

APLICACION DE LA TEORIA DE MOOSCH

Puente de hormigón armado sobre el río Júcar EN JALANCE (VALENCIA)

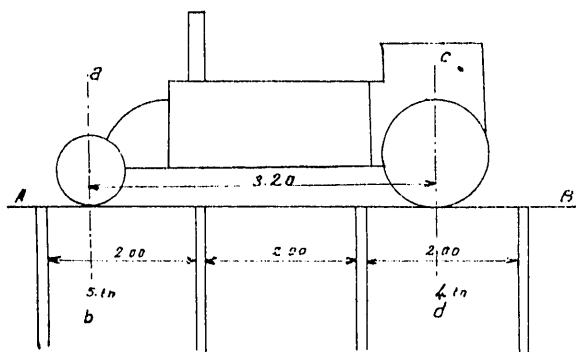
POR

ARTURO MONFORT

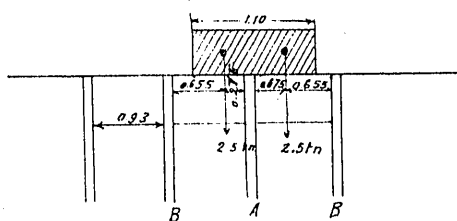
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

(CONTINUACIÓN) (1)

LARGUERO.—Comenzaremos antes de entrar en el cálculo de los largueros por conocer cuál de las dos cargas móviles antes estudiadas para el forjado (fig. 5.^a) producen mayores esfuerzos.

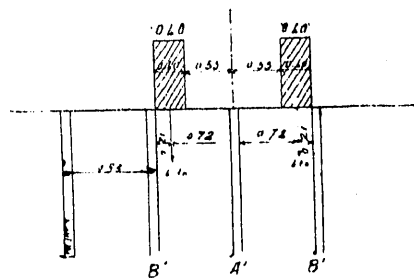


Sección a. b.

Fig. 5.^a

Tomemos un larguero central, el AA y consideremos sobre él el cilindro compresor, cuyo alzado y secciones transversales se representan en las figuras siguientes.

Sección c. d.

Fig. 6.^a

Considerando la rueda delantera (fig. 6.^a), las reacciones sobre y A serán, según la sección a b:

$$\begin{cases} B = \frac{2,5 \times 0,275}{0,93} = 0,740 \text{ ton.} \\ A = 2(2,50 - 0,740) = 3,520 \text{ ton.} \end{cases}$$

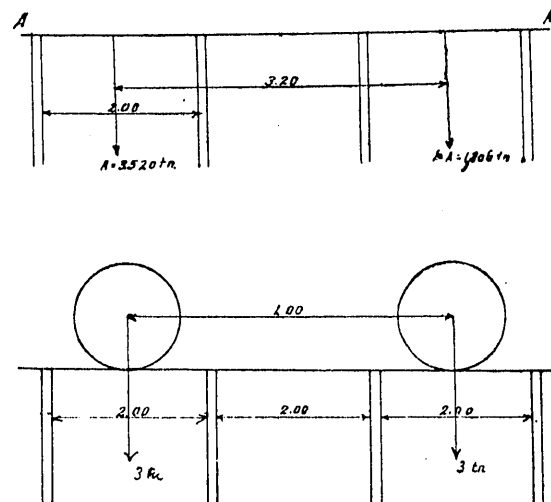
Considerando en la sección c d las ruedas traseras:

$$\begin{cases} B' = \frac{4,00 \times 0,72}{0,93} = 3,097 \text{ ton.} \\ A' = 2(4,00 - 3,097) = 1,806 \text{ ton.} \end{cases}$$

(1) Véase el núm. 2166.

Según esto, vemos que el rodillo producirá en el larguero la carga representada en la figura 7.^a.

Consideremos ahora el carro de seis toneladas, y comoquiera que el grueso de las llantas es menor que el espesor del larguero, toda la rueda insistirá sobre él, y si suponemos separados los carros de eje a eje 4 metros (hipótesis muy desfavorable, pero que

Fig. 7.^a

nos facilitará el cálculo y con ella aseguramos el paso del cilindro compresor), tendremos que las cargas serán las de la figura anterior que producirán en el larguero, considerado como viga continua, mayores momentos de flexión que la hipótesis de la apisonadora.

