

Colección de puentes de altura estricta

I

El problema.

La favorable acogida dispensada a la "Colección de Puentes de Altura Estricta", que ha sido solicitada repetidas veces, utilizados sus modelos en varios proyectos y llevada a la práctica en ocho puentes (actualmente existe el noveno en construcción y el décimo para construirse en plazo muy próximo), me ha proporcionado ocasiones y ánimo para seguir trabajando en ella, y después de tres años de continua labor, considerándola ya terminada, va a ser sometida a aprobación oficial.

El problema. — El problema que pretende resolver esta Colección se presenta con extraordinaria frecuencia en el paso de cauces corrientes, por carreteras de mediana importancia. Se me planteó en muchas ocasiones durante los primeros años de actuación profesional, proyectando canales y caminos vecinales en las provincias de Palencia, Granada, Jaén, Almería y Cádiz. La mayor parte de los pasos de ríos y arroyos venían condicionados por el enunciado de la Colección, pero la urgencia, siempre apremiante, de los proyectos, impedía emplear el tiempo suficiente para encontrar la solución adecuada. Esta necesidad vivida tantas veces, me impulsó, aprovechando las primeras ocasiones en que mediaba tiempo disponible (puentes del Guadalimar y del Ongares y, posteriormente, puente de Puerta de Hierro), a estudiar el problema con toda amplitud, no limitándome a resolver estos casos concretos, sino todos los posibles, reuniendo las soluciones en forma de Colección.

Tanta importancia como en los casos anteriores, presenta el problema en el paso de carretera sobre ferrocarril, donde, generalmente, conviene separar lo menos posible las rasantes de ambas vías, en primer lugar, por introducir la alteración mínima en el perfil longitudinal de la carretera, y en segundo, por reducir la obra de acompañamiento, terraplén, muros, estribos y, por consiguiente, las cimentaciones de los mismos y la superficie ocupada.

Por análogas razones, se encuentra en condiciones idénticas al anterior, el caso, todavía poco frecuente, de cruce de carreteras a distinto nivel.

Otra ocasión típica es el cruce de canales navegables, que imponen una elevación de la rasante con relación al terreno, generalmente llano, de los alrededores, y ocasiones parecidas son los pasos de ríos y canales que atraviesan poblaciones.

En muchos casos el problema de la altura estricta va acompañado del de la sumergibilidad de las obras, pues tratándose de carreteras de mediana importancia y cauces de caudal extraordinariamente variable, proyectar la obra para satisfacer las necesidades hidráulicas en toda su amplitud conduce a soluciones desproporcionadas, mientras que limitándose a las condiciones máximas ordinarias, se resuelve el problema de un modo más ingenieril, pero es preciso proyectarla de modo que no le perjudique el quedar *anegada*. Esto lo hemos tenido muy en cuenta en nues-

tros modelos, y el problema queda plenamente resuelto en los de losa, pues el obstáculo hidráulico es mínimo, el puente no puede ser arrastrado y el choque de los cuerpos flotantes únicamente perjudicará a la barandilla. En los modelos con vigas, no es posible llegar a una solución tan satisfactoria, pero el tenerlo presente ha sido una de las razones (lo más importante es conseguir siempre secciones resistentes en T), que nos han decidido a adoptar el tablero inferior en las zonas de arranques. Con relación al caso corriente de tramos apoyados, tenemos las ventajas que trae consigo la menor altura de vigas, es decir, menor obstáculo hidráulico en cuanto a represamiento y formación de remolinos y mayor resistencia al choque de cuerpos flotantes, por ser las vigas menos esbeltas y además la imposibilidad de ser arrastrados por estar anclados en los apoyos.

Las condiciones de sumergibilidad y altura estricta resultan en general recíprocas; si reducimos la altura a la estricta, lo hacemos sumergible, y a la inversa, si hacemos una obra sumergible, reducimos al mínimo la altura de rasante.

Resumiendo, el problema de la altura estricta estriba en conseguir la menor alteración en el perfil de la carretera y la mayor economía en la obra principal y las de acompañamiento.

La solución propuesta. — Como ya expuse en una serie de artículos de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS¹, he adoptado la solución de puentes de tramos rectos, consiguiendo la reducción de altura mediante continuidad estructural entre los diversos elementos que integran la obra y adaptando estos elementos a la forma de igual resistencia a la flexión.

Hay que distinguir primeramente dos casos: vano único y varios vanos. En aquél, la solución adoptada es la más simple y consiste en solidarizar los elementos estructurales que intervienen, llegando al pórtico sencillo por síntesis de estribos y dintel, consiguiéndose así la ecuación de lo funcional y lo estructural. En el segundo caso partimos de tres vanos, obteniendo con los laterales la compensación del central, solución muy adecuada estructuralmente y bastante lógica desde el punto de vista funcional, pues se amolda a las condiciones más frecuentes, reservando el tramo intermedio para el cauce normal, ancho de calzada, canal, etc., y los laterales para avenidas, enlace al templar, visualidad, etc. No proyectamos soluciones especiales para más de tres vanos, pues basta repetir o combinar las soluciones anteriores, según las circunstancias.

Con estas características generales y teniendo en cuenta las condiciones del terreno de cimentación, consideramos tres tipos de estructura: pórtico en π para cimentación en roca franca, dintel independiente de tres vanos para cimentación intermedia (apoyo sobre aluviones no socavables, cimentación indirecta, etcétera) y tramos cantilever para cimentación en mal terreno.

