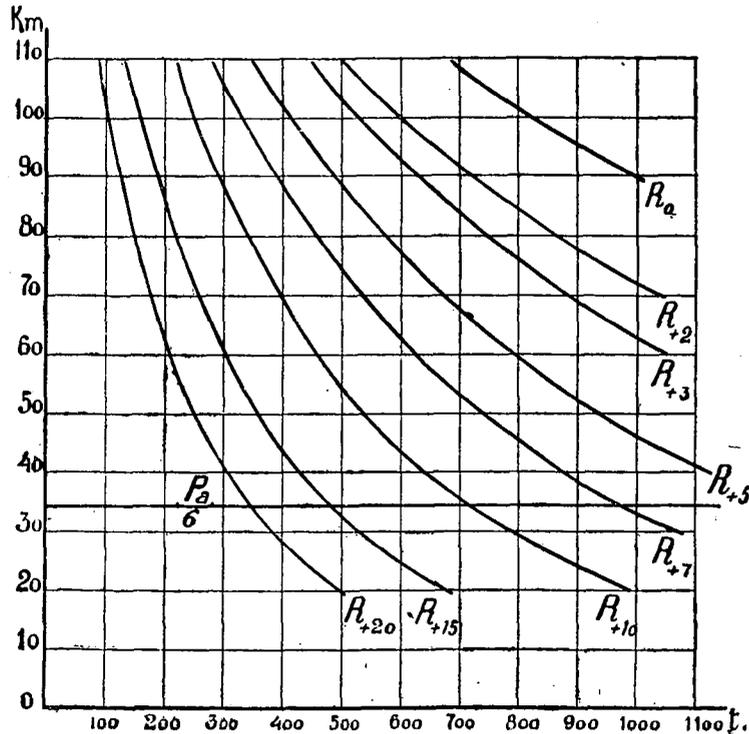


Fig. 4.

para el cálculo de los cuadros de cargas, sólo exige el empleo de la ecuación característica, que será la 29, 30 ó 31, según sea el tipo de máquina empleado, y el de la fórmula 32 para dibujar las curvas de trabajo que dan inmediatamente las cargas remolcadas en determinadas condiciones de pendiente y velocidad. Si se quiere tener en cuenta la influencia de las curvas, se calcula la resistencia total R_T como queda indicado en el párrafo 1.

La figura 3 contiene las líneas de trabajo de la locomotora tipo 2 D

(carro giratorio delantero y cuatro ejes acoplados) de simple expansión y vapor recalentado, construida por la casa Hensehel. Pertenece a la serie 110 de la Compañía de M. Z. A.

La figura 4 es el gráfico de trabajo de la locomotora compound de vapor recalentado, tipo 2 *D*, para trenes expresos, construida por Hanomag y perteneciente a la serie 1.300 de la Compañía de M. Z. A.

Los dos gráficos anteriores los hemos dibujado, prescindiendo también de las curvas; las líneas $R_{+15} - R_{+10}$ etc., etc., dan, por lo tanto, las cargas útiles en alineación recta, en rampas o pendientes de diferente inclinación.

Conviene observar, por ser dato interesante para el cálculo de la potencia de estas nuevas máquinas, que el número de caballos indicados que pueden obtenerse por metro cuadrado de superficie de calefacción total, resulta ser aproximadamente (fórmulas 27 y 28):

$$\frac{T_c}{S} = 0,9 \sqrt{\frac{V}{D}} = 3,5 \text{ a } 5$$

en las máquinas de simple expansión y vapor saturado;

$$\frac{T_c}{S} = 1,15 \sqrt{\frac{V}{D}} = 6 \text{ a } 9$$

en las máquinas compound de vapor saturado o en las de simple expansión y vapor recalentado; y, por último,

$$\frac{T_c}{S} = 1,5 \sqrt{\frac{V}{D}} = 8 \text{ a } 13$$

en las máquinas compound de vapor recalentado afectas al servicio de gran velocidad.

ANTONIO PARELLADA.

RADIOTELEFONIA

Al tratar de exponer brevemente los principios elementales que han conducido a la resolución del problema de transmitir la palabra a distancia sin el empleo de hilos conductores, recordaremos, para aclarar más las ideas, el fundamento del teléfono ordinario que forzosamente tenía que servir de base para las nuevas investigaciones.

En éste al hablar delante del micrófono *M* (fig. 1), se producen variaciones de resistencia que determinan en su circuito corrientes variables conforme a las modulaciones de la voz; por inducción análogas corrientes se producirán en los hilos de línea *L* unidos al secundario del transformador *T* que al obrar sobre el electroimán del teléfono *R* atraerán su

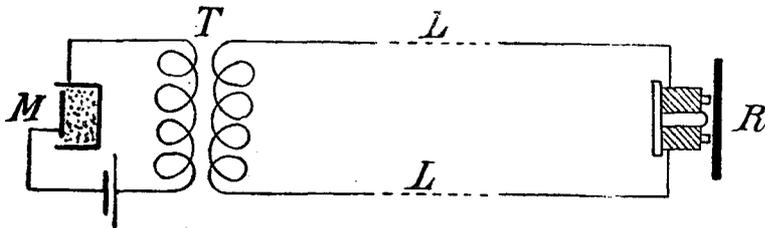


Fig. 1.

placa vibratoria con una intensidad y una frecuencia correspondiente a las variaciones de intensidad de la corriente microfónica, y esta placa engendrará en el aire vibraciones análogas a las de la placa microfónica, que al chocar con el tímpano del oído reproducirán las palabras emitidas en la estación receptora.

Pasando ya al estudio de la radiotelefonía, fácil es ver que si por un medio cualquiera enlazamos el circuito microfónico al de una antena en oscilación, se reproducirán iguales fenómenos y las intensidades de corriente en la antena se modificarán según las variaciones de intensidad de la corriente microfónica si el micrófono obra por inducción como en la telefonía ordinaria, o según sus variaciones de resistencia, si estuviese intercalado directamente en la antena.

Las ondas engendradas por esta antena en el aire llevarían, por decirlo así, impresas las modulaciones de la voz, pudiendo reproducir la palabra en la estación receptora, por análogas razones a las expuestas tratándose de la telefonía ordinaria.

Por otra parte, estas oscilaciones deberán cumplir con la condición de ser aptas para salvar grandes distancias: a fin de conseguirlo se hace necesario emplear, como en radiotelegrafía, corrientes alternas de alta frecuencia para excitar la antena; pero así como en aquel caso su naturaleza y frecuencia oscilan entre números muy diversos, aquí se restringe algo su empleo por tener que cumplir ciertas condiciones para que además puedan ser influenciadas por las modulaciones de la voz.

Variando con los diversos tipos y sistemas, los medios empleados para la producción de corrientes alternas de alta frecuencia en la antena, en especial nos referiremos a los *sistemas de chispa* o a los de *ondas sostenidas*, bien sean éstas obtenidas por el arco cantante o por el empleo de un alternador de alta frecuencia, no sólo por ser los más generalizados, sino porque parecen ser los que hoy pueden considerarse más sancionados por la práctica.

Si se emplea la excitación por chispa, aun refiriéndonos a los llamados de *chispa musical* en los que las descargas del condensador se suceden con gran rapidez (supondremos 1.000 por segundo) y en que cada descarga produce un grupo de ondas, como éstas son muy amortiguadas la duración de cada grupo es mucho más pequeña que la distancia que separa dos descargas sucesivas. Supongamos que la frecuencia de las oscilaciones es de 500.000 (correspondiente a la onda de 600 metros) y que cada grupo se extingue al cabo de cinco oscilaciones completas, la duración de uno de ellos será de $\frac{1}{100.000}$ de segundo y la separación de dos descargas sucesivas, de $\frac{1}{1.000} - \frac{1}{100.000} = \frac{99}{100.000}$ de segundo, o sea que el intervalo entre dos descargas sería 99 veces mayor que la duración de cada una de ellas, por lo que durante la mayor parte de estos intervalos la antena quedaría inactiva. Si esta emisión conviene perfectamente para radiotelegrafía, donde para emitir señales largas o breves los grupos de ondas obran por efecto acumulativo, *no sirven* en radiotelefonía por no ser aptas para registrar las modulaciones de la voz.

