

PUENTES DE HORMIGÓN PARA FERROCARRIL

POR JOSÉ LUIS MÚZQUIZ, INGENIERO DE CAMINOS

Termina en el presente artículo la minuciosa y detallada comparación, desde diversos puntos de vista, de los puentes de tramos rectos y en arco, y continúa el autor su claro sistema de gráficos que tanta utilidad ofrecen para nuevos tanteos de obras de esta índole.

V. - PUENTES CON TRAMOS RECTOS Y EN ARCO

Comparación de las dos soluciones.

TERCERA PARTE

Estudiados en los artículos III y IV la economía en la superestructura, el aprovechamiento de las pilas antiguas, las condiciones estéticas y la masa, duración, desagüe, altura de rasante y cimentación, vamos a tratar en este artículo de los factores relacionados más directamente con la construcción de las obras y ejecución de la sustitución.

Primeramente estudiaremos comparativamente la superficie de encofrado en puentes con tramos rectos y en arco; después trataremos de la influencia de la luz en la facilidad de construcción; a continuación, indicaremos la posibilidad de empleo de armaduras rígidas y, finalmente, describiremos el modo de efectuar la sustitución de algunas obras metálicas por obras de hormigón armado, sin interrumpir la circulación.

9.º Encofrado.

La superficie de encofrado por metro lineal de puente es menor en las bóvedas que en los tableros, como puede apreciarse en la figura 1.ª, en la que vemos puede trazarse una recta, por debajo de la cual están los puntos representativos de las bóvedas, y por encima, los de los tableros continuos y la línea correspondiente a los tableros independientes-tipo.

Pero si tenemos en cuenta no sólo el encofrado de la bóveda, sino también el de los tímpanos y voladizos, la superficie de los puentes en arco resulta mayor que la de los tableros, como vemos en el gráfico de la figura 2.ª.

Hemos prescindido en estos gráficos del encofrado de las pilas, ya que, como su superficie por metro lineal varía mucho con la luz de los tramos y con la altura de la rasante, los valores obtenidos no serían apropiados para establecer comparaciones entre unos y otros tipos de puentes. A esto hay que añadir que en muchos casos se han aprovechado las pilas antiguas, como hemos visto en artículos anteriores.

Si comparamos la superficie de encofrado por metro cúbico de hormigón, obtenemos el gráfico de la figura 3.ª. En él podemos apreciar que los puentes rectos requieren mucha mayor superficie por unidad de volumen que los puentes en arco. En cambio, la preparación del encofrado y la construcción y montaje de las cimbras complica mucho la construcción de los puentes en arco, a no ser que se empleen armaduras rígidas. De ellas trataremos en el apartado siguiente.

En cuanto a la influencia de la luz, vemos que la superficie por metro lineal de puente aumenta con la longitud, tanto en puentes en arco como en tableros (figs. 1.ª y 2.ª). En cambio, la superficie por unidad de volumen (fig. 3.ª) disminuye en ambos casos al aumentar la luz, debido a que la cantidad de hormigón crece más rápidamente que la superficie de encofrado.

La posibilidad de aprovechar un mismo tipo de encofrado en una serie de obras próximas influye, a veces, en la elección del tipo de obra. Así, por ejemplo, al estudiar la sustitución de los puentes metálicos de la línea Tardienta-Jaca por obras de hormigón armado, se han proyectado tableros para el puente de Tulivana, número 2, de igual tipo que el de los 21 pontones sustituidos en la misma línea.

10. Influencia de la luz en la facilidad de la construcción.

En la sustitución de tramos metálicos de pequeñas luces son casi siempre convenientes los tableros, por poder aprovecharse las pilas y estribos antiguos sin necesidad de hacer rozas para alojar los arranques de los arcos. Estas rozas, como vimos anteriormente, debilitan la obra y complican la construcción. En cambio, si se proyectan tableros, bastará, en la mayoría de los casos, elevar con gatos el tramo metálico que se va a sustituir y construir debajo el de hormigón armado. La figura 4.ª corresponde a la sustitución del tramo metálico de 10 metros de luz libre, sobre el Arroyo Bravo, en la línea de Palencia a Co-

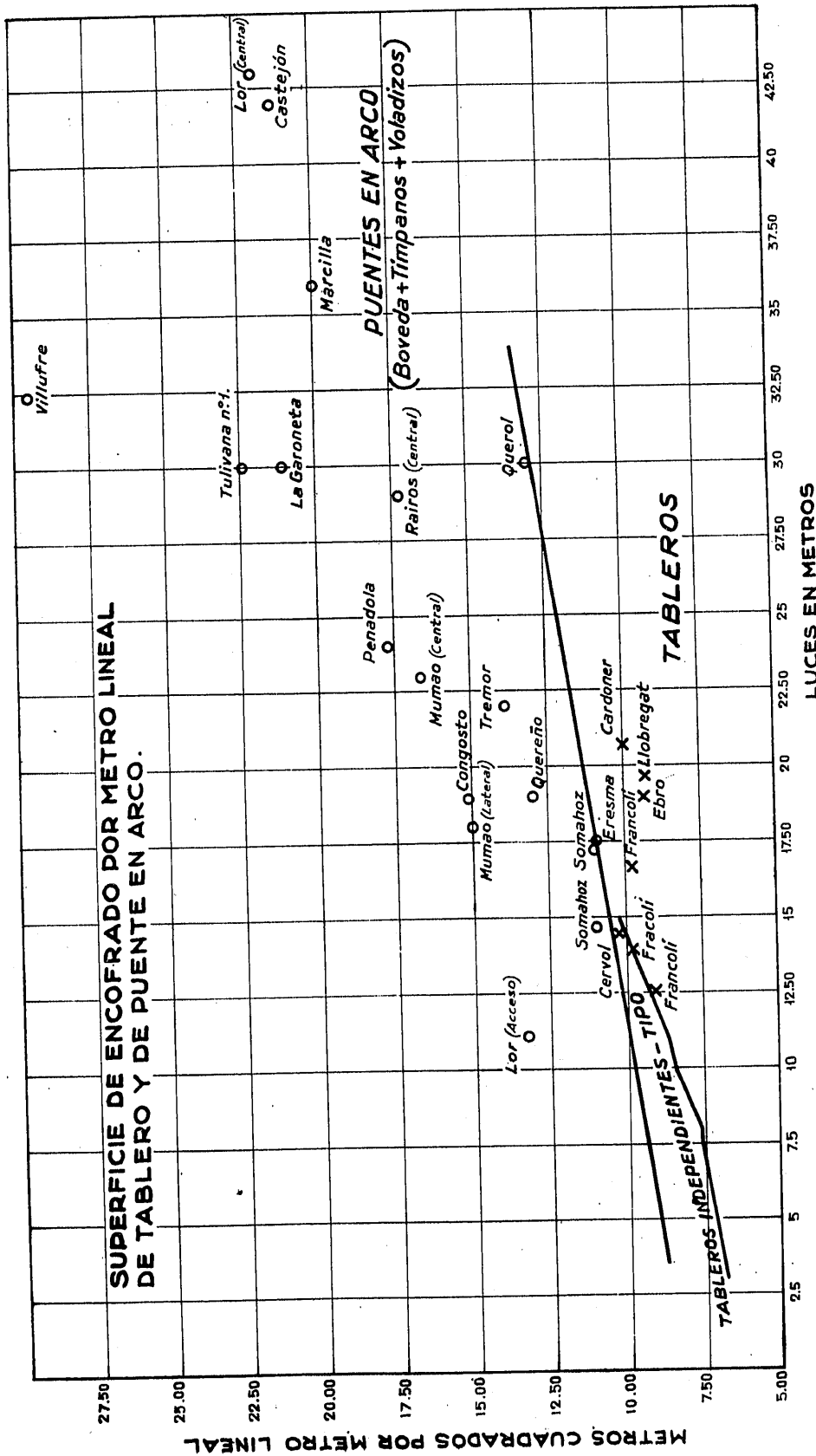


Figura 2.ª

X Tableros continuos
 O Puentes en arco

SUPERFICIE DE ENCOFRADO POR M³ DE HORMIGÓN EN Puentes RECTOS Y EN ARCO

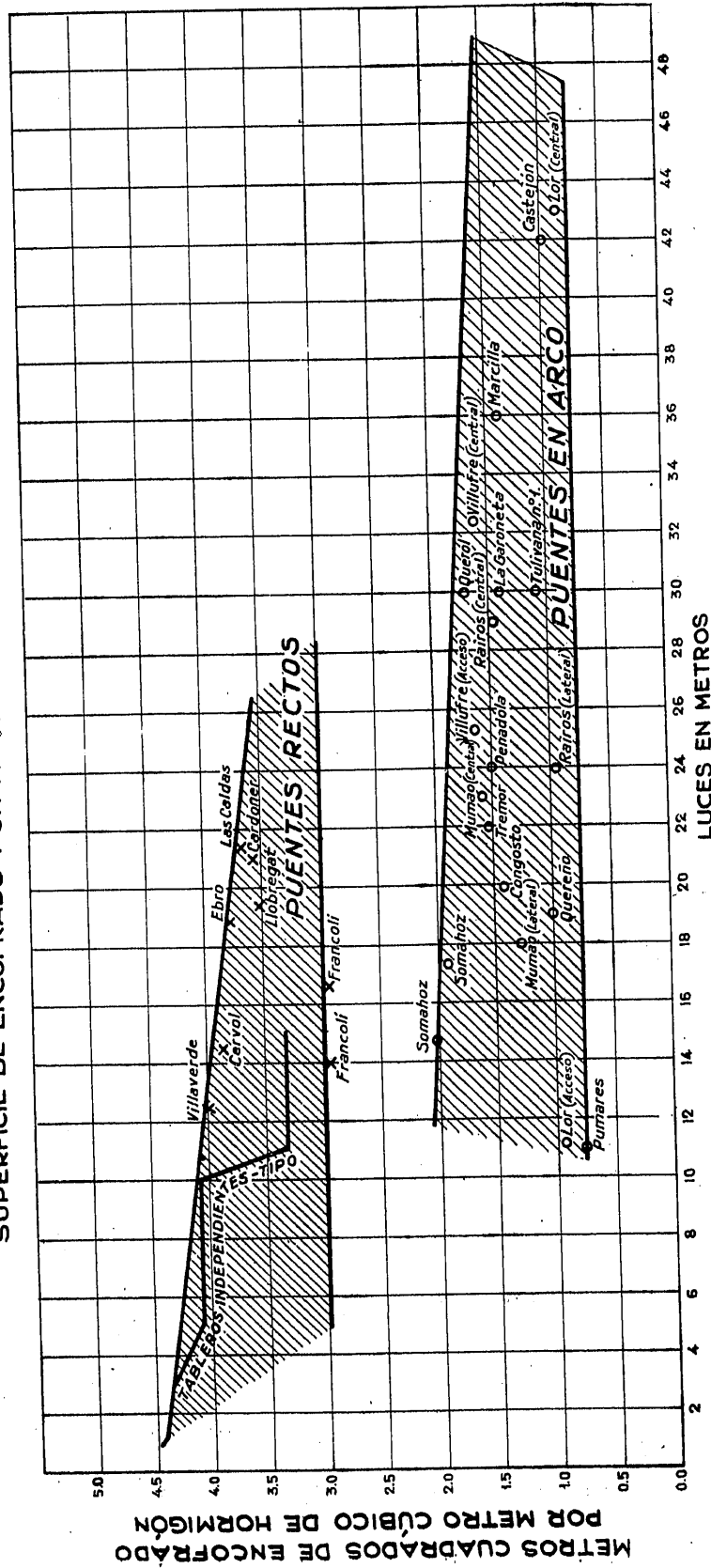


Figura 3.ª

- O Puentes en arco
- X Tableros continuos

ruña, por un tablero de hormigón armado de la misma luz. La fotografía está tomada después de hormigonado el tramo y antes del descimbramiento. En la figura 5.ª se representa la sustitución por tableros de

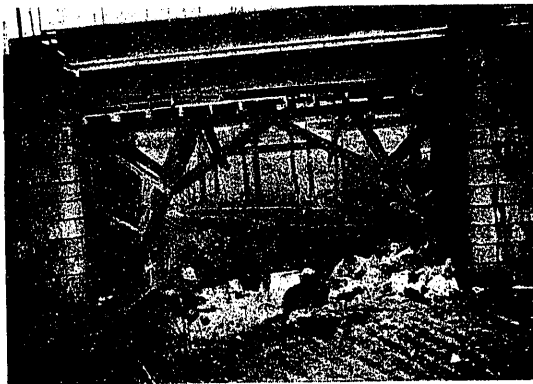


Fig. 4.ª Puente sobre el arroyo Bravo, en la línea de Galicia. Sustitución de un tramo metálico de 10 metros de luz por un tablero de hormigón armado.

hormigón armado del puente metálico de Burbia, en la misma línea. Durante la construcción del nuevo puente fué preciso elevar los tramos metálicos, los cuales se desguazaron una vez puesto en servicio el puente de hormigón.