La solución más sencilla constructivamente es la

¹ Véase REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, núms. 2 al 10 de 1934.

de pórtico en π (se suprimen los pilares extremos del pórtico de tres tramos, que no siempre existirían, pues trabajan en condiciones muy desfavorables, a consecuencia de las variaciones termohigrométricas). En cuanto a coste, varía según las circunstancias; pues si bien el dintel resulta más económico que en los demás y se suprimen los aparatos de apoyo, en cambio es preciso disponer en los tabiques una armadura importante para resistir a las flexiones, y si son de tener asientos, el refuerzo necesario es de consideración. Además, en todos los casos en que puedan utilizarse apoyos sobre palizadas, conviene la solución de dinteles independientes, pues el ahorro que se consigue en aquéllas con relación a los tabiques corridos, compensa las economías que hayan podido obtenerse en dintel y sustentaciones. Por estas razones la solución de pórtico en π debe limitarse a cruce de ríos con cauces en roca.

La solución más universal es la de tramos cantilever, ya que el sistema de sustentación los pone en condiciones de trabajo independientes de los asientos que puedan producirse. Existen dos tipos, según que el isostatismo se consiga volando los tramos laterales sin apoyos extremos, o partiendo el intermedio para apoyar la parte central en ménsulas que prolongan los tramos laterales. Debe adoptarse con exclusividad cuando se trata de mal terreno, bien por economizarse ejecutar una cimentación segura, pero costosa, bien porque esto no sea posible. En este aspecto es preciso desconfiar de ciertos terrenos arcillosos dotados de plasticidad, que aparentemente resisten bien las cargas transmitidas, pero que a la actuación continua de éstas ceden muy lentamente, pudiendo, al cabo de algunos años, presentar asientos que afecten notablemente las condiciones de resistencia si la estructura es hiperestática.

Aparte de estos casos forzosos hay otros de particular interés para la aplicación de este tipo; así, por ejemplo, en pasos sobre ferrocarril doble vía con intensa circulación que puede resolverse cómodamente construyendo los tramos laterales con sus voladizos y luego el central con armadura rígida (viguetas doble T) sin necesidad de andamios entre vías. La ventaja de economía de madera que a simple vista parece muy importante, no lo es tanto, ya que en el caso de dintel continuo no es preciso disponer encofrado en toda su longitud, pues realizando una junta de construcción al llegar al primer acartelamiento del tramo central, puede servir la misma madera para los dos tramos laterales.

La solución de dinteles continuos apoyados, intermedia entre las dos consideradas, es también término medio en cuanto a ventajas constructivas y económicas. Está indicada para cimentaciones que aun siendo buenas, pueden ceder ligeramente, por lo cual están calculadas teniendo en cuenta los esfuerzos máximos que produciría el descender 2 centímetros cualquiera de los apoyos.

En cada uno de los tipos de estructura, según la luz salvada, los dinteles están constituidos hasta un cierto límite por losa y después por tablero con vigas. He procurado aumentar todo lo posible esta luz límite, por las extraordinarias ventajas que posee la solución de losa, pues además de las apuntadas anteriormente con relación a sumergibilidad, y la que es evidente con respecto a altura perdida, es preciso tener muy presente la relativa a sencillez de ejecución, en moldeo de hierros, encofrado y colocación del hormi-

gón, lo que se traduce, por un lado, en economía importante y por otro en menor riesgo de equivocaciones, lo que es también muy digno de tenerse en cuenta. Así, la luz límite que en un principio se había limitado a 10 m. (lo que es ya un salto desde los 5 de la Colección oficial), la hemos ampliado a 17, utilizando hormigón de cemento fundido.

Resumiendo; la solución adoptada consiste en estructurar el tablero, elemento que teóricamente es un plano, por el que ruedan los vehículos, dándole un espesor modulado longitudinalmente en los modelos de losa o reforzado con vigas longitudinales en los otros modelos.

Antes de exponer las disposiciones particulares adoptadas en los modelos de la Colección, vamos a situar el problema en la actualidad, pasando revista a lo que se ha hecho hasta el presente en este tipo de estructura.

Estado actual del problema en otros países. — Aunque el objeto de la Colección se circunscribe concretamente a luces pequeñas, vamos a situar el problema con relación al estado actual en otros países, enfocando en toda su amplitud el de puentes de tramos rectos de hormigón armado.

La competencia entre arcos y tramos rectos para puentes de hormigón armado, se decide a favor de los segundos, cuando la altura de rasante es pequeña y hay que obtener un desagüe superficial máximo. Además, los tramos rectos dan reacciones exclusivamente verticales, lo que es muy interesante si la cimentación es defectuosa o el buen terreno se encuentra a bastante profundidad. (Con relación a este punto, es interesante anotar que la solución de puentes de múltiples arcos muy rebajados, que a veces se utiliza para salvar cauces importantes, debería sustituirse por tramos rectos cantilever, especialmente en los casos de cimentaciones costosas.)

Con tramos rectos simplemente apoyados y vigas de alma llena, se llega a luces máximas económicas de 25 a 30 m., que pudieran forzarse hasta 50 utilizando aceros y hormigones de resistencia extraordinaria. Si se quiere conseguir con tramos independientes luces más elevadas, es preciso recurrir a vigas de alma calada, por ejemplo, en celosía (puente de Laffayette: 70 m.), viga Vierendel o arco atirantado (puente Saint Lucien: 92 m.)

La limitación de luz viene impuesta por el peso propio y para ampliar el campo de las vigas de alma llena, que constructivamente son las más económicas, se recurre a la continuidad, con lo que la luz límite puede elevarse en un 50 por 100, y si, además, esto se combina con variación de momento de inercia, la elevación es del 100 por 100. Así se ha llegado a luces de 42 m. en el puente de Gjoles (tipo de tramo compensado por ménsulas exteriores), a 61,80 en el de Saale, en Beruburg, del tipo anterior, pero con tramo central partido, y a 68 en el río Peixé, Brasil (tipo tres tramos continuos).

Las mayores luces corresponden a los tramos cantilever; puede evaluarse el aumento en 150 por 100 con relación a tramos independientes, existiendo el puente de Grossmehring, sobre el Danubio, con 61,50 metros de luz central, y habiéndose proyectado en condiciones de franca posibilidad el tramo central del puente de las Tres Rosas (Basoler) con 106 m. de luz.

