

Tratemos de calcular cuál es el verdadero valor del coeficiente de rozamiento.

Para ello tengamos en cuenta que como el camino recorrido por el cajón fué de 42 metros, el valor de L_2 es solamente de

$$42 - 19,10 = 22,90 \text{ m}$$

La velocidad del móvil al final de este recorrido fué cero, por lo que la correspondiente a V_1 en vez de ser de 6,38 m por segundo, como correspondería, es solamente de 6,22, como se obtiene haciendo V_2 , igual a cero, en la fórmula núm. 4 de las anteriormente descritas.

En la expresión del valor de V_1 en función de n (coeficiente de rozamiento) y que vale

$$V_1 = \sqrt{2 \times L_1 \times \frac{P}{M} (\text{seno } a - n \text{ cos } a)}$$

donde P es el peso del cajón, M la masa y a la inclinación de la grada, podemos hacer $V_1 = 6,22$, y entonces deducir el valor de n , que resulta en definitiva.

$$n = 0,0477$$

Este es, por tanto, el verdadero valor del coeficiente de rozamiento, a lo menos en las circunstan-

cias en que se realizó por la Contrata del puerto de San Esteban

Conocido este valor, y para condiciones análogas a las nuestras, se pueden aplicar las fórmulas del Sr. Piñuela en la seguridad de que en todo momento se sabrá *a priori* el proceso del lanzamiento de cualquier clase de cajones con indiferencia de peso y dimensiones.

En cuanto al balance, se comprobó igualmente que el ángulo de inclinación apenas llegó a 6° , si bien no hemos estudiado el que corresponde por las fórmulas por estimarlo menos interesante. Nos bastó la seguridad de que no llegaría a 8° , y que para esta inclinación los radios metacéntricos eran positivos.

Llegar a las conclusiones anteriores era lo que nos proponíamos, por lo que damos por terminado este artículo en la confianza de que nuestro estudio no dejará de ser útil alguna vez a los compañeros que tengan iguales problemas.

Esperamos que si tenemos espacio en la REVISTA, y es de agrado de los lectores, podremos describir las interesantísimas instalaciones efectuadas por esta Contrata, cuyo adjudicatario, el conocido financiero D. Ildefonso G. Fierro; no le ha regateado medios, invirtiendo mucho más de 10 millones de pesetas en material, que hemos traído de América, Francia, Bélgica, Holanda y Alemania.

José OCHOA Y BENJUMEA,
ingeniero de Caminos,
director de la Contrata del puerto de San Esteban
de Pravia.

Nuevo tramo metálico sobre el río Aar, en Olten (Suiza)

Considero altamente interesante y digno de que sea conocido por los habituales lectores de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS un notable trabajo realizado en Suiza, al sustituir los tramos existentes en una obra situada en la línea de Olten a Biel, sobre el río Aar, por las circunstancias especialísimas que concurren, no solamente en el proyecto de los nuevos tramos, sino también en su construcción y montaje.

Se trata de una obra inmediata a la expresada ciudad de Olten, cuya circunstancia ha incrementado notablemente las dificultades de montaje, por no poderse desarrollar los trabajos debidamente, al ser obstáculo para ello las casas, calles y paseos de la expresada población.

En la figura 1.^a se representa en planta la posición de la expresada obra, supuestos ya instalados los tramos nuevos.

Estos están llamados, como ya se ha indicado, a sustituir a los existentes, débiles para el paso de las sobrecargas modernas, y este trabajo se ha efectuado dentro de la campaña general de mejora de tramos metálicos que en Suiza, como en todas las naciones, se realiza en la actualidad.

Descripción

La obra constaba de tres tramos independientes con luz teórica de 32 m, y, como corresponde a un trazado de vía en curva de 305 m de radio, dichos

tramos estaban colocados sobre los estribos y pilas correspondientes poligonalmente, con objeto de conseguir para aquéllos la mínima separación de sus vigas principales para inscribir dentro de los parale-

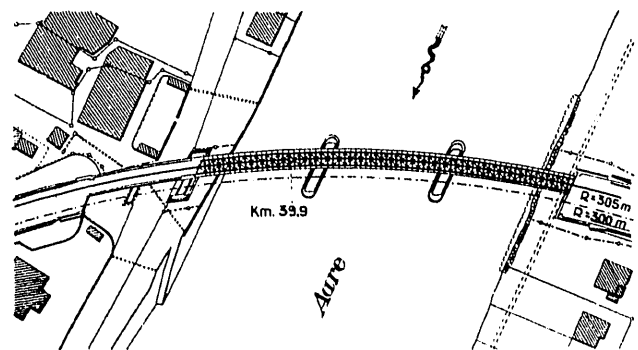


Fig. 1.^a

1 gramos de sus plantas la expresada curva, con el menor desperdicio de materiales.