En el caso de grandes luces, el problema es más complejo, pues influyen otras circunstancias, tales como la altura de la rasante, corriente del río, etc., de las que trataremos más ampliamente al hablar de la construcción de arcos con armaduras rígidas.

11. Empleo de las armaduras rígidas.

Las armaduras rígidas no son apropiadas para tramos rectos, ya que éstos se utilizan, generalmente, en puentes de luces pequeñas y escasa altura de rasante. En cambio, para la construcción de las bóvedas de los puentes en arco, el empleo de las armaduras rígidas puede ofrecer grandes ventajas e incluso obligar al empleo de arcos en vez de tableros en algunos casos de puentes de mucha luz y gran altura de rasante. Así, para el puente de Tulivana, número 1, de

la línea de Tardienta a Jaca, se ha proyectado la construcción de un solo arco de 30 metros de luz, armado con armadura rígida en vez de tres tableros, no obstante la mayor cantidad de acero y de hormigón que requiere la solución en arco.

El montaje de las armaduras rígidas se facilita notablemente si el puente nuevo se construye en el mismo sitio que el metálico, ya que las cerchas pueden lanzarse y colocarse desde el puente antiguo (ver figs. 6.ª y 7.ª). También se simplifica el hormigonado de la bóveda al poder verterse el hormigón desde el puente existente. Sin embargo, los arriostramientos del puente metálico estorban, a veces, la colocación de las armaduras rígidas y del encofrado, y se hace preciso suprimir o desviar algunas de las barras de arriostramiento.

Las cerchas se montan por trozos que, en general, no conviene tengan más de seis a ocho metros de longitud. Estos trozos se unen por tornillos, y las cerchas se arriostran transversalmente para dar mayor rigidez al conjunto. La separación entre cerchas no debe exceder mucho de un metro, a fin de que la tabla del encofrado no sólo pueda resistir las cargas del hormigón, sino que no sufra flexiones que producirían deformaciones y abombamientos en el intradós del arco.

Las tablas del encofrado van colocadas sobre unos angulares de sostén, sujetados con tornillos a los de la cabeza inferior de las cerchas.

En cuanto a las ventajas e inconvenientes del empleo en puentes en arco de armaduras rígidas en vez de armaduras de redondos, las estudiaremos al tratar,

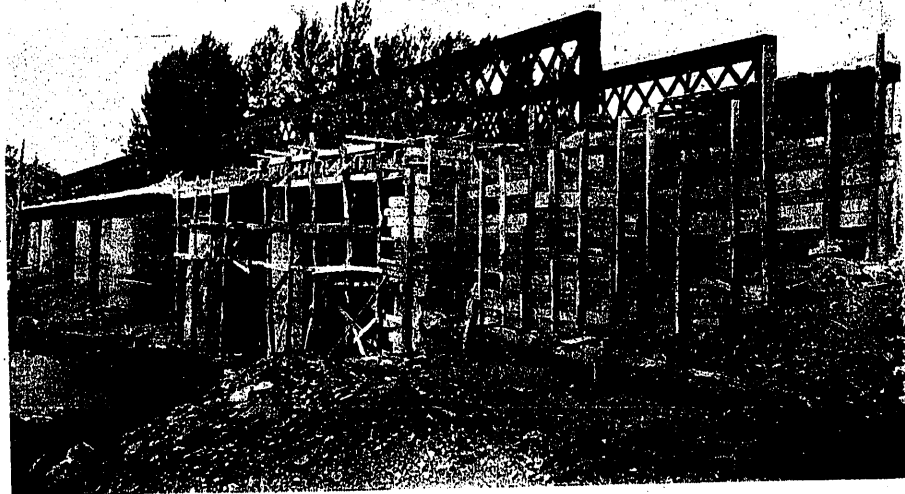


Fig. 5.ª Sustitución del puente metálico de Burbia por tableros de hormigón armado.

en artículos sucesivos, de los diversos tipos y características de dichos puentes en arco.

12. Sustitución de obras metálicas por obras de hormigón armado, sin interrumpir la circulación.

En el caso de sustituir los puentes metálicos por tableros de hormigón, puede, en general, elevarse el tramo metálico y construir los tableros por debajo de él. Así vemos se ha efectuado la sustitución en los citados puentes de Burbia (fig. 5.^a) y sobre el Arroyo Bravo (fig. 4.^a).

Si el puente que se construye es en arco, el problema no es tan sencillo, sobre todo si se trata de puentes para vía única.

Veamos los diversos casos que pueden presentarse.

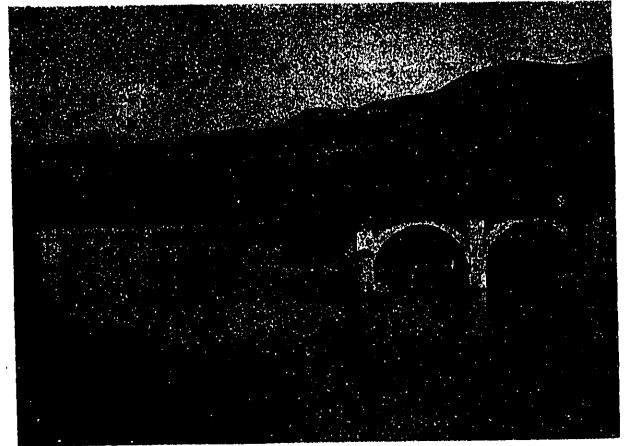


Fig. 7.^a Línea de Galicia. Sustitución del puente metálico de Munao, de tablero inferior, por arcos de hormigón armado de luz mitad.



Fig. 6.^a Puente del Estrecho, sobre el Sil. Sustitución de un tramo metálico por tres arcos de hormigón armado. Montaje de las cerchas de las armaduras rígidas de la zona central.

A) Sustitución de un puente de vía única por otro de vía única.

Puentes de Mumao y Quereño.

Si el puente metálico es de tablero inferior, es evidente que no habrá la menor dificultad, como ocurre en los puentes de Mumao (fig. 7.^a) y Quereño. Lo mismo sucederá cuando el puente sea de tablero superior si el desagüe es excesivo y puede reducirse al construir el puente de hormigón.

Puente de Penadola.

Si el puente metálico es de tablero superior y las vigas están suficientemente separadas, puede construirse la bóveda de los arcos en el espacio comprendido entre las dos vigas principales. Así se ha efectuado en el puente de la Penadola, de la línea de Galicia (fig. 8.^a). Los andenes del nuevo puente habrán de ser construídos después de desguazado el puente metálico. En algunos casos será preciso cortar algunos de los arriostramientos que unen las vigas principales del puente antiguo; sin embargo, esto no impide el paso por el puente, siempre que se circule por él con velocidad moderada.

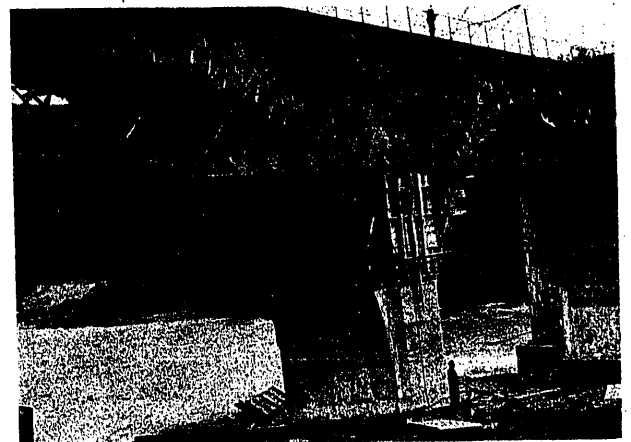


Fig. 8.^a Puente de Penadola, sobre el Sil. Sustitución de tramos metálicos por arcos de hormigón armado.

B) Sustitución de un puente de vía única por otro de vía doble.

Puente del Estrecho.

Si las vigas metálicas están muy separadas, puede procederse como en el caso anterior, construyendo primeramente la parte de bóveda comprendida entre las dos vigas principales y ensanchar después el puente; hasta que alcance la anchura necesaria para doble vía.

Esta solución tiene la ventaja de que puede circularse por vía única por el nuevo puente antes de la terminación de la obra.

