

## El puente Vierendeel, de la Riera de Caldas

En el mes de diciembre último se terminó la construcción del puente de hormigón armado, con vigas de piso inferior, sistema Vierendeel, sobre la Riera de Caldas, en la provincia de Barcelona, proyecto del cual soy autor y cuya inspección también ha estado a mi cargo.

Como hasta ahora en España, que nosotros separamos, no existe ningún otro puente de vigas Vierendeel de piso inferior —solamente uno de piso superior, el paso del ferrocarril en La Sagrera (Barcelona), ya que el del Prat, que cita Ribera, es un arco atirantado—, creemos sea de interés conocer

de la cuenca; el resto, en lo que constituyen los depósitos continentales, son en su mayoría pontienses, y los niveles marinos van del burdigaliense hasta el tortoniense superior, depósitos que llegan a tener más de 50 metros de espesor. Las margas y arcillas vindobonienses son, en general, azulado-blanquecinas, siendo más rojas las pontienses.

Tales son, a grandes rasgos, las características hidrogeológicas de la cuenca de la Riera.

El puente cruza normalmente el cauce, arrancando, en su margen derecha, de la unión de la carretera provincial de Santa Perpetua a la de Barcelona

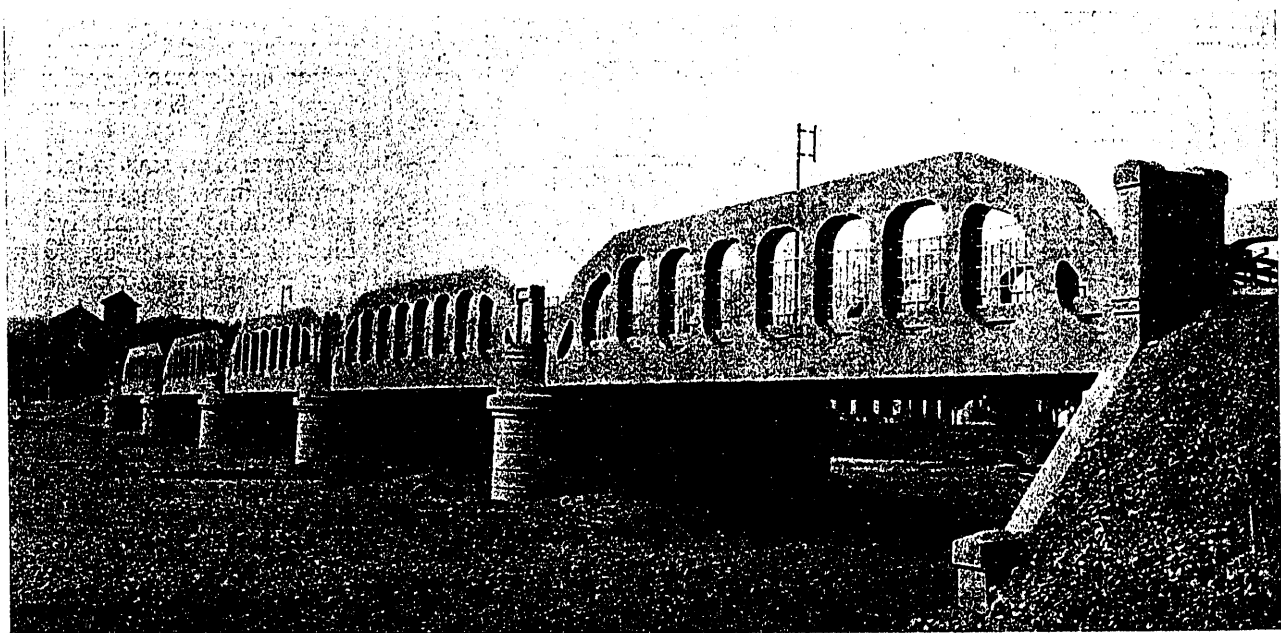


Fig. 1. Vista general del puente

algunos detalles de nuestra obra, que puedan facilitar y generalizar la adopción de este modelo de vigas, de muy usual aplicación en el Extranjero, y cuyas ventajas expondremos en este artículo.

Se halla situado este puente en la carretera de Sabadell a Mollet, por Santa Perpetua de Moguda, inmediato a este último pueblo, y salva la Riera de Caldas en sustitución del badén que en el proyecto de la mencionada carretera se proponía.

