

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

Refuerzo y sustitución de tramos metálicos.

(CONTINUACIÓN) (1)

Por todas estas circunstancias, he creído conveniente señalar en las columnas 2.^a, 3.^a y 4.^a del cuadro núm. 2 cuáles son las que desde estos puntos de vista clasifican cada tramo.

Para no comparar en vista de esto cantidades heterogéneas, como resultarían los pesos deducidos de la realidad, si no se tuvieron en cuenta todas estas circunstancias ya señaladas, procede, y así se ha hecho, estudiar dentro de uno ó varios tipos de tramos, cuál es la influencia de cada una de aquellas circunstancias.

Se han aprovechado para estos estudios los diversos tipos reales de tramos colocados en obras existentes.

En vista de lo expuesto, y para poder obtener consecuencias utilizables, procede, en primer término, reducir todos los pesos de los diversos tipos de tramos construidos á pesos, llamémosles normales, es decir, correspondientes á un tipo de tramo para cada luz teórica, que podríamos denominar normal, considerando todos los tipos reales diferentes de este normal, como variantes del normal.

Tomo para ello como normal, ó sea el tipo de tramo cuyos pesos en sus diversas luces han de proporcionar los elementos para la deducción de la fórmula ó fórmulas halladas, el de piso inferior para obra normal ó recta y con la vía en recta.

Conocido, por las pesadas ya mentadas, el peso por metro lineal de un tramo no normal, se reducirá y obtendrá para su luz el peso normal por metro lineal aplicando una fórmula que deduzco á continuación.

Para pasar del peso obtenido para un tramo de piso superior á uno de piso inferior ó normal, será preciso aumentar aquél en un cierto tanto por ciento que señalo por p .

Al calcular el peso normal de un tramo oblicuo habrá que reducirle en un cierto coeficiente que denomino o y análogamente si el tramo pesado directamente tiene la vía en curva, para pasar al tramo tipo normal ó con la vía en recta, será preciso disminuir aquel peso directo, utilizando un coeficiente que marco con c .

Llamando P' y P los pesos por metro lineal de los tramos reales y de los de tipo normal, podemos establecer:

$$P' = P + \frac{p(o + c - p)}{100}$$

(1) Véase el número anterior.

de donde se obtiene

$$P = \frac{100 \cdot P'}{100 + o + c - p}$$

Sólo queda determinar valores medios y suficientemente aproximados de estos tres coeficientes numéricos.

Para ello, en primer término, y por estimar necesario para este objeto y útil y conveniente para cualquier proyecto, cálculo, etc., he preparado el cuadro núm. 3 en el cual se agrupan los tramos construidos por luces, señalando para cada uno sus circunstancias características y determinando para cada cual el por ciento de su peso total, que corresponde á los tres elementos principales de cada tramo, como son: vigas principales, elementos del piso y arriostrado y varios.

A la vista de estos datos, comenzaré por calcular los valores numéricos de los coeficientes anteriormente señalados.

Primeramente se ha estudiado la influencia que tiene en el peso de un tramo, la disposición de la vía, según ésta se encuentre en recta ó en curva de radio mayor ó menor.

Se han hecho repetidos cálculos y comprobaciones estudiando en un tipo de tramo estas variaciones y, como resumen de ellos, se puede establecer la siguiente escala de aumento de pesos total del tramo según el radio de la curva de la vía.

Vía en recta P peso del tramo.

Vía curva de 1.000 metros de radio... $P' = P + \frac{3 \cdot P}{100}$ $P = \frac{100 P'}{103}$

Vía en curva de 700 metros de radio... $P' = P + \frac{5 \cdot P}{100}$ $P = \frac{100 P'}{105}$

Vía en curva de 500 metros de radio... $P' = P + \frac{6 \cdot P}{100}$ $P = \frac{100 P'}{106}$

Vía en curva de 300 metros de radio... $P' = P + \frac{8 \cdot P}{100}$ $P = \frac{100 P'}{108}$

Puede, pues, adoptarse como coeficiente medio de aumento del peso total del tramo el de 5 por 100, con cuyo valor debe encontrarse en la fórmula antes deducida, sustituyendo el coeficiente c por este valor, ó sea $c = 5$.

En segundo lugar me ocuparé de la influencia, dentro del mismo tipo de tramo y viga, de la posición del piso, según esté colocado en la parte superior ó inferior de las vigas principales.

Tomaré para ello, utilizando los datos de los cuadros números 2 y 3, los cuatro tipos de tramo de 43,20 metros de luz teórica que se han construido con vigas principales de idéntica disposición, pero de estructura diferente, según se acusan en las

columnas de circunstancia de cada tramo, y escogeré de entre ellos los colocados en primer y tercer lugar que corresponden á tramos rectos y con la vía en recta, pero de piso superior é inferior, respectivamente.

Pesando, respectivamente, por metro lineal, según el cuadro núm. 2, 2 766 y 3.109 kilogramos, sus pesos totales son 118.491 y 134.308 kilogramos.

Descomponiendo estas cifras totales, según las proporciones que marca el cuadro núm. 3, para los mismos tramos, según sus elementos, resulta:

Número de orden.	Peso total. — Kilogramos.	PESOS DE		
		Vigas principales. Kilogramos.	Piso. Kilogramos.	Arriostrado y varios. Kilogramos.
1.º	118.491	66.473	19.729	32.289
2.º	134.308	80.947	35.094	18.267
Diferencias...	+ 15.817	+ 13.474	+ 15.365	— 14.022
Por 100 del peso total.....	+ 11,94	+ 10,03	+ 11,44	— 9,53

De estas cifras se deduce que el tramo de piso superior pesa en total 15.817 kilogramos menos que el de tipo normal ó de piso inferior, ó sea el 11,94 por 100 del peso de éste.

Descomponiendo esta diferencia, según se anota más arriba, resultará que en el tramo de tipo normal pesan más las vigas principales y los elementos del piso, en cambio los arriostrados pesan mucho más en el de piso inferior, no sólo por establecerse dos planos de arriostrado horizontal, sino también por los marcos verticales normales á las vigas principales.

Comparando entre sí los pesos de cada uno de los tres grupos de elementos de los tramos en que se reúnen, según he indicado, las diversas piezas, existen las diferencias ya deducidas anteriormente, las que son, respectivamente, el 16,64, 43,78 y 76,75 por 100 de los pesos de estos elementos de tramo de piso superior.

Hagamos análogos cálculos y deducciones para tres tipos de tramo de idéntica disposición de viga principal, de luz teórica de 52,20 metros y con estructuras distintas, según se acusan en los cuadros números 2 y 3.

No es tan fácil ni directa la comparación como la realizada en los diversos tramos de 43,20 metros de luz, de que anteriormente me he ocupado, por no existir entre los tres, de que hecho mención, de 52,20 metros de luz, dos que, siendo rectos y con la vía en recta, tuviesen, respectivamente, el piso superior é inferiormente colocado.

El primero colocado en la relación puede entrar en el estudio, pero el que ocupa el tercer lugar, ó sea el único con piso inferior, si bien corresponde á una obra en recta, la vía es curva y con un radio de 500 metros.

Procede, por lo tanto, aplicar al caso presente, ó sea á la comparación de los pesos de los dos tramos de 52,20 metros de luz que en la relación ocupan los lugares primero y tercero, la reducción correspondiente á su vía en curva de 500 metros de radio; habrá por ello que disminuir en el 6 por 100 según se señala en la fórmula correspondiente citada.

Con esta reducción al tipo normal de tramo podemos establecer análogo cuadro al anteriormente marcado para los tramos de 43,20 metros de luz.