Para convencerse de ello basta tener en cuenta la altura de los sonidos correspondientes a la voz, que en su mayoría pertenecen a vibraciones de 900 a 1.200 por segundo: a éstas que son las fundamentales nos referimos en particular y más adelante indicaremos las ventajas del empleo de altas frecuencias para poder transmitir los armónicos superiores de la voz y recibir las palabras con su timbre natural, consiguiendo así la transmisión pura de la palabra. Acudamos además a la exposición gráfica (fig. 2) representando por la curva *a* la corriente microfónica, cuya

frecuencia podemos suponer de 1.000 vibraciones por segundo y superpongámosle las curvas *b* correspondientes a un emisor que produzca 1.000 descargas por segundo. En las curvas *c* se ve claramente que por ser mucho mayor el espacio existente entre dos descargas que la duración de éstas, durante estos intervalos la corriente microfónica quedará

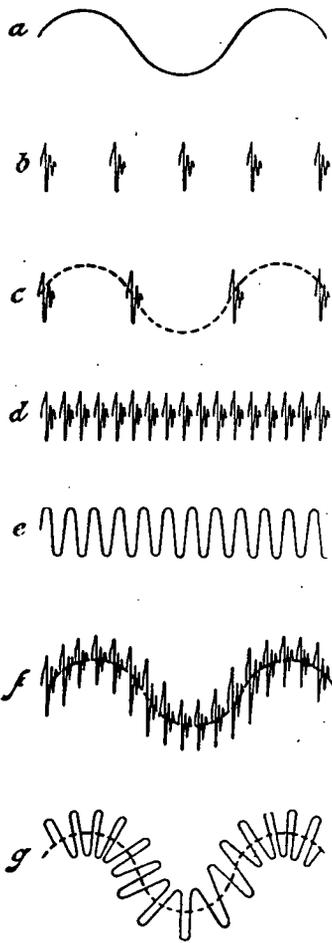


Fig. 2.

por así decirlo sin ser registrada durante la mayor parte del tiempo: vemos, pues, la necesidad ineludible de aumentar el número de descargas hasta que la frecuencia de ellas sea muy superior a la de las vibraciones de la voz (curvas *d*) o de recurrir al empleo de altas frecuencias (curva *e*). Al superponer éstas a la corriente microfónica, se evitarán los períodos inactivos (curvas *f* y *g*), consiguiéndose que la primera obre constantemente sobre las corrientes alternas que recorren la antena. En la práctica, si se emplea la excitación por chispas, es necesario llegar por lo menos a 7.000 descargas por segundo para que el sonido resultante de esta sucesión continua de descargas sea bastante agudo y no perjudique la buena recepción de las palabras.

Dadas las dificultades prácticas que presenta la realización de tan gran número de descargas, la solución más lógica parece ser aquella que permita tener la antena constantemente en oscilación y que las oscilaciones se sucedan sin interrupción con una amplitud constante. En lugar de las oscilaciones por *impulsos* que indicamos anteriormente, en que las oscilaciones producidas iban decreciendo de amplitud hasta extinguirse, tendremos oscilaciones continuas que excitarán la antena con toda regularidad. A estas ondas, que dan nombre a los sistemas en que son empleadas, se las llama «no amortiguadas», «continuas» o «sostenidas».

Dos medios hay para obtenerlas: o por el empleo del arco cantante en el que como en los de chispa las oscilaciones son producidas por la descarga oscilante de un condensador o utilizando un alternador de alta

frecuencia, que parece ser la mejor solución del problema. En ambos suelen emplearse frecuencias de 60.000 en adelante. Esto proporciona la doble ventaja de poder transmitir los armónicos superiores de la palabra y de que por ser de 30.000 la frecuencia correspondiente a los sonidos más altos que impresionan el oído, se eliminará toda causa de ruido extraño por no ser audibles vibraciones tan altas, con lo que la palabra llegará a reproducirse con más claridad que en la telefonía ordinaria, en la que, cuando se trata de líneas de grandes longitudes se complica enormemente el problema, a causa de las deformaciones sufridas por la voz debidas a la presencia de capacidades y bobinas de autoinducción en los circui-

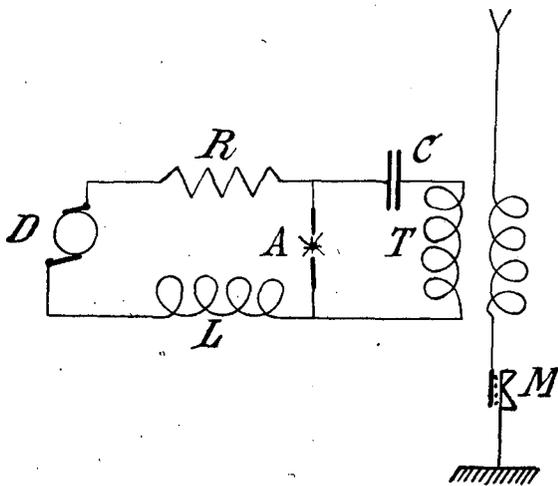


Fig. 3.

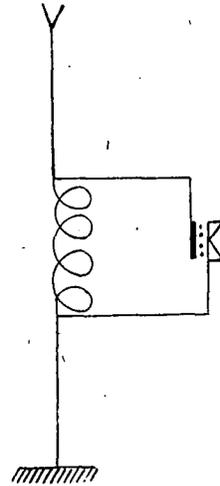


Fig. 4.

tos, llegando a ser de tal naturaleza que constituyen una de las cuestiones más interesantes y de más difícil estudio en la técnica eléctrica.

Indicados los medios de obtener las corrientes de alta frecuencia y las condiciones que debieran reunir para ser empleadas en radiotelefonía, veamos las diversas disposiciones para conseguir modularlas, según los sonidos e inflexiones de la voz, y cómo pueden reproducir las palabras en la estación receptora.

Las disposiciones son muy variadas y en general el micrófono va intercalado en el circuito de antena o derivado o acoplado al mismo; en el circuito oscilante; en el circuito de alimentación del arco o en el de excitación del alternador de alta frecuencia. En general obra sobre la amplitud o la frecuencia de las oscilaciones, o sobre ambas a la vez; se comprende produzca los mismos efectos en el caso de que varíe la amplitud

que es el considerado hasta ahora para facilitar la explicación que en aquél en que lo haga sobre la frecuencia, ya que en éste, en la estación



Fig. 5.

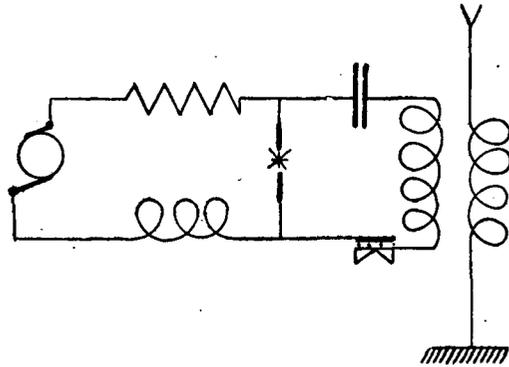


Fig. 6.

receptora, al estar la antena sintonizada con la frecuencia normal del transmisor, toda variación de ella se traducirá por una disminución de amplitud de las oscilaciones, o lo que es lo mismo, por una disminución de efecto sobre el detector.

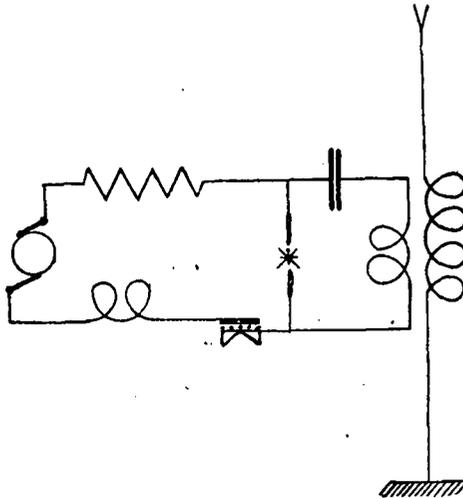


Fig. 7.