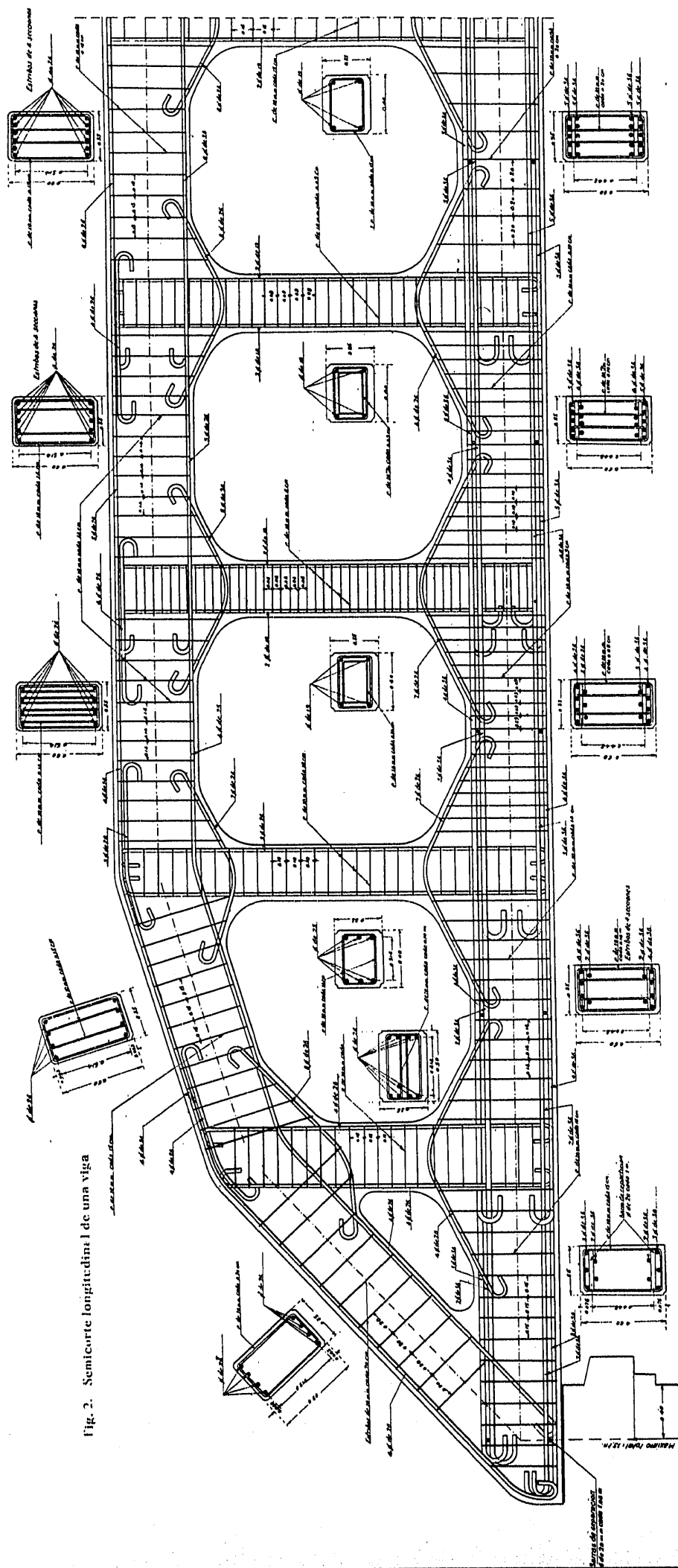
La Riera de Caldas presenta un recorrido de 66 kilómetros y de 62 hasta la ubicación del puente, siendo, hasta este mismo lugar, de 850 km<sup>2</sup> la superficie de la cuenca receptora. El régimen fluvial, como el de todas las rieras, es torrencial, caracterizado por lo repentino e impetuoso de las crecidas en época de lluvias, crecidas que producen la inundación de considerables extensiones del terreno limítrofe, que se encuentra a muy poca altura sobre el lecho del torrente. En época normal la corriente desaparece por completo.

El lecho está compuesto de arenas y gravas procedentes de la descomposición granítica que constituye la mayor parte de la formación geológica autóctona

a Ribas con la de Sabadell a Mollet, punto, además, donde el puente enlaza con la calle principal del pintoresco pueblo de Santa Perpetua, circunstancia estimable, ya que el tráfico principal tiene lugar entre esta parte del pueblo y la situada en la otra orilla, donde también se halla Mollet.