El puente del Estrecho, sobre el río Sil (figs. 6.^a y 9.^a) se ha sustituido en esta forma. En la figura 9.^a indicamos una sección transversal del mismo. Las vigas metálicas podían haberse desguazado al construirse la zona central del nuevo puente; pero se prefirió terminar la construcción de éste y rellenar al final con hormigón

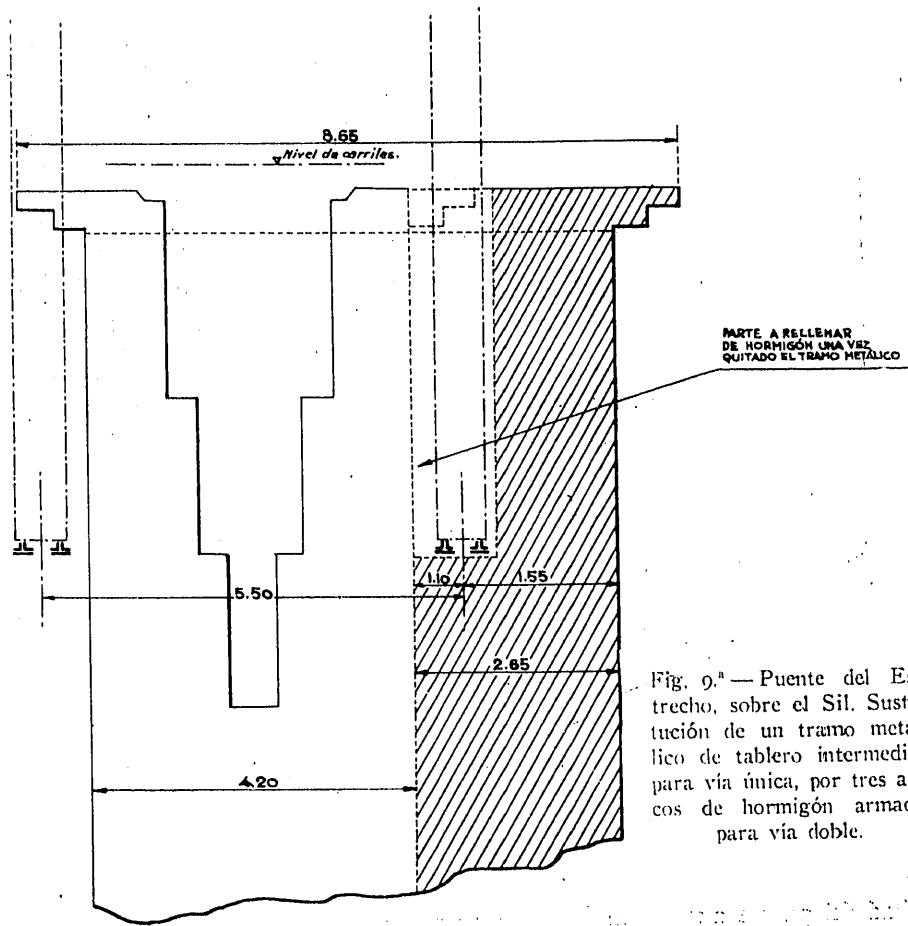


Fig. 9.^a — Puente del Estrecho, sobre el Sil. Sustitución de un tramo metálico de tablero intermedio, para vía única, por tres arcos de hormigón armado para vía doble.

sobre la zona correspondiente a la viga principal suprimida.

Puente del Lor.

En el puente del Lor, por el contrario, se juzgó más conveniente construir el arco central en toda su anchura, dejando unos espacios sin hormigonar en la zona superior de la bóveda para el paso de las vigas principales del puente metálico (figs. 10 y 11).

Puente de Tulivana, núm. 1.

Como se trataba de un puente metálico, de un solo tramo, se consideró más conveniente correr éste hasta uno de los extremos del estribo, construir la mitad del puente de hormigón, desguazar el tramo metálico y ejecutar, finalmente, la segunda



Fig. 10. Puente del Lor, en la línea de Galicia. Sustitución de tramos metálicos para vía única por un puente de hormigón armado para vía doble.