A continuación se indican esquemáticamente las disposiciones más usadas en la práctica, empezando por el sistema de arco (fig. 3) en el cual D es la dinamo que alimenta el arco A que salta entre dos carbones: en su circuito se intercala la resistencia R para regular la intensidad y la autoinducción L para impedir que las oscilaciones de alta frecuencia y de amplitud constante, o sean de las que hemos llamado ondas continuas que se producen en el circuito oscilante $A C T$, vuelvan sobre el de alimentación

del arco. La antena va acoplada por inducción por medio del transformador T y en ella intercalado el micrófono M .

Las figuras 4 y 5 son montajes idénticos en los que sólo varía la dis-

posición del micrófono en la antena: en la figura 4 el micrófono, al variar su resistencia, hace que se derive más o menos la corriente oscilante de la antena y en la figura 5 obra por inducción sobre el circuito abierto. En la disposición de la figura 6 el micrófono se halla intercalado en el circuito oscilante, y en las representadas en las figuras 7 y 8 dicho micrófono se establece en el circuito de alimentación del arco, en la primera en serie y en la segunda obrando por inducción.

Vemos, pues, que los monta-

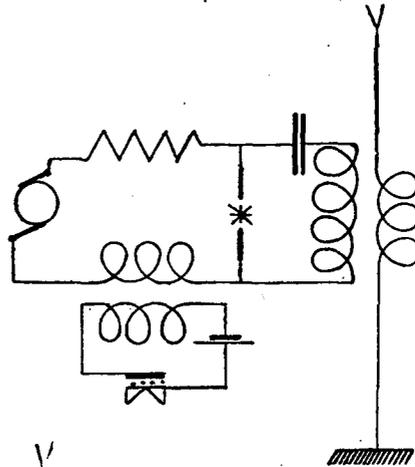


Fig. 8.

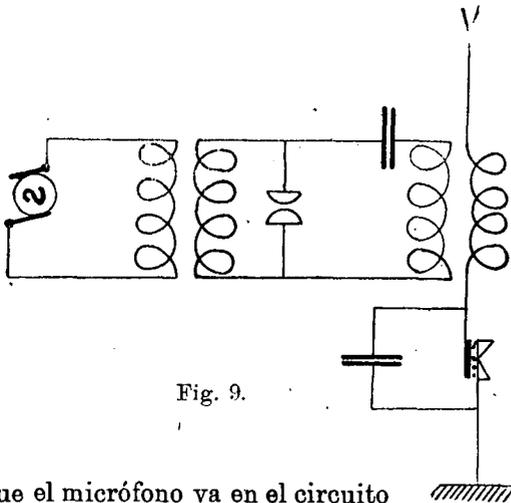


Fig. 9.

jes son iguales a los empleados en radiotelegrafía y lo mismo ocurre en los sistemas de chispa o cuando se utilizan los alternadores de alta frecuencia: a los primeros pertenece el de la figura 9 en la

que el micrófono va en el circuito de antena, ofreciendo la particularidad, respecto a los anteriores, de que además de obrar sobre la amplitud de las oscilaciones, por estar derivado del condensador, sus variaciones de resistencia influirán sobre las cargas de éste modificando también la frecuencia por depender ésta de los valores de la autoinducción y capacidad de la antena.

La figura 10 se refiere al caso de que se emplee un alternador de

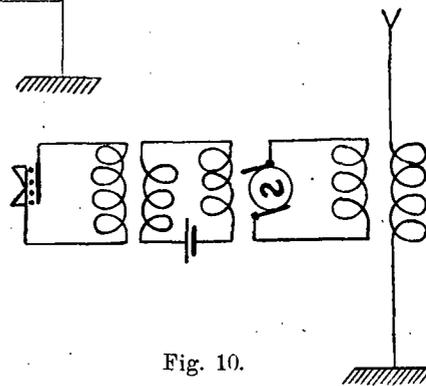


Fig. 10.

alta frecuencia que excita la antena por inducción; el micrófono va en el circuito de excitación del alternador, acoplado también inductivamente.

Una condición tienen que cumplir los micrófonos empleados en radiotelefonía, y es que sean capaces de soportar una intensidad de varios amperios, pues a poca que sea la distancia a que se quiera comunicar, es necesario poner aún más energía en la antena cuando se trate de comunicaciones radiotelefónicas que radiotelegráficas, pues en éstas su alcance es independiente de la clase de ondas empleadas, dependiendo sólo de su amplitud inicial, y en las primeras es condición primordial que tengan una constancia grande para que puedan registrar las modulaciones de la voz; viene esto a dificultar la construcción de los micrófonos. Cuando se quieren emplear los ordinarios, se recurre a unirlos en cantidad para que la corriente se derive entre todos ellos, y para conseguir sean impresionados todos a la vez, se montan en las extremidades de tubos que se unen a una bocina, delante de la cual se habla.



Fig. 11.

Por ingenioso describiremos el micrófono de Majorama basado en el principio de que si en un tubo T (fig. 11) que contenga un líquido, se practica un orificio estrecho por el que caiga éste verticalmente, lo hace bajo la forma de un chorro cilíndrico en una cierta longitud a partir de la cual presenta contracciones y extensiones sucesivas C , hasta que acaba por disgregarse en gotas G .

Si el tubo estuviese sometido a vibraciones, o el líquido a variaciones de presión, las contracciones y extensiones del chorro, así como su descomposición en gotas, empezaría mucho más cerca del orificio de salida; basta sólo conseguir que estas variaciones puedan ser producidas por las modulaciones de la voz, lo cual se realiza del modo siguiente. En un tubo T (fig. 12) se hace que una pequeña parte de su pared E próxima al orificio de salida sea delgada y elástica y se la une con la membrana del micrófono M . El tubo se llena de agua acidulada a presión constante, haciendo que el chorro caiga sobre dos placas metálicas P separadas un pequeño espacio, entre las que se establece un paso conductor, cuya resistencia sea tanto más débil cuanto mayor resulte su espesor y como éste depende de las variaciones de presión producidas por las modulaciones de la voz sobre la membrana elástica, igua-

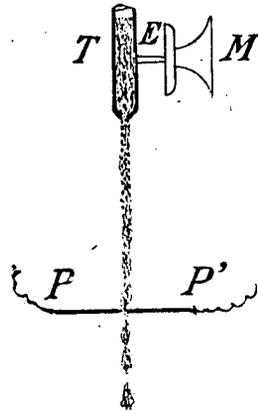


Fig. 12.

les cambios sufre la resistencia y por tanto las intensidades de corriente que circulan entre las placas. Así consiguió el referido autor renovando constantemente el líquido a fin de evitar calentamientos anormales, el que pudiese soportar este micrófono hasta 10 amperios de corriente.

Recepción.—Como en radiotelegrafía, las corrientes de alta frecuencia excitadas en la antena receptora por las ondas que radia un transmisor, obran sobre un detector que en este caso debe ser sensible no solamente a la amplitud sino también a la frecuencia de las corrientes engendradas, es decir, detectores de energía, cumpliendo además con la condición de que el tiempo que tarden en recobrar su estado inicial, al ser sensibilizados por las corrientes, sea inferior al período de la corriente microfónica, ya que tiene que registrar las variaciones de ésta (en la práctica conviene sea menor de $\frac{1}{10.000}$ de segundo). Serán, pues, de útil empleo los detectores de contacto imperfecto, de vacío, electrolíticos y térmicos.