El desagüe, fijado por las características de la cuenca receptora, altura de rasante disponible y por comparación con las obras más próximas, es de 96 metros para el lineal y 220,80 metros cuadrados el superficial.

La altura de rasante que podía fijarse era forzosamente muy escasa, puesto que, tanto la carretera provincial de Santa Perpetua como la de Sabadell a Mollet, que se desarrollan siguiendo la margen derecha de la Riera, están precisamente a alguna menor altura que la de máximas avenidas, y lo mismo la entrada del pueblo, en la zona de arranque del puente por dicha margen, no siendo invadidas en dichas crecidas merced a las defensas de gaviones construídas al efecto. Ello nos obligó a no escatimar el desagüe lineal, evitando la elevación de la altura de las máximas avenidas por la reducción del desagüe.



Pasando, por otra parte, el cauce ordinario muy próximo a esta zona, no podíamos disponer, para ganar la altura precisa de las vigas, forjado y firme, y dejar, además, el huelgo necesario entre el puente y las máximas avenidas, más que de la escasa longitud comprendida entre dichas carreteras y el estribo de la margen derecha, unos 30 metros, de no situar este estribo muy adentro ya del cauce. Nos vimos por ello precisados a alcanzar la altura en muy poca longitud, puesto que en cualquier otro punto de donde arrancase el puente ocurriría lo mismo, y elevar las carreteras antes del arranque del terraplén de acceso equivalía a invadir o aislar las casas inmediatas.

Ahora bien, siendo la luz de tramos más conveniente, según estudio comparativo que hice al efecto, la de 20 metros, si hubiérase adoptado tramos rectos de piso superior, sería preciso una altura, desde la superficie de calzada al canto inferior de las vigas, de 1,85 m, como en los tramos oficiales de dicha luz ocurre, y con 1 m de huelgo mínimo, que por los arrastres de aquella corriente debe fijarse, más 0,30 m a que se encuentra más baja la carretera, daba un total de 3,15 metros, que necesitaba una rampa de 0,105, mientras que con la viga de piso inferior redujimos aquella rampa al 0,055.

Fué precisamente la escasa altura de rasante disponible la que nos hizo adoptar el tipo de viga Vierendeel, solución que recomendamos como muy conveniente en cuantos casos análogos se presente; adecuado sistema para pasos superiores y en cuantas ocasiones no sea posible elevar la rasante, o lo sea mediante costosos terraplenes.

El puente de piso inferior y alma llena exige, para estas luces y las cargas oficiales, mayor cantidad de hierro, y sobre todo de hormigón, que las de alma calada, ya que el forjado del piso, estando en la zona de tensión, no contribuye a la ac-

ción resistente de la viga, como en los de piso superior ocurre. Los puentes de piso inferior y vigas de alma llena que se han construido, tales como el de Franzen, en Buchelsdorf (Checoslovaquia); el viaducto de Hambacher, en Nuewstadt, y algunos otros, aun calculados solamente para vehículos de 6 toneladas como máximo, precisan una sección transversal media de hormigón por cuchillo de  $0,75 \text{ m}^2$ , bastando, en cambio, con las vigas Vierendeel que proyectamos,  $0,535 \text{ m}^2$ , incluso montantes.

Desechada por ello la solución de vigas de alma llena, nos quedaba, entre las de alma calada, las de montantes y diagonales y las de montantes tipo Vierendeel.

Las ventajas de las vigas Vierendeel sobre las de celosía triangulada son evidentes, no sólo por ser más económicas, sino también por conocerse en ellas la distribución del trabajo elástico con mayor precisión, así como presentan la mayor facilidad y economía para el encofrado, hormigonado y sencillez de armaduras en los nudos, que representa el prescindir de las diagonales, parte siempre difícil de construir.

Nótese, en efecto, la poca complicación de uno de los nudos, como especialmente se puede observar en la figura 6.