El larguero tiene una luz teórica entre ejes de columnas de 2 metros y lo consideramos en los cálculos que siguen como una viga continua de cuatro tramos iguales. Pudiera considerarse de cinco, pero la diferencia en el tramo 3.^o respecto al 2.^o es inapreciable y el cálculo, en cambio, más sencillo.

La carga permanente que sobre él insiste por metro lineal es:

	Toneladas por metro lineal.
Por el forjado: $g \times 0,93$	0,766
Por el larguero: $0,360 \times 2,400 \text{ kg}$	0,086
$g =$	0,852

La sección del larguero es, como veremos, de $0,24 \times 0,12$, pero tomamos, teniendo en cuenta los chaflanes de unión, tanto del forjado con él como los del larguero con las traviesas, $0,24 \times 0,15$.

Primer tramo.—Según el cuadro que como anejo núm. 2 se acompaña, que da los coeficientes por que hay que multiplicar el momento flector máximo de una viga apoyada para obtener los de una viga de cuatro tramos, vemos que para el caso presente es este coeficiente $\mu_1 = 0,618$; luego el momento debido a la carga permanente será:

$$M_g = \mu_1 \frac{gl^2}{8} = 0,263 \text{ tm.}$$

La carga móvil aun será mayor que la antes estudiada si se consideran dos carros junto al larguero según la figura 8.^a, en cuyo caso:

$$2 \times 2 = 2 \frac{3 \times 0,63}{0,93} = 4,066 \text{ ton.}$$

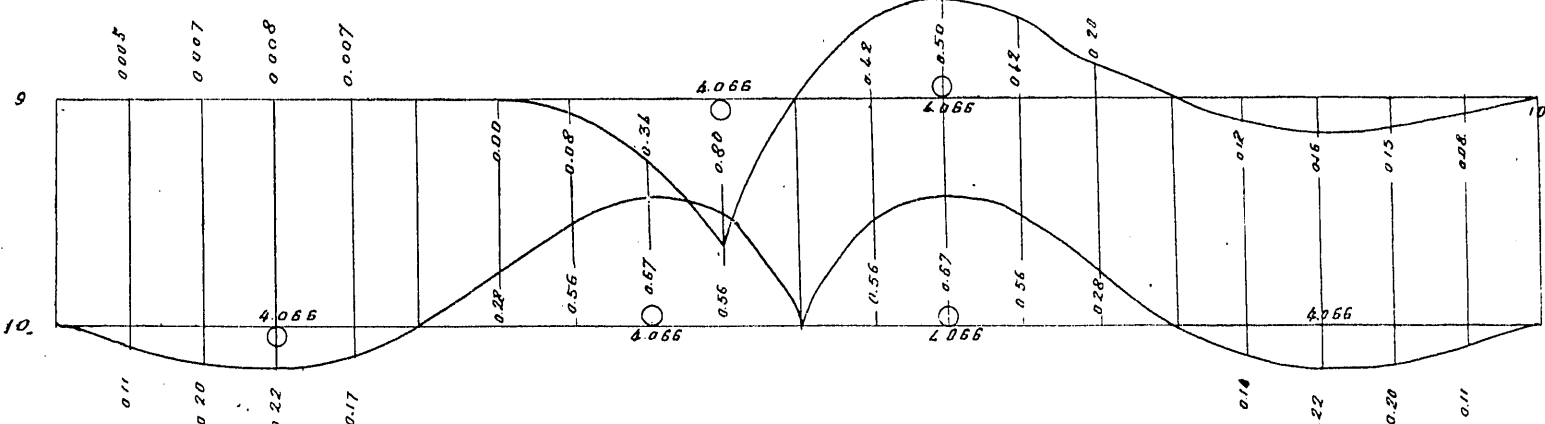
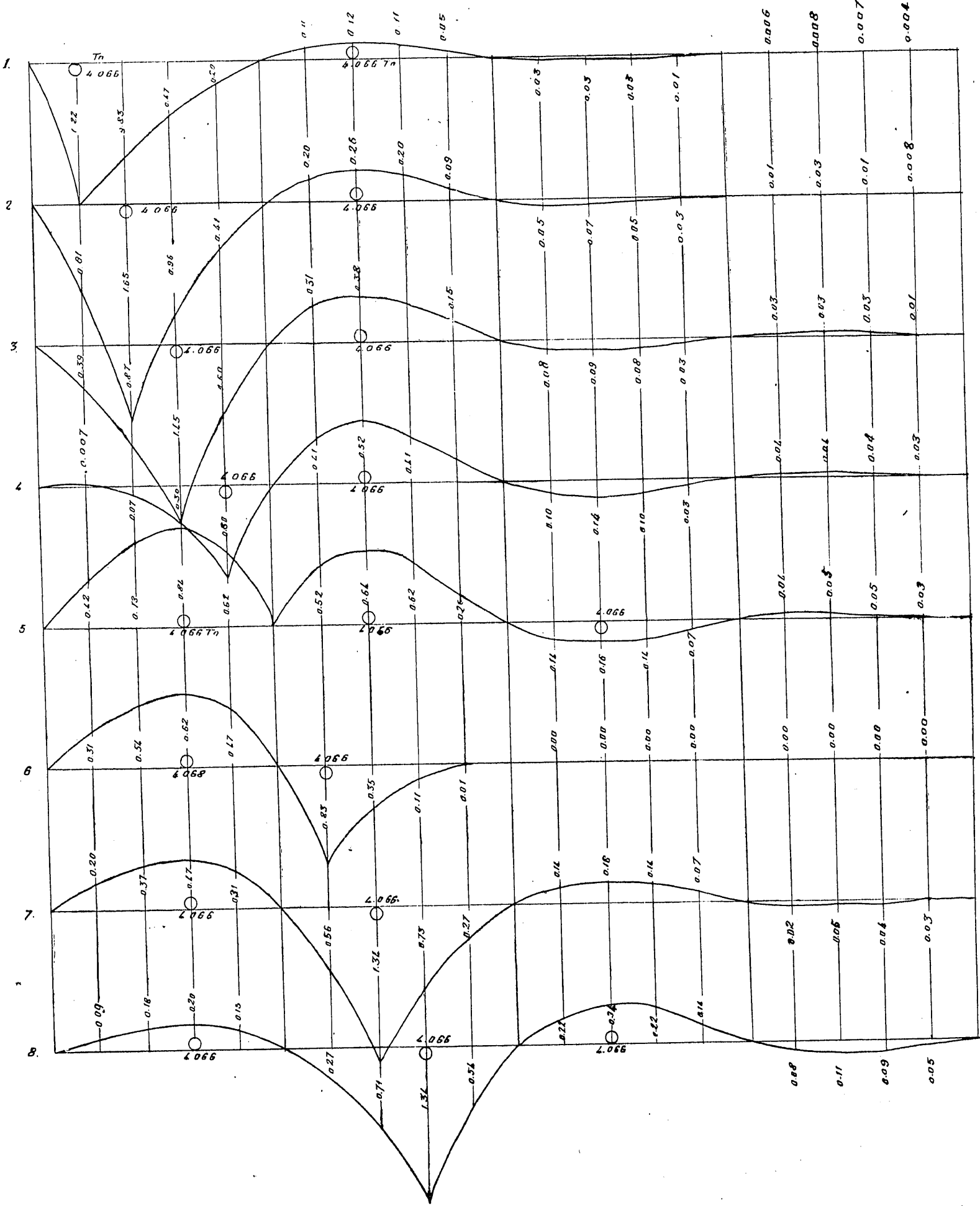
y el momento siendo $\mu = 0,819$