Dichos tramos eran de vigas principales semiparabólicas tipo Pratt y de hierro; la vía estaba sentada sobre traviesas colocadas sobre largueros unidos a su vez a las viguetas normales a las vigas principales, correspondiendo, por tanto, a posiciones de los largueros variables, ajustándose lo más posible en planta a la disposición de la vía.

Para el proyecto de la nueva obra se estudiaron multitud de soluciones, y teniendo presente que si bien por el momento los nuevos tramos solamente han de sustituir a los antiguos, pero que en breve ha de establecerse en la mencionada línea la doble vía, había que pensar, y esta fué una de las preocupaciones de Mr. Buhler, autor del proyecto, en aprovechar los apoyos de fábrica existentes para que en el porvenir pudieran en ellos apoyarse los nuevos tramos correspondientes a la segunda vía que se establezca, sin necesidad de ampliaciones siempre costosas y con soldaduras muy difíciles entre las fábricas antiguas y modernas, y sin querer tampoco establecer nuevos apoyos con trazado distinto al actual, por impedirlo la circunstancia ya mentada de encontrarse la obra tan próxima a la ciudad de Olten.

De haber construido nuevos tramos idénticos a los antiguos, no hubiese quedado sitio en las fábricas de estribos y pilas para colocar los futuros tramos

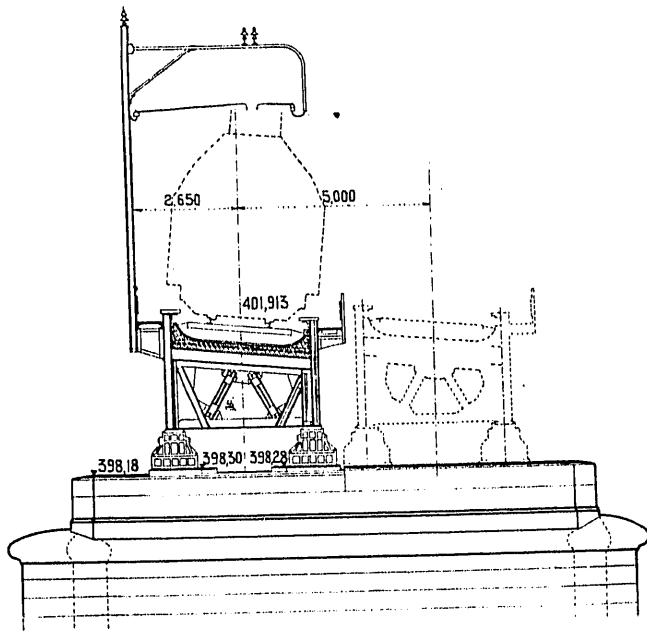


Fig. 2.ª

para la segunda vía, y por ello, como ya se ha expresado, después de múltiples tanteos se ha estudiado por aquel ilustre ingeniero la solución adecuada al caso, pero de extraordinarias dificultades de cálculo, de tres tramos de viga llena y continua en curva en planta de 305 m de radio, idéntico al radio de la curva de la vía, lo que permite que la separación entre las vigas principales sea la mínima y, por tanto, permitiendo la colocación el día de mañana de otros tramos análogos para la segunda vía; otra circunstancia que permitió proyectar los tramos con menor anchura fué la de transformar, mediante previas modificaciones en las fábricas, por permitirlo así el excesivo desagüe de la obra, los tramos antiguos, que eran de paso inferior, en los nuevos, de piso superior, lo que permite, como ya se ha indicado, la posibilidad de establecer sobre las mismas fábricas, sin modificación alguna, los tramos para las dos vías, según puede apreciarse en la figura 2.ª.