Los montajes son idénticos a los de radiotelegrafía y como en la mayoría de los casos se emplean ondas continuas, es preciso que los receptores sean de una sintonía aguda, por lo que generalmente se emplean los montajes por inducción, como el de la figura 13, en el cual las corrientes oscilantes engendradas en la antena *A*, obran por inducción sobre el circuito secundario cerrado *L* *CD* en el que van la autoinducción *L*, el condensador *C* y el detector *D* que por ser de conductibilidad unipolar no dejará pasar más que las medias ondas de corriente de un solo sentido que cargarán el condensador,

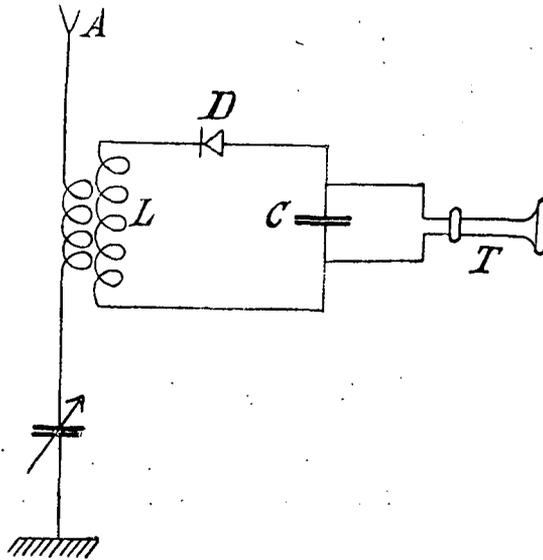


Fig. 13.

el cual a su vez se descargará a través del teléfono *T* produciendo una corriente continua de descarga que variará según la amplitud y la frecuencia de las corrientes, es decir, que si la curva *a* (fig. 14) es la representación de las oscilaciones en la antena, la curva *b* será la de las co-

rrientes telefónicas cuyos períodos corresponderán a los aumentos y disminuciones de amplitud de la curva a , las que por ser causadas por el micrófono del emisor, dependerán del sonido que se transmita reproduciendo la palabra.

Con el fin de facilitar las conversaciones, es objeto de diversos estudios el lograr oír y hablar a la vez en las dos estaciones, pues las disposiciones hasta ahora estudiadas ofrecen en la práctica gran incomodidad en su manejo por tener que unir la antena al aparato transmisor o al receptor, según la función que se quiera desempeñe la estación. Diversas son las disposiciones que consiguen el fin apuntado limitándonos a indicar el muy conocido montaje en *duplex* de Fessenden (fig. 15) el cual pertenece al tipo de *ondas continuas* que son producidas por un alternador de alta frecuencia N en cuyo circuito van intercalados el micrófono M

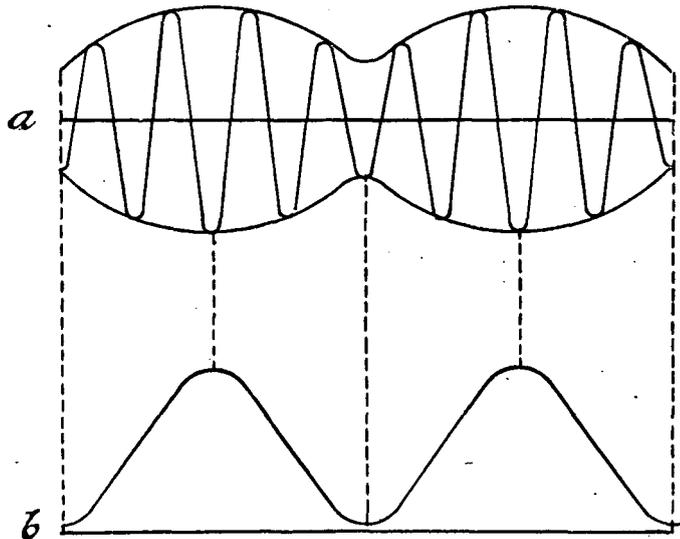


Fig. 14.

y las cuatro bobinas iguales S que por inducción obran sobre otras cuatro bobinas, también iguales, S' intercaladas en el circuito de antena $A S' C L R S' T$. El detector D va derivado entre las uniones de los pares de bobinas S' ; la razón de ello es que la parte $C L R$ de este circuito, llamado compensador, permite, variando convenientemente los valores de la autoinducción L y resistencia R , equilibrar exactamente a la antena, por lo que si estando el alternador en marcha se habla delante del micrófono, las oscilaciones inducidas en el circuito compensador y en el de antena serán iguales y de sentidos contrarios, destruyéndose mu-

tuamente en la unión $d D d$, dejando al detector inactivo, que en cambio quedará libre para ser influenciado por las ondas que del exterior lleguen a excitar la antena, realizando así la comunicación en duplex, con la que logró alcances de importancia.

Tales vienen a ser en resumen los principios de la radiotelefonía, correspondiendo a Blondel en 1902 la honra de ser el primero que indicó el empleo del arco cantante para este fin, el que a pesar de los numerosos perfeccionamientos que pocos años después se introdujeron en él, especialmente por Poulsen, hoy se encuentra casi en desuso por lo difícil que es lograr la producción aislada de ondas continuas, ya que con un ondámetro es fácil comprobar también la presencia de otras oscilaciones inestables de frecuencias y amplitudes distintas; a este inconveniente viene a agregarse la dificultad práctica de evitar las variaciones de régimen, de longitud y de fijeza del arco, causas que no sólo dificultan la transmisión, sino que en los teléfonos se acusan por un sonido de crepitación continuo, que perjudica a la recepción.

En 1905 Fessenden llegó a comunicar a 40 kilómetros empleando un alternador de 10.000 periodos que alimentaba un transformador cuyo secundario estaba unido a un excitador en nitrógeno comprimido; obtenía una chispa por alterancia, o sean 20.000 descargas por segundo, con bastante buen resultado, pero su

sistema presentaba el inconveniente de que se percibía el ruido correspondiente a la frecuencia de las descargas, por lo que abandonó estos procedimientos para dedicarse al estudio de un alternador de mayor frecuencia, consiguiendo en 1907 con uno de 100.000 periodos que el éxito le acompañase pues alcanzó la distancia de 350 kilómetros entre Brant-Roch y New-York.

Estas experiencias, las de Colin y Jeance, oficiales de la marina francesa, en las brillantes pruebas que efectuaron en agosto de 1909, a 250

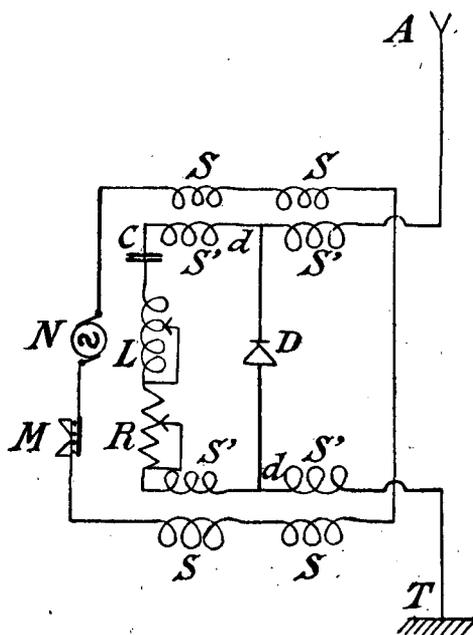


Fig. 15.

kilómetros entre Toulon y Port Vendres y las hechas después por Majorama a más de 400 kilómetros, son pruebas evidentes, no ya de los progresos alcanzados en radiotelefonía, sino también de que puede darse por resuelto el problema a estas distancias, pues algunas de ellas fueron hechas en condiciones atmosféricas desfavorables.

En los últimos años trataron los experimentadores de alcanzar la comunicación entre Europa y América, y en las experiencias que en octubre de 1915 realizó De Forest entre Arlington (Washington) y la torre Eiffel, al parecer con buen resultado, consiguió transmitir por vez primera la palabra a través del Atlántico, por medio de un transmisor de su invención, al que dió el nombre de radioteléfono, que a juzgar por las referencias que a nosotros llegan, debe ser potentísimo, pues en las citadas experiencias llegó a poner en la antena una corriente de 150 amperios.

Cabe, pues, pensar que de no estar empleadas todas las actividades en la actual contienda europea, no fuese desatinado presumir, dados los progresos alcanzados ya en radiotelefonía, que ésta a la hora actual fuese susceptible de ser explotada industrialmente, pues entre las grandes y numerosas aplicaciones que el porvenir le reserva se destacará, sin duda alguna, el de las comunicaciones trasatlánticas, ya que las telefónicas a estas distancias vienen a ser imposibles a causa de la distorsión que sufre la voz, transmitida por los cables, con los que aun en distancias más cortas, siempre que sean de consideración, quizá llegue a luchar con ventaja, pues si bien es cierto que los gastos de explotación serán bastante grandes, por las cantidades de energía que es necesario emplear, en cambio el de instalación de las estaciones puede ser menor que el de la colocación de un cable submarino, evitándose además los causados por los trabajos penosos que exigen la localización y reparación de averías en los cables.

En la navegación vendrá a aumentar los valiosísimos auxilios que ésta debe ya a la radiotelegrafía, pues presente está en la memoria de todos el prestado al *Titanic* en abril de 1912 que salvó a 865 personas, imponiendo el aumento del número de estaciones a bordo, instalándolas hasta en los barcos de pequeño tonelaje que en la actualidad no llevan todas estaciones radiotelegráficas por el gasto que supone tener en ellos personal diestro en la recepción de los despachos. Esto se evitará cuando las estaciones costeras puedan hablar con las de a bordo, las que contestarán telegráficamente, para lo cual no necesitarán personal especial, puesto que después de un pequeño aprendizaje puede parte de la tripulación manejar bastante bien el manipulador Morse.

En las militares, además de poder sacar partido de las ventajas ante-

riormente apuntadas, tendrán la inapreciable de que al poco tiempo de funcionamiento, los telegrafistas de servicio conocerán la voz de los corresponsales, y esto será para ellos la mayor garantía de su procedencia, haciendo imposible la recepción de los despachos falsos, emitidos por las estaciones enemigas, las que por su tono de voz se delatarían en seguida.

En estudio también el enlace de la red telefónica con la radiotelefónica, el día en que esto se consiga y sean un hecho práctico el establecimiento de las comunicaciones interoceánicas, se habrá dado un paso gigantesco, gracias al cual podremos hablar desde nuestra casa con un tren rápido en marcha o con un trasatlántico en plena travesía; tantos en fin serán los beneficios obtenidos, que imposible se hace el pretender enumerarlos ni aun a la ligera. El comandante en jefe de un ejército, por ejemplo, podría a su antojo comunicar personalmente, lo mismo con las columnas que fueran al asalto, que con el ministro de la guerra de su país, por lejano que éste se encontrase, y esto, que quizá hoy parezca una quimera, quién sabe si no será otra de tantas que el hombre llegó a convertir en realidades, en plazos mucho más breves de los que se presumía.

José L. OTERO.

DEFENSA DE LA CIUDAD DE PUERTO RICO EN 1797

En nuestro número correspondiente al mes de julio último dimos noticia del estudio histórico-militar publicado con el título que antecede, por el coronel de Ingenieros D. Manuel Castaños; y como quiera que en dicho trabajo se hacían elogios merecidísimos a la inteligencia y bravura del Ingeniero extraordinario D. Ignacio Mascaró, demostradas en la defensa de aquella plaza, y se pedía la publicación de datos que permitieran desenterrar del olvido a tan esforzado Capitán, el MEMORIAL se ha creído en la obligación de recoger, en nombre del Cuerpo, el patriótico ruego del señor coronel Castaños; y gracias al auxilio del general Arteta Jefe de la Sección de Ingenieros, por cuya mediación hemos obtenido los documentos oficiales existentes en nuestros archivos militares, podemos hoy consignar los datos que a continuación se anotan y que servirán para ampliar los ya conocidos.

*
**

Con fecha 31 de diciembre de 1911, el teniente coronel del Real Cuerpo de Ingenieros, D. Ignacio Mascaró de Homar, Comandante de Ingenieros de Puerto Rico, dirigió una instancia a S. M. solicitando la concesión del grado de Coronel; en el expediente incompleto y medio destruido por el fuego, que tenemos a la vista, figura acompañando a la referida instancia copia de la hoja de servicios del teniente coronel Mascaró, firmada por el propio interesado, quien manifestaba conservar en su poder los documentos originales; y como hemos podido comprobar la veracidad de los extremos más importantes contenidos en dicha hoja, creemos que la publicación del siguiente extenso resumen, resultará suficiente para dar idea de los servicios prestados, y demás circunstancias que concurrían en tan heroico ingeniero.

Don Ignacio Mascaró de Homar, caballero pensionado con la Real y distinguida Orden de Carlos III, Teniente Coronel del Real Cuerpo de Ingenieros, sirve los empleos que abajo se expresan:

Comisiones y encargos en que ha estado empleado y parajes donde ha servido, así en paz como en guerra.—En el Regimiento de Infantería de Navarra sentó plaza de Cadete por decreto del E. Sr. Conde de Ricla en 8 octubre 1775, permaneciendo en aquél hasta el último del mismo mes del año 1778, que destinado este Cuerpo a la guarnición de La Habana, pasó por orden del E. Sr. Conde de O'Reylly al de Soria. Concluido el Curso de Matemáticas en la Real Academia de Barcelona, y al paso por el Mediterráneo a incorporarse a este Regimiento que se hallaba en Cádiz, a la inmediación de la Ciudad de Denia (Reino de Valencia) en un pequeño barco nacional en que iba de pasajero, que montaba sólo dos pequeños cañones, sostuvo un combate de más de una hora con una fragata inglesa de 22 cañones, y sin embargo, de tan superiores fuerzas, no sólo se libertó del enemigo, sino que obligó a éste con los fuegos sin interrupción del pequeño buque, a que desistiera de su empresa, quedando ambas naves en tan mal estado, que la fragata hubo de arribar a Mahón, y la nuestra se hubiera sumergido a no haber sido remolcada por lanchas de auxilio mandadas por el Gobernador de Denia, con cuya ayuda consiguió entrar en puerto. Al arribo a Cádiz halló ausente su dicho Regimiento de Soria y orden del Sr. Conde de O'Reylly para pasar al de Cantabria que se hallaba en Madrid; sirvió en este Cuerpo hasta que verificó su ingreso en el de Ingenieros, precediendo el correspondiente examen. Pasó a servir en su nuevo empleo a la costa del Reino de Granada. A la conclusión de la guerra fué removido al Principado de Cataluña, luego al de Galicia y, por último, a la Plaza de Puerto Rico, donde ahora se halla. En ella ha construído el Fuerte de San Jerónimo; estuvo comisionado en la Aguadilla para abrigar aquella rada de los continuos insultos de las

embarcaciones enemigas, sacó su plano y sondeó, proyectó dos baterías, las que no pudo principiar porque se le mandó regresar a S. Juan de Puerto Rico a causa de las noticias que corrían relacionadas con la venida de los ingleses. A su llegada, acompañó al Sr. Capitán General y a su Comandante; reconoció todas las avenidas; fué encargado de la obra proyectada en la Laguna de los Cangrejos y Caño de Martín-Peña, en donde permaneció hasta después del desembarco de los enemigos, por lo que estuvo cortado en dicho sitio y salió de él con mucho riesgo; a su arribo a la Plaza el día 17 de abril del año 1797, fué destinado por el Capitán General a disponer la defensa de los Fuertes de San Jerónimo y San Antonio, en los que arregló todo lo perteneciente al Ramo de Artillería; colocó cañones, municiones, etc.; proyectó en el Alto de la Cantera una obra de campaña para en el caso preciso de tener que abandonar el Fuerte de San Antonio, alojarse en ella y cubrir la espalda de San Jerónimo; últimamente se le mandó encargarse de la defensa del Fuerte de San Antonio, el más débil, expuesto y avanzado, el que sostuvo con el valor, trabajo y peligro que es notorio; fué herido en la cabeza y contuso en varias partes, pero jamás quiso desamparar su puesto, ni aun dar parte, porque no se le relevara. Concluido el sitio, se le comisionó por el mismo Capitán General para llevar a S. M. la plausible noticia de la victoria que sus Reales Armas habían conseguido contra las británicas en la invasión de esta Plaza, por cuyo mérito se le concedió el grado de Teniente Coronel de Infantería y Cruz pensionada de la Real y distinguida Orden Española de Carlos III. A su arribo a la Corte, recibió Real orden descendido del Ministerio de la Guerra en que se le mandaba estar a las inmediatas órdenes del E. Sr. D. Francisco de Saavedra, Secretario de Estado y del Despacho Universal de Hacienda, a quien suministró todas las noticias que le pidió acerca de esta Isla, relativas a su Ministerio, después de lo que se le ordenó por el mismo Ministerio de Hacienda regresar a ello comisionándole para que investigase y deslindase los terrenos que hubiese pertenecientes a S. M., designase los lugares más convenientes para fundar nuevas poblaciones, proyectase la mejor dirección de caminos y canales, que representase al mismo Ministerio en todo aquello que pudiese convenir al pronto fomento de la agricultura, población y comercio, cuyo encargo desempeñó en gran parte con la aprobación de Su Majestad a quien debió la nueva confianza de poner a su cargo la habilitación de Puertos menores de la Isla, de nombrarle Juez pequizador de descubiertos de Reales Cajas, y finalmente de encargarle la dirección de las Reales obras de Fortificación y Comandancia de Ingenieros.

Circunstancias que concurrían en el expresado D. Ignacio Mascaró.

Patria..... Arenys (Principado de Cataluña).

Edad.....	Cincuenta y un años.
Calidad.....	Hijodalgo.
Estado.....	Casado.
Salud.....	Mediana.

El documento original del que se han tomado las noticias anteriores se halla fechado en Puerto Rico el 31 de diciembre de 1811.

Por último, en el expediente que estamos utilizando, consta que la Regencia nombrada por las Cortes generales y extraordinarias, en ausencia y cautividad del Rey Fernando VII, concedió el empleo de Coronel del Real Cuerpo de Ingenieros, con fecha 4 de mayo de 1813, al Teniente Coronel D. Ignacio Mascaró, quien falleció el 24 de octubre de 1914 en la Isla de Puerto Rico, dejando viuda a Doña María Agustina de Homar Vélez Ladrón de Guevara y un solo hijo, nombrado Lorenzo María, de ocho años de edad. #

REVISTA MILITAR

El automovilismo en los Estados Unidos.

El automovilismo adquiere en los Estados Unidos un incremento tan grande, gracias en primer término a la extraordinaria riqueza que por la guerra europea, se acumula en aquel país, que resulta insignificante el aumento, no muy pequeño, ciertamente, que ha tenido en la vieja Europa.

Actualmente sustituye el automóvil a la bicicleta y es frecuente ver a empleados de no muy elevada categoría, y personas de la clase media, en posesión de uno de aquéllos, que por la modesta suma de 1.500 pesetas, permiten habitar en el campo y cumplir diariamente con sus obligaciones en la ciudad.

Facilitan su empleo los *garages* que en buen número existen, y en donde dejan el vehículo por la mañana para recogerlo por la tarde después de habérselo lavado y reparado.

Las cifras siguientes dan idea del desarrollo de referencia.

Había en 1913, 1.258.800 automóviles. Se han matriculado desde que empezó la guerra 7.357.000.

En 1916 se consumieron solamente en el interior del territorio y con destino a los automóviles, 5.000 millones de litros de gasolina y se emplearon 12 millones de neumáticos. En ese mismo año fabricó la casa Ford 700 000 carruajes, la Oberland, 360.000, y la Maxwell, 250.000.

A estos datos hay que agregar otro no menos elocuente y es el del valor de la exportación de automóviles que en 1915, fué de 400 millones de pesetas.

No en valde se lamentan los franceses de que una industria nacida en Francia, haya logrado su mayor prosperidad en un país, como los Estados Unidos, que con

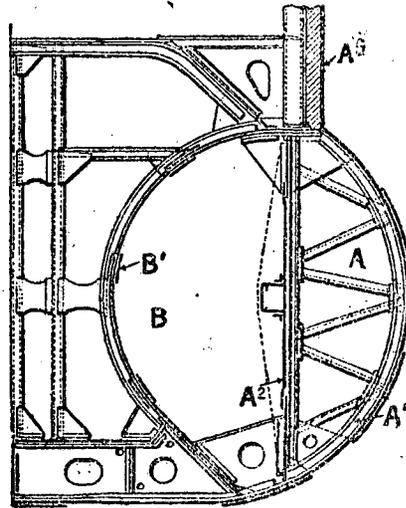
gran posterioridad, comenzaron a dedicarse a ella y que gracias a la guerra que destruye a Europa, proporciona un bienestar y una riqueza tan fabulosa a la república norteamericana.

Protección de los grandes buques contra las explosiones submarinas.

Las compañías Vickers Limited y T. G. O. Thurston de Londres, han pedido recientemente la patente de un sistema de protección, de los grandes buques de guerra contra las explosiones submarinas.

Consiste este sistema (figura adjunta) en la instalación a lo largo de los costados del buque, de compartimentos o cámaras que se unen por la parte superior al borde inferior de la faja acorazada A^5 , destinados no solamente al aumento de la resistencia del casco, sino también a permitir a los gases que se producen al estallar un torpedo o una mina submarina, esparcirse en el gran espacio libre formado por cada uno de estos compartimentos.

Cada uno de éstos, consta de una cámara exterior A , cuya pared A' en contacto con el agua, es convexa. Si la pared A' es perforada, los gases de la explosión se alojan en A , deteniéndose ante el tabique A^2 muy sólido y fuertemente mantenido por detrás por vigas de acero y cables metálicos. Si las paredes A' y A^2 no bastan a contener la explosión, la cámara B cerrada por la pared curva B' , de extraordinaria solidez, detendrá los destructores efectos de aquélla, ya bastante amortiguados si llegan a ella.



La triple resistencia constituida por A' , A^2 y B' no solamente protege el interior del buque contra la invasión del agua, sino que él o los compartimentos perforados tampoco se llenarán, porque los gases detenidos en su interior equilibrarán a la presión del líquido.

El inconveniente que tiene este sistema es el suplemento, nada despreciable, de peso, que representa.

Tonelaje de buques de guerra perdido en la guerra europea.

Aunque es difícil precisar el tonelaje total de buques de guerra que se ha perdido desde que comenzó la actual, un periódico bien informado generalmente, la gradúa en millón y medio de toneladas, hasta fin de 1916.

He aquí la distribución de las pérdidas:

Buques ingleses.....	604.024 toneladas.
Idem franceses.....	120.779 »
Idem rusos.....	63.780 »
Idem italianos.....	73.005 »
Idem japoneses.....	19.687 »
Idem alemanes.....	332.806 »
Idem turcos.....	46.047 toneladas.
Idem austriacos.....	22.603 »

A este millón doscientos ochenta y dos mil setecientas treinta y una toneladas, hay que agregar las que suman los buques menores y otros cuyo paradero se ignora. ÷÷

Proyectiles para aeroplanos.

Según el *Scientific American* los aeroplanos ingleses destinados a la defensa contra los *raids* de los dirigibles enemigos, van dotados de proyectiles incendiarios que han dado excelentes resultados, como se demostró, en el *zeppelin* que por medio de aquéllos fué incendiado y cayó ardiendo en los arrabales de Londres.

El proyectil va cargado de una materia sumamente inflamable y productora de humo, que entra en ignición en el instante del disparo y que al atravesar el *zeppelin*, incendia el gas que éste contiene. Como estos ataques se efectúan generalmente de noche la trayectoria del proyectil ardiendo es perfectamente visible desde el aeroplano que lo lanza, pudiéndose por lo tanto seguir el camino recorrido por los proyectiles y corregir la puntería hasta lograr hacer blanco. ÷÷

CRÓNICA CIENTÍFICA

Los derivados del alquitrán.

La mayor parte de las instalaciones modernas para utilización de los derivados del alquitrán obtienen por primera destilación una proporción de 65 por 100 de benceno bruto. Hace pocos años este benceno pasaba directamente al lavador y de él al alambique de rectificación en el cual por destilación fraccionada se obtenía algo más de un 50 por 100 de benceno, tolueno y nafta. La práctica moderna es muy distinta: se hace pasar el benceno bruto por un destilador de construcción sencilla, separando por destilación fraccionada el benceno, el tolueno y la nafta no lavados; el residuo se recibe en una vasija plana en la cual, al enfriarse, se solidifica.

La fracción de benceno forma el primer destilado, y la de tolueno el segundo, hasta 105° y 124° centígrados respectivamente. Estas dos fracciones y el residuo, rectificadas parcialmente y sin pasar por el lavador se acumulan en depósitos separados, desde los cuales son aspirados por medio de bombas hasta el lavador, en el que se agitan primeramente con ácido y después con sosa cáustica. △

El vapor de agua atmosférico y la propagación de las ondas electromagnéticas.