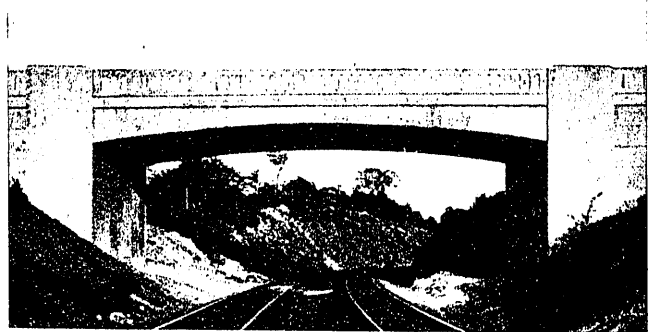
Vamos a pasar revista a lo realizado en los diferentes países.

En Estados Unidos el problema de la altura es-

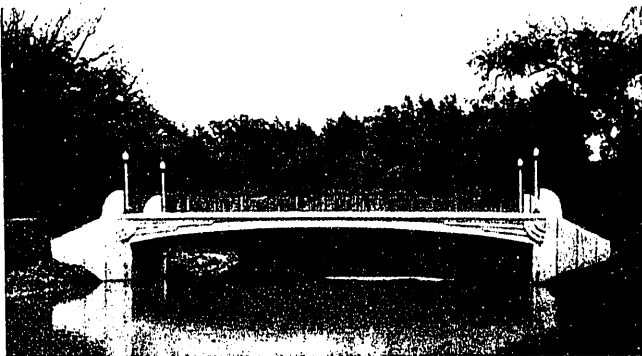
LÁMINA I.



Paso para cruce de carreteras, en Westchester Park. Luz, 18 m.



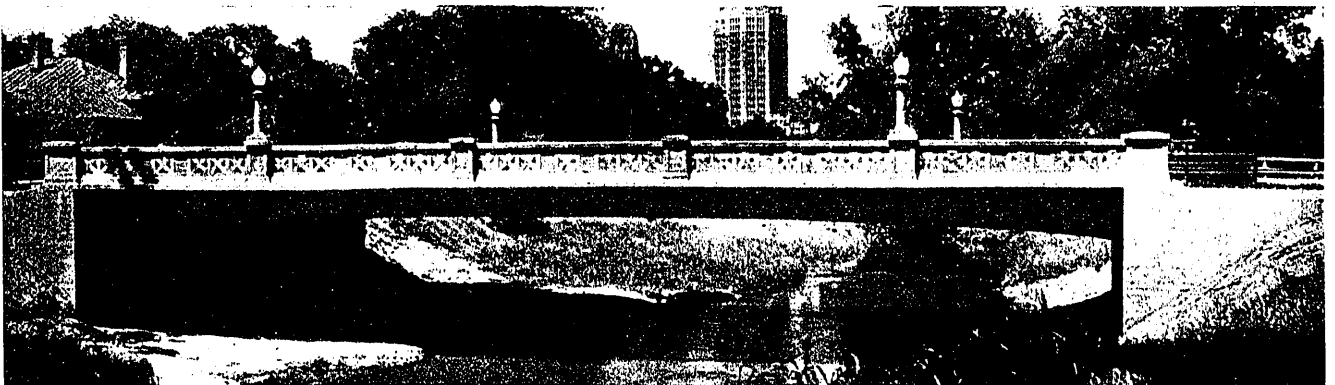
Paso de carretera sobre ferrocarril. Luz, 21 m.



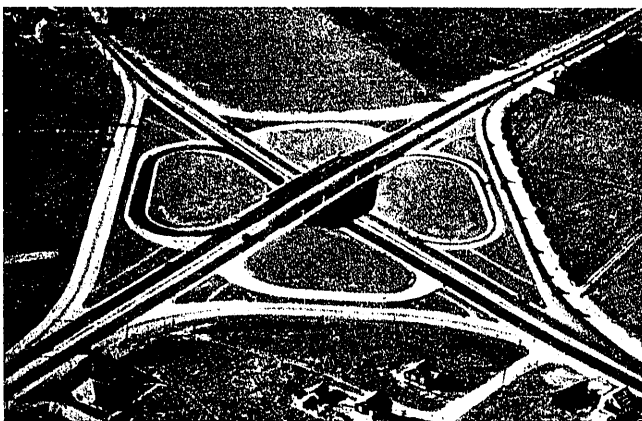
Puente en Freeport, Ill. Luz, 21 m.



Puente de New Braunfels. 12,30 - 24,60 - 12,30.



Puente de la calle Martinez sobre el río San Antonio, Texas. Luz, 31 m.

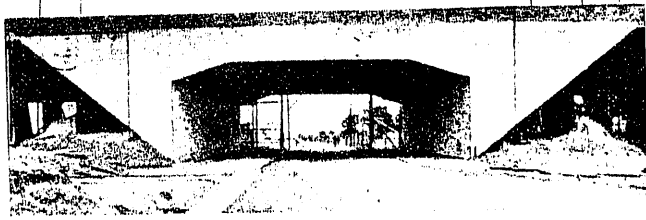


Solución típica para cruce de autovías en ángulo recto.

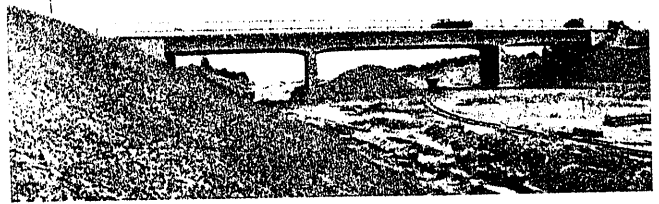


Cruce de vías en la proximidad de poblaciones.

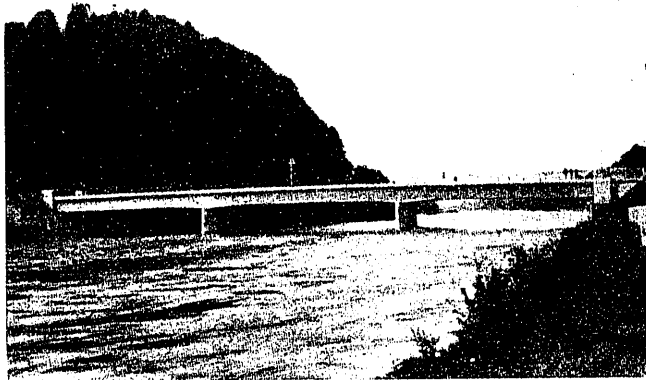
LÁMINA II.



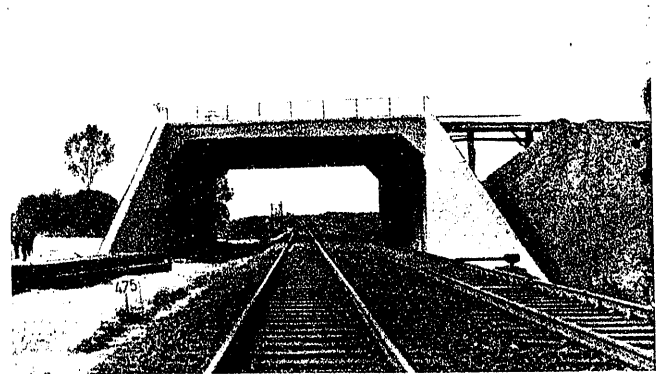
Paso de autovía sobre carretera. Luz, 15 m.



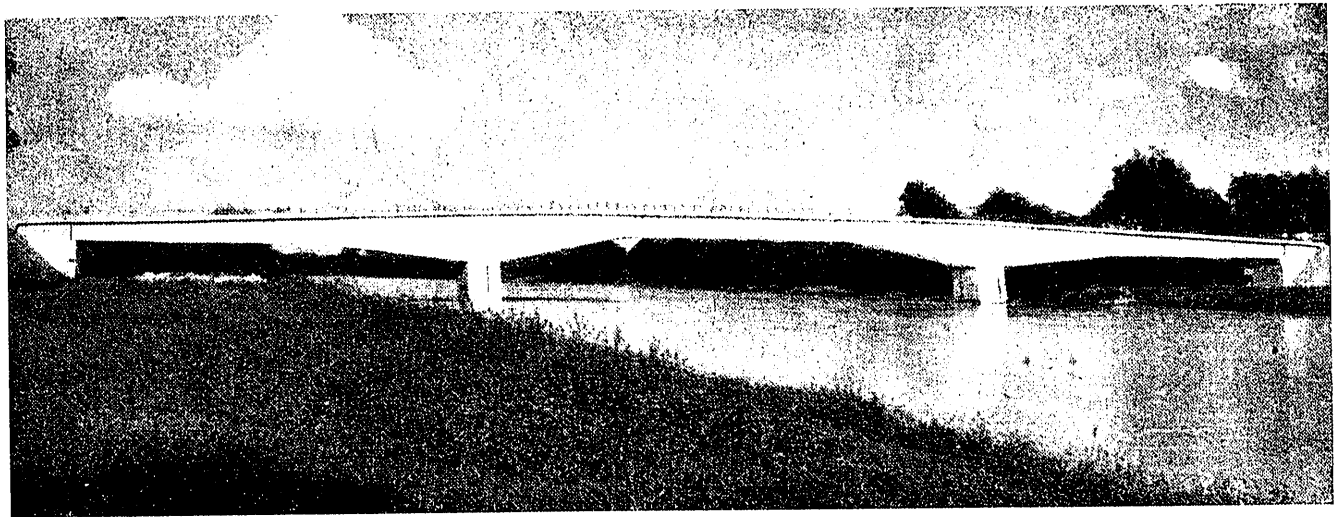
Paso inferior de autovía. 16,50 - 27 - 16,50.



Puente de Radkersburg. 26,5 - 29,5 - 26,5.



Paso de carretera sobre ferrocarril. Luz, 15 m.



Puente sobre el Danubio, en Grösmehring. 42 - 61,5 - 42.

ALEMANIA

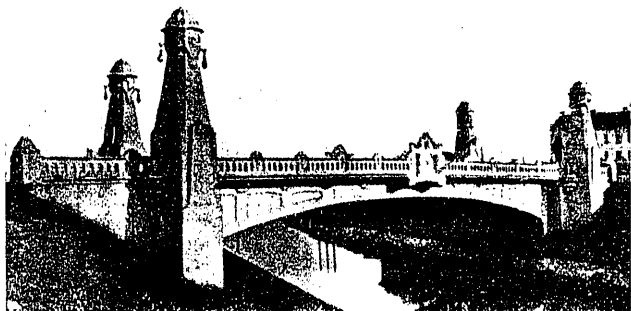
tricta se ha solucionado por solidarización de apoyos y dintel en los puentes de estructura rígida (*rigid frame bridge*), aplicándose con profusión en el cruce de ferrocarriles, otras carreteras, canales, ríos en las proximidades de las poblaciones, etc., etc.