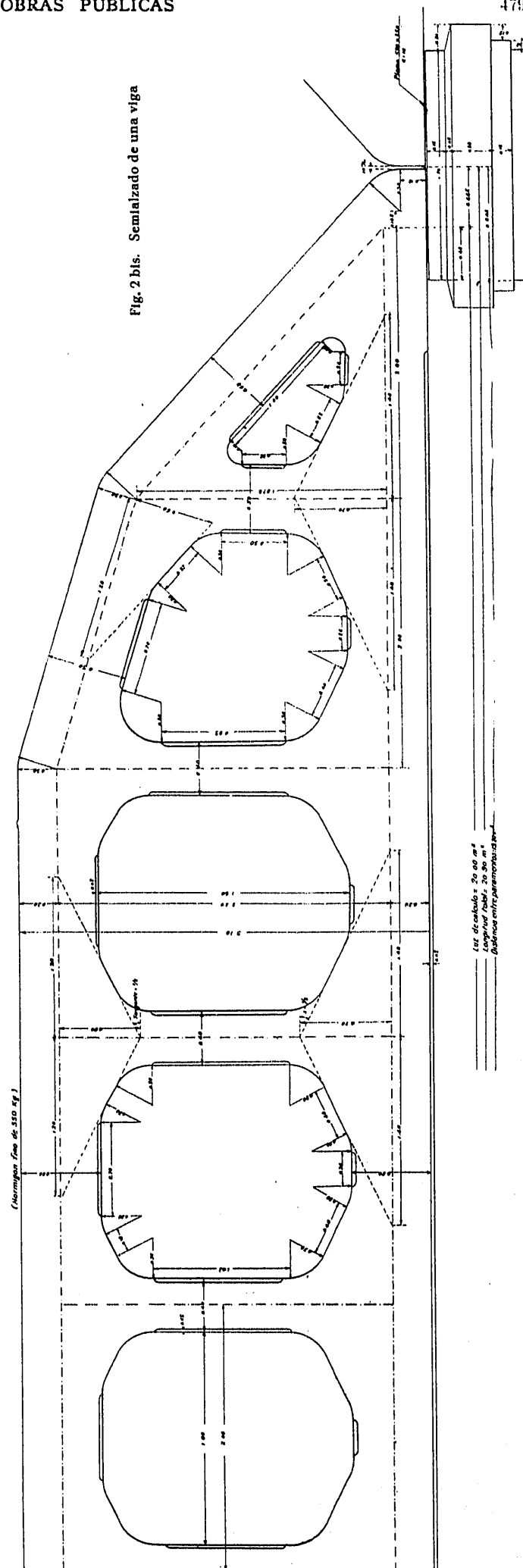
Hacemos también constar, para aconsejar la ventajosa adopción de estas vigas en casos análogos, muy frecuentes por cierto, que la viga calculada es sensiblemente de igual coste que la de igual luz de la Colección oficial de tramos rectos de hormigón armado. En efecto, la sección de los nervios de la viga de 20 m de dicha Colección tiene  $1,65 \times 0,40 = 0,66$  metros cuadrados, y  $0,535$  la viga Vierendeel. El coste de ejecución material que resulta, a los precios que figuraban en el proyecto, para cada tramo de hormigón armado, salvo el pavimento y apoyos, que son comunes a los dos sistemas, es, para los de la Colección oficial, de 18 200,10 pesetas, y de 18 568,11 pesetas el de la viga Vierendeel, con aumento de pesetas 368,01, pequeña diferencia, que proviene de juzgar prudente emplear en las vigas construidas hormigón de 350 kg en vez del de 300 que para los modelos oficiales figura.

Consta el puente, según indica la figura 1, de cinco tramos Vierendeel. Cada uno con 20,90 metros de longitud total, correspondiente a 19,20 m de luz libre entre paramentos y 20 m de luz teórica. Estos tramos se apoyan en estribos y pilas de hormigón en masa (figuras 7 y 8).

En los adjuntos dibujos (figuras 2, 2 bis y 3) se detallan todos los elementos de los tramos, secciones, etc., que nos evitan aquí una descripción minuciosa.

El piso de los tramos lo constituimos por un forjado con nervios transversales o viguetas empotradas en el cordón inferior de las vigas principales y situadas en las verticales de los montantes de aquéllas, por lo que su separación es de 2 m.

Fig. 2 bis. Semialzado de una viga



La altura entre ejes de cordones de la viga principal es de 2,50 m, y la sección transversal de ambas cadenas, la rectangular de  $0,60 \times 0,35$  m. Los montantes tienen también sección rectangular de  $0,40 \times 0,35$  m.

El forjado del piso tiene 0,20 m de espesor, y las viguetas, 0,64 m de altura, incluso la del forjado, y

de profundidad, muy suficiente para estar al abrigo de socavaciones, y fueron fundados por excavación en zanja abierta y sin agotamientos.