Número de orden.	Peso total. — Kilogramos.	PESOS DE		
		Vigas principales. Kilogramos.	Piso. Kilogramos.	Arriostrado y varios. Kilogramos.
1.º	169.754	109.083	19.946	40.725
3.º	195.489	126.188	34.836	34.465
Diferencias...	+ 25.735	+ 17.105	+ 14.890	— 6.260
Por 100 del peso total.....	+ 13,16	+ 8,74	+ 7,62	— 3,20

De todas estas cifras se deduce que el tramo de piso inferior pesa 25.735 kilogramos más que el de piso superior, ó sea un 13,16 por 100 del peso de aquél.

Descomponiendo esta diferencia según se anota más arriba, resulta que en el tramo de piso inferior ó normal pesan más las vigas principales y piso, y menos los elementos de arriostrado, debiéndose esta última diferencia á que en los tramos de piso superior se establecen los planos verticales de arriostrado que no existen en los de tipo normal; la diferencia hallada para este tipo de tramo, ó sea el 3,20 por 100 del peso total, es menor que la determinada en los tramos de 43,20 metros, por existir ya en aquéllos, bien de piso superior ó inferior, dos planos horizontales de arriostrado; en cambio para éstos sólo existen para los de piso superior, no existiendo para los de piso inferior por no permitirlo la altura de viga correspondiente á esta menor luz.

Para no alargar considerablemente esta parte de estas notas, no detallo múltiples casos en los que se han hecho análogas comprobaciones con la minuciosidad señalada, pero apunto que todos los resultados obtenidos concuerdan notablemente en su conclusión final, pudiéndose tomar sin inconveniente como coeficiente de aumento de peso de los tramos de piso inferior, ó sea el marcado con la letra *p* en la fórmula deducida el de 11, debiéndose entrar, por lo tanto, en ésta con el valor *p* = 11.

Resta únicamente determinar análogo coeficiente señalado con la letra *o* para los tramos oblicuos.

Se han hecho detenidos y numerosos cálculos, estableciendo tramos que para el mismo tipo presenten oblicuidades de uno, dos y tres recuadros, no pasando de este límite por no haberse presentado casos en la práctica de mayor oblicuidad.

Hallando los pesos correspondientes á los diversos casos comprobados y determinando términos medios, he deducido que para oblicuidades de

Un recuadro el aumento de peso es del 1 por 100 del peso total.				
Dos recuadros	—	—	2 por 100	—
Tres recuadros	—	—	3 por 100	—

Tomando como valor del coeficiente el correspondiente caso más frecuente de dos recuadros de oblicuidad, sustituiremos en la ya tan repetidas veces mentada fórmula la letra *o* = 2, y quedará entonces ésta con los valores siguientes, según los casos que se presenten, señalando éstos por iniciales, de acuerdo con el cuadro:

$I - R - R$	$P = P'$
$I - R - C$	$P = \frac{100 P'}{105}$
$I - O - R$	$P = \frac{100 P'}{102}$
$I - O - C$	$P = \frac{100 P'}{107}$

$$\begin{aligned}
 S - R - R \dots \dots \dots P &= \frac{100 P'}{89} \\
 S - R - C \dots \dots \dots P &= \frac{100 P'}{91} \\
 S - O - R \dots \dots \dots P &= \frac{100 P'}{91} \\
 S - O - C \dots \dots \dots P &= \frac{100 P'}{96}
 \end{aligned}$$

Una vez determinadas todas estas fórmulas las aplicaremos á la columna 5.^a del cuadro núm. 2, ó sean los pesos reales y medidos en los tramos contruidos, y deduciré los valores detallados en la columna 6.^a de tramos de igual luz, pero de disposición normal, tal como ésta la hemos definido; podremos á la vista de estos valores, así deducidos, buscar los coeficientes de la fórmula establecida para determinar los pesos por metro lineal, que den valores que se aproximen lo más posible á aquéllos.

Recordaré que esta fórmula es la siguiente:

$$P = at^2 + b.$$

Después de múltiples tanteos y repetidas operaciones, se ha puesto de relieve que, empleando los valores numéricos de los coeficientes a y b , indicados en la columna 7.^a, se obtienen valores para los pesos por metro lineal de cada uno de los tramos señalados en el cuadro núm. 2, que no se diferencia mucho; mejor dicho, que se aproximan bastante á los valores reales, reducidos y transformados para los diversos tramos tipos.

En las columnas 8.^a 9.^a y 10.^a de este cuadro se insertan los valores así deducidos por medio de la fórmula, sus diferencias unas veces positivas y otras negativas con los valores reales, y el por 100 que estas diferencias representan con relación á estos últimos.

Se observa no existe una completa coincidencia entre unos y otros valores, sino que hay entre todos ellos diferencias, como no puede por menos de ocurrir, como no fuesen los coeficientes numéricos distintos para cada luz, pero como debe atenderse á que los valores de estos coeficientes varíen lo menos posible y puedan utilizarse para el mayor número de luces, no son de extrañar estas discrepancias.

Por otra parte, considerando los valores absolutos que alcanzan con relación á los pesos deducidos por medición directa, aunque transformados para los tramos de tipo normal, se observa que en ningún caso alcanzan valores tan considerables como los encontrados en la columna 16 del cuadro núm. 1, como diferencias entre los valores máximos y mínimos deducidos de las once fórmulas y tablas citadas al ocuparme del mismo.

Esto quiere decir que, si bien los valores numéricos hallados para la fórmula de pesos dan para estos valores que no corresponden exactamente con la realidad, las diferencias son de importancia mucho menor que las que existen entre sí en valores dados por las otras fórmulas estudiadas por eminentes autores.

Se deduce de aquí, que la fórmula propuesta con los coeficientes variables señalados en el cuadro puede tomarse sin inconveniente alguno, para un primer tanteo, y como base de cálculo al entrar en éstos con la carga permanente debida al peso propio del tramo, así como también para hacer un esbozo de presupuesto al tantear diversas soluciones desde el punto de vista económico.

Se observarán, sin embargo, algunas aparentes discrepancias y hasta contradicciones en los pesos hallados por la fórmula propuesta, que me interesa explicar con algún detalle, para desvirtuar la atmósfera de descrédito que para aquélla se pudiera formar si sólo se reparase sin detenerse á pensar en aquellas contradicciones.

Para hacer más clara la expresión del cuadro núm. 2 antes inserto, se ha transformado en el gráfico representado en la figura 40, en la cual las abscisas corresponde á luces teóricas, en tanto que las ordenadas señalan pesos por metro lineal, unas y otras en las escalas indicadas en el mismo.

En este gráfico, y con los signos convencionales en el mismo indicados, se representan las curvas correspondientes á los puntos representativos de los pesos reales medidos, aunque transformados para los tramos de tipo normal, igualmente la que une los puntos determinados con la fórmula estudiada y para comparar con ambas, la análoga á la primeramente citada, pero para los tramos de construcción antigua sustituidos en esta campaña; ésta se termina en la luz de 52,20 metros, por ser éste la máxima en aquéllos.

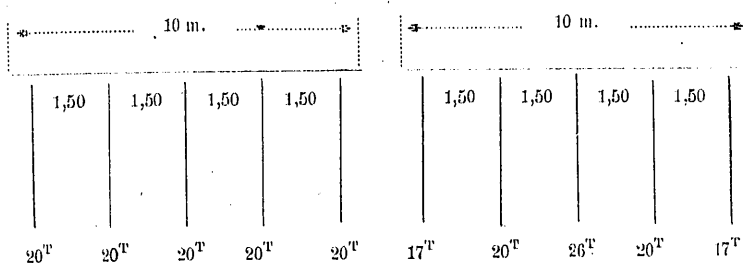
La primera aparente contradicción se observa al examinar la segunda de las curvas citadas, ó sea la representación gráfica de la fórmula estudiada, y comprobar el rápido crecimiento de los valores de los pesos hasta la abscisa que corresponde á los 20 metros de luz y el menos rápido á partir de la misma.