Sobre este tema leyó recientemente el Dr. Schivers una interesante comunicación ante la Sociedad Británica de Física. Leído el trabajo, se promovió discusión acerca de la influencia probable de la humedad atmosférica sobre la refracción de las ondas electromagnéticas en torno a la superficie terrestre. En esa discusión se demostró que Kiebitz no estaba en lo cierto al afirmar que la presencia de vapor de agua en la atmósfera no podía afectar a la constante dieléctrica en más del 10 por 100. Por no existir datos exactos para temperaturas ordinarias, el autor de la Memoria calculó el valor de la constante dieléctrica del vapor de agua a esas temperaturas utilizando los valores obtenidos por Baedeker para temperaturas elevadas y procediendo, si se permite la palabra, por extrapolación. Se ha demostrado que las capas más bajas de la atmósfera refractan las ondas electromagnéticas hacia la

superficie terrestre, de tal manera que la mayor parte de las ondas originadas por el transmisor alcanzan al receptor; esta consecuencia está en contradicción con la conclusión a que había llegado Kiebitz. △

Nuevo método para fabricación de briquetas de cok.

En la fábrica de gas de Nuremberg se emplea para la obtención de briquetas el siguiente procedimiento. En un mezclador, elevado a temperatura de 200° centígrados por la acción del vapor recalentado, se echan menudos de coke y brea en polvo; esta mezcla se somete después a compresión en una prensa rotativa; la cantidad de brea dura empleada es de un 8 por 100 y las briquetas obtenidas presentan una resistencia al aplastamiento de 80 kilogramos por centímetro cuadrado.

La resistencia de las briquetas depende de tres factores, a saber: de la cantidad de material aglomerante, de la clase de brea usada y de la presión que los bordes exteriores de los rodillos ejercen uno sobre otro. La proporción de brea sólo puede variar entre límites estrechos; si se emplea poca, la consistencia de las briquetas es pequeña y si se aumenta mucho la cantidad, las briquetas se pegan a los moldes.

La resistencia de las briquetas a la presión aplicada en el sentido del eje menor del óvalo se prueba por medio de un aparato muy sencillo. Consiste en un cilindro de pequeña altura en cuyo interior se mueve un émbolo sobre el cual se puede hacer actuar el vapor; la sección del émbolo está calculada de tal modo que, para una presión de nueve atmósferas, ejerza una presión de 120 kilogramos.

La briqueta, colocada sobre una plancha, es comprimida por el émbolo. El cilindro puede ser puesto en comunicación con la tubería del vapor; cuando se abre la llave que la establece, la aguja del manómetro indicará en una doble graduación el aumento de presión en atmósferas y en kilogramos; el momento en que se quebranta la briqueta será conocido por una ligera sacudida de la aguja del manómetro. △

El electrólito de las baterías secas.

Para espesar el electrólito de las baterías secas se empleó en Inglaterra hasta hace un año la harina de trigo o de centeno; pero la gran escasez de cereales que actualmente existe en la Gran Bretaña aconseja el empleo de otras materias para el mismo fin y la atención de los inventores se ha esforzado en resolver la dificultad. Entre las materias ensayadas podemos citar el *kieselguhr*, empleado también como materia absorbente en la dinamita, el silicato de sosa, la gelatina, el almidón, el serrín y la lana de vidrio; todas ellas, según *The Electrical World*, han dado satisfactorios resultados.

Se emplea una de estas substancias o una mezcla de ellas, a manera de aglomerante.

Como electrólito propiamente dicho, se usa la sal amoníaco en polvo, el acetato de calcio, el cloruro de cinc y la glicerina refinada, en las proporciones siguientes: ochenta gramos de sal amoníaco, otro tanto de acetato de calcio, cuarenta gramos de cloruro de cinc y diez gramos de glicerina.

Se agita fuertemente la mezcla, después de haberla cubierto con agua destilada a 40° centígrados, hasta que toda la materia sólida queda completamente disuelta y concentrada; se une entonces la disolución con el aglomerante obteniéndose una pasta que se aplica entre las placas del acumulador o pila para formar el electrólito. El conjunto se cubre con parafina en la que se dejan orificios para facilitar la salida de los gases. △



BIBLIOGRAFÍA

Cálculo de estructuras por D. JUAN MANUEL DE ZAFRA, *Ingeniero Jefe del Cuerpo Nacional de Caminos, Canales y Puertos, Profesor de «Hormigón armado» y de «Puertos» en la Escuela especial del Cuerpo, Madrid. Dos tomos de 608 y 786 páginas, 1915-1916.*

Hace pocos días fui encargado de la para mí agradable tarea de presentar a los lectores del MEMORIAL DE INGENIEROS, la nueva obra con que el Sr. Zafra ha enriquecido la bibliografía ingenieril.

Erame ya conocida esta notable producción cuyo extracto voy a hacer, sintiendo que premuras de tiempo, ya que no es posible demorar la noticia bibliográfica, me impidan dedicarla todo el espacio y atención que merece.

Para darse cuenta de la importancia y extensión de los problemas contenidos en el título de esta interesante obra, precisa recordar que en la nueva nomenclatura mecánica, la *estructura* comprende desde la pieza aislada recta o curva (*estructura simple*) hasta la *compleja* o formada de un cierto número de piezas simples enlazadas sucesivamente, cada una, solamente con la que le precede y sigue o con otra barra o sustentación, constituyendo lo que el autor denomina estructura lineal, o bien relacionando cada pieza elemental con otras varias, sustentaciones o enlaces, formando un todo isostático. El cálculo de las estructuras, así definidas, abarca un gran número de problemas de mecánica aplicada a las construcciones y a las máquinas. Y en cuanto a uno de los caracteres distintivos de la exposición, planteamiento y resolución de los problemas, hemos de decir, desde luego, que apreciándolos en su aspecto dinámico, los métodos de cálculo están basados en el trabajo elástico que resulta del paso de un equilibrio inicial a otro equilibrio final (1).

La materia contenida en los tres primeros capítulos del tomo primero, sirve de fundamento a los cálculos que se desarrollan en los siguientes. Partiendo del principio de que toda estructura, construcción o máquina, racionalmente establecida, después de pasar por un período de adaptación llega a un régimen definitivo de elasticidad perfecta, define esta elasticidad y sus diversas significaciones y tiene en cuenta las variadas formas de sustentación. Especialmente, el capítulo II se ocupa del *trabajo elástico*, y en él aparecen, como era de rigor, los teoremas de Castigliano que permiten evaluar las deformaciones lineal o angular de los sólidos, particularmente el del mínimo trabajo elástico base fundamental de la moderna mecánica elástica utilizada por el Sr. Zafra; el importantísimo de Maxwell sobre la reciprocidad de las deformaciones, generalizado por Betty y el conocido teorema de Mohr. Sigue a estos estudios fundamentales el de las acciones térmicas y dinámicas tan influyentes en la estabilidad, resistencia y deformaciones de toda estructura. La parte dedicada a los efectos del choque, problema de muchas aplicaciones, es interesante.

Todos estos estudios previos, constituyen la indispensable base para el cálculo de toda suerte de estructuras, desde las más sencillas hasta las de mayor complicación; y como la variedad de la magnitud y posición de las sobrecargas haría muy laboriosos y extensos los cálculos mecánicos, el autor los facilita y abrevia por medio de las líneas de influencia, de que hace constante uso. Y con todos estos elementos básicos de cálculo, pasa, en los capítulos siguientes al del estudio de los problemas de resistencia comenzando con el de las estructuras simples, rectas, de sección constante, en las variadas situaciones de apoyo, articulación o empotramiento de sus extremos.

Estos mismos problemas están tratados en el capítulo IV cuando las sustentaciones, apoyos, empotramientos o articulaciones, en vez de ser rígidas están constituidas por piezas elásticas, a su vez sustentadas por otras definitivamente rígidas (por ejemplo, la sustentación por medio de pilares), en cuyo caso es preciso tener en

(1) Véanse los artículos publicados por el autor en la Revista de Obras Públicas, reunidos en un tomo, precursor de los actuales, publicado en 1915.

cuenta las deformaciones de estas sustentaciones y su trabajo elástico, por que intervienen en el del conjunto y piezas principales.