Las fábricas empleadas para estos apoyos fueron el hormigón de 200 kg en cimientos y cuerpo de obra, y el moldeado de 300 kg en los tajamares y en 0,50 m de profundidad, para presentar mayor resis-

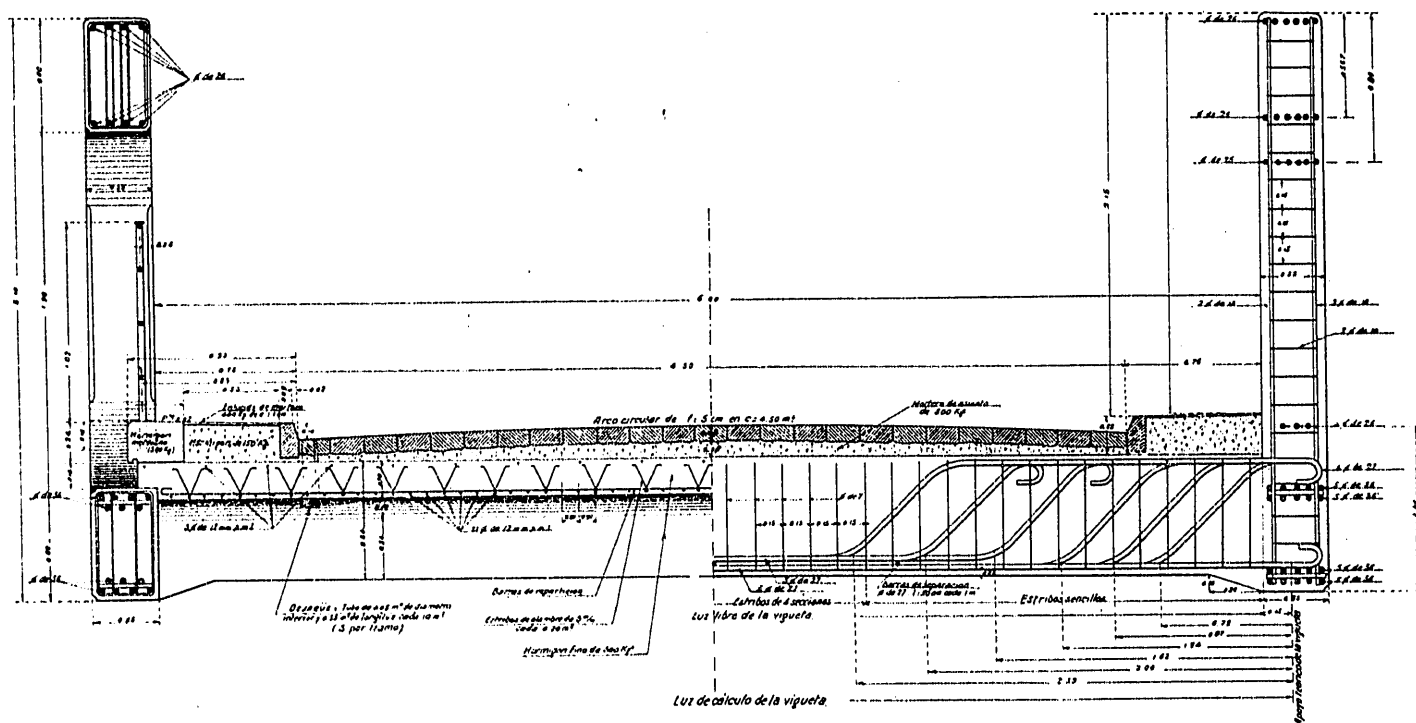


Fig. 3. Sección transversal del tramo

0,32 m de ancho. La disposición del piso se observa en la figura 5.

El hormigón del piso, forjado y nervios es de 300 kilogramos, y de 350 el de los cuchillos.

Las pilas carecen de zócalo, y su fuste, con paramentos verticales, tienen en planta forma rectangular, de  $6,70 \times 1,70$  m, terminada en semicírculos, base de los tajamares. La altura del fuste, hasta la

tencia al choque de los arrastres sólidos, e igual dosificación en impostas, pilastras, pretilas y parte decorativa.

Los estribos (fig. 8) tienen adosados cada uno una semipila análoga a la descrita, y el cuerpo del estribo tiene planta rectangular de  $8,40 \times 0,70$  y 2,45 m de altura. En ambos estribos, y a ellos adosados a uno y otro lado, se construyeron las aletas, cuyos cimientos son corridos con los de estribos. Las fábricas son de igual clasificación que las de pilas.

