

Línea de Andaluces:

Según las estadísticas de la Compañía, el precio c de la tonelada de carbón sobre ténider es = 50 pesetas y suponiendo el del kw-hora de 0,08 pesetas, es decir

$$\begin{aligned} c &= 50 \text{ pesetas.} \\ h &= 0,08 \end{aligned}$$

se tiene:

Consumo lineal límite	{ Parodi. 122	} Ton-carbón por
de carbón	{ Lucia.. 376	
Ahora bien, el consumo actual		} y año
medio en dicha Compañía, es	97	

de donde resulta esta consecuencia: *Ninguna línea de Andaluces debe electrificarse, desde el punto de vista de su economía, aplicando los gráficos de Parodi y Lucia.* El límite de consumo señalado en uno y otro procedimiento es totalmente diferente, y varias veces mayor que el consumo actual, especialmente el último. Pero esto no es exacto, según queda dicho, debiendo variar para cada línea el coste de electrificación, no siendo entonces aplicables los gráficos. Del mismo modo se demostraría que a no ser las líneas de gran tráfico del Norte y M. Z. A., ninguna otra es electrificable, según dichos gráficos.

Línea de M. Z. O. V.:

Se tiene de idéntica manera:

$c = 70$	} Parodi.... 77	} Ton-carbón por km y año	
$h = 0,08$			} Lucia.... 200

de donde resulta que la electrificación es conveniente, según Parodi, y todo lo contrario, según Lucia.

Para poner de acuerdo estos resultados antagónicos, repétemos, es necesario variar el coste de electrificación, y, por tanto, desaparece la eficacia de los gráficos.

* * *

Nosotros hemos intentado que en nuestro procedimiento se reflejen la influencia de las características principales del tráfico ferroviario: tráfico y pendiente de las líneas. De este modo, para cualquier línea se pondrán en juego sus verdaderas características, y en cualquier momento se podrá comprobar la electrificación, sea por la fórmula, que más adelante expondremos, sea por su traducción en gráficos, que conservan toda generalidad sin perder su sencillez, porque el coste de la electrificación viene dado, aunque sea de un modo aproximado (y del mismo orden de aproximación, o acaso mayor que los anteriores procedimientos), en función del tráfico y pendiente de la línea, y esto será el contenido del siguiente artículo.

Francisco JIMÉNEZ ONTIVEROS
Ingeniero de Caminos.

Determinación estática experimental de los sistemas hiperestáticos

El profesor alemán Chr. Rieckhof ha ideado un aparato, al que llama «Nupubest», que permite resolver por métodos de estática gráfica los sistemas estáticamente indeterminados.

Hemos hecho algunas aplicaciones de este procedimiento y, como hemos obtenido resultados halagüeños, nos proponemos dar a conocer en estas líneas algunas ideas sobre el mismo.

Consiste, en esencia, en obtener una amplificación de la elástica del sistema sometido a la carga que se trata de estudiar, y después, teniendo en cuenta que los puntos de inflexión de dicha curva son puntos de momento nulo, considerar que cada uno de dichos puntos es una articulación, descomponiéndose así el sistema hiperestático en una cadena de sistemas articulados en dichos puntos y estáticamente determinados, que se calculan con la ayuda de la estática elemental.

Para ello se reproduce con el aparato, a escala reducida, la estructura a estudiar. Esta reproducción se hace en forma tal que la relación de momentos de inercia de las barras sea la misma que en la estructura que se estudia, y que las condiciones de sustentación y de enlace en los nudos sean también las mismas. Después se deforma la estructura bajo la acción de una fuerza única, de dirección y punto de aplicación dados y magnitud indeterminada, y sobre

esta elástica se hace la determinación de los elementos mecánicos.