Obedece esta anomalía aparente á las previsiones hechas por todas las instrucciones modernas para la redacción de tramos metálicos, de que las cargas correspondientes á los tramos de luces pequeñas, considerándose como tales hasta 20 metros, sean aumentados en determinada proporción que se fija, para que, como consecuencia de ello, la resistencia y, por lo tanto, peso de los tramos correspondientes sea mayor y se encuentren en excelentes condiciones de soportar los esfuerzos dinámicos, producidos al paso con grandes velocidades de los trenes, sobre masas de relativo poco peso, y, por lo tanto, de menor estabilidad propia.

La instrucción española de 25 de Mayo de 1902 ya prevé el caso y prescribe que las cargas correspondientes para los tramos menores de 20 metros de luz se aumenten según la fórmula $1,30 (20 - l)$.

La instrucción suiza de 1.^o de Julio de 1913 establece una fórmula análoga, pero que afecta solamente los tramos de 15 metros de luz; esta fórmula es $2 (15 - l)$.

La última instrucción francesa de 8 de Enero de 1915 preceptúa que para los tramos de luces hasta 16 metros inclusive, se modifique la disposición de las cargas de la locomotora tipo establecida por la misma, variando los pesos de los ejes en la forma siguiente:



Como consecuencia de estas tres modificaciones en las cargas establecidas en las tres instrucciones vigentes, aumentan los valores de los momentos flectores máximos correspondientes á cada luz, teórica, exigiendo este aumento mayor resistencia en los elementos de los tramos, y, por lo tanto, mayor material y peso.

En la figura 41 se representan las tres curvas de momentos flectores correspondientes a luces comprendidas entre 5 metros y 15, 16 y 20 metros, respectivamente, según se trate de las instrucciones suiza, francesa ó española, para las cargas que podemos llamar normales, señaladas de líneas gruesas, otras tres curvas señaladas de líneas finas, para las cargas aumentadas en las proporciones indicadas por las fórmulas establecidas ó por la modificación señalada para la máquina francesa.

Se indican para cada instrucción los aumentos así determinados que repercuten, como es natural, en los pesos, y se puede observar que oscilan entre límites comprendidos entre el 24 y 0 por 100.

Me he extendido algo más de lo que pensaba en este particular, para justificar, como ya antes he señalado, la aparente anomalía que se acusa en la curva representativa de los pesos, de que tramos de luces algo menores que otros, pesen casi lo mismo que aquéllos por metro lineal.

En el cuadro núm. 2, y al lado de algunas de las diferencias entre los pesos reales y los teóricos, existen llamadas u observaciones colocadas al pie del mismo, que corresponden á valores crecidos de las mismas, que pasan del 10 por 100 de aquel peso.

En un sólo caso llegan al 22,33 por 100 con carácter verdaderamente excepcional, y se explica esta gran diferencia por estar la vía en el tramo de que se trata en curva de 300 metros de radio, ó sea mucho más pequeño que el radio medio de reducción que se ha tomado para hallar los pesos normales y siempre menor aquel por ciento que los determinados como corrientes, para las diferencias entre los valores determinados por las once fórmulas y cuadros estudiados por diversos autores.

De todo este estudio se deduce la posibilidad de admitir la fórmula propuesta, con la variedad de coeficientes determinados para las diversas luces y que se indican á continuación en el cuadro siguiente, en el cual se fijan además para tramos de disposición normal los pesos por metro lineal.

LUCES — Metros.	Peso por metros lineales.	FÓRMULA
	Kilogramos.	
5,00	900	$P = 20 l^2 + 400$
10,00	1.050	$P = 10 l^2 + 50$
15,00	1.775	$P = 7 l^2 + 200$
20,00	1.800	$P = 4 l^2 + 200$
25,00	1.887	$P = 2,7 l^2 + 200$
30,00	2.180	$P = 2,2 l^2 + 200$
35,00	2.282	$P = 1,7 l^2 + 200$
40,00	2.440	$P = 1,4 l^2 + 200$
45,00	2.835	$P = 1,4 l^2$
50,00	3.100	$P = 1,2 l^2 + 100$
55,00	3.527	$P = 1,1 l^2 + 200$
60,00	3.800	$P = 1,0 l^2 + 200$
65,00	4.002	$P = 0,9 l^2 + 200$
70,00	4.600	$P = 0,9 l^2 + 200$

Considero, resumiendo todo lo expuesto, que pueden adoptarse sin inconveniente los valores arriba indicados para pesos de los diversos tramos metálicos, como primera base ó aproximación para los cálculos de un proyecto.

Volviendo al cuadro núm. 3, antes citado, y utilizado como medio auxiliar para la deducción de las fórmulas arriba señaladas, haré notar el interés de aquél.

Los datos en el mismo insertos quizá resulten algo confusos al aparecer unidos y enlazados los unos con los otros, sin separarles, según los dos grupos principales de tramos, por la situación de su piso, bien inferior ó superior.

Para aclarar aquéllos, y hacer más expresivas y fáciles de sacar las consecuencias que se obtengan, se han dibujado los dos gráficos representados en las figuras 42 y 43.

En la primera, que corresponde al caso del piso inferior, se han referido todos los puntos cuyas coordenadas figuran en el cuadro, tomando como abscisas las luces, y por ordenadas los por 100 del peso de cada uno de los tres grupos de elementos en que he clasificado todos los de los tramos.

Una vez fijados estos tres puntos, he tomado las tres curvas medias, envueltas por ellos para que destaque mejor, resultando, según puede comprobarse, que al aumentar las luces aumenta el por 100 del peso total que corresponde á las vigas principales, y va disminuyendo, como debe ocurrir, el por 100 correspondiente al peso de los elementos del piso, aumentando también, aunque más lentamente, los correspondientes al arriostrado y varios.

En las curvas trazadas con análogo criterio para el caso de los tramos de piso superior, representados en la figura 43 se observa análoga disposición general, si bien el descenso de la correspondiente á los elementos del piso y subida de las que pertenecen al arriostrado y varios, son más rápidas y violentas.

Todas estas consideraciones, que pueden deducirse sin gran trabajo á poco que se reflexione sobre el particular, se ven confirmadas gráficamente con la confianza y seguridad que merecen siempre esta clase de representaciones.

Relacionado con esta clase de cuestiones, y como aportación de datos que pueden ser interesantes, y que quizá convenga recoger, señalaré algunos muy interesantes que se han deducido, con objeto de comprobar si en los tramos objeto de esta campaña y que motivan todos estos apuntes, se presenta una circunstancia que señala Resal en su tan conocida como justamente celebrada obra sobre puentes metálicos.

Al tratar en la página 56 de su primer tomo del cálculo de la carga permanente de un tramo metálico por comparación con otra obra ya existente, sienta, con cierto carácter de generalidad, la afirmación de que el peso total de la estructura de un tramo metálico puede dividirse en dos partes, una que depende directamente de la luz y longitud del tramo, y otra que es independiente de estos datos.

En la primera comprende los elementos de las vigas principales, y en la segunda, los correspondientes al piso y arriostrados.

Después continúa en brillantes consideraciones exponiendo su método, que no copio á continuación, por ser posible á quien desee consultarle leer la obra citada.