Bien sabido es que el proyecto de tramos con vigas principales curvas ofrece extraordinarias dificultades de cálculo para obtener la garantía de que la obra en su conjunto no ha de trabajar en condi-

ciones desfavorables, siendo escasísimas las obras en que tramos con esta disposición están establecidos, siendo por todos conocidos el viaducto de Le

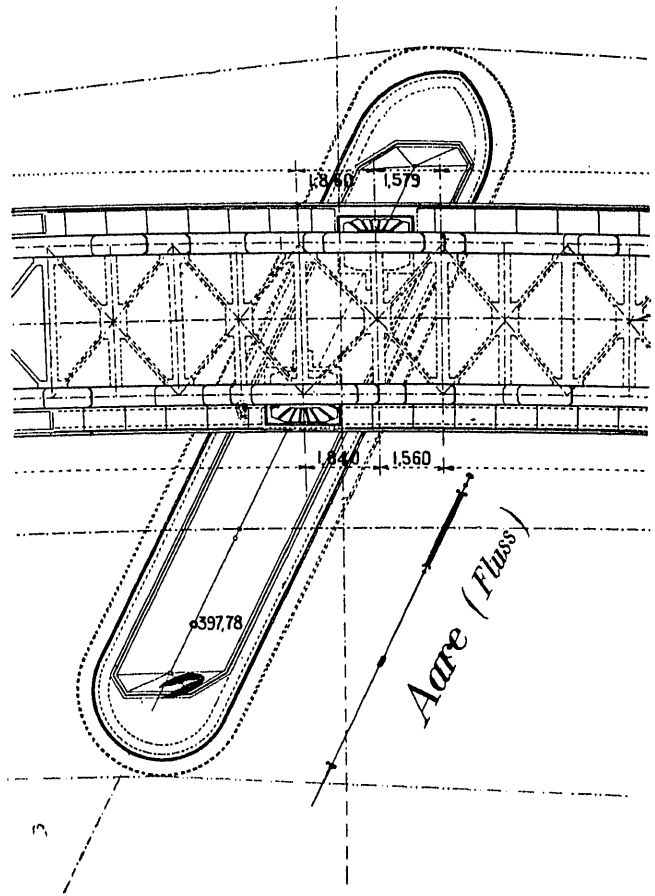


Fig. 3.ª

Rapée, en París, para el paso de una línea del metropolitano sobre el Sena, y otros tramos en Hamburgo sobre alguna de las instalaciones marítimas de su importante puerto.

Para que las dos vigas principales de un tramo en esta disposición se sostengan debidamente, es preciso dotarlas de resistencia extraordinaria para que los importantísimos esfuerzos de torsión que en su conjunto representan ambas vigas queden compen-

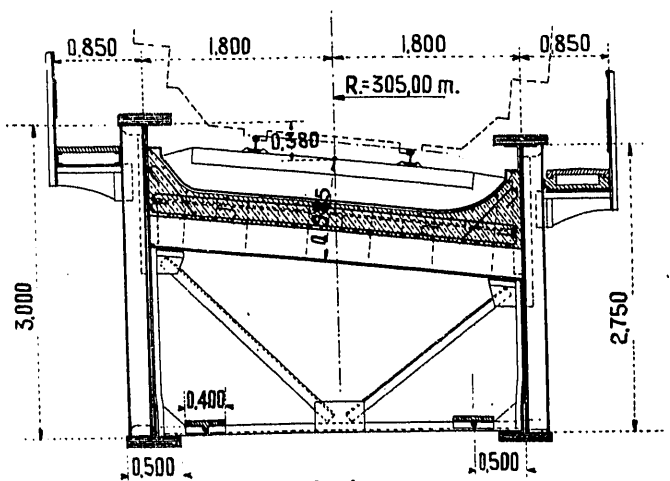


Fig. 4.ª

sados y sean sostenidas debidamente gracias a robustos arriostramientos que entre ambas han de establecerse; los esfuerzos de torsión variables de una

a otra sección en grado importante hacen que el cálculo sea prolijo y laborioso.