Los accesos del puente tienen lugar en terraplén, enlazando por la margen derecha con la carretera de Sabadell a Mollet, con la provincial antes citada y con la calle principal de Santa Perpetua mediante una amplia explanada.

El afirmado del puente es de losetas asfálticas Quarzmetal, compuestas por un 88 por 100 de elementos de cuarzo convenientemente clasificados y dosificados, y el 12 por 100 restante de composición asfáltica, formada por betún fuertemente metalizado con productos ferrosos y previamente oxidado para evitar su destrucción por los agentes atmosféricos.

Estas losetas presentan, además de las ventajas inherentes a todos los pavimentos asfálticos análogos, la de ser menos resbaladizas.

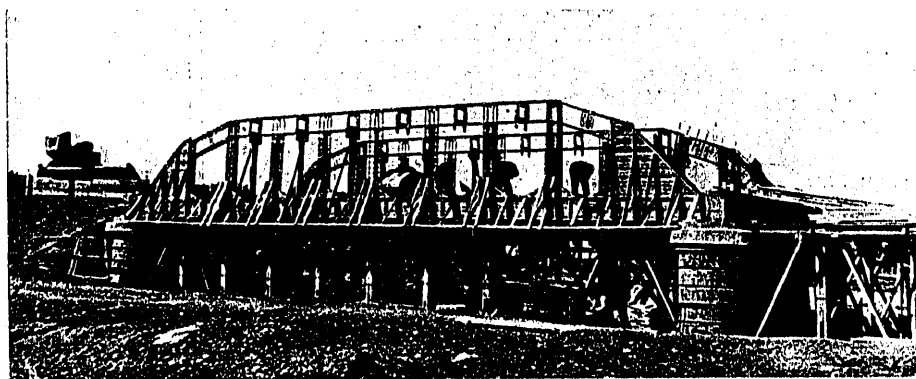


Fig. 4. Construcción de un tramo

imposta, es de 2 m, y 0,65 la de ésta, hasta el apoyo de vigas. Para aumentar a la vista la escasa altura de las pilas y cubrir el enlace de los tramos hasta la altura de los pasamanos se colocó una pilastra, quedando en alzado, como representa la figura 7.

La cimentación consiste en macizos de hormigón en masa, con retallos de 0,20 m, hasta alcanzar 5 m

Las vigas van apoyadas sobre placas de plomo, y las juntas en la calzada se han formado limitando las losetas mediante angulares provistos de grapas, que se embeben en el mortero de asiento.

Como obras accesorias se han construido espigones y corazas Bianchini, para encauzamiento de la

y en el centro de las viguetas, 0,45 mm. 2.º Paso de un cilindro compresor: en el centro de las vigas, 0,8 mm; en la sección a 4 m del apoyo, 0,4 mm, y 1 mm en el centro de las viguetas. 3.º El cilindro y el tren de camiones: 1 mm, 0,4 mm y 1,2 mm en dichas tres partes, respectivamente. 4.º La prueba

anterior, más la sobrecarga estática en aceras: 1,8 mm en el centro, 1,5 mm a 4 m del apoyo y 2 mm en el centro de la vigueta media. 5.º Con sobrecargas en aceras y doblando los trenes: 2,2 mm en la viga, 1,7 mm a 4 m del apoyo y 2,3 mm en el centro de la vigueta media. Amplitud de la vibración correspondiente al paso a máxima velocidad, 1 milímetro en el caso más desfavorable. En todos los casos los flexímetros volvieron siempre a su posición inicial inmediatamente después de realizadas las pruebas, siendo por ello las deformaciones completamente elásticas en todo momento.

Estos resultados, de acuerdo perfecto con los deducidos en cálculos, dan, pues, una flecha máxima de 2,3 mm, inferior a

los 5 mm deducidos para igual luz en los tramos rectos de hormigón armado de la Colección oficial.

La generalización de estas vigas en las construc-

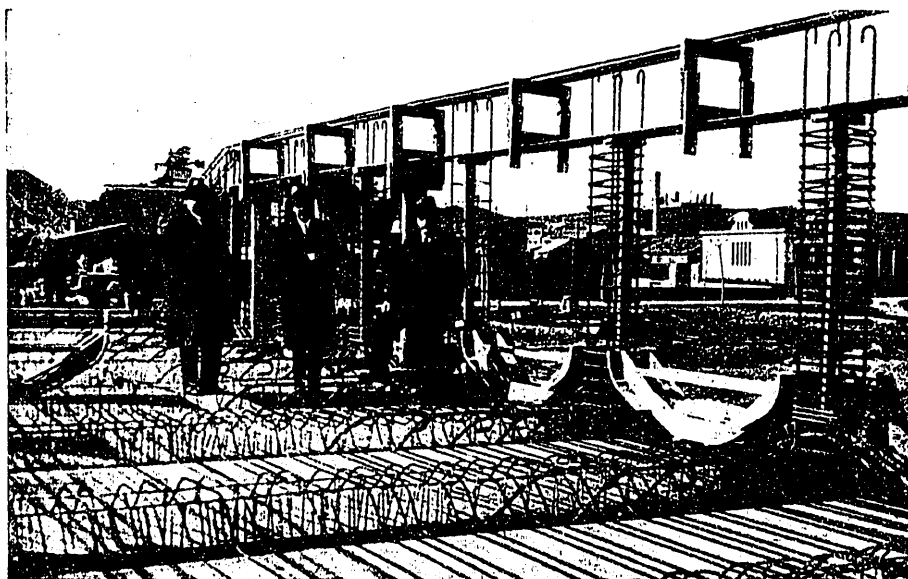


Fig. 5. Armaduras del tablero y los montantes

Riera los primeros y para la defensa del pie de los terraplenes las segundas.

Ascendió el presupuesto de ejecución material a 216 131,09 pesetas, de las que 174 935,79 pesetas corresponden al puente, con lo cual resulta a 1 749,35 pesetas el metro lineal de puente, y el presupuesto de contrata, a 248 550,75 pesetas.

Subastadas las obras y adjudicadas a la Sociedad "Construcciones y Pavimentos", con baja de 0,147.



Fig. 6. Detalle de las armaduras de un nudo y de los montantes

fueron comenzadas el 10 de noviembre de 1931, terminándose al año.

Las pruebas, en forma análoga a lo prescrito para los tramos oficiales, esto es, rodillo de 20 ton y tren de camiones, en sencilla y doble fila y con sobrecarga estática de 450 kg/m<sup>2</sup> en aceras, dieron los siguientes resultados: 1.º Paso de una fila de camiones automóviles: una flecha en el centro de las vigas de 0,4 mm; en la sección a 4 m del apoyo, 0,05 mm,

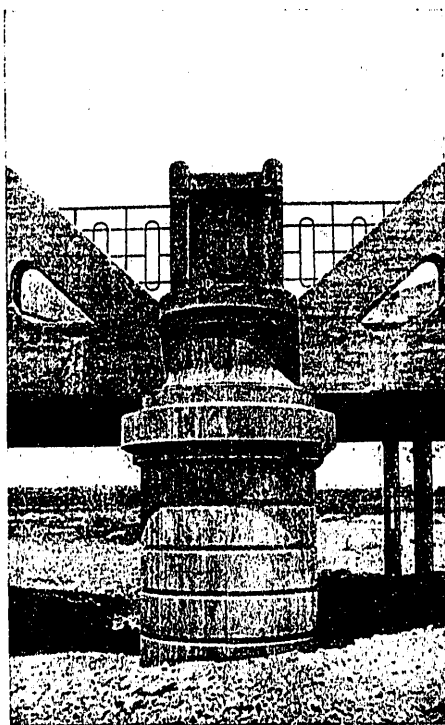


Fig. 7. Vista de una pila

ciones de nuestro país es asunto que juzgamos de interés, como ya ocurre en el Extranjero, no sólo en obras de puentes, sino en construcciones de todas clases, pudiendo citarse como reciente e interesante apli-

cación las vigas de cubierta de la sala del teatro en la nueva ampliación de las Galerías Lafayette, en París (*La Technique des Travaux*, noviembre 1932).

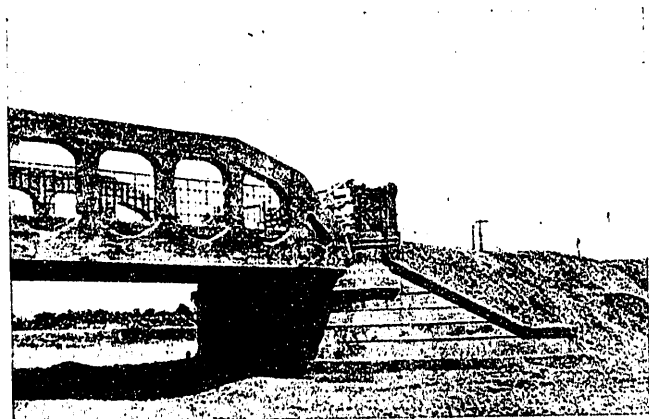


Fig. 8. Estribo y aletas

Por ello dedicaremos otro artículo a exponer los cálculos seguidos en el proyecto para las vigas Viendeel, en tal forma que pueda facilitar su aplica-

ción a otros casos, ya que el cálculo de estas vigas es justamente considerado como extremadamente labo-