El aparato «Nupubest» consiste sencillamente en una serie de piezas que permitan la reproducción de la estructura a estudiar con las mismas condiciones de sustentación y enlace en los nudos que va a tener en la realidad. No podemos entrar en el detalle de la descripción de cada una de las piezas de que se compone el aparato, y nos limitaremos a decir que las barras se reproducen con flejes de acero de unos 10 mm de ancho y unas décimas de milímetro de grueso, combinadas en forma tal que la relación de los momentos de inercia de las secciones de los flejes sea la misma que la que va a existir en realidad entre las secciones que se estudien. Hay piezas para obtener sustentaciones de libre deslizamiento, de rótula y empotradas; enlaces rígidos de barras que se encuentren formando un ángulo cualquiera y un dispositivo para la aplicación de la fuerza que, como hemos dicho, es de magnitud indeterminada. Como el procedimiento exige que se trabaje siempre con una fuerza aislada, el profesor Rieckhof ha calculado una tabla con auxilio de la cual, y para los efectos del procedimiento, puede sustituirse el efecto de diversas hipótesis de repartición de sobrecargas por una carga aislada, cuyos elementos se calculan en función de los de la carga repartida. Combinando

las hipótesis de repartición de esta tabla se pueden obtener todas las que se presentan en la práctica. Los resultados obtenidos con esta carga son verdaderos para todas las barras, menos para la cargada, y hay que calcular por separado la barra cargada, teniendo en cuenta el verdadero reparto de la carga; cosa fácil de hacer, pues es también verdadero el valor de los momentos de empotramiento obtenidos para los extremos de la barra cargada.

Para explicar más fácilmente el procedimiento nos valdremos de algunos ejemplos, y empezaremos por

cauciones especiales, como poner sujetadores después de hecha la deformación (S. fig. 1.^a, B), para que no se altere la forma de la curva obtenida al apoyar sobre el fleje, para dibujarla, el lápiz o el tiralíneas.

El punto de momento nulo, cuya exacta determinación es la base del sistema, se determina sobre el dibujo o directamente sobre el fleje, pasando apoyado sobre el mismo un aparato de los usados para medir la curvatura de las lentes y que lleva una escala que pasa por cero al pasar por el punto de inflexión (fig. 2.^a).

Como ejemplo algo más complicado citaremos el pórtico de la figura 3.^a, cargado en la forma que se representa en el mismo.

Lo mismo que en el ejemplo anterior, se dibuja la estructura a estudiar, reducida en cierta escala. Como es natural, conviene que este dibujo sea del mayor tamaño posible, no debiendo bajar de 40 cm la longitud de ningún lado.

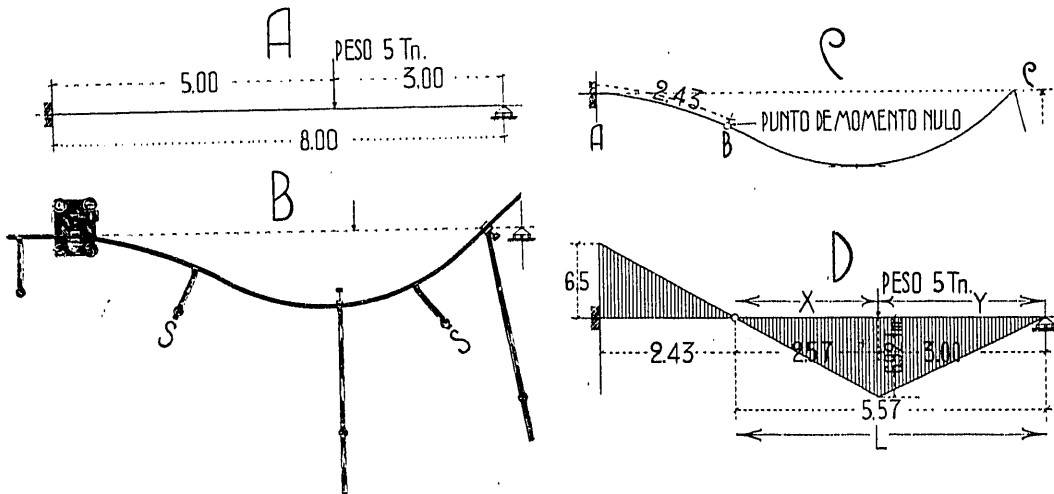


Fig. 1.^a

el caso más sencillo, que es el de una viga horizontal, empotrada en un extremo y apoyada en otro, sometida a la acción de un peso, en la forma que se indica en la figura 1.^a. Para su resolución experimental se dibuja la viga como se ve en A, se reproduce con el aparato y se deforma bajo la acción de una fuerza de dirección y punto de aplicación iguales a los de la fuerza y de intensidad cualquiera (fig. 1.^a, B). Se dibuja la viga deformada y se hallan los puntos de inflexión de la elástica (en este caso uno sólo, figura 1.^a, C). La barra