Como puede comprobarse en la figura 1.^a, en la

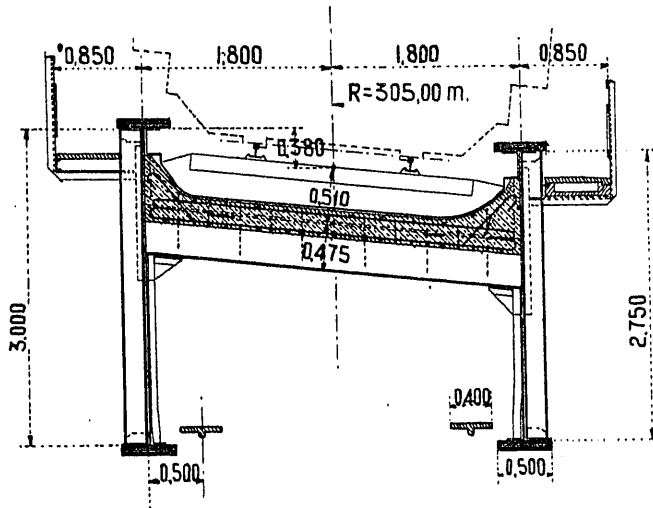


Fig. 5.ª

cual en planta se representa el conjunto de los tres tramos, la nueva obra consta, como ya se ha dicho, de tres tramos de alma llena, vigas continuas con una altura de 3 m la viga exterior y 2,75 la viga interior, las que se ponen de altura distinta, no solamente como consecuencia del diferente esfuerzo de torsión que una y otra han de resistir, sino también para ajustarse al gálibo y permitir rebase éste las dos cabezas superiores de ambas vigas, a pesar de la inclinación que dicho gálibo presenta, por el acentuado peralte que el carril exterior ha de tener (fig. 4.^a).

Uniendo ambas vigas se establece, como puede apreciarse en esta última figura, robustas viguetas inclinadas, es decir, cosidas a ambas vigas, a alturas distintas a partir de sus cabezas inferiores, con inclinación análoga a la que el citado peralte exige para ambos carriles; viguetas normales a las vigas principales, es decir, siguiendo los radios de la curva de 305 m correspondiente a la vía, no siendo, por tanto, dichas viguetas paralelas, sino concurrentes.

A dichas viguetas no se cosen largueros que sirvan de sosten a las traviesas apoyo de los carriles, pues siguiendo tendencias modernas, que en absoluto no comparto, en esta obra se establece la vía sobre balasto de piedra machacada, para lo cual se dispone un forjado de hormigón armado sobre di chas viguetas y entre los vanos que las mismas dejan (fig. 4.^a), para que sirva de sostén al expresado

balasto de piedra machacada, por estimar el autor del proyecto, y, como antes indico, siguiendo en esto tendencias modernas, de establecer la vía en los tramos metálicos del modo más parecido posible al que tiene sobre la explanación corriente, por conseguir de este modo una importante reducción en el coeficiente de aumento de las sobrecargas, debiendo calcularse los elementos resistentes de los tramos, como consecuencia del impacto, pues una vez establecido en esta forma no hace trabajar de un modo tan directo, inmediato y enérgico a dichos elementos resistentes, por difundirse y esfumarse el esfuerzo entre muchos elementos, cuando en los casos corrientes de establecimiento de vía con traviesas sobre largueros y viguetas éstas reciben directamente los esfuerzos transmitidos; la reducción del coeficiente de impacto con este procedimiento llega a un 50 por 100; pero, por otra parte, se incrementa notablemente el peso propio de los tramos al establecer elementos tan pesados como son el balasto de piedra machacada y el forjado preciso para su sostenimiento y apoyo.

En las figuras 3.^a, 4.^a y 5.^a se ven diversas disposiciones en que aparecen al descubierto las viguetas con el arriostramiento preciso para resistir al viento;

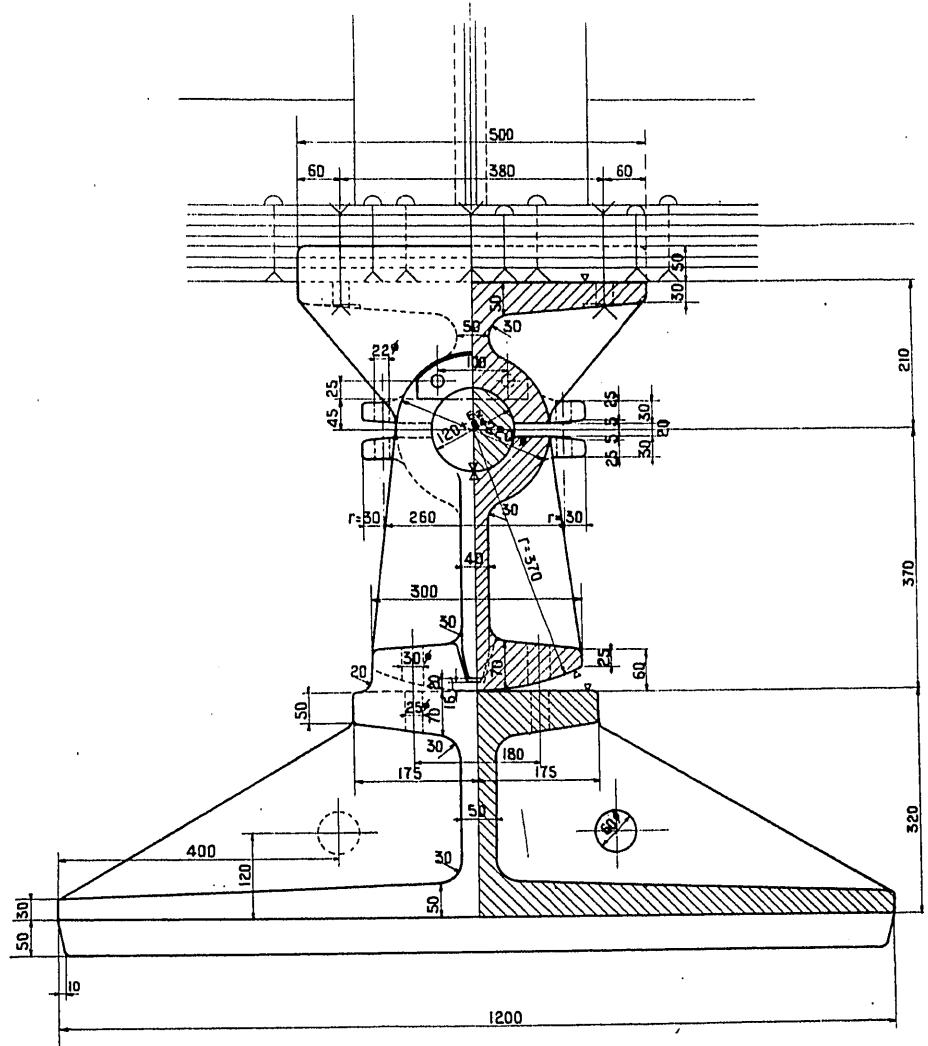


Fig. 6.ª

otras en las cuales aparece al descubierto el mentado forjado, y otras en las cuales la vía ya está establecida.

En la expresada figura 4.^a y en la 5.^a se aprecian dos secciones transversales de los tramos, en una de las cuales aparece el arriostramiento inferior a las viguetas que tienen este importante medio de indeformabilidad y otras alternativas con aquellas en que dicho arriostramiento no aparece (estimo preferible colocarlo en todas).

Las pilas y estribos, como puede comprobarse en la figura 3.^a, tienen amplitud suficiente para poder alojar en el porvenir un tramo análogo al ahora colocado.

La separación entre los ejes de las vigas principales es de 3,60 m, aceptando una separación entre ejes de viguetas variable, en los extremos, por corresponder así y ser preciso para alcanzar la oblicuidad que la obra tiene de 1,161 metros y de 1,344 m entre las viguetas corrientes y centrales.

Los nuevos tramos tienen longitud de 35,050 m los laterales y 35,320 m el central, con una longitud total de las vigas correspondientes a los tres tramos de 105,420 m.

Los aparatos de apoyo establecidos en la obra, como puede apreciarse en la figura 2.^a, donde en al-

utilizando una grúa que no estorbara las circulaciones por la vía en servicio.

Los tramos se montaron en esta explanación en la misma forma curva que habían de tener al ser es-



Fig. 8.ª

tablecidos sobre sus apoyos definitivos, lo que dió lugar a múltiples complicaciones de montaje para dar paso y poder mover por la vía igualmente curva la citada grúa (fig. 7.^a).