$$M_P = \mu \frac{P \cdot l}{4} = 1,626 \text{ tm.}$$

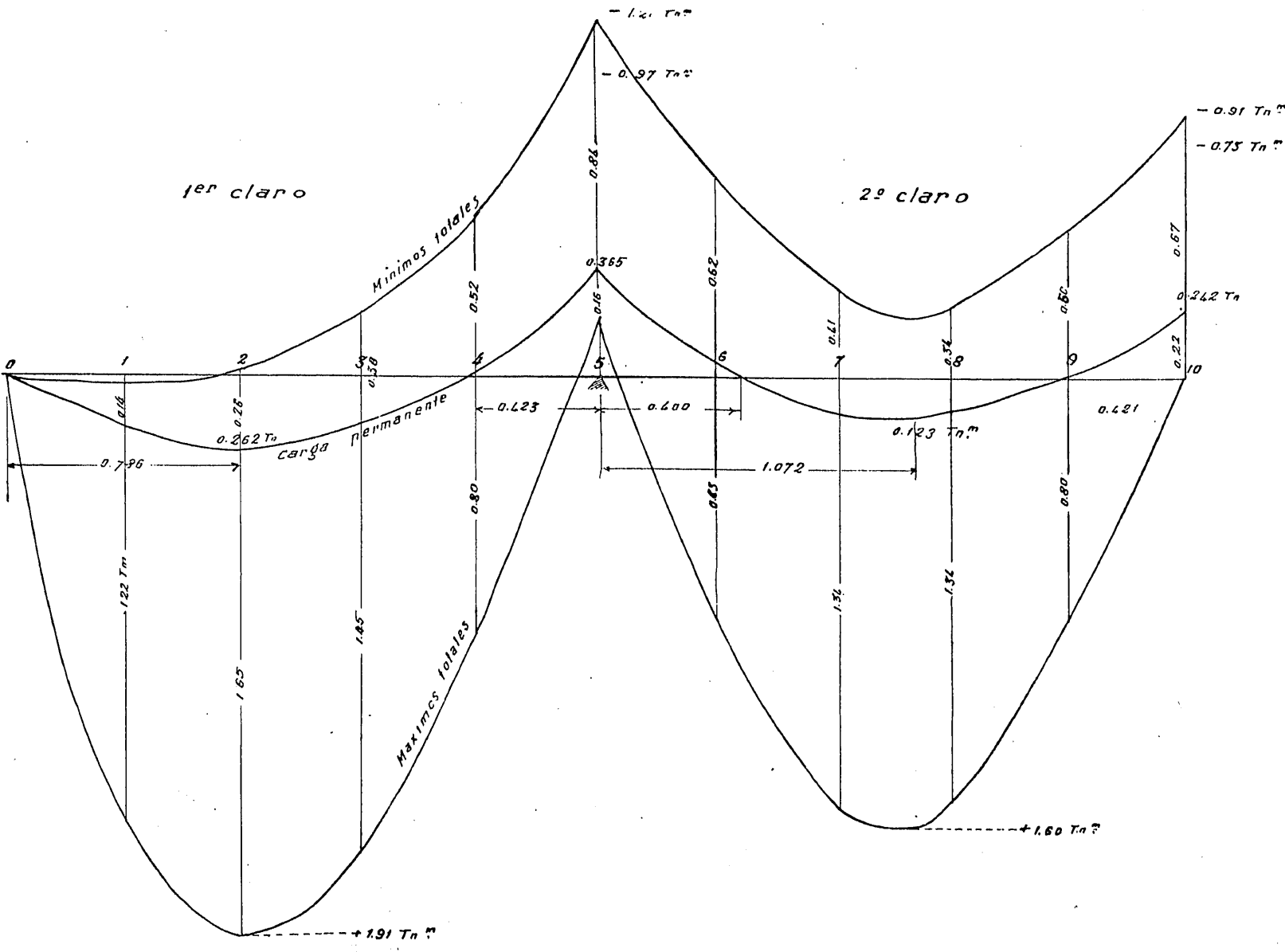
Puente de hormigón armado sobre el río Júcar en Jalance (Valencia).

Anejo número 3.

Líneas de influencia de los momentos de la carga móvil en los largueros.



Curvas de momentos en los largueros.



Luego

$$M_{\text{tot}} = M_g + M_p = 1,900 \text{ tm.}$$

en cifra redonda.

Como comprobación de los datos que para el coeficiente μ da el anejo antes citado, hemos calculado los momentos por el sistema de las líneas de influencia que se acompañan en el anejo núm. 3.