A primera vista extraña algún tanto la afirmación sentada con relación al segundo grupo de elementos, en el cual, como ya se ha expresado, comprende los elementos del piso, paseos, chapas de entrevía, largueros protectores y arriostrados, de que el peso por metro lineal de todos ellos es uniforme, cualquiera que sea la luz de la obra, para un mismo tipo y disposición de tramos.

Dispongo para aclarar este asunto todos estos elementos, á su vez en tres grupos.

En el primero, los paseos, chapas de entrevía y largueros protectores que fácilmente se comprende que su peso por metro lineal debe evidentemente ser el mismo cualquiera que sea la luz.

En el segundo considero los elementos propios del piso, como viguetas y largueros y sus arriostrados especiales si la vía está situada en el tramo en curva, y por último los arriostrados generales en uno ó dos planos horizontales en los dos tipos de tramos de piso superior ó inferior y los establecidos en plano verticales de triangulación en los de piso superior.

Los elementos dispuestos en esta forma en estos dos últimos grupos no se ve claramente, sin previa comparación, si satisfacen á estas condiciones.

He hecho múltiples cálculos en muy diversas formas para comprobar la variación ó constancia del peso por metro lineal de los elementos del piso.

He seguido el procedimiento de tomar un determinado tipo de tramo y calcular sus viguetas y largueros para varias disposiciones del piso, consecuencia de la variación del tipo de recuadro que podían adoptarse en sus vigas principales.

Paso á ocuparme ligeramente de cada uno de los tipos clasificados.

Andamios de madera.

a) **Palizadas sencillas.**—Como su nombre indica, los apoyos del andamio sobre el terreno natural y fondo del río lo forman palizadas sencillas, debidamente sujetas al mismo, y unidas entre sí por convenientes jabalcones y cepos, salvándose las distancias existentes entre aquéllos no demasiado grandes, dada la poca resistencia transversal de las palizadas sencillas, por vigas en ellas apoyadas.

En la figura 44 se representa un tipo de este andamio,

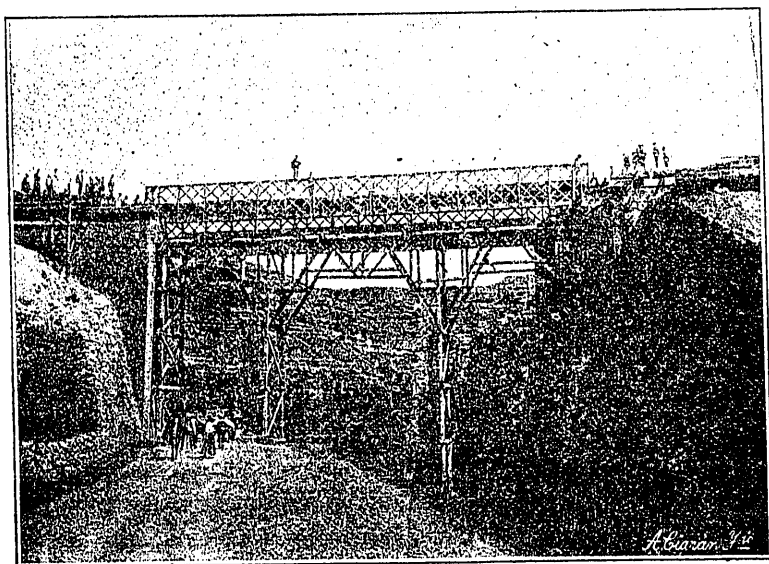


Fig. 44.

que, dentro del género, puede considerarse como un modelo de elegancia, sobriedad y economía; salvaba un vano de 30 metros de luz, y tenía una altura máxima de 16 metros.

Dió excelente resultado en el paso del río Jalón en la línea de Madrid á Zaragoza, situado en el kilómetro 177,647, y fué construido por la Sociedad Española de Construcciones Metálicas.

b) **Palizadas dobles.**—Con la sola inspección de las fotografías que se representan en las figuras 45 y 46, puede comprobarse que éste sistema es idéntico al anterior, con la sola diferencia de que las palizadas que constituyen los apoyos aislados del andamio,

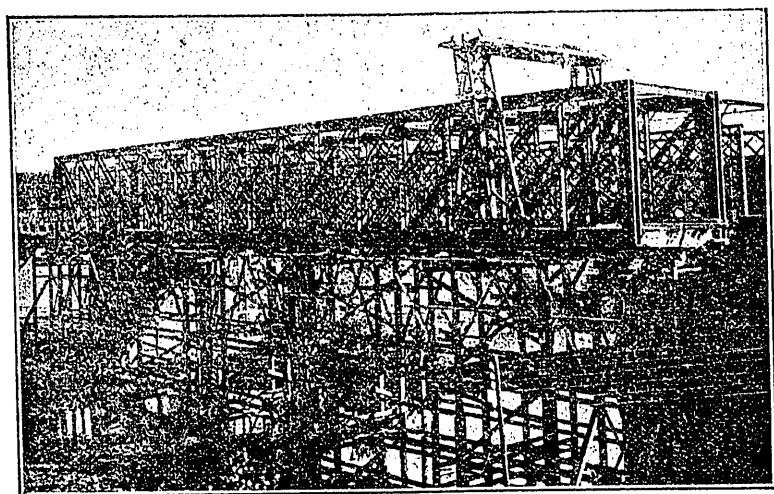


Fig. 45.

son de orden doble, lográndose su unión y formación del piso de montaje, de la misma forma que con el anterior sistema.

Resulta evidentemente más robusto y por lo tanto más costoso; debe emplearse, y no el tipo anterior, en las obras situadas sobre corrientes de agua susceptibles de rápidas crecidas, que con

los arrastres consiguientes de troncos, ramajes, etc., pudieran hacer peligrar la estabilidad de aquéllas.

c) **Caballetes.**—Sistema parecido al anterior, con la sola diferencia de que las palizadas, sin aumentar el número de sus elementos verticales, adquieren por sí más estabilidad, separando

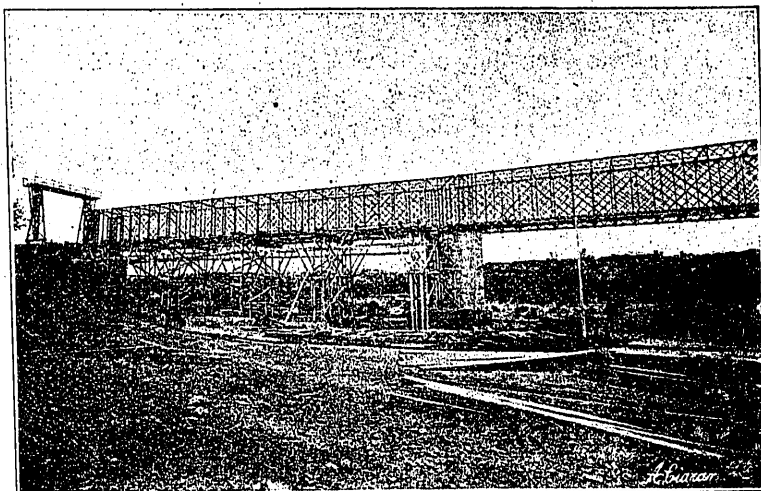


Fig. 46.

éstos para formar verdaderas estructuras, bien arriostradas, con estabilidad individual propia (fig. 47).

Se emplean también en las corrientes fuertes é impetuosas, por su mayor estabilidad y resistencia, y permiten por estas mismas circunstancias dejar más espacios libres en el andamio, todo lo que permite hincar menos pilotes en el terreno que en los otros dos sistemas.

Es difícil inclinarse por uno ú otro tipo de andamio de ma-



Fig. 47.

dera, pues todos dan buen resultado, si se ajustan á las circunstancias especiales de cada caso, como son: importancia de la corriente, altura de la rasante, naturaleza del fondo del río, etc.