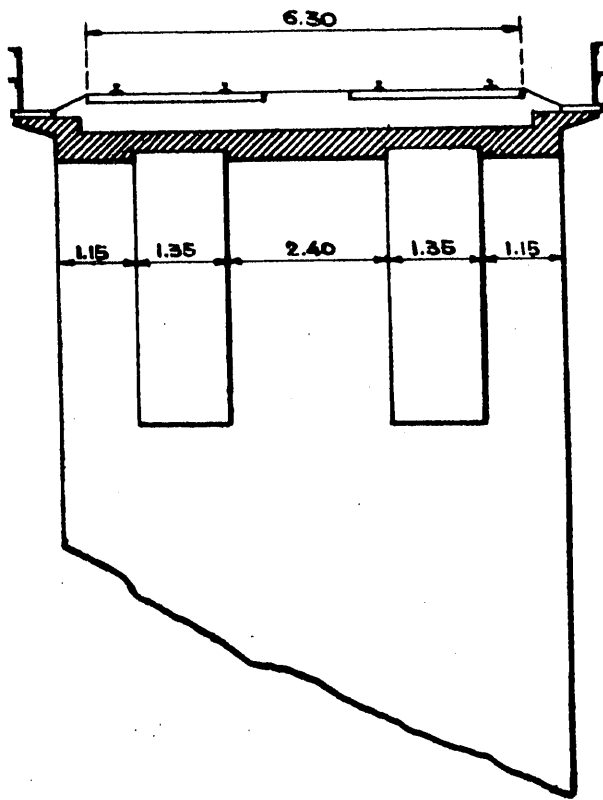


Fig. 11. Puente de Lor. Sección transversal.

mitad del puente nuevo. En la figura 12 representamos la sección transversal, por arranques, de dicho puente de Tulivana, número 1. Como los estribos eran insuficientes para un puente de doble vía, ha sido preciso ampliarlos en la forma que se indica en la figura.

C) Sustitución de un puente de vía doble por otro de vía doble.

Si el puente metálico tiene una viga central, no hay ningún inconveniente al hacer la sustitución. Se desguaza una de las vigas laterales, con las viguetas, largueros y arriostramientos correspondientes, y se circula por el medio puente metálico restante durante la construcción de la primera mitad del nuevo puente de hormigón. Una vez que pueda circularse por esta parte, se suprime totalmente el puente metálico y se termina de construir el nuevo puente. Así se ha proyectado la sustitución del paso inferior de Loyola (fig. 13), a la salida hacia Irún de la estación de San Sebastián.

Si el puente metálico no tiene viga central, el problema es más complejo, y habrá que proceder de uno de los modos siguientes:

1.º Elevar las vigas metálicas laterales y cons-

truir el nuevo puente por debajo del actual; o bien:
2.º Hormigonar sólo la parte de bóveda comprendida entre las dos vigas principales, con lo que se tendrá un puente para vía única, que después habrá que ampliar para vía doble; o

3.º Colocar una viga metálica intermedia durante la construcción, a fin de que pueda desguazarse medio puente metálico; o, finalmente,

4.º Correr el tramo metálico lo suficiente para que quede espacio libre para construir medio puente de hormigón. Esta solución no es, sin embargo, aconsejable, porque habría que apejar una de las vigas del puente metálico, colocando castilletes fuera de los estribos. Si el puente es muy oblicuo, puede llegar a constituir esto una dificultad casi insuperable, debido a que uno de los castilletes quedaría en el centro de