Hemos considerado secciones en cada uno de los claros de

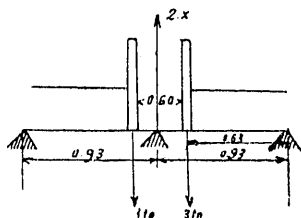


Fig. 8.a

medio en medio metro y para cada una de ellas hemos dibujado la línea de influencia de los momentos, ó sea la curva, según la que varían los momentos en esta sección variando la carga móvil á lo largo de los cuatro tramos.

Así hemos llegado á obtener la línea de influencia en el apoyo central que coincide con la sección núm. 10, y no seguimos por la simetría de las secciones restantes.

De las ordenadas de las líneas de influencia dibujadas se elige para cada sección la mayor y se forma la curva de momentos máximos que á continuación de aquélla dibujamos en el citado anejo núm. 3. Para esto se dibujó primero la curva de momentos debidos á la carga permanente por medio de los valores siguientes (Colombo, pág. 231), en los que llamamos: N los momentos sobre los apoyos, M los momentos máximos en los tramos emplazados á la distancia d del apoyo izquierdo más próximo y f y f' las distancias focales, ó sea de los apoyos á las secciones de momento nulo.

$$\begin{cases} N_1 = 0,107 \text{ } gl^2 = 0,365 \text{ tm.} \\ N_2 = 0,07 \text{ } gl^2 = 0,242 \text{ } \\ M_0 = 0,077 \text{ } gl^2 = 0,262 \text{ } \\ M_1 = 0,036 \text{ } gl^2 = 0,123 \text{ } \\ d_0 = 0,393 \text{ } l = 0,786 \text{ } \\ d_1 = 0,536 \text{ } l = 1,072 \text{ } \\ f_1 = f'_4 = 0 \\ f_2 = f'_3 = 0,200 \text{ } l = 0,400 \text{ m.} \\ f_3 = f'_2 = 0,2105 \text{ } l = 0,421 \text{ } \\ f_4 = f'_1 = 0,211 \text{ } l = 0,423 \text{ } \end{cases}$$

A cada una de las ordenadas de la curva así hallada ó momentos debidos á la carga permanente le sumamos ó restamos las máximas antes dichas de los debidos á la carga móvil, y obtendremos así la curva de momentos máximos y mínimos, resultando que el máximo de los máximos es 1,91 toneladas que confirma el 1,90 hallado antes por medio del cálculo.

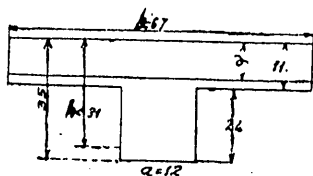


Fig. 9.a

Adoptamos para sección del larguero la figura 9.a, en la que se considera una faja de forjado unida á ella de

$$b = \frac{l}{3} = 67 \text{ cm.}$$

La armadura propuesta para resistir aquel momento flector máximo hallado para el primer tramo es:

$$F_e = 5 \phi 14 \text{ mm.} = 7,7 \text{ cm}^2$$

La cota de la fibra neutra (según Mösch, pág. 112), será:

$$x = \frac{h F_e}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot h}{h \cdot F_e}} \right) = 8,74 \text{ cm.,}$$

representando h lo mismo que en el forjado dijimos.

Como allí

$$Z = D = \frac{M_{\text{tot}}}{h - \frac{x}{3}} = \frac{190.000}{31 - 2,91} = 6.764 \text{ kg.}$$

Y, por tanto, la tensión del hierro será:

$$R_e = \frac{6.764}{7,70} = 879 \text{ kg. por cm}^2$$

y la compresión del hormigón:

$$R_b = \frac{2 \cdot 67 \cdot 64}{67 \times 8,74} = 24 \text{ kg. por cm}^2$$

Hagamos cálculos análogos para el tramo segundo, y después hallaremos los esfuerzos cortantes en ambos.

Segundo tramo.—Según el cuadro correspondiente inserto como anejo núm. 2 de este trabajo, el coeficiente μ_2 por que hay que multiplicar el momento flