

PUENTES DE HORMIGÓN PARA FERROCARRIL

POR JOSÉ LUIS MÚZQUIZ, INGENIERO DE CAMINOS

En el tercer artículo de este documentado e importante trabajo presenta el autor la comparación de los tramos rectos con los arcos, citando los factores que han influido en la elección de uno u otro tipo en los puentes proyectados o construidos últimamente por la R. E. N. F. E.

III. - PUENTES CON TRAMOS RECTOS Y EN ARCO

Comparación de las dos soluciones.

PRIMERA PARTE.

Al señalar en el gráfico número I, del artículo primero, los pesos de acero por metro lineal de puente,

vimos que podía trazarse una línea recta, por encima de la cual estaban los puntos representativos de los tramos rectos, y, por debajo, los de los arcos. Esto es indudablemente una ventaja en favor de los arcos, dada la actual escasez y dificultad de hierro. Pero, como por otra parte, el volumen de hormigón es mayor que

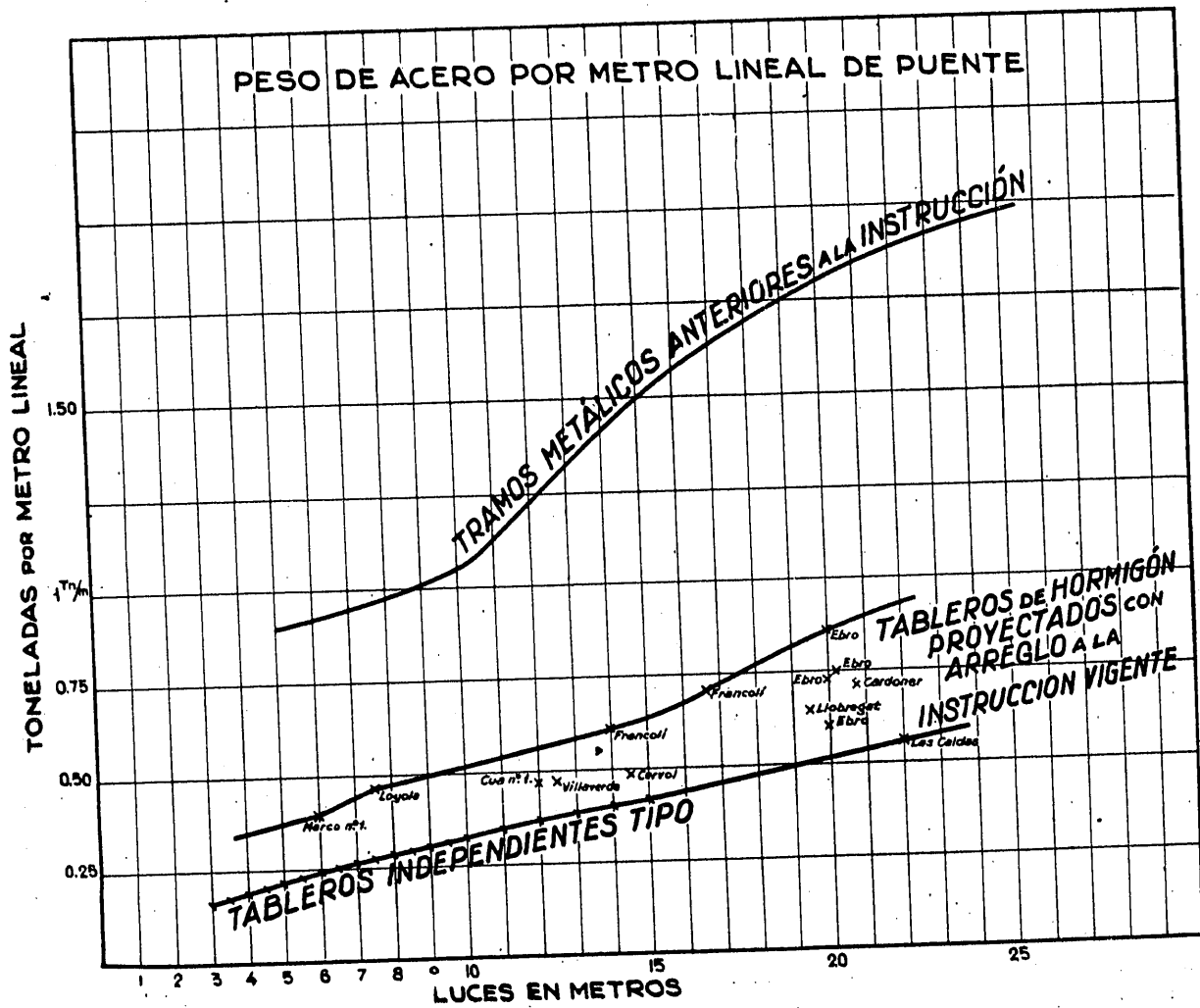


Figura 1.ª

en los tramos e intervienen otras muchas circunstancias, no podemos inclinarnos, desde luego, por una u otra solución, sino que es preciso estudiar detenidamente en cada caso la que sea más conveniente. A con-

la Instrucción vigente, y de puente metálico, anterior a la misma (Mendizábal, tomo 1.º, pág. 110). Como vemos, la cantidad de acero en el tramo metálico es de dos a tres veces mayor que en el tablero, debido a que

VOLÚMENES DE HORMIGÓN POR METRO LINEAL DE TABLERO Y DE BÓVEDA VIA ÚNICA.

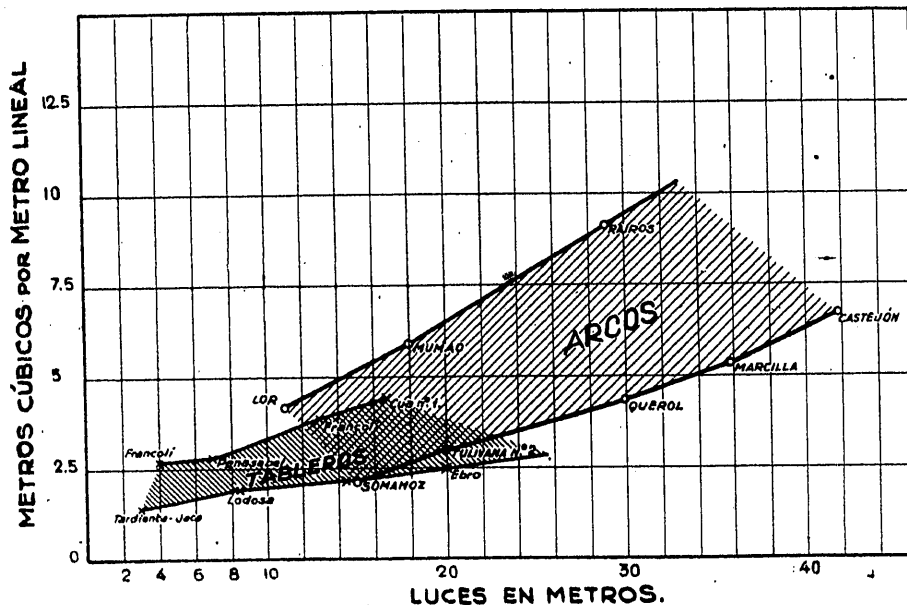


Figura 2.ª

tinuación citaremos los principales factores que han influido en la elección del tipo de obra en los puentes construidos o proyectados por las Compañías de Ferrocarriles desde la terminación de la guerra de liberación de España.

1.º Economía de la superestructura.

a) *Acero necesario.*

Como hemos dicho, la cantidad de acero necesaria es siempre mayor en los tableros que en los arcos, para igualdad de luces. En arcos muy poco rebajados puede suprimirse totalmente, construyéndolos de hormigón en masa, sobre todo si se trata de luces pequeñas.

Sin embargo, al sustituir los tramos metálicos para adaptarlos a sobrecargas mayores, puede evitarse totalmente el hacer pedidos de materiales metálicos, hormigonando el tramo viejo. Pero, dado el actual precio y escasez de acero, no creemos conveniente esta solución, ya que se requiere mucha más cantidad de acero que la necesaria, aun cuando el antiguo puente esté calculado para sobrecargas más bajas. En la figura 1.ª indicamos los pesos por metro lineal de tablero de hormigón armado, proyectado con arreglo a

VOLÚMENES DE HORMIGÓN POR METRO LINEAL DE PUENTE EN TABLEROS Y PUENTES EN ARCO. VIA ÚNICA

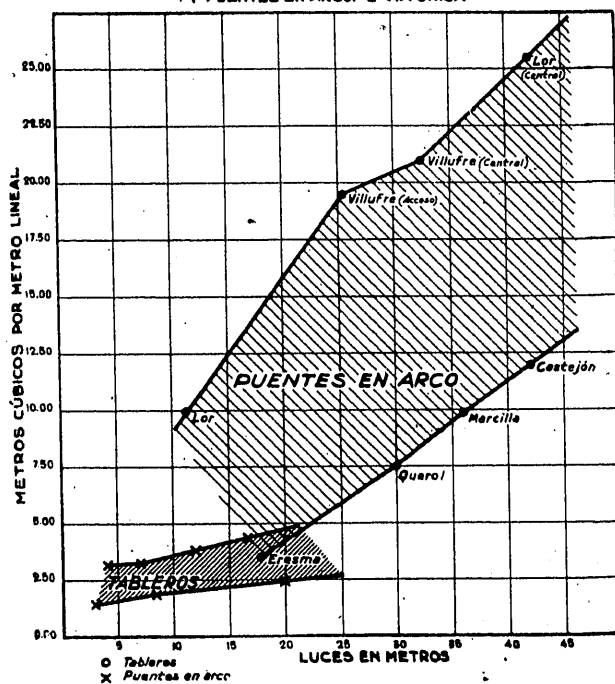


Figura 3.ª

su distribución en el tramo hormigonado no es la adecuada para una viga de hormigón armado. Únicamente en casos de gran altura de rasante, o cuando se temen grandes avenidas, será más conveniente hormigonar el tramo metálico existente, colgando el encofrado de las vigas metálicas y suprimiendo comple-

para el paso de carreteras de la Diputación de Navarra.

b) *Volumen de hormigón.*

El volumen de hormigón necesario es mayor en los arcos que en los tramos, ya que sólo el empleado

PUENTE MARCILLA

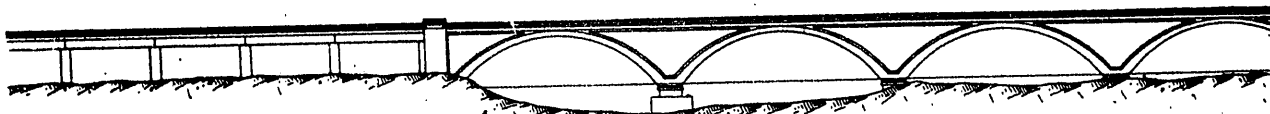


Fig. 4.^a — Puente de Marcilla, sobre el río Aragón, en la línea de Navarra. Zona de tableros y zona de arcos.

PUENTE LA HORADADA

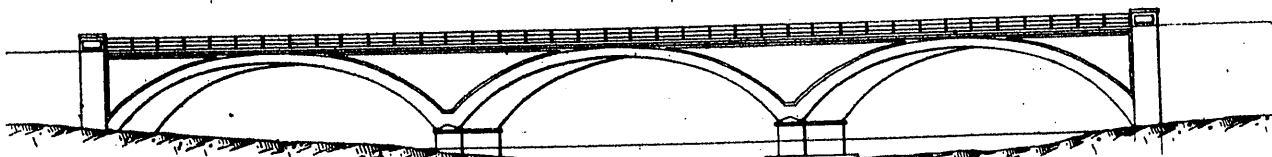


Fig. 5.^a — Puente de La Horadada, en la línea de Santander. Solución, tres arcos de hormigón armado de 25 m. de luz.

tamente las cimbras. En los demás casos se procederá al desguace del tramo viejo, para aprovechar el hierro, o se estudiará la posibilidad de adaptarlo para paso de alguna carretera, dado que las sobrecargas en

en la bóveda es comparable al total de los tableros, como puede apreciarse en la figura 2.^a. Al volumen de la bóveda hay que añadir el de los tímpanos y andenes, si se trata de arcos con tímpanos macizos, o el

PUENTE DE TULIVANA Nº 2.

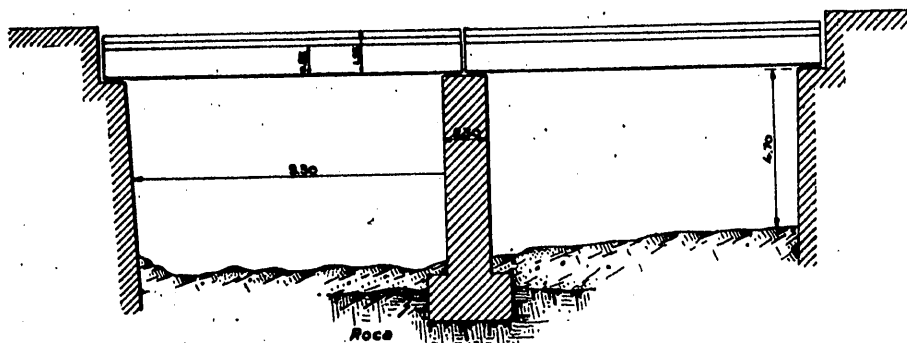


Fig. 6.^a — Puente de Tulivana, núm. 2, en la línea de Tardienta a Jaca. Solución con dos tableros de hormigón armado.

éstas son menores que en los puentes de ferrocarril. Y así, al sustituir en la línea de Navarra los puentes metálicos de Castejón, sobre el río Ebro, y de Marcilla, sobre el río Aragón, por obras de hormigón armado, se proyecta la utilización de los tramos antiguos

de las palizadas, arquillos y tableros, si los arcos son de tímpanos aligerados. De este modo obtenemos el gráfico de la figura 3.^a, en el que se indican los volúmenes de hormigón por metro lineal en tableros y puentes en arco.

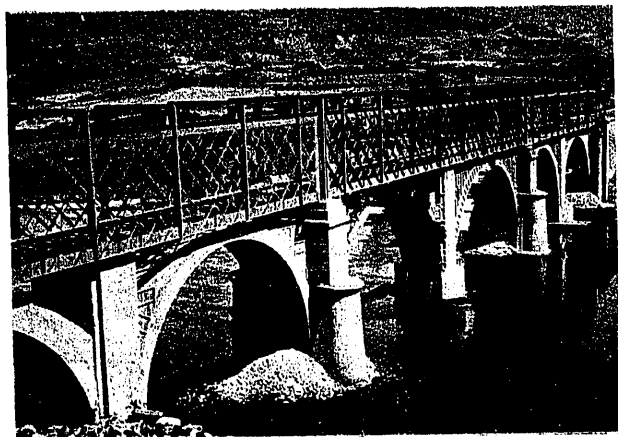


Fig. 7.^a — Puente de Mumao, en la línea de Galicia. Vista desde la ladera izquierda, lado Coruña, durante la construcción de los arcos de hormigón armado.

c) Ejemplos comparativos de las soluciones con arcos y tableros.

1.º Para la sustitución de los tramos metálicos del puente de Marcilla sobre el río Aragón, en la línea de Navarra, se ha proyectado un puente de vía doble de hormigón armado, constituido por arcos centrales de 36 m. de luz y 9 m. de flecha y tramos rectos de acceso, de 14 m. de luz libre (fig. 4.^a).

En el centro del río se consideró necesaria la construcción de arcos, a fin de salvar el cauce con el menor número de vanos posible.

Pero en la zona de avenidas, no obstante la multiplicación de pilas, resultó mucho más económica la solución con tableros. En efecto: el volumen de hormigón por metro lineal de vía doble de tablero, de 14 m. de luz, es de 5,94 m.³, mientras que el del puente en arco es 19,8 m.³ por metro lineal.

Igualmente ocurre con las cantidades de acero por metro lineal de puente, ya que, aunque en los arcos es siempre inferior para igualdad de luces, la subdivisión de éstas en los tableros hace que resulte también menor que la de los arcos. Y así tenemos un peso de acero de 760 Kg. por metro para la zona de tableros, y de 972 kilogramos por metro para la de arcos.

2.º Para el puente de La Horadada, de vía única, de la línea de Santander, se estudió una solución con cuatro taberos continuos, de luces 22,200, 22,600, 22,500 y 15,00 metros, y otras, con tres arcos de hormigón armado, de 26 m. de luz y 5,75 m. de flecha (figura 5.^a).

Los pesos y volúmenes por metro lineal de puente fueron los siguientes:

	Volumen de hormigón por m. l. de vía única	Peso de acero por m. l. de vía única
Solución con tableros.....	3,46 m. ³	379 kg.
Solución con arcos.....	11,8 "	318 "

Los pesos de acero son algo inferiores en los arcos, pero, en cambio, el volumen de hormigón resulta mucho mayor que en los tableros.

3.º En los puentes de Tulivana núm. 2 (fig. 6.^a), de 20 m. de luz, y de Arganza, de 26 m. de luz, en las líneas de Tardienta a Jaca y de Madrid a Hendaya, respectivamente, la proximidad de la roca y la escasez de agua en la época de estiaje, permite la construcción de una pila intermedia con poco coste. Esta circunstancia hace ventajoso el empleo de tableros, ya que, al dividir la luz, disminuyen notablemente los



Fig. 8.^a — Sustitución del puente metálico de Penadola, en la línea de Galicia, por arcos de hormigón armado.

pesos de acero y volúmenes de hormigón por metro lineal, como podemos apreciar en el cuadro siguiente:

	Volumen de hormigón en los tableros y en la bóveda del arco por m. l.	Peso de acero por m. l.
<i>Puente de Tulivana, n.º 2.</i>		
Solución con un arco de 20 m.	3,56	178
Solución con un tablero...	3,80	510
Solución con dos tableros de 9,50 m.	2,00	292
<i>Puente de Arganza.</i>		
Solución con un arco de 26 m.	4,37	318
Solución con un tablero...	4,90	630
Solución con 2 tableros de 11 m.	2,61	335

2.º Aprovechamiento de las pilas y estribos existentes.

Si el puente es de nueva construcción, la conveniencia de salvar con el menor número de apoyos el cauce del río, especialmente si la longitud del puente es grande, el desagüe no es sobrado y la cimentación requiere el empleo de aire comprimido, obliga con frecuencia a proyectar vanos de grandes luces, para los

que el empleo de tramos rectos ya no es ventajoso. Tal ha ocurrido en el puente de Castejón, constituido por 15 arcos de 42 m. de luz y 1/4 de rebajamiento, en el que no ha sido posible la diferenciación entre vanos centrales y tramos de avenidas, como en el citado puente de Marcilla (fig. 4.ª), por variar el cauce principal del río de unas avenidas a otras. Hace veinte años pasaba totalmente por el centro del puente, y en la actualidad está dividido en dos brazos que lo atraviesan casi en la proximidad de los estribos, especialmente en el del lado Zaragoza.

En cambio, en otros casos, la posibilidad de poder aprovechar las pilas existentes hará preferible el empleo de tramos, ya que, en general, las pilas no son lo suficientemente resistentes para soportar los empujes oblicuos de los arcos; sobre todo si su cimentación no ofrece toda clase de garantías. Así, en los puentes de Llobregat, Cardoner, Cervol y Las Caldas, ya citados, se han aprovechado las pilas antiguas colocando sobre ellas los tramos.

El refuerzo de las pilas no suele resultar económico, por lo que, de no poder aprovecharse las pilas existentes, se ha preferido generalmente la colocación de pilas intermedias. Esto, sin embargo, no es siempre factible, por disminuirse excesivamente el desagüe, como en el puente del Eresma, ya citado, o por producirse alteraciones en el régimen del río que ocasionarían socavaciones peligrosas. Entre otros puentes se han colocado pilas intermedias en los de Lobos, de la línea de Segovia; Sosa, Isuela y Barranco del Tormillo, de la de Zaragoza a Barcelona, y Burbia y Cua núm. 2, de la de Galicia, constituidos todos ellos por tramos rectos independientes.

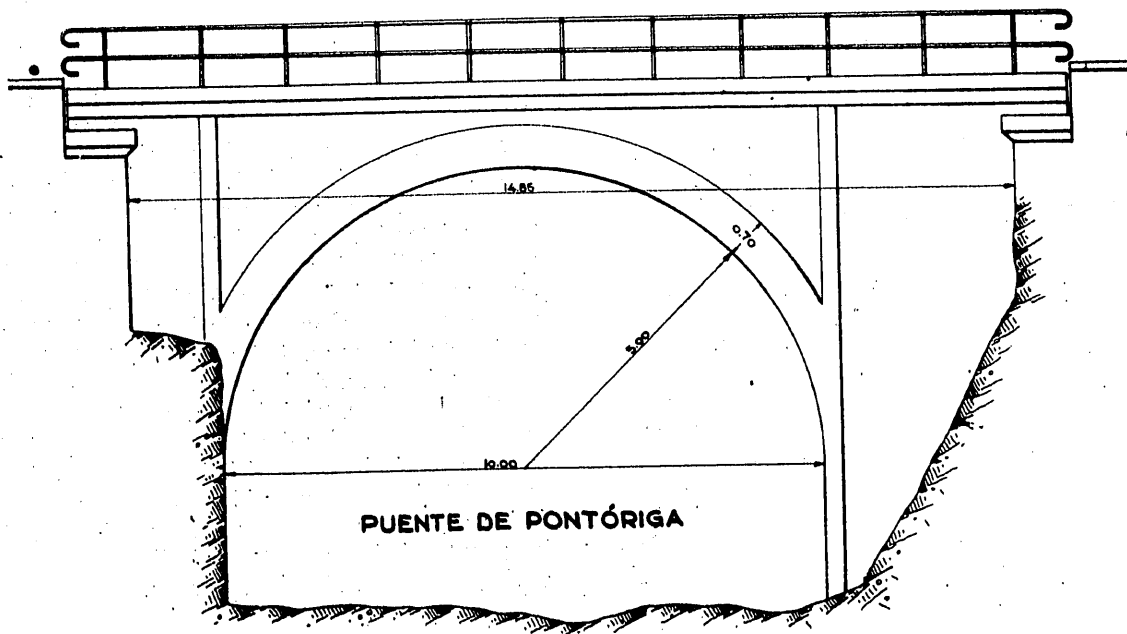
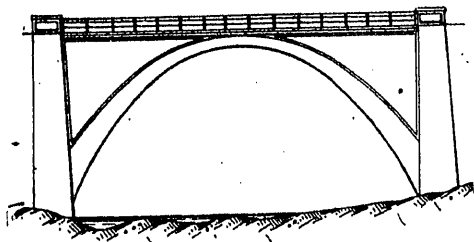


Fig. 9.ª — Puente de Pontóriga, en la línea de Galicia. Al construir el arco se reduce la luz, de 14,85 a 10 metros.

También pueden colocarse pilas intermedias en puentes en arco si la altura de rasante es suficiente y no hay peligro de que se disminuya excesivamente el



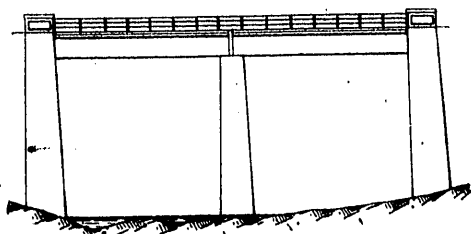
SOLUCIÓN CON UN ARCO

Fig. 10.—Puente de Tulivana, núm. 1.

desagüe, y así se ha hecho en los puentes de Rairos, Mumao (fig. 7.^a) y Penadola (fig. 8.^a), de la línea de Galicia.

Pero para alojar los arranques de los arcos ha sido preciso efectuar rozas en las pilas, lo que requiere que éstas sean de dimensiones algo elevadas, y siempre encarece y complica la construcción.

En algunos puentes en arco, en los que el desagüe es suficiente, en vez de abrir rozas, se ha preferido disminuir la luz ensanchando los estribos. Tal ha ocurrido en los puentes de Quereño (fig. 9.^a), Pontóriga y Peizais, de la línea de Galicia, cuyas luces libres se han disminuído, de 19,80 a 16,35 m., de 14,85 a 10 metros y de 7 m. a 5,50 m., respectivamente.



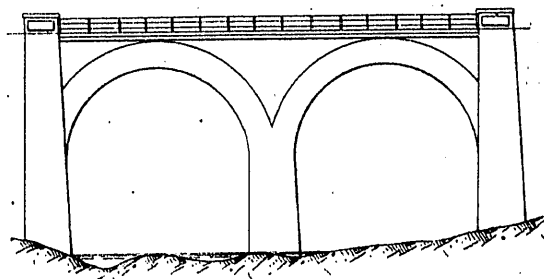
SOLUCIÓN CON TABLEROS

Fig. 11.—Puente de Tulivana, núm. 1.

3.º Estética y distribución de vanos en los puentes rectos y en arco.

En la elección del tipo de puente, o en la distribución de los vanos del mismo, influyen a veces criterios estéticos; especialmente si se trata de obras si-

tuadas en el interior o proximidad de poblaciones o de pasos sobre carreteras de mucho tránsito; tal ha ocurrido en el puente de Querol, a la entrada de la estación de Ponferrada, y en el paso inferior de Arcos de Jalón, sobre la carretera de Madrid a Zaragoza. En general, podemos decir que las soluciones con arcos bien dimensionados son preferibles a las de tramos rectos, y que el número de vanos conviene sea impar, como vemos en el puente de La Horadada (figura 5.^a). Asimismo, en el puente de Tulivana número 1 (fig. 10) no cabe duda que la solución con un arco es mucho más aceptable, desde el punto de vista estético, que la de tableros (fig. 11), pero que si colocamos dos arcos se aumenta el coste, sin obtenerse ninguna ventaja estética (fig. 12). Claro está que de esta ventaja habrá que prescindir en la mayoría de los casos por razones económicas, como en los puen-



SOLUCIÓN CON DOS ARCOS

Fig. 12.—Puente de Tulivana, núm. 1.

tes ya citados de Argaunza y Tulivana núm. 2 (figura 6.^a).

La combinación de arcos y tramos, si la longitud del puente es grande, será casi siempre conveniente, por romperse la monotonía en el alzado (ver figura 4.^a, puente de Marcilla). Sin embargo, este mismo efecto puede lograrse con arcos de menor luz en los tramos laterales que en los centrales, como en los puentes de Somahoz y Congosto, de la línea de Santander y de Villufre de la de Galicia, o con arcos de acceso, como en el puente de Lor, constituido por un arco central de 43 m. de luz y 22 m. de flecha y arcos laterales de 11 m. de luz.

Estéticamente, también es conveniente que existan vanos de acceso a los dos lados del puente, si bien no siempre puede lograrse, debido a las condiciones del cauce del río o a la necesidad de colocar un paso inferior en uno de los extremos, como ha ocurrido en los puentes de la Garoneta, de la línea de Jaca y Valdevila, de la de Palencia a Coruña.