Andamios metálicos.

d) **Utilizando elementos del tramo viejo.**—En la sustitución de los antiguos tramos de la obra situada sobre el río Jarama, en la línea de Alicante, próximo á Aranjuez, se utilizó un muy económico andamio, formado por el antiguo tramo, según puede comprobarse en la figura 48, aprovechando la circunstancia de que los nuevos tramos, dispuestos para la doble vía, están constituidos por tres vigas principales, de las que se montaron la central y una de las laterales, para establecer por los tramos así

formados la circulación en simple vía, permitiendo esto el desguace de los antiguos y la utilización en la margen izquierda del río y en los dos últimos tramos del puente, de los tramos viejos,

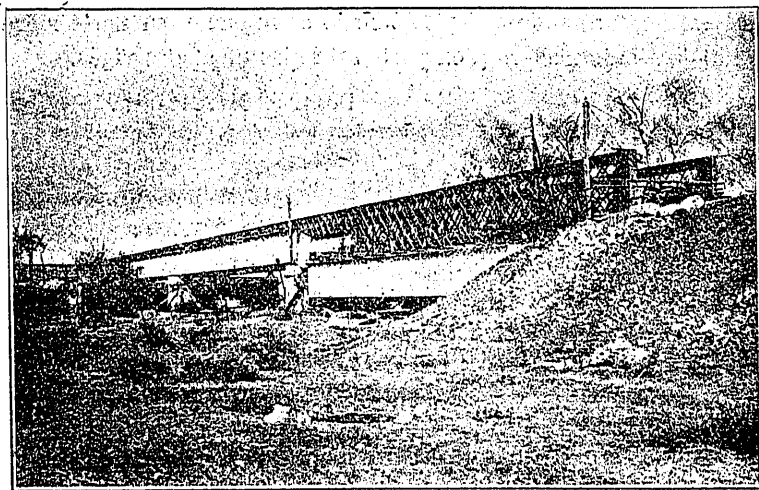


Fig. 48.

cortados sobre las pilas, habiéndoles hecho descender sobre el terreno natural como eficaz y resistente andamio, por otra parte verdaderamente económico.

Esta solución es muy especial y sólo ha podido emplearse en este caso, por las circunstancias singulares que en el mismo concurren.

e) **Con ménsulas y palomillas.**—En los casos en que las circunstancias anteriormente reseñadas, como altura, corriente de agua, naturaleza del cauce, etc., son muy desfavorables, y aunque, como es natural, de posible solución, ésta resulta muy costosa, está indicada en extremo y es ingeniosa y económica la solución estudiada y empleada en varias obras en esta Compañía por la casa E. Grasset y C.^a

Consiste en el empleo de dos palomillas ó ménsulas compuestas cada una de ellas de dos estructuras triangulares fuertemente arriostradas que, apoyándose sobre los paramentos de la obra, sostienen en sus extremos una viga metálica en celosía, formándose con estos tres elementos el piso en el cual ha de apoyarse el nuevo tramo.

Este sistema es esencialmente ventajoso en obras muy eleva-

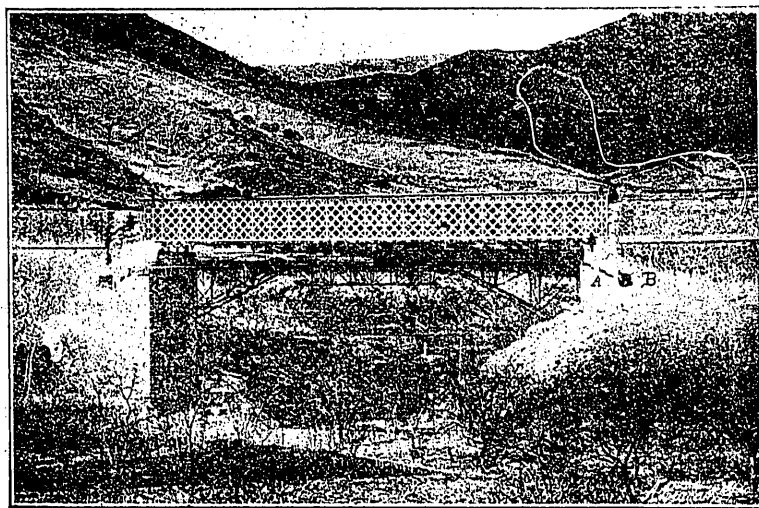


Fig. 49.

das, por el considerable ahorro de madera que con el mismo se logra.

Para sostener las dos ménsulas contra los paramentos, se cuelgan por medio de robustos tirantes que se introducen en la

fábrica y se unen á una viga paralela á dichos paramentos, ó sea normal al plano de figura de las ménsulas y que queda fuertemente apoyada dentro de una excavación que se practica en el macizo de los estribos.

En la figura 49 se destaca netamente el andamio así formado, distinguiéndose claramente la viga central y las dos ménsulas señalándose la roza (A) que en las fábricas se ejecuta para alojar los tirantes de que está colgado el andamio, así como la caja abierta para soportar la viga fiadora necesaria (B) para el buen funcionamiento de dichos tirantes.

En la siguiente fotografía, figura 50, se encuentra ya montado sobre el andamio el nuevo tramo.

f) **Andamios de constitución mixta con vigas laminadas.** Los andamios pertenecientes á los tres primeros grupos reseñados están exclusivamente constituidos por elementos de madera (no teniendo en cuenta los tornillos, pasadores, grapas, estribos, etcétera, y demás elementos de unión), uniéndose, en su parte superior, las palizadas ó caballetes por tirantes de madera que sirven de apoyo á los tablonos que forman el piso del andamio, así como á las vías que se establezcan para el paso y maniobra de las grúas que se utilizan en el montaje.

Cuando las palizadas y caballetes conviene establecerlos, por

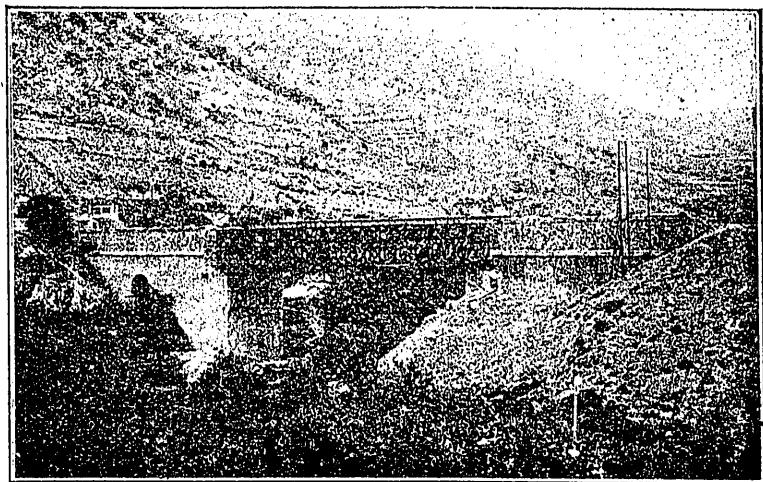


Fig. 50.

las circunstancias de la obra, altura, anchura de la corriente de agua, dificultad de hincar pilotes, etc., con separaciones de importancia, sería preciso dar dimensiones en extremo exageradas á las vigas longitudinales de madera que se apoyan sobre aquéllos, para proporcionarles la resistencia y rigidez debidas.

Frecuentemente, en este caso, se utilizan, en lugar de dichas vigas de madera, vigas metálicas, en número suficiente para formar elementos resistentes del piso.