El iniciador y más ardiente defensor fué Hayden con la solución de pórtico sencillo, aplicada desde 1922 en los cruces de caminos del parque Wetsches-ter, habiéndose hecho clásica preconizada por la Portland Cement Association en todos los casos de cruce de vías de comunicación, utilizándose en luces hasta de 30 m. con losa de espesor variable (puente Cantón, 1936, con 90 cm. en clave y 150 en arranques). También se han aplicado otros tipos de estructura entre los cuales: pórtico sencillo con vigas (puente de la

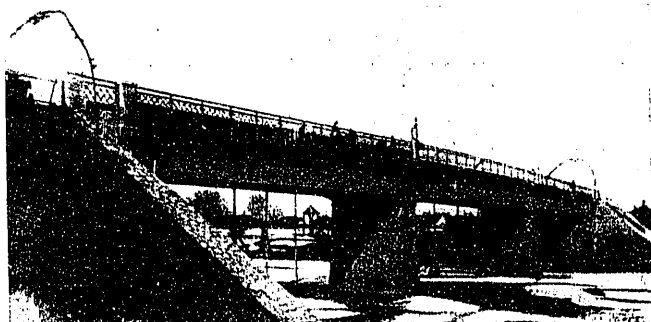
calle Martínez (Texas), con 31 m. de luz, losa sobre columnas; pórtico en π (puente New Braunfels); vigas de varios tramos (puente Mary Sville 21, 30,50, 33,50, 30,50, 21), generalmente con altura variable según intradós curvo y a veces doble forjado, etcétera. (Véase lámina I.)

Al principio se impugnaban estas soluciones, principalmente porque no se dominaban los métodos de cálculo y se desconfiaba de la validez de los mismos; pero Hayden, construyendo y experimentando un modelo reducido, y Cross defendiendo la continuidad estructural y dando al mismo tiempo métodos de cálculo sencillos y eficaces, han logrado desvirtuar estas objeciones, y actualmente se construye un gran número de estos puentes, especialmente en los casos

LÁMINA III.

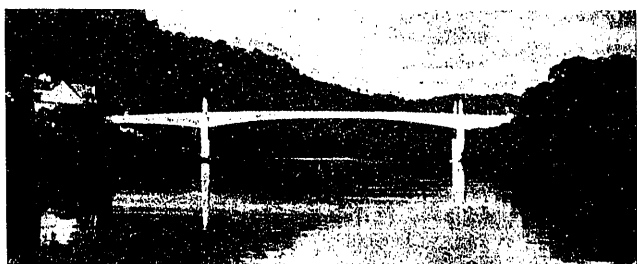


Puente sobre el canal de la Bèga. Temesvár.
10,85 - 38,40 - 10,85.



Puente sobre el Sajo, en Sajolad.
26 - 32,20 - 26.

HUNGRÍA



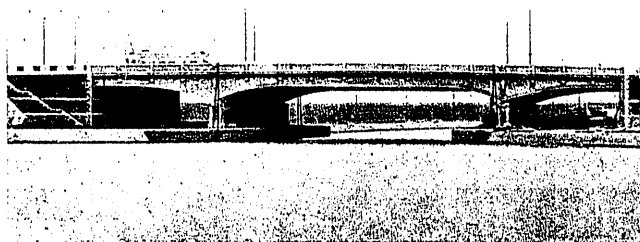
Puente Herval, sobre el río Peixe. 23,40 - 68 - 26,80.

BRASIL

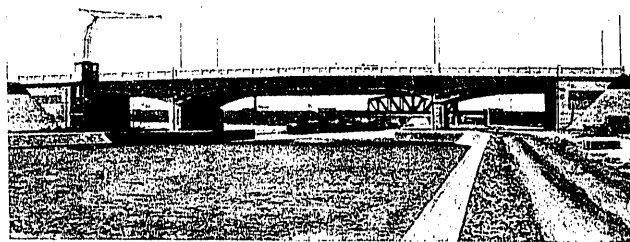


Puente Cambuskennet. 21 - 49 - 21.

INGLATERRA

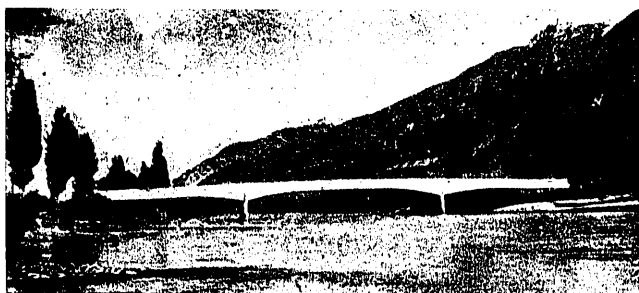


Puente Breda, en el canal Alberto.
16,50 - 37,70 - 16,50.



Puente de la Avenida Norte, en el canal Alberto.
17,10 - 39,60 - 17,10.

BÉLGICA



Puente sobre el Ródano, en Brauçon. 29 - 38,40 - 29.



Puente sobre el Ródano, en Dorenaz. 30 - 45 - 30.

SUIZA

de altura estricta: paso de cauces muy bajos, pasos superiores de ferrocarril y cruces de carreteras (caso muy frecuente en este país, donde las carreteras tienen gran tráfico y no conviene interceptar vías).

En Alemania se emplea con extraordinaria frecuencia la solución de tramos rectos para salvar luces importantes cuando la altura de rasante no es elevada; caso, por ejemplo, de cruce de ríos en la proximidad de poblaciones. La solución más corriente es puentes cantilever de varios tramos, con vigas generalmente de altura constante, a veces con acartelamientos rectos y también con acartelamientos en planta por aumento del grueso de las vigas.

El caso de altura estricta para paso de ferrocarril está resuelto mediante pórticos sencillos o múltiples sobre palizadas.

Un caso muy frecuente en estos últimos años es el de cruce de las autovías nacionales. Cuando se trata de paso superior por la autovía, se suele adoptar el pórtico sencillo, generalmente de losa con acartelamientos, siendo solución típica disponer las aletas de acompañamiento en voladizo sobre el tabique. En los pasos de carretera sobre autovía, como la sección de ésta viene integrada por dos calzadas con andén de separación central, se recurre a los tramos continuos en número par, bien dos con un apoyo intermedio único, o bien con otros dos en los bordes, resultando cuatro tramos, o también a la solución de tres vanos, salvando con el central todo el ancho de la explanación.

Se ha utilizado la solución de tres vanos en cruce de canales, ríos canalizados, etc., siendo muy corriente en los apoyos la disposición de tabiques, y también los pórticos sencillos o tramos con ménsulas de compensación, habiéndose conseguido luces de 36 m. en los primeros (puente de la Victoria en Broenberg) y 44 en los segundos (puente sobre el canal Ems-Weiser, en Hannover).

En Austria se encuentran soluciones análogas en puentes de tramos rectos cantilever, adoptándose a veces el perforado inferior en arranques con acartelamientos curvos.

En Hungría existe una tradición muy antigua (desde 1908), poseyendo muchos ejemplares de tramos continuos de tres vanos (puente Sajó en Sajóled 26, 31, 26; Kisveza en Budatin, 26, 31,5, 26) algunos cantilever (puentes Sebeskovos, 18,75, 31,10, 18,75, y Feketekovos, 15, 20, 30, 20, 15) y muchos tramos rectos con vuelos exteriores de compensación. En este último tipo existen varios de luz comprendida entre 33 y 38 m. (10 en el canal de Béga y 5 en el canal Sió), en los que el tramo se encuentra partido de modo que la parte central se apoya sobre dos ménsulas compensadas.

En Bélgica y en Holanda se presenta con mucha frecuencia el caso típico de cruce de canales, habiéndose empleado la mayor parte de las veces la solución de tramo único compensado, generalmente con intradós curvo pronunciado y forjado superior (puentes Petite Ile en Bruselas 22,50 y calle de Bois en Hal 21,80 m.). Otras veces se emplea pórtico sencillo con tablero que pasa de la zona superior en el centro a la inferior en los extremos (puente Cuveghem en Bruselas, 20 m.), y recientemente puentes de tres tramos cantilever (puente Breda y Avenida Norte en el canal Alberto).

Los italianos han utilizado la solución de tramos rectos continuos combinados en grupos de tres a cin-

co, y la de tramo recto con vuelos de compensación, a la que pertenece el puente de Gjoles, aunque está ubicado en Albania. Generalmente el intradós tiene curvatura muy acentuada, dándoles apariencia de puentes en arco. En muchas ocasiones, especialmente en tramos múltiples, la solución no viene obligada por altura estricta, pues se trata de rasantes altas y se han adoptado por economía. En las autopistas se ha presentado pocas veces el problema, pues casi todos los cruces de ríos y vías de comunicación son con rasantes muy elevadas y se han resuelto a base de arcos de gran luz.

En disimular los tramos rectos, dándole apariencia de arcos, son maestros los ingleses, que emplean mucho la solución de puentes de tramos continuos, con gran variación del momento de inercia, dando a las vigas fuerte curvatura, exagerando la apariencia engañosa mediante elementos decorativos adecuados y ocultando cuidadosamente los aparatos de articulación. También utilizan los pórticos sencillos.

Los suizos han recurrido desde muy antiguo a la solución de pórticos múltiples, o tramos continuos sobre palizadas, para salvar con altura estricta los cruces de ferrocarril. En otras ocasiones no es tan frecuente, pero existen ejemplares notables, así en tramos compensados el de Seedorf con 44 m. y en tramo de vanos los de Brançon y Dorenaz sobre el Ródano, con luces de 38, 40 y 45 m. respectivamente.

En Canadá se ha adoptado el tipo de pórticos sencillos y vigas continuas de dos vanos, como una de las soluciones más convenientes para pasos de ferrocarril, lo mismo superiores que inferiores. También las estructuras rígidas, pórtico sencillo, doble y triple, para el paso de cauces, singularmente en el Estado de Ontario, donde las características geográficas de la región imponen la altura estricta, utilizándose soluciones de losa muy parecidas a las norteamericanas, con luces entre 7 y 17 m.

En Rusia encuentran ventajoso el tipo de pórtico sencillo, por razones económicas, y lo emplean lo mismo para carretera que para ferrocarril, teniendo modelos preparados para luces comprendidas entre 8 y 16 m. y alturas de 6 a 16.

En Brasil existe el puente de mayor luz, en tramos rectos propiamente dichos, el del río Peixe, ya citado, que se construyó sin necesidad de andamios, volando sucesivamente el encofrado sobre la obra ya construída. Otros ejemplares muy interesantes son los de los ríos Paraíba, Piebrana, Preto y Sangada, de tres y cinco tramos continuos, el primero con luces de 12, 51, 52,50, 51 y 12 m.

En España se han construído muchos puentes de tramos rectos independientes, siguiendo los modelos de Zafra y Ribera, y en pocas ocasiones los de estructura continua, algún tramo compensado y pórticos simples y múltiples, entre los cuales se encuentran los de las vías de la Ciudad Universitaria, pórticos sencillos de losa, de vigas y pórtico doble. El de mayor luz es el puente de los Viveros, sobre el Manzanares, tipo cantilever hiperestático de tres tramos (los apoyos intermedios solidarios de los tramos laterales) con luces de 17,50, 26, 17,50 y características análogas a las de altura estricta: intradós rectilíneo con acartelamientos, doble forjado en las zonas de arranques, etc.

Puentes de la Colección, construídos. — De los ocho puentes terminados, seis están en la provincia de Jaén y dos sobre el río Manzanares, construídos los

primeros por la Jefatura de Obras públicas y los últimos por el Gabinete Técnico de Accesos y Extrarradio.