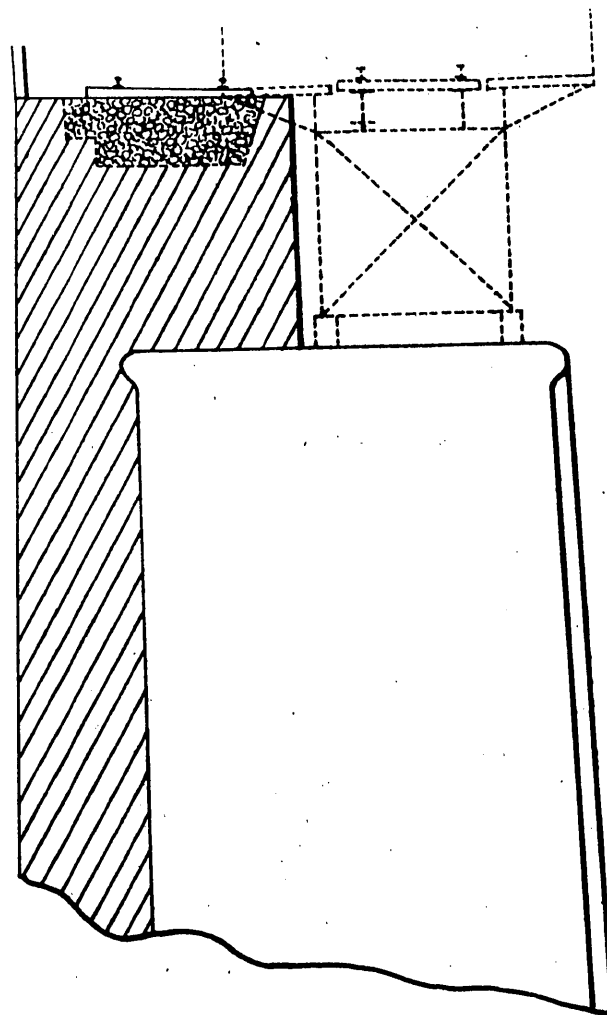


Fig. 12. Puente de Tulivana núm. 1. Sección transversal en arranques. Sustitución de un tramo metálico, para vía única, de 30 m. de luz, por un arco de hormigón armado para vía doble.

la corriente y, por consiguiente, expuesto a destrucción en caso de avenidas.

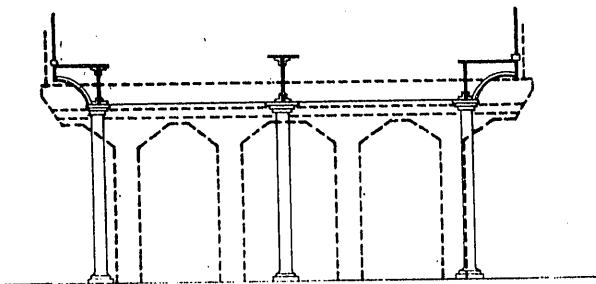


Fig. 13. Sustrucción de los tramos metálicos del paso inferior de Loyola por losas de hormigón armado.

Puente del Argaunza.

En la figura 14 indicamos la sección transversal del puente del Argaunza, en la línea de Madrid a Hendaya. Se sustituye un puente metálico de doble vía, sin viga central, por otro de hormigón armado.

En este caso no podía elevarse suficientemente la rasante, dada la proximidad del puente a las estaciones de Beasaín y Villafranca de Oria, ni construirse fácilmente el puente de hormigón entre las vigas principales del puente metálico, dadas las grandes dimensiones de las viguetas, ni correrse el puente, debido a su gran oblicuidad. Una solución más factible hubiera sido colocar una viga intermedia durante la construcción de medio puente de hormigón, para que apoyaran sobre ella las viguetas, y cortar al soplete el trozo sobrante de éstas y los arriostramientos correspondientes. Sin embargo, como todas estas operaciones complicarían y encarecerían notablemente la

obra, ha parecido más conveniente aprovechar la existencia de un puente metálico bajo la vía apartadero de la Sociedad Auxiliar de Ferrocarriles de Beasaín, y desviar la vía general por dicha vía apartadero durante la construcción del puente de hormigón. El puente metálico puede desguzarse desde el principio, lo que evita complicaciones y aumenta grandemente la rapidez de la obra, circunstancia muy digna de tenerse en cuenta, dada la gran cantidad de tráfico que circula por ese trayecto.

* * *

Con este artículo terminamos la comparación de los diversos factores que pueden intervenir a favor de los puentes en arco o de los tableros. Dada la multiplicidad y complejidad de los mismos, vemos que no pueden darse reglas generales, por lo que la elección del tipo de puente dependerá, en la mayoría de los casos, de la iniciativa y experiencia del ingeniero proyectista.

En artículos próximos estudiaremos algunas características y tipos de los puentes en arco.

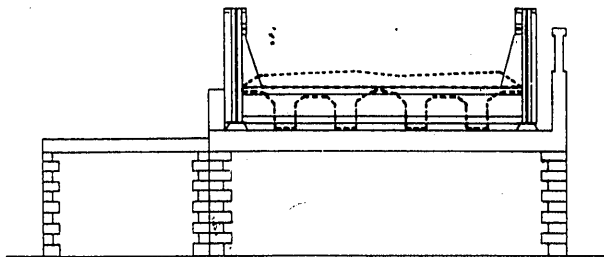


Fig. 14. Sustrucción del puente metálico del Argaunza, por tableros de hormigón armado.

(Continuará.)