Unas veces se emplean, como puede comprobarse en la figura 51, vigas laminadas, dispuestas en toda la longitud del andamio, obteniéndose así un piso más rígido, en general, que con las vigas de madera, circunstancia de verdadera importancia para evitar en los tramos que se montan deformaciones defectuosas en la estructura, antes de su remachado, y que la exponen á perder la contraflecha que se dé á los tramos, y de la que posteriormente se hablará.

g) **Andamios de constitución mixta con vigas de celosía.**—Si se desea emplear poca madera, bien por no disponer en abundancia de este elemento, bien por estar más acentuadas las circunstancias señaladas y, por lo tanto, convenir que sea todavía mayor la separación entre los castilletes y palizadas, pueda darse más resistencia á las citadas vigas metálicas, establecidas en toda la longitud del andamio, haciéndolas armadas, generalmente de

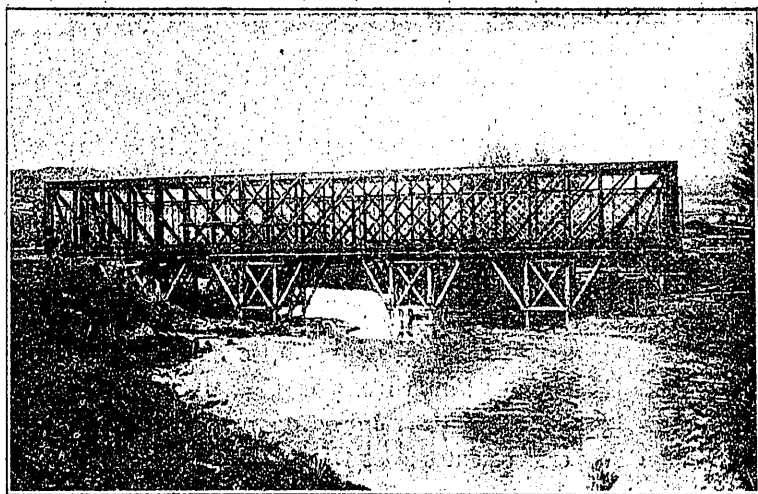


Fig. 51.

celosía y con la altura necesaria para proporcionarles la resistencia deseada.

En este caso, del que puede verse una fotografía en la figu-

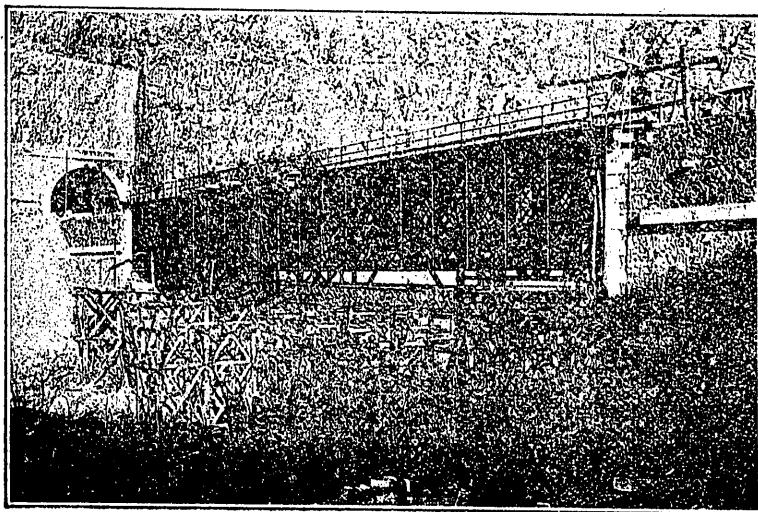


Fig. 52.

ra 52, no se acoplan generalmente nada más que dos vigas en contraposición con el anterior, en el cual, como ya se ha indicado, se emplean dos, cuatro, seis, etc.

b) **Vigas armadas parciales.** -- Otro caso que suele presen-

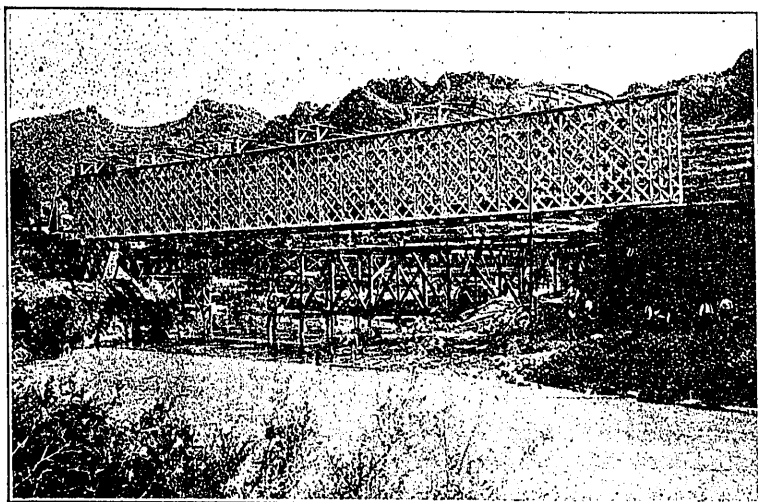


Fig. 53.

tarse y que se soluciona con el tipo de andamio que se describe en este último grupo, corresponde al caso en que se desea salvar sin andamio hincado en el terreno natural, un vano de bastante importancia como, por ejemplo, de 18 á 25 metros.

En este caso que se representa en la figura 53, se construye un andamio de estructura corriente, de madera, en la zona de márgenes y cauce que lo permita y se unen y apoyan en el mismo dos fuertes vigas metálicas, de la longitud del vano que se desea salvar, formándose el piso ó suelo de montaje, en parte sobre el andamio de madera y en parte sobre las mentadas vigas.

DOMINGO MENDIZÁBAL.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

(Continuad.)

Ilmo. Sr. D. Antonio Cruzado

PRESIDENTE DEL CONSEJO DE OBRAS PÚBLICAS

Su entierro fué una verdadera manifestación de duelo; Ingenieros de Caminos y de los demás Cuerpos, y otros muchos amigos del finado, le acompañaron á la última morada. Su muerte causó á todos verdadera pena; poco podíamos pensar al trazar sus rasgos biográficos en estas columnas, ha pocos meses, que iban á trocarse en necrológicos tan pronto. De carácter independiente y enérgico (decíamos), de percepción rápida y profunda de los problemas que examinaba y decidía de un solo trazo, ha conseguido triunfar en cuantos cargos ha desempeñado. Su caballerosidad y franqueza le habían granjeado muchas simpatías.

Aludiendo á sus trabajos en pro de la política hidráulica, cuando los Ingenieros de Caminos desplegaron todos sus esfuerzos para ayudar a sacar á España de la postración en que la dejaron las guerras coloniales, respondiendo al clamor de la opinión pública que pedía iniciativas para desarrollar la riqueza patria, hicimos constar que el Sr. Cruzado fué un adalid entusiasta, aportando una labor personal digna de todo encomio, y que el que como él había trabajado por el bien del país, se había hecho merecedor de reconocimiento y estima.

La REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, que se honra con haberlo tenido entre sus redactores, haciéndose eco del sentimiento de los Ingenieros de Caminos, expresa su más profundo pesar por la muerte de tan distinguido compañero y acompaña á su apreciable familia en el dolor que la embarga. Descanse en paz nuestro querido Jefe y amigo.

Dos saltos de agua interesantes.

Estos últimos días hemos tenido noticias relativas á los proyectos de las obras para aprovechar dos saltos de agua, situados en la cuenca superior del río Tera, cuyo origen está en la región NO. de la provincia de Zamora.

Los expedientes para las concesiones administrativas correspondientes han sido ya remitidos al Ministerio de Fomento. Tan pronto se hayan resuelto con carácter definitivo, publicaremos en esta Revista la descripción detallada de dichos proyectos.

Hoy nos limitamos á reseñarlos de una manera muy general, exponiendo sus principales características, entre las cuales la más saliente es, sin duda alguna, tanto en uno como en otro salto, la regularización sencilla y segura del caudal durante todo el año, con la utilización de lagos naturales de condiciones excepcionales para tal objeto, situados, además, muy cerca de las presas de derivación, á unos cuantos metros de distancia nada más.

Fig. 115
Proyección horizontal

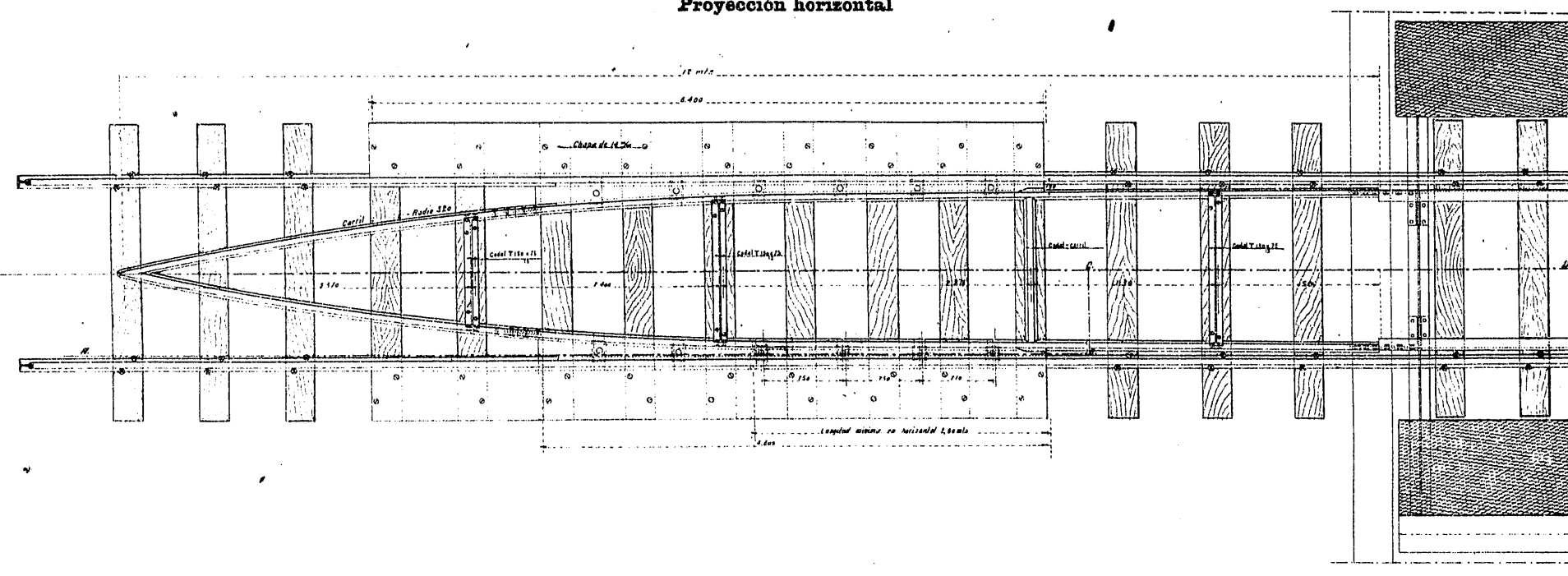


Fig. 119
Planta
ESCALA: $\frac{1}{10}$

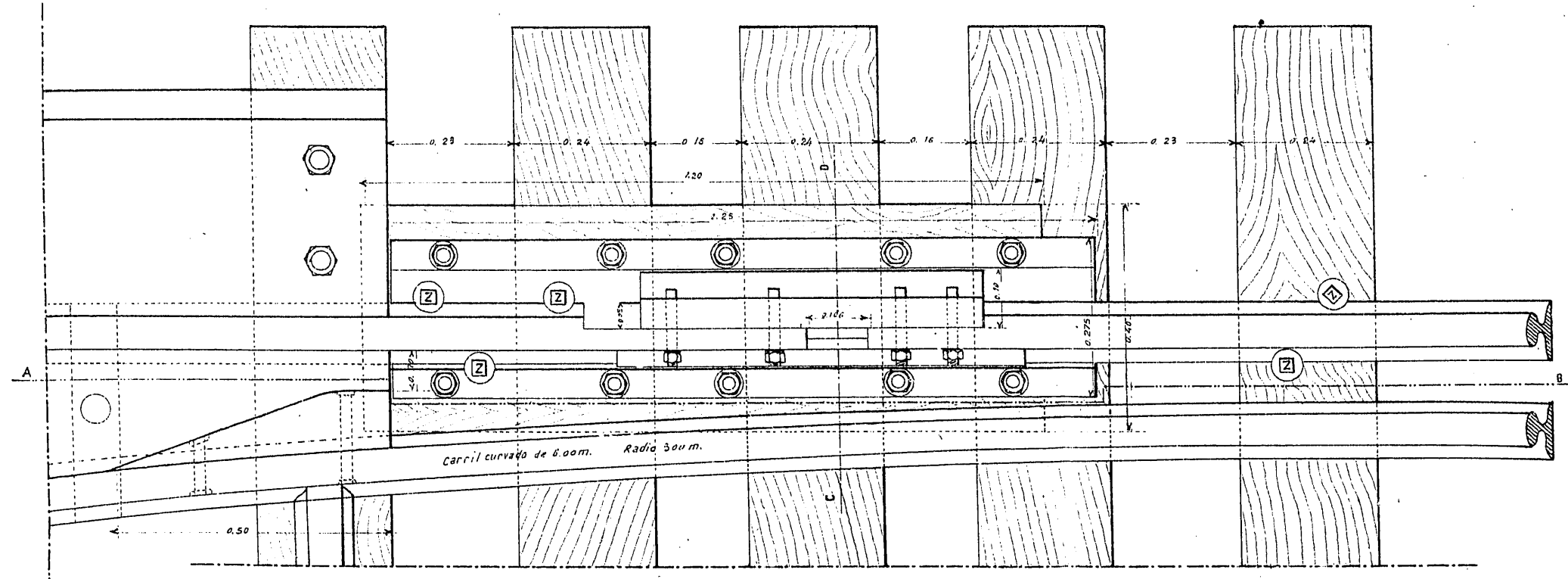


Fig. 120
Sección por A. B.

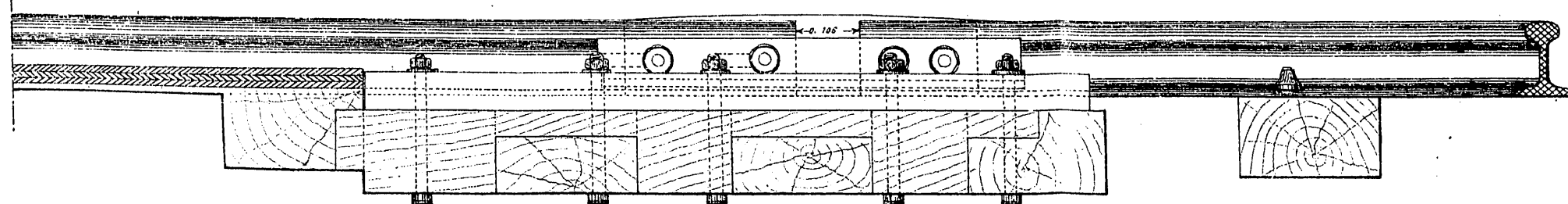


Fig. 116
Sección longitudinal por A. B. C. D.