Dos son del tipo pórtico sencillo de losa (figuras 1.^a y 2.^a), con 8 m. de luz y alturas de 2,50 y 3 metros. Solucionan casos típicos de altura estricta,

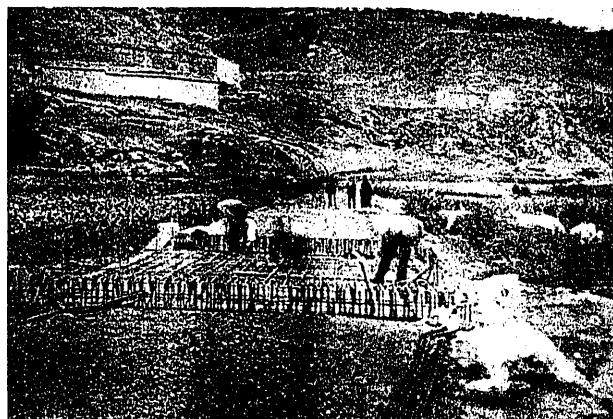


Figura 1.ª

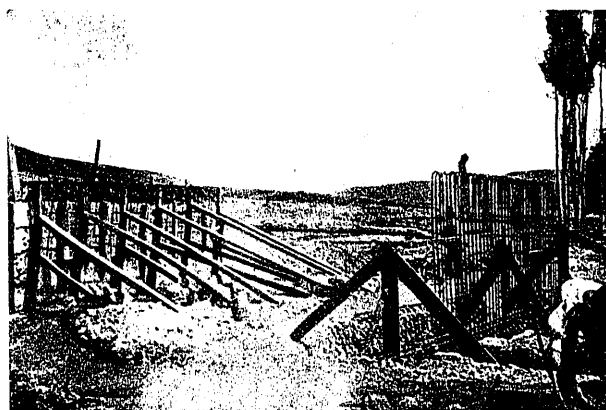


Figura 2.ª

pues reducen únicamente en 30 cm. la altura de rasante, en lugar de los 36 del modelo apoyado de la Colección oficial. La obra es de construcción muy sencilla y queda en perfectas condiciones de sumergibilidad. El pórtico se enlaza con la explanación mediante muros de acompañamiento.

Otros dos puentes, del Onsares y río de la Vega (fig. 3.^a), corresponden al tipo de pórtico en π de losa. El primero se ha aplicado por altura estricta, pues la altura de rasante es de 2,50 m. y se obtienen luces de 6, 8, 6, con espesor en losa de 30 centímetros. Resalta la simplicidad y rigidez de la estructura y su adecuación a cauces de características hidráulicas muy irregulares. El del río de la Vega tiene las mismas luces y una altura de rasante de 5,50, habiéndose adoptado en vista de las ventajas constructivas. Se construyeron durante el año 1933.

El quinto puente en orden de importancia es el del Guadalimar (fig. 4.^a), modelo pórtico en π con vigas de 40 m. de luz total. Claramente se aprecia que corresponde a un caso de altura estricta, la de rasante en 3,50 m., las luces parciales 12, 16, 12, el grueso de tablero en el centro 65 cm. y el de los tabiques 45. La disposición de estribos y muros de acompañamiento es la proyectada como típica en todos los modelos de la Colección. Se construyó a principios del año 1934.

El sexto puente construido en Jaén es el de La Puerta, también sobre el río Guadalimar (fig. 5.^a); consta de cinco tramos y es un ejemplo de cómo pueden adaptarse los modelos de la Colección a desagües longitudinales mayores que las luces adoptadas. Es del tipo losas cantilever, con luces de 9 m. en los tra-

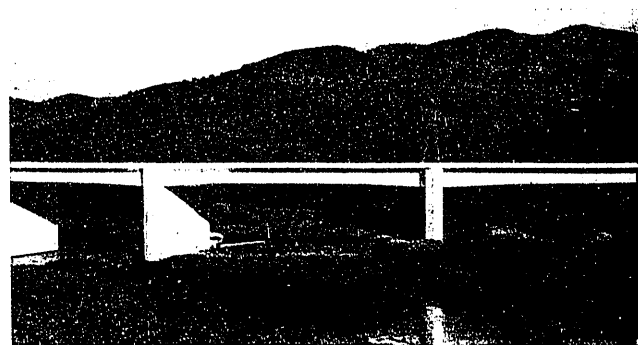


Figura 3.ª

mitivo. Por consiguiente, no sólo sirven los cálculos, sino también los planos de construcción; aumenta el número de elementos iguales, lo que abarata y simplifica la ejecución, que además puede llevarse a cabo disponiendo madera únicamente para un tramo late-