Una vez terminado por completo el montaje en la explanación, habiendo dotado al extremo de los tramos que habían de apoyarse sobre el estribo de la margen derecha del río Aar del correspondiente espalón, se establecieron debajo de los tramos, replanteándoles, como es consiguiente, en la forma curva adecuada en el radio de 305 metros general a toda la obra, aparatos de corrimiento longitudinal con disposición adecuada para guiar a los tramos por corrimiento en forma curva, para que fueran éstos avanzando, describiendo siempre una circunferencia de los 305 metros del radio expresado, para lo cual dichos aparatos habían de colocarse, como ya se ha expresado, no paralelos, sino en dirección de los diversos radios de la expresada circunferencia; prolijos cálculos motivaron los preparativos de corrimiento y la determinación de los avances respectivos que a

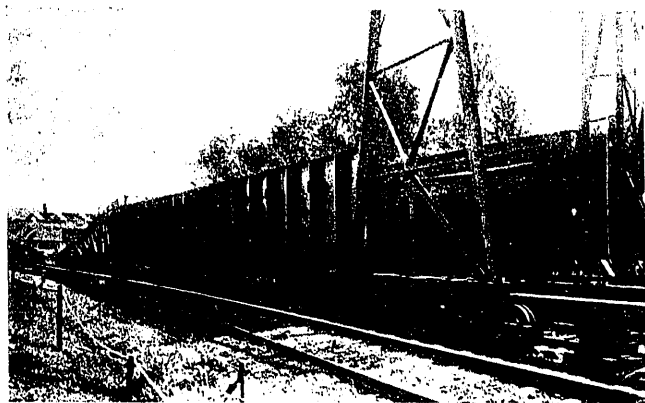


Fig. 7.ª

zado aparece parte del conjunto, son de tipo pendular, según detalle de la figura 6.^a.

Estos aparatos de apoyo están compuestos de los elementos siguientes:

El sombrerete unido invariablemente a las vigas principales apoyadas en una rótula independiente que descansa a su vez sobre un sector móvil que termina en su parte inferior en un saliente en forma de diente que se introduce en un basamento dispuesto en forma adecuada para la introducción y posibles movimientos de aquel diente en una caja practicada al efecto.

Estos aparatos tienen la ventaja de dar mayor flexibilidad y menor complicación que los corrientemente establecidos y hasta ahora empleados, permitiendo las diversas inclinaciones en el expresado sector tipo; absorbe las dilataciones y contracciones de las vigas por las variaciones de temperatura.

Montaje y corrimiento

Era interesante no establecer para el montaje del nuevo tramo andamio alguno sobre el río Aar, y se estudió el montaje de los tramos sobre la explanación de la orilla izquierda, en la cual, aunque con escaso espacio, se pudieron montar los nuevos tramos,

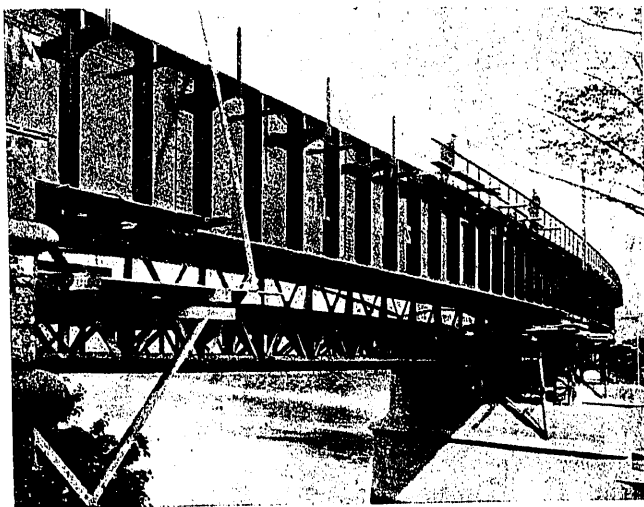


Fig. 9.ª

cada aparato había de darse para que todos funcionaran debidamente y el avance fuese regular, sin desviación alguna del conjunto, desviación que hubiera podido traer gravísimas consecuencias al lle-

var quizá los nuevos tramos fuera de las fábricas. En la figura 8.^a se aprecia un momento del lanza-

mos, viéndose en la misma las cajas que en las pilas se han practicado para poder alojar, previo descenso, las nuevas vigas al ser, como ya se ha indicado, el nuevo tramo de piso superior, en tanto que los antiguos eran de piso inferior.

Análoga fase del trabajo se aprecia en la figura 9.^a, distinguiéndose por debajo de los tramos nuevos los tramos antiguos.

Interesantísima fotografía resulta la que aparece en la figura 10, donde a vista de pájaro se aprecia el conjunto de la obra en análoga situación a la expresada.