se descomponel para los efectos de cálculo, en dos estáticamente determinadas; una, BC, articulada en sus extremos, y otra, AB. Una vez conocida la magnitud BC se halla el valor del máximo momento flector de la barra BC, que será

$$M = \frac{Pyx}{l} = 6,92 \text{ Tm}$$

se toma este valor sobre el dibujo en una cierta escala y

con una sencilla construcción gráfica se determina la ley de variación de momentos flectores (figura 1.^a, D). Como en todos los procedimientos gráficos, de la mayor o menor precisión en el dibujo depende la del resultado. Para ello se toman pre-

Como estamos en el caso de cargas continuas, se sustituye esta carga por una carga aislada que, por

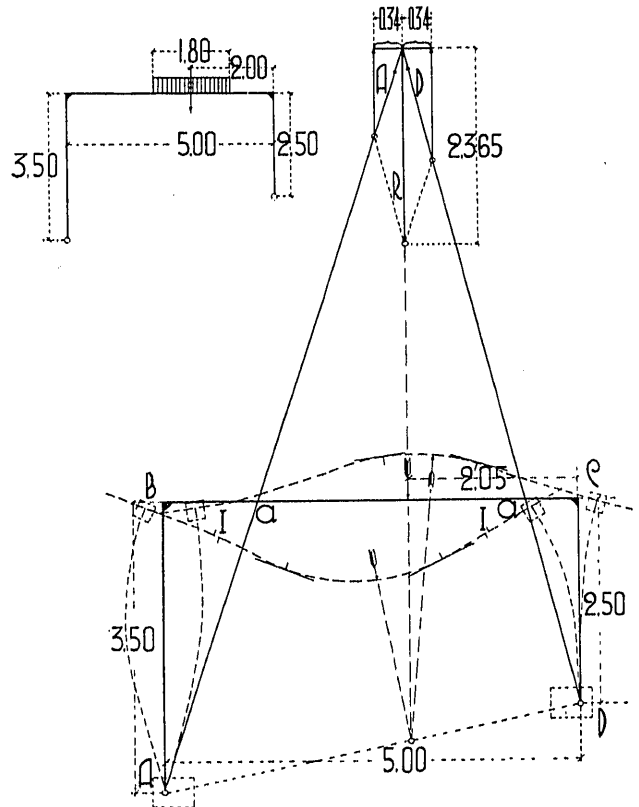


Fig. 3.^a

la tabla que hemos mencionado antes, se deduce que su magnitud es de 2,365 tm y está aplicada a 2,05 m de C.