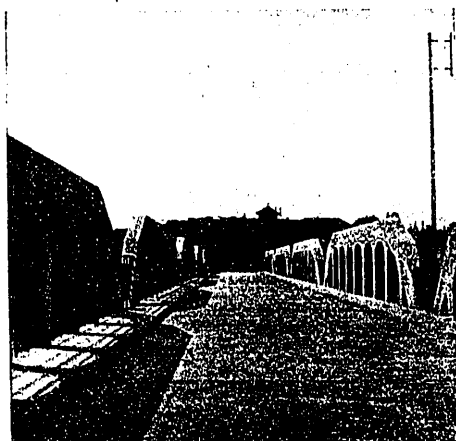


Fig. 9. Calzada del puente

rioso, lo cual ha constituido uno de los principales obstáculos que se oponían a la difusión de este sistema.

César VILLALBA GRANDA  
Ingeniero de la Jefatura de Puentes  
y Cimentaciones

## Los ferrocarriles y el "intervencionismo" del Estado

En estos días se ha acentuado la protesta de las Empresas ferroviarias contra el intervencionismo del Estado, que califican de excesivo. No ha faltado quien atribuya, en gran parte, el aumento en la función interventora al afán que siente la burocracia oficial de ampliar su campo de acción, ampliación que repercutiría en sus plantillas y escalafones.

Y no deja de apuntarse que este creciente intervencionismo del Estado está en pugna con las más progresivas organizaciones ferroviarias; significa un atraso respecto a lo que sucede en las naciones más adelantadas en materia de ferrocarriles, y está en contra de lo que requieren hoy día la economía y la técnica del ferrocarril, trastornada por el creciente desarrollo del automóvil, que aconseja acentuar el carácter industrial de las explotaciones ferroviarias, sobre el casi exclusivo de servicio público que se les venía atribuyendo.

Es este del intervencionismo estatal, asunto de gran importancia, para tratarlo a la ligera. Merece alguna meditación, porque, si en materia tan trascendental para la economía general de la nación, como es la explotación de los ferrocarriles, se procediere atendiendo a móviles mezquinos, y se mirase únicamente a los intereses particulares, por respetables que fuesen, los daños que se producirían pudieran ser de incalculable trascendencia. No es tiempo perdido, por tanto, el que se invierte en pensar serena y desapasionadamente sobre esta cuestión.

¿Es cierto, realmente, que las tendencias modernas predominantes se encaminan en el sentido de apartar cada vez más a los Gobiernos de la organi-

zación de la explotación de los ferrocarriles, dejando que éstos se desenvuelvan con mayor libertad? ¿Hay, en materia ferroviaria, menor intervención, por parte del Estado, que la que había antes?

Por lo pronto, todo el que observe los hechos sin prejuicio alguno no podrá menos de reconocer que no existe sector alguno de la actividad económica en que el Estado intervenga con mayor amplitud que el de los transportes por ferrocarril. Unas veces interviene limitando y regulando las facultades de las Empresas privadas; otras lo hace participando en su administración, y otras, en fin, tomando la iniciativa para construir y explotar líneas férreas.

Y este fenómeno es universal. No se encuentra una sola nación en que el Estado se haya desentendido en absoluto de los ferrocarriles. Aun en aquellas que han adoptado en política ferroviaria el régimen de libertad y de Empresa privada, el Poder público no ha estado nunca al margen de la evolución y desarrollo de tan importante instrumento de transporte. Siempre, y en todas partes, los ferrocarriles han estado sometidos, dentro de la economía nacional, a un régimen especial. Nos encontramos, por tanto, frente a un hecho de carácter general, que no puede atribuirse a condiciones determinadas de tal o cual nación. Se trata de una situación de hecho, que nace de la naturaleza misma del ferrocarril, hasta el punto de que, en naciones tan enemigas de la intervención estatal en materias concernientes a las Empresas industriales, como son Inglaterra y los Estados Unidos de América, se ha impuesto la universalidad del fenómeno, obligando a los Gobiernos a in-