Con este motivo estudia las estructuras que denomina *pórticos*, formados por pilares, como elementos de sustentación elásticos, a los que se articulan o empotran piezas de forma recta, poligonal o curva. Comprende este interesante estudio los pórticos sencillos, rectos u oblicuos, y con gran extensión los pórticos múltiples formados por sucesión continua de varios sencillos y comprenden, en toda su generalidad los entramados de puentes o viaductos sustentados por varios pilares expuestos a deformaciones por asiento o compresión. Emplea para ello el autor procedimientos que disminuyen, muy acertadamente, la gran complejidad del problema y facilitan notablemente la solución general y completa con el auxilio de tablas que contienen todos los elementos necesarios para el cálculo.

Como casos particulares del pórtico múltiple, que resultan de un cambio de organización de vigas y pilares, ocúpase del estudio de vigas sobre apoyos flotantes, esto es, cuando convertidos en apoyos libres los enlaces entre vigas y pilares, experimentan dichos apoyos asientos de cualquier signo pero de magnitud tan pequeña que no alteran el régimen de perfecta estabilidad del conjunto. Comprende este estudio el caso particular de que las luces sean iguales, y el de vigas directamente flotantes, esto es, las de un número de apoyos indefinidamente creciente a expensas de disminución indefinida de la luz o separación de los apoyos; por ejemplo, un carril apoyado directamente sobre el balasto o sustentado por un larguero.

El capítulo VII está dedicado a la estabilidad de forma, o rigidez, de las piezas rectas, aisladas o en diversas situaciones de apoyo o empotramiento y carga; y el VIII a las deformaciones de las piezas prismáticas, incluyendo las de gran flexibilidad (como los cables y alambres) sometidas a cargas fijas o móviles (puentes suspendidos y cables transportadores); y como caso particular de combinación de piezas de gran flexibilidad con otras dotadas de cierta rigidez, se aborda el problema de los puentes colgados semirígidos.

*
*
*

En el tomo II se continúa el estudio de las estructuras comenzando por el de los arcos isostáticos sencillos formados simplemente por una pieza curva, poligonal o mixta, de elementos enlazados por rótulas y sustentados por otras dos (cubiertas de edificios, puentes, etc.); sigue después el de los arcos isostáticos complejos, esto es, de los arcos isostáticos simples cuyas piezas elementales lineales están reemplazadas por piezas de líneas complejas geométricamente indeformables; y como caso recíproco, el de los puentes colgados rígidos.

El estudio, difícil y complicado por sí, de las estructuras en forma de arco, es completísimo. Comprende todas las formas lineales del arco, la variedad de sección y de materias, de posición de las sobrecargas, de todas las causas de orden térmico y mecánico que influyen en el problema; la disposición de los extremos del arco, unidos por tirante o simplemente articulados o empotrados en estribos estrictamente invariables de posición o sometidos a pequeños asientos. Determina las fuerzas tangenciales y normales al arco, empujes y reacciones y deformaciones del conjunto. Hace como siempre, hábil empleo de las líneas de influencia y acompaña tablas que facilitan y aminoran lo penoso de complicados cálculos.

Interesante es el capítulo X dedicado a los arcos atirantados de forma cualquiera y sección constante o variable. Hace uso del teorema de Castigliano, tiene en cuenta las sobrecargas variadas y el efecto de las variaciones térmicas, y acompaña tablas que facilitan los cálculos. Como caso particular más sencillo, calcula el arco de fibra media circular y sección constante; y entre las variadas formas de estructura, estudia el caso de que el tirante rectilíneo está substituído por otro curvo, de curvatura del mismo u opuesto sentido que la del arco principal en cuya segunda disposición forma la viga llamada lenticular o pisciforme.

Por orden lógico, al estudio del arco atirantado de extremos simplemente apoyados, sigue el del arco desprovisto de tirante, substituyendo la acción de éste por la rigidez o inmovilidad de los extremos enlazados a rótulas fijas o empotradas.

Apurando el tema, como podría decirse, el Sr. Zafra estudia en el capítulo siguiente, con gran extensión, las formas tubulares como particularización del arco en toda su generalidad. En los tubos de espesor pequeño con relación a la magnitud del radio de la fibra media, somete al cálculo los de sección circular en los variados

casos de estar vacío, lleno de agua sin presión hidrostática o con ella, o en general sujeto a presiones cualesquiera radiales, descansando sobre la generatriz inferior; y también los tubos sometidos a presiones exteriores originadas por carga de tierra o las transmitidas por dos platillos paralelos de una prensa. El trabajo anormal de los tubos, con las variadas formadas circular, exagonal o cuadrada en su aplicación a depósitos y silos completan esta interesante parte de la obra del Sr. Zafra.

No omite el caso en que el espesor del tubo tiene valor grande comparado con el de su radio interior, circunstancia que da lugar a desigual distribución de tensiones interiores, como ocurre en los cilindros de prensa hidráulica y tubos de piezas de artillería. Cálculase la ley de distribución de esas tensiones, y el efecto del zunchado.

El buque, en la forma más sencilla, provisto de una sola cubierta, puede considerarse como estructura tubular susceptible de ser sometida al cálculo ya que no se presta a él la forma más completa, compuesta de varios puentes, mamparos y tabiques.

Un capítulo dedica el Sr. Zafra a los arriostramientos empleados, entre otras varias clases de estructuras, en los puentes y viaductos metálicos.

Trátase en los capítulos XII y XIII de las *arcadas*, que no son otra cosa que un caso particular del pórtico en que la viga recta enlazada con los pilares está reemplazada por una pieza curva o poligonal. Ciertos tipos de armaduras destinadas a cubrir los edificios, constituyen un caso particular. Volviendo sobre el estudio de los pórticos lo amplifica y extiende a este problema de las arcadas simples y de las múltiples formadas por varias simples sucesivas, tomando en consideración todas las causas influyentes en la estructura; pesos, variaciones térmicas, etc. Y como degeneración de las arcadas, constituyendo estructuras más sencillas, hace el cálculo de las arcadas atirantadas de varia forma, con aplicación a puentes y otros usos y el de los arcos articulados en puntos intermedios de su fibra neutra y en los pilares de sustentación. El cálculo de las arcadas es sumamente interesante y está tratado con gran detenimiento y competencia.

No menos interés ofrecen los capítulos XIV a XVIII finales de la obra del señor Zafra, en los que se hace el estudio de las *estructuras reticulares*, comprendiendo en este nombre entramados diversos destinados a puentes, armaduras de edificios y otros usos.

*
**

Los propósitos del Sr. Zafra están claramente expuestos en el prólogo: reunir, en cuerpo de doctrina, todo cuanto hace relación con el cálculo de *estructuras*, dándole unidad, fundamentando los métodos en el estudio del trabajo elástico, huyendo de los *recetarios*, de los procedimientos particulares y un tanto arbitrarios aplicados a cada problema parcial de los varios que puede plantear la Mecánica aplicada a las construcciones y a las máquinas. La palabra *estructura*, muy empleada en el extranjero, comprende todas las combinaciones de elementos de una construcción. El programa de la obra del Sr. Zafra es, pues, muy completo.

En suma; exposición de métodos de cálculo, «en forma doctrinal, con riguroso criterio y lógica ilación y sobre todo con carácter ingenieril, de inmediata aplicabilidad a la práctica». Y estos propósitos del Sr. Zafra están convertidos en realidad, con el feliz éxito que era de esperar en un Ingeniero de tan elevada inteligencia y profundos y extensos conocimientos, y tan especializado en las arduas e interesantes cuestiones que plantea y resuelve la Mecánica aplicada a las Construcciones, asignatura en que ya tenía ganado el título de maestro.

Conformes, en un todo, con el Sr. Zafra, en que su excelente obra no es simple trabajo de compilación y traducción sino el fruto de un profundo estudio de complejas materias, madurado, modificado, adaptado en los fundamentos y encadenamiento de la exposición, con criterio propio. Pero pese a su modestia, hemos de reforzar la nota de lo que en ese trabajo hay exclusivamente suyo; no es *algo* como él dice, es *algunos*, es *mucho*.

Nuestro sincero aplauso al maestro y querido compañero de Ingeniería y nuestro enhorabuena a cuantos cultivan todas las ramas profesionales de la arquitectura general; por que pueden contar, en el ejercicio de su profesión, con tan excelente tratado del cálculo de estructuras.

J. M. M.