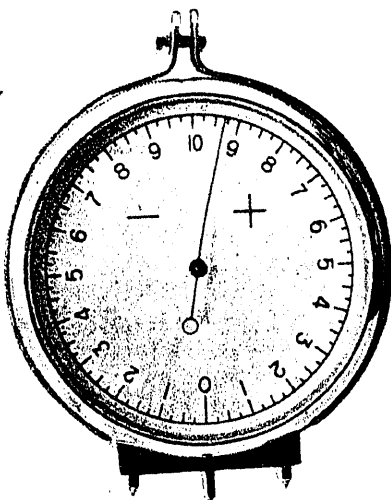


Fig. 2.^a

Se reproduce la estructura con el aparato y se deforma con un tirón en sentido vertical, aplicado a 2,05 m de C. Se determinan los puntos de inflexión de esta curva. Para obtener una comprobación se deforma la estructura dos veces, una hacia abajo y otra hacia arriba, y se toma de la media de los resultados obtenidos. Estos puntos de inflexión, considerados como articulos, dividen al sistema considerado en dos sistemas de tres articulaciones, A, aa y aa, D, que tienen la barra aa común. Las líneas Aa y Da deben cortarse en un punto de la dirección de la fuerza, y con la construcción gráfica de la figura se deduce el valor de las reacciones en A y D, y con éstas los momentos de empotramiento en B y C. Conocidos estos momentos se calcula al barra BC con su verdadera carga continua, lo cual ya no tiene dificultad, pues ya están determinados los momentos de empotramiento en B y C, que constituirían la indeterminación hiperestática.

Por los ejemplos anteriores se ve que por este procedimiento experimental se resuelven sistemas hiperestáticos con bastante facilidad. Sin embargo,

Con esto hallamos los valores del empotramiento en los nudos, y como se conocen las formas de las leyes de variación en los tramos cargados y los puntos de momento nulo en los descargados, podremos representar las leyes de variación de momentos flectores que buscamos.

Los casos más importantes en que hemos empleado este procedimiento han sido en el cálculo de las estructuras sustentadoras de las localidades de la Plaza de Toros de Cuenca y del Campo de Deportes de la Exposición de Sevilla, ambas proyectadas en hornigón armado. Las de la Plaza de Toros de Cuenca están ya construídas y probadas; las del Campo de Deportes de la Exposición de Sevilla, por las razones que sea, no merecieron ser tomadas en consideración, tomándose, en cambio, otro proyecto de otro concursante que, al ser informado técnicamente, fué considerado como deficiente.

En las figuras 4.^a y 5.^a están los esquemas de las estructuras deformadas y de las leyes de variación de los máximos momentos flectores en este último caso. En las leyes de variación de los máximos mo-

GRAFICO DE LAS DEFORMACIONES OBTENIDAS PARA EL ESTUDIO DE LA TRIBUNA B DEL CAMPO DE DEPORTES DE LA EXPOSICION DE SEVILLA.

--- CARGA EN EL 1.^{er} TRAMO
 -- » » » 2.^a »
 - - - » » » 3.^{er} »
 - - - - » » » 4.^a »
 » » » 5.^a »

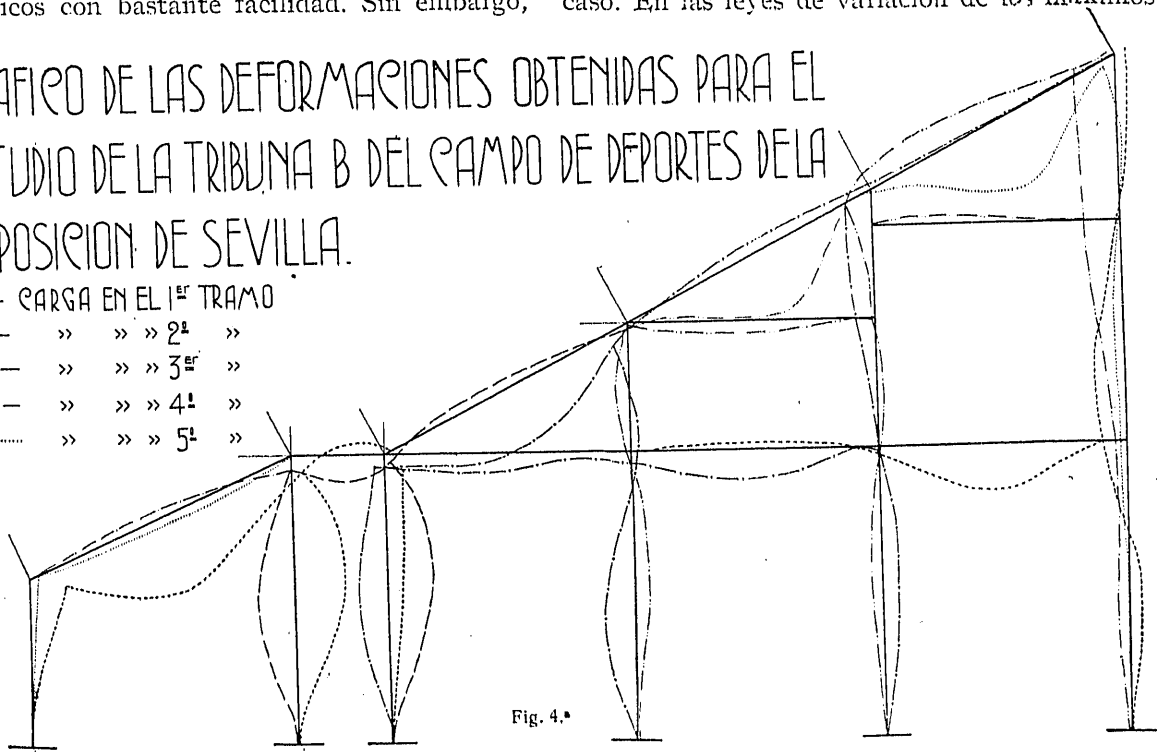


Fig. 4.^a

si se trata de una estructura algo complicada, el descomponerla en un conjunto de sistemas articulados puede resultar bastante trabajoso y estar expuesto a equivocaciones, y para resolver estos casos con mayor rapidez, aunque con mayor error gráfico, se nos ocurrió hacer uso de la ecuación

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI}$$

o sea que, derivando gráficamente dos veces la curva de deformación obtenida del aparato, nos encontramos con la ley de variación de los momentos flectores en una cierta escala. Para determinar esta escala hacíamos uso de la propiedad de que en una viga semiempotrada, sometida a una carga aislada

M. m. f. isostático = M. m. f. efectivo + Momento de empotramiento.

Y como el valor del M. m. f. isostático se conoce para cada carga, se tiene hallada la escala.

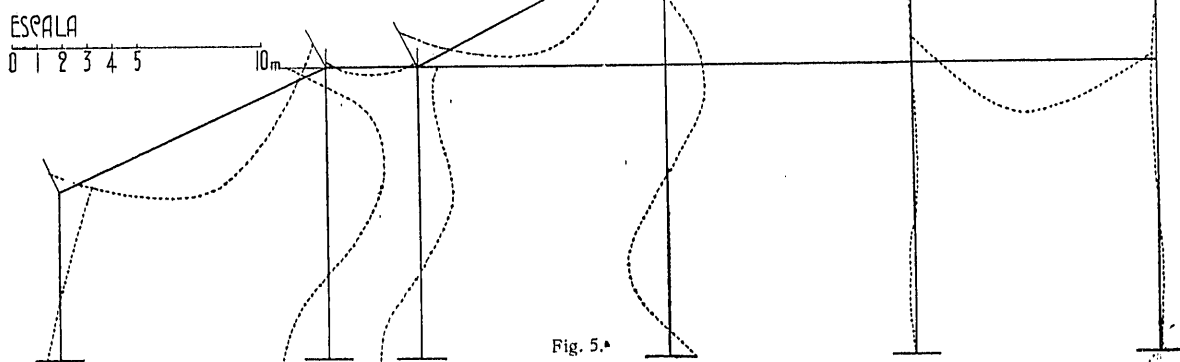
mentos flectores hemos conservado las leyes curvilíneas que resultan de la aplicación del procedimiento como consecuencia del mucho descentramiento de la carga con motivo de la gran deformación relativa de los pilares. Efectivamente, del examen de los esquemas de deformación resulta que el recorrido de los nudos, al producirse la deformación, afecta poco los resultados en la viga, pero mucho en los pilares. Hemos preferido dejarlo así, pues siempre se obtiene más idea de la forma de variación de la estructura, y las leyes de variación de los momentos flectores correspondientes se trazan con facilidad, pues se conocen el momento de empotramiento en el nudo y el punto de momento nulo. Nótese en las figuras el gran efecto de los arriostramientos y téngase en cuenta que las leyes de variación de los máximos momentos flectores provienen de sumas algebraicas de ordenadas de las debidas a cargas permanentes y de las correspondientes a los casos de cargas más desfavorables.

Pero al hacer estas aplicaciones nos encontramos con una dificultad: Si se hace trabajar a los materiales a las cargas corrientes de 40 y 1 000 kg/cm² resultan unas secciones algo excesivas para los pilares, debido a la flexión compuesta a que se calculan. Esta flexión compuesta existe en la realidad, pero nos parece que, a medida que nos aproximamos con el cálculo a las condiciones reales, como ocurre con este procedimiento, debe disminuirse el coeficiente de seguridad y aumentarse, por consiguiente, las cargas de trabajo. Tenemos entendido que ésta es la orientación alemana, que admite cargas de 60 y 1 500 kg/cm² cuando el cálculo está hecho por procedimientos que tengan en cuenta los esfuerzos secundarios. En España no existen unas instrucciones oficiales para el cálculo de obras de hormigón armado y en ese sentido no están limitadas las cargas de trabajo. Pero es nuestro criterio que no hubiéramos podido triunfar en ningún concurso llevando cargas de 60 y 1 500 kg/cm², que nosotros no hubiéramos tenido inconveniente en proyectar, pero que el miedo reinante, cuando se trata de construcciones de hor-

dichas instrucciones, pues parece que es pretender demasiado que cada proyecto fuese revisado y comprobado oficialmente. Teniendo como tenemos un ministro de Fomento emprendedor y de moderna orientación, es el momento propicio para que, tomando la iniciativa, ordenase la redacción de unas instrucciones de carácter moderno, ya que sobran en España elementos para redactarlas en forma que no tengan nada que envidiar a las de otros países y evitarnos, a los que tenemos que ocuparnos de estas cosas, el bochorno de basarnos en instrucciones extranjeras para justificar nuestro atrevimiento o nuestra prudencia en los cálculos.

En el estado actual de las cosas, cualquiera puede proyectar hormigón armado sin dar cuenta a nadie de lo que piensa hacer ni de lo que hace. Sólo cuando ocurre algún accidente es cuando se cae en la cuenta de que procedía haber tomado ciertas medidas para procurar evitarlo. No queremos decir que con lo que proponemos ya no habrá accidentes; ya se sabe que los habrá mientras existan obras, por muy meditada, estudiada y cuidada que sea su construcción, pues

GRAFICO DE LOS MÁXIMOS MOMENTOS FLECTORES EN LA TRIBUNA B DEL CAMPO DE DEPORTES DE LA EXPOSICION DE SEVILLA.



migón armado, se hubiera negado a admitir.

Creemos llegada la hora de que desaparezca esta prevención contra el hormigón armado, y por tanto, de que no se anuncien concursos en los que se excluyan las soluciones a base de hormigón armado, porque todo este estado de desconfianza es debido a los fracasos que con cierta periodicidad ocurren a causa de manejar este material gente inexperta e indocumentada, y podría, a nuestro juicio, remediarse si se establecieran unas instrucciones oficiales para el cálculo de las obras de hormigón armado, exigiéndose la presentación y archivo oficial de los proyectos firmados por un técnico con título de un Centro oficial en el cual se estudie con todo detenimiento tan importante materia, ya que así se tendría la garantía de la responsabilidad de que se ajustasen a

es imposible prever todo lo conocido y hay muchos efectos desconocidos; pero lo que sí son perfectamente evitables son los accidentes debidos, por ejemplo, a dejar sin armadura las zonas de tracción. De lo que, aunque parezca mentira, se dan todavía casos, debidos siempre a individuos que, sin otro título que haber sido contratistas de alguna obra de hormigón armado, con la mayor ignorancia en la materia y mucha osadía, se lanzan a ejecutar obras o elementos de obra de este material, criticando y hasta llegando a enmendar la plana a técnicos especializados en proyectos de esta clase de construcciones, y toda su ciencia consiste en poner, como ellos dicen, un poquito más hierro, en la forma que se les ocurre, cuando hay algún punto que les parece peligroso. Y después se quedan tan tranquilos.

José M.ª AGUIRRE y A. SAN ROMÁN
Ingenieros de Caminos