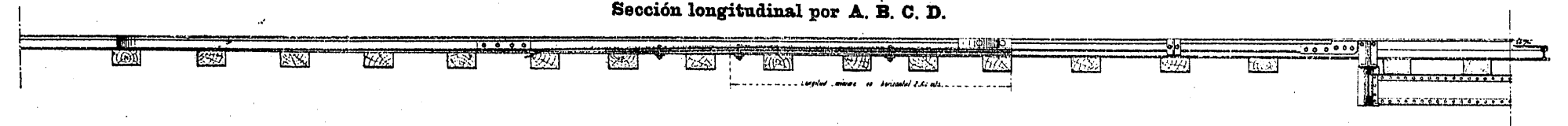
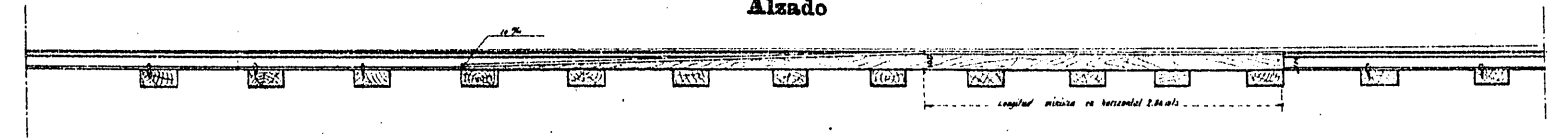
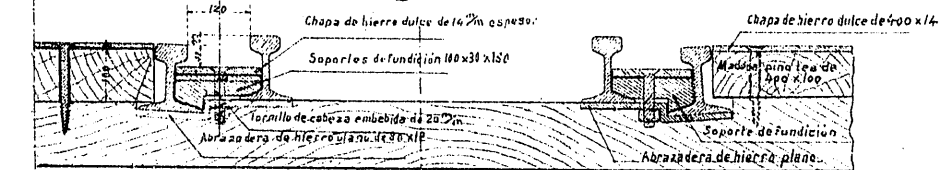


Fig. 117
Alzado



Semi-sección por el eje de una traviesa

Fig. 118



Semi sección entre dos traviesas

Fig. 122
Disposición de los carriles
ESCALA: $\frac{1}{4}$

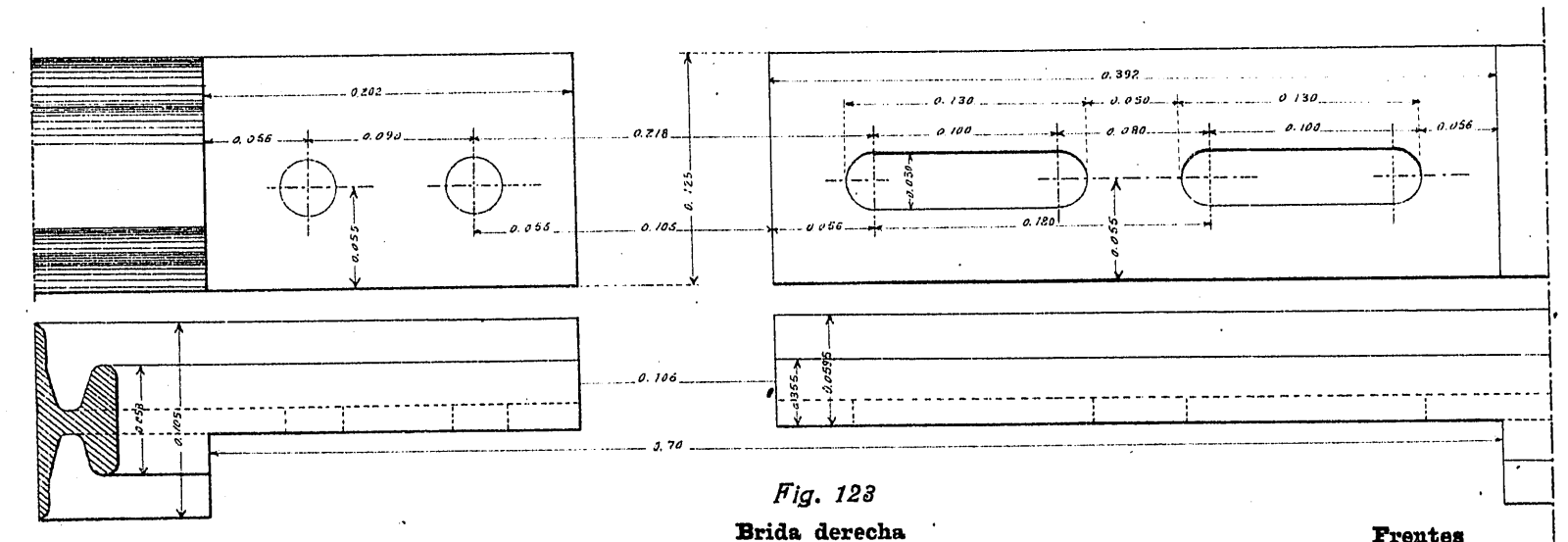


Fig. 123
Brida derecha

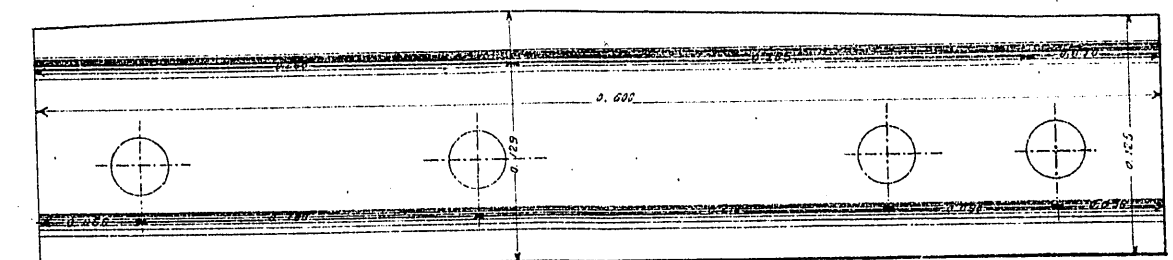
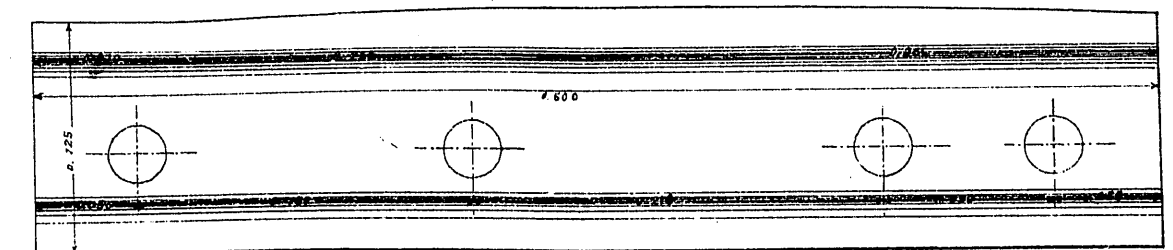


Fig. 124
Brida izquierda



Frentes

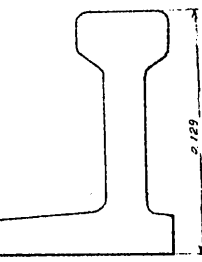
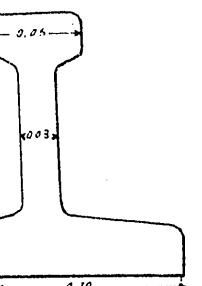


Fig. 121
Sección por C. D.
ESCALA: $\frac{1}{4}$

