

dia y la máxima; había que admitir, además, que no hubiera contracción alguna de la vena a su entrada en el pozo y que prescindir de todas las pérdidas de carga de agua, en su carrera desde el labio del aliviadero hasta la boca. La carga verdaderamente disponible para producir la velocidad había, pues, de reducirse considerablemente.

El ingeniero (por otra parte, un ingeniero distinguido) no había parado mientes en ello, confiado en que la total caída del máximo nivel del embalse hasta el río era de 40 ó 50 metros.

Y una observación, para terminar:

Ante la incertidumbre de las fórmulas que aspiran a representar las pérdidas de carga cuando las formas, las disposiciones y aun la escala difieren de las ya experimentadas, se tiende cada vez más a recomendar el estudio de estos problemas sobre modelos a escala reducida y la tendencia es sin duda laudable, aunque nunca debe dispensar del cálculo previo que oriente la experimentación y que en caso preciso sirva para interpretarla.

No es ocasión de profundizar este punto al finalizar un artículo ¹, pero sí conviene hacer notar

¹ Ya me ocupé de él en una Memoria presentada al Congreso de Navegación de Venecia de 1931, y que publicó la REVISTA en 1 de diciembre de aquel año, página 486.

que cuando como en este caso debe haber en el modelo elementos en los que la conducción vaya forzada, el experimentador no debe olvidar que la presión atmosférica no se ha reducido previamente, de acuerdo con la teoría de la semejanza, y que por esta circunstancia podría ocurrir que se mantuviera la continuidad de la corriente en el modelo cuando ya el agua en la realidad se habría desprendido de las paredes de las tuberías. La observación no habría que hacerla a los especialistas; pero nunca está de más para los aficionados.

Una medición de la presión local puede en estos casos resolver la duda sin necesidad de encerrar el modelo en una atmósfera artificial. También cabría ponerse en condiciones de semejanza utilizando en el modelo un líquido más pesado que el agua (mercurio, por ejemplo), y escogiendo para la relación de semejanza geométrica la inversa de la relación de densidades; pero esto sería práctica y económicamente imposible en casos como el presente, en los que habría que poner en movimiento pesos de mercurio del orden de varias toneladas por segundo.

Pedro M. GONZALEZ QUIJANO

Una solución del problema ferroviario

Para resolver el problema ferroviario parece que no se presentan más que tres soluciones, a saber:

- 1.^a Elevar las tarifas.
- 2.^a Que el Estado dé auxilios económicos directamente a las Empresas, y
- 3.^a El rescate por el Estado de las concesiones, con o sin arriendo ulterior de la explotación de las líneas.

La primera solución puede ser contraproducente, porque la elevación de tarifas lleva consigo una retracción del tráfico y podrá ocurrir que con ella bajen los ingresos en vez de subir, y esto es más de temer porque con el aumento de los precios de transporte se daría más campo a la competencia del automóvil; en todo caso, la elevación de tarifas causa grave daño a la economía nacional, que sufriría también grandes perjuicios si para defender a las Empresas ferroviarias de la concurrencia de los transportes por carretera se dificultasen o encareciesen éstos. Esta solución ha sido ya aplicada y los resultados obtenidos no parecen muy satisfactorios.

La segunda solución podrá ser muy satisfactoria para las Compañías ferroviarias, pero no es solución para el ferrocarril y se haría a expensas del contribuyente, cuyos intereses son por lo menos tan sagrados y respetables como los del accionista u obligacionista ferroviario, siendo menos admisible aún que la primera.

La tercera solución de rescate de concesiones, con o sin arriendo ulterior de su explotación, no es más que la misma anterior corregida y aumentada. El

rescate no puede hacerse sin la fijación de su precio de acuerdo con las Empresas, que no darán su conformidad al que se las proponga si no les es beneficioso, y dados los fracasos del Estado como negociante en ferrocarriles es muy de temer que la operación de rescatar las concesiones le resultase muy onerosa; pero, aunque así no fuese, con ella no se haría otra cosa que trasladar el mal negocio actual ferroviario al Estado, que pagaría sus pérdidas a costa del contribuyente, demasiado cargado ya de impuestos de todo género.

Ninguna de las tres soluciones lo es del problema ferroviario; lo serían, a lo sumo, de las Compañías, gravando en todo caso al contribuyente y con perjuicio para la economía nacional, siendo, por tanto, inadmisibles.

Existe, sin embargo, una solución completamente satisfactoria y bien sencilla.

Si la difícil situación de las explotaciones ferroviarias se debe principalmente a la competencia del automóvil y a la elevación de los gastos de personal producidos por las últimas disposiciones de carácter social, parece lo lógico buscar el remedio en la supresión de la competencia y en introducir economías en el personal que contrarresten dichos aumentos de gastos, y ello, como vamos a ver, es sencillamente un problema de velocidad.

Al establecerse los ferrocarriles, un tren de mercancías que hacía 10 ó 12 km por hora era una centella, con la que no se atrevían a competir ni el carro de bueyes ni la galera con su buena reata de

mulas, únicos medios de transporte que entonces había, y aquél vivía tranquilo con su monopolio, un poco injusto por cierto, porque la velocidad comercial de una mercancía dista mucho de ser la de aquellos 10 ó 12 km por hora; en efecto, el recorrido medio de la tonelada es de unos 160 km dentro de la red de cada una de las líneas de las principales Compañías, de modo que teniendo en cuenta el servicio combinado el total de aquél puede suponerse que llegue a los 200 km, distancia de transporte que es la que dará la mayor velocidad, porque para cada 100 km de recorrido la tarifa general concede un día de transporte, y como además hay los plazos para expedición y entrega y un día para la transmisión, que habrá en el servicio combinado, resultan cinco días o ciento veinte horas de plazo para 200 km, lo que da una velocidad de poco más de 1,5 km por hora; pero pareció sin duda excesiva *tal rapidez*, y en las tarifas especiales se impuso la condición de que se duplicaría el plazo que resultase por la tarifa general y en algunas aún se la amplió en seis días más, y con ello los cinco días se convierten en dieciséis, y la velocidad comercial de la mercancía baja a ser de 0,52 km por hora y con ella pueden competir ventajosamente las carretas de bueyes.

Se comprende perfectamente que al venir el automóvil con sus 20 ó 30 km de velocidad comercial verdad, y precios no muy superiores, cuando no inferiores, a los del ferrocarril, y continuando éste con su parsimonia sin aumentar la velocidad de sus trenes, que siguen parando horas y horas en las estaciones, causando gastos de personal y material completamente inútiles, se haya llevado aquél todo el tráfico y se produzca la ruina de las explotaciones ferroviarias.

La solución aparece ya clara; hay que aumentar la velocidad comercial de los trenes, para recuperar el tráfico perdido y mejorar los ingresos, y hay que reducir los gastos, sobre todo de personal, y para ello bastará, como vamos a ver, con que el ferrocarril salga de su calma y recobre, en relación con los demás medios de transporte, la primacía que inicialmente tuvo y tenga la actividad que es o debe ser la característica de las explotaciones ferroviarias y que en el servicio de mercancías, y en gran parte del de viajeros, brilla en España por su ausencia.

Lo primero que habrá que hacer será suprimir todas esas condiciones de las tarifas que duplican y encima aumentan en seis días los plazos de transporte; aumentar el recorrido de la tarifa general, de 100 kilómetros diarios a 250 km por lo menos, porque si los trenes de mercancías pueden llegar, como veremos, a una velocidad comercial de más de 20 km por hora, podrán hacer más de 500 km diarios, y ya es bastante margen el del 100 por 100 que aún quedaría para las contingencias del transporte; con ello una mercancía de Madrid a Alicante, que ahora llega a tener un plazo de veinte días, sólo debería tardar cuatro, que aún es tiempo excesivo para recorrer 455 km.

En segundo lugar habría que aumentar la velocidad comercial de todos los trenes, que salvo algún expreso, marchan con lentitud desesperante. Hay que reconocer que en estos últimos años las principales

Compañías han hecho algo en este sentido y han aumentado la velocidad comercial de sus trenes de mercancías, pero lo han hecho actuando tanto o más sobre la velocidad efectiva, lo que produce aumentos de gastos, que por reducción de paradas en las estaciones, con la que, por el contrario, se consiguen economías tan importantes como las siguientes:

Los trenes de mercancías hacen ahora velocidades medias comerciales de algo menos de 18 km por hora y la de marcha no llega a los 30 km que tomaremos como base de cálculo; supongamos que se trata de una red de líneas por la que circulen 15 000 000 de kilómetros de dichos trenes en el año, que invertirán en su marcha 500 000 horas y estarán parados en las estaciones 333 300, puesto que la duración total de su itinerario sería de $15\,000\,000/18 = 833\,300$ horas. Si el tiempo de esas paradas en las estaciones se redujese en 150 000 horas, por ejemplo, o sea en algo menos de la mitad de su duración actual, la velocidad comercial habría subido de 18 a 22 km por hora, no sólo sin gasto alguno, sino con una economía enorme, puesto que el personal de trenes, tanto de tracción como de movimiento, cobra por horas; y a razón de 40 pesetas por hora, que es aproximadamente lo que devenga, importarían las 150 000 horas de baja $150\,000 \times 40 = 6\,000\,000$ de pesetas.