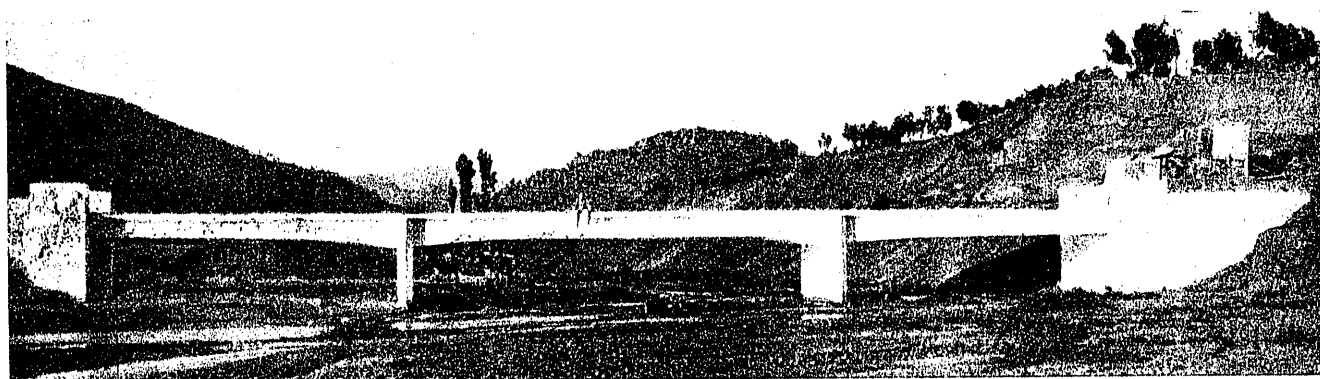
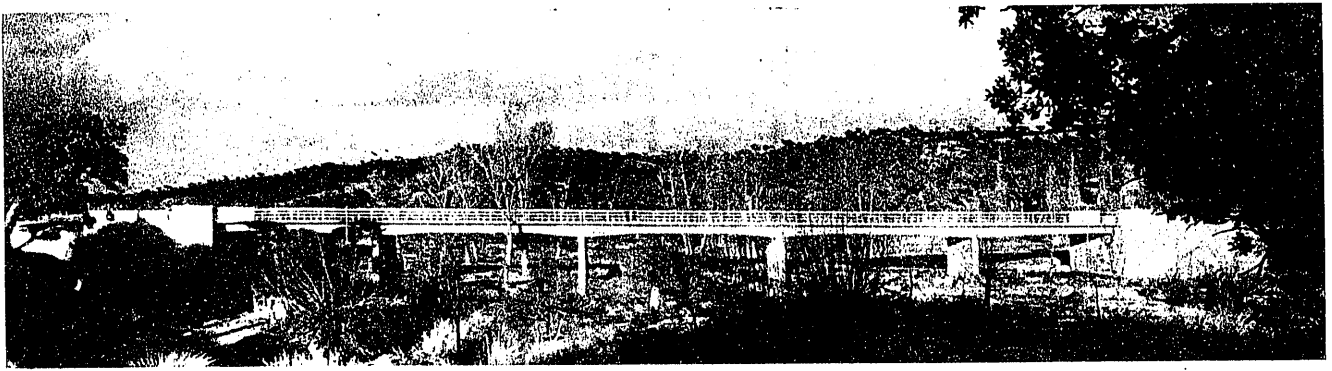
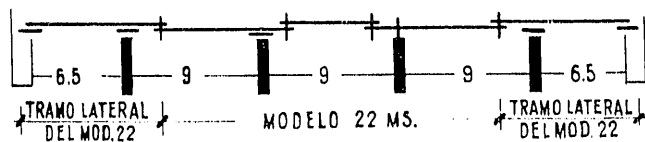


Figura 4.ª

Figura 5.^a

ral con su ménsula y el central. La luz total obtenida es de 40 m., y no es preciso insistir sobre el hecho de que cumple las condiciones de altura estricta y de economía de construcción. La cimentación se ha realizado directamente sobre los acarrees, a la profundidad conveniente, para no ser alcanzada por las socavaciones del río.

Los puentes sobre el río Manzanares son el de Puerta de Hierro en la desviación de la carretera de La Coruña, y el de El Pardo, para la nueva carre-

Figura 6.^a

tera directa a la Sierra. El primero es del tipo dintel de tres tramos con vigas modelo 50 m. y va apoyado sobre pilares cilíndricos de 70 cm. de diámetro. La palizada de acceso es losa continua sobre columnas tipo para cuatro vías. (Se ha descrito con todo detalle en cuatro artículos de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de septiembre, octubre y noviembre de 1934.)

El de El Pardo es otro ejemplo de cómo pueden conseguirse soluciones de cinco tramos mediante

construcción de los modelos de la Colección. Así está integrado por los de 50 m. de pórtico en π y dintel de tres vanos. Los dos tabiques centrales son solidarios del dintel, pero los otros dos quedan independientes, pues las flexiones debidas a variaciones termohigrométricas los hubieran sometido a esfuerzos de consideración (aproximadamente triples que para los tabiques intermedios), por lo que resulta más económico dejarlos independientes. La longitud total obtenida es de 30 m.

En este último puente se ha realizado una instalación de control extraordinariamente interesante. El Gabinete Técnico de Accesos y Extrarradio destinó una partida del presupuesto a investigación experimental directa sobre la obra, instalando 20 auscultadores tipo Teón para medición de tensiones interiores en el hormigón y dos para medición de temperaturas. Se han hecho observaciones durante toda la primera época de vida del hormigón, en las pruebas y para distintas posiciones del cilindro compresor, moviéndose a lo largo de la viga central, en la cual están los aparatos de auscultación, y por las inmediatas, para estudiar la repartición de cargas entre las mismas. Es la primera vez que en España se hacen observaciones directas sobre un puente.

Carlos FERNÁNDEZ CASADO,
Ingeniero de Caminos.

Últimas novedades en pavimentos de ladrillos

Los adoquinados de ladrillo tienen en España una representación muy modesta, y, como consecuencia de ella, la experiencia personal directa, naturalmente muy limitada, es patrimonio de unos cuantos ingenieros de Caminos; en los demás españoles aquella experiencia es completamente nula.

La circunstancia de que los ladrillos para adoquinados se fabrican en España, y con materiales españoles exclusivamente — carbón, arcilla, pizarra, agua —, les da el carácter de *producto nacional*, sin reserva mental alguna. Tal fabricación tiene existencia desde hace algunos años, aunque sin aplicación seria y formal, en adoquinados hasta 1931; entonces se utilizaron sus productos en un tramo corto de carretera por una Jefatura de Obras públicas.

La recopilación que contiene este artículo no es

hija de la experiencia personal y directa de su autor sobre adoquinados de ladrillo, excepto en el caso mencionado en el párrafo anterior. Constituye, positivamente, un resumen de los últimos trabajos de carácter experimental realizados en los laboratorios de los Estados Unidos, y de las enseñanzas que proporcionan los adoquinados de ladrillo construídos recientemente en esa nación.

El objeto de los párrafos que siguen es despertar en gobernantes, ingenieros, fabricantes, usuarios, etcétera, el interés por conocer *íntimamente* los adoquinados de ladrillo, cuya aplicación en las vías urbanas e interurbanas españolas podría resultar muy conveniente, tanto desde el punto de vista técnico, como desde los relacionados con la economía, industria y balanza comercial nacionales.