El lanzamiento se verificó en tres días, sin dificultad ni obstáculo alguno, habiéndose llegado por el extremo de los tramos al estribo de la margen derecha con precisión matemática, sin desviación de ninguna clase.

Después de haber terminado el lanzamiento hubo necesidad de descender los tramos a su posición definitiva, operación que se realizó sin dificultad de ninguna clase.

El coste por kilogramo de este trabajo de montaje y colocación ascendió a 1,20 francos suizos, precio realmente reducido, dadas las dificultades de este trabajo, no debiendo olvidarse que actualmente la primera materia la alcanzan los constructores suizos a precios reducidísimos, procedente de los territorios de La Sarre, donde se produce a precio muy bajo, habiendo franquicia de entrada en Suiza de esta clase de materiales.

Este trabajo descrito en estas cuartillas lo estimo uno de los más interesantes que en los tiempos modernos se han verificado en tramos metálicos, y no puedo por menos de felicitar desde estas páginas al autor del mismo, ilustre ingeniero suizo Mr. Buhler, el cual en múltiples ocasiones he tenido ocasión de citarle al hablar de trabajos referentes a proyecto, construcción y montaje de tramos metálicos.

D. MENDIZÁBAL

Ingeniero profesor de la Escuela de C., C. y P.

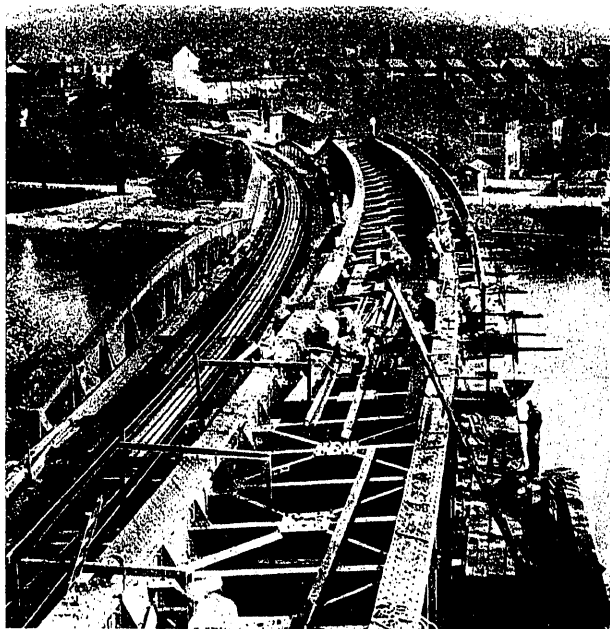


Fig. 10.

miento, en el cual se ha rebasado la segunda pila por el espolón, llegando sobre ella el extremo de los tra-

Interpretación geométrica de las ecuaciones para el cálculo de los pórticos y, en general, de todos los sistemas hiperestáticos de elementos rectos¹

III

Pórtico con dintel de tres planos

La fórmula que da los momentos en el caso anterior es bastante complicada y puede simplificarse el método seguido observando que siempre la forma del momento es

$$M = \frac{0}{\Omega}$$

forma interesante en la que el numerador y denominador representan momentos estáticos ficticios de ciertas áreas del diagrama de momentos reales.

Sirve el método que vamos a exponer para un pór-

tico cualquiera y cargado arbitrariamente. Apliquémoslo al caso que encabeza este párrafo y supongamos una carga vertical P según la figura 10:

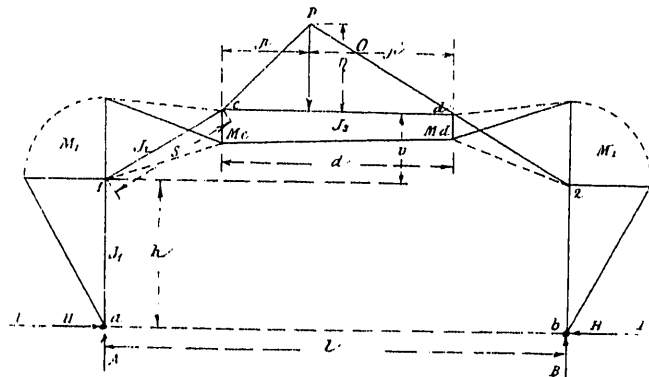


Fig. 10.

¹ Véase el número anterior, página 312.