Pero hay más: los trenes en esas paradas no dejan de consumir combustible, agua, etc., etc., aunque desde luego mucho menos que cuando están en marcha; de modo que si se supone que aquel consumo sea para un tren de mercancías del 20 por 100 de éste, como por kilómetro-tren puede importar 2 pesetas, en números redondos, se tendría:

Consumo total de los 15 000 000 trenes-kilómetro, a 2 ptas., 30 000 000.

Horas de marcha efectivas de los 15 000 000 trenes-kilómetro, 500 000.

Idem de paradas reducidas a de marcha al 20 por 100, $333\,300 \times 0,20 = 66\,660$.

Total de horas, 566 660.

Consumo por hora de marcha, $30\,000\,000/566\,660 = 52,90$ ptas.

Importe de la economía en el consumo por reducción de 150 000 horas de paradas en estaciones: $150\,000 \times 0,20 \times 52,90 = 1\,587\,000$, o bien, sólo 1 500 000 ptas.

Por otra parte, la baja de 150 000 horas sobre las 833 330 de itinerario, o sea del 18 por 100, permitirá hacer el mismo número de trenes con un 18 por 100 menos de material y personal, y esto da lugar a otras economías. Hoy tienen las principales Compañías la tercera parte, por lo menos, de su parque de material constituida por máquinas pequeñas y antiguas de consumo unitario elevado; al poderse reducir el material tractor en un 18 por 100 se podrá prescindir de casi la totalidad de esas locomotoras pequeñas de mal rendimiento, y con ello el peso medio de los motores subirá, y bajará, en cambio, el consumo medio unitario; de lo primero resultará la posibilidad de aumentar la carga remolcada por cada tren y, por consiguiente, la posible reducción del número de trenes, con la correspondiente economía de personal de los que se puedan suprimir, ya que en

cuanto al consumo, como es proporcional a la carga total remolcada y ésta no varía, no variará tampoco, y de lo segundo, una baja en el consumo total.

Si hoy el peso medio de las máquinas es de 60 ton en números redondos, y subiese a 75 ton, por ejemplo—esto es, en más del 20 por 100—, en esta cuantía aumentará la carga remolcada por tren, y bajará, por tanto, el número de trenes, y de los 15 000 000 de trenes-kilómetros que se ha supuesto que ahora circulan en la red, se podrán suprimir más de 3 000 000, cuyos itinerarios absorben 165 000 horas, y, por tanto, el personal en ellos devenga, a 40 pesetas por hora, $165\,000 \times 40 = 6\,600\,000$ ptas., que será el importe de la economía que se obtenga sobre las anteriores.

La mejora del consumo medio de los motores es motivo también de una importante reducción en los gastos; en efecto, hace unos cuantos años, con un 50 por 100 o algo más de máquinas antiguas, se gastaban 0,07 kg de carbón por tonelada bruta y kilómetro, y ahora, con haberse reducido al tercio de las totales en servicio los motores de mal rendimiento, el consumo ha bajado a 0,06 kg, de modo que no parece exagerado admitir que con la desaparición de casi todas las locomotoras antiguas baje aquél a 0,05 kilogramos y se obtenga una economía de 0,01 kg por tonelada-kilómetro, que sobre el peso total de unos 6 000 000 000 de ton-km que pueden corresponder a los 15 000 000 de kilómetros de tren supuestos, daría una baja de 60 000 ton en el gasto de carbón, las que, al precio de 65 ptas. por tonelada, importan $3\,900\,000$ ptas. de economía que por este concepto se lograría.

Es evidente que si el número de máquinas y de vagones necesarios se reduce habrá una baja en los gastos de conservación y reparación del material de tracción y móvil, compensada en parte por la más activa circulación del que quede en servicio; pero si el importe total de aquéllos fuese de 30 000 000 de pesetas, y es del 20 por 100 la reducción de material, no es mucho contar con que la economía que pueda obtenerse en aquél sea de un 5 por 100, que ascendería a $1\,500\,000$ ptas.

En total, la disminución supuesta de 150 000 horas en la duración de las paradas de los trenes de mercancías en las estaciones llega a producir una economía de

6 000 000	de pesetas por haberes que devenga el personal en el tiempo de paradas que se suprimen;
1 500 000	por consumo de las máquinas en esas paradas;
6 500 000	por reducción del número de trenes;
4 000 000	por menor consumo de los motores al desaparecer los antiguos;
1 500 000	por baja en la conservación y reparación de material, de la del sobrante, y
500 000	por bajas en reclamaciones y otros servicios centrales consiguientes a los anteriores, y

20 000 000 de pesetas, en total, sólo en el servicio de mercancías de pequeña velocidad.

No creo que haya exageración en las cifras ante-

rior; pero si se estimase que la hay, redúzcanse lo que se quiera, y por mucho que se bajen, siempre resultará que la disminución de la duración de las interminables paradas de los trenes en las estaciones produce una economía suficiente para dar una completa solución al problema ferroviario, y ello sin contar con que el aumento de la velocidad comercial atraería al ferrocarril buena parte del tráfico perdido, con el consiguiente aumento de los ingresos.

Los trenes mixtos son incompatibles con una explotación medianamente activa, y no quiero recordar la mofa que de ellos hacía cierta revista cuando se celebraba aquí, en Madrid, el Congreso de ferrocarriles; pero es que, además, son antieconómicos, y por ello deben también desaparecer, pasando sus viajeros a los automotores, y su carga a las mercancías. El promedio de la carga útil de un tren mixto es de sólo 25 ton, mientras llega a 150 en las mercancías, lo que evidencia que la supresión de trenes de tan exiguo rendimiento ha de resultar económicamente ventajosísima.

En los trenes de viajeros, ligeros tranvías y correos, se pueden también reducir los tiempos de sus paradas en las estaciones; su circulación más activa producirá economías análogas a las calculadas en el servicio de mercancías; algunos de aquellos trenes deberán sustituirse por automotores con circulaciones, tanto o más que rápidas, frecuentes, que atraerán al público al ferrocarril, y quizá entre supresión de mixtos y aceleración de marcha y empleo de automotores se alcancen en el servicio de viajeros resultados económicos no inferiores a los que se ha visto podían lograrse en mercancías, de tal modo que lleguen las cifras totales de las reducciones de gastos y de aumentos de ingresos a ser del orden de los 50 000 000 de pesetas para la red supuesta, y si la insuficiencia de productos líquidos fué de 22 y 14 millones de pesetas en 1933 en las Compañías de M. Z. A. y Norte, respectivamente, es evidente que, en vez de con déficit, se saldarían las explotaciones ferroviarias con excedentes de productos líquidos sobrantes para dar remuneración a los capitales del Estado y a los de las Empresas en aquéllas interesados, y el problema ferroviario quedaría totalmente resuelto. Las cifras de los cálculos anteriores no tienen ningún valor absoluto; por consiguiente, no se trata de si se pueden o no quitar precisamente 150 000 horas de las paradas de los mercancías en las estaciones, sino de que, como es indudable que se pueden reducir mucho las actuales, quizá en más de las supuestas, esa reducción, cualquiera que ella sea, dará lugar a una economía muy superior a lo que pudiera sospecharse, y en todo caso suficiente para cambiar radicalmente la situación del negocio ferroviario.

La circulación más activa de los trenes dejaría sobrantes gran cantidad de material móvil y de tracción, cuya venta produciría recursos suficientes quizá para adquirir los automotores que pudiesen precisarse, de modo que ni siquiera hay que preocuparse del capital necesario al efecto.

El problema ferroviario puede, pues, resolverse sin agobiar más al contribuyente, sin necesidad de elevar las tarifas, y aun con su posible baja, sin auxilios pecuniarios directos del Estado a las Empresas y sin temibles rescates de líneas con o sin arriendos ulte-

riores de la explotación; la solución, como se ve, es bien sencilla: un estudio de itinerarios, con reducción de las paradas de los trenes en las estaciones, supresión de los famosos trenes mixtos y sustitución de algunos de viajeros por automotores; para ello ni aun se necesita capital, y la reforma puede hacerse pau-

latinamente, para no causar perjuicio alguno al personal, efectuando la aceleración de velocidad comercial de los trenes y la sustitución de otros por automotores, así como la supresión de los mixtos, con la rapidez, y a medida que la amortización que de aquél se vaya produciendo, permita.

Gabriel REBOLLO
Ingeniero de Caminos

Hormigón armado

I

Cálculo de la flexión compuesta

El procedimiento que corrientemente se emplea para el cálculo de una sección rectangular de hormigón armado, sometida a flexión compuesta, consistente en suponer una cuantía arbitraria (q), y determinar los valores de las cargas de hormigón (H), del acero (A) y la profundidad unitaria de la fibra neutra (φ), tropieza con la doble dificultad de que hay que saber fijar el valor de (q), lo que requiere cierta práctica, y sobre todo que la (φ) viene dada por una ecuación de tercer grado, y aunque ésta esté resuelta por medio de tablas o gráficos, se llega a fórmulas que requieren hacer bastantes operaciones numéricas.

Estas dificultades desaparecen si en vez de fijar de antemano el parámetro (q) fijamos precisamente (φ), pues entonces las incógnitas H , A y el producto rq , entran linealmente en las ecuaciones que resuelven el problema.

Este se simplifica más si al fijar el valor de (φ) lo hacemos de tal modo que el acero trabaje a la carga máxima $A = 1\ 200\text{ kg/cm}^2$ o algo menos, pues entonces ya no tenemos necesidad de calcular A y quedan como únicas incógnitas H y rq y dividiendo este producto por la r , que corresponde al hormigón que se emplea, se obtiene finalmente q .

Este procedimiento lo aplicamos a todos los casos de flexión simple y compuesta de secciones rectangulares, en T y tubos, así como a los procedimientos gráficos que se siguen cuando la forma de la sección es cualquiera, obteniendo en todos estos casos fórmulas muy sencillas, que hemos representado además gráficamente, lo que simplifica todavía más, como veremos.

Siguiendo el criterio del Sr. Peña en su obra *Hormigón Armado*, hemos supuesto que

$$r = \frac{E_a}{E_h}$$

varía con arreglo a la ley $rH_0 = 648$, (a), deducida y justificada en dicha obra (págs. 79 y 82), en la que $H_0 = 0,28R$ es la carga máxima del hormigón cuya carga de rotura es R ; pero se llega a resultados de análoga sencillez suponiendo que r es constante.

Si llamamos a al ancho y c al canto útil de una sección rectangular, M al momento flector, F a la fuerza normal a la sección, e_1 a la excentricidad unitaria

$$e_1 = \frac{M}{cF}$$

q a la cuantía de tensión y K a la relación que con ésta tiene la de compresión, sabemos que las fórmulas que resuelven el problema, son (obra citada, pág. 188):

$$\varphi^3 + 6(0,5e_1 - 0,25 + 0,09K'q)\varphi^2 + 6rq[0,5 + 0,9K(e_1 - 0,5) + e_1]\varphi - 6rq(0,5 + e_1) = 0 \quad [1]$$

$$H = \frac{F\varphi}{ac\left[\frac{1}{2}\varphi^2 + (0,9K + 1)rq\varphi - rq\right]} \quad [2]$$

$$A = \frac{rH(1 - \varphi)}{\varphi} \quad [3]$$

Eliminando entre [1] y [2] rq y haciendo

$$t = \frac{F}{ac}$$

que es un dato, se obtiene:

$$H = t \frac{6\left[1 - (1 + 0,9K)\varphi\right]e_1 + \varphi[0,45K - 0,5 - 0,09K\varphi] + 0,5}{\varphi\left[\varphi(1 + 0,63K) - 4\right] + 3}$$

que por ser conocida φ es de la forma

$$H = t(me_1 + n) = t\lambda \quad [4]$$

siendo

$$\lambda = me_1 + n \quad [5]$$

en las que m y n son coeficientes numéricos.

De [2] se deduce:

$$rq = \frac{\varphi}{1 - \varphi(1 + 0,9K)} \left(\frac{1}{2}\varphi - \frac{t}{H} \right) = \frac{\varphi}{1 - \varphi(1 + 0,9K)} \left(\frac{1}{2}\varphi - \frac{1}{\lambda} \right) = \alpha \left(\beta - \frac{1}{\lambda} \right) \quad [6]$$

y por tanto:

$$q = \frac{\alpha}{648} \left(\beta - \frac{1}{\lambda} \right) H_0 \quad [7]$$

en la que α y β son coeficientes numéricos.

El valor φ lo deducimos de [3]:

$$\varphi = \frac{rH}{rH + A}$$

que suponiendo que H es la máxima admisible H_0 , se convierte en

$$\varphi = \frac{648}{648 + A}$$

Si hacemos $A = 1\ 200$, se tiene:

$$\varphi = \frac{648}{1\ 848} = \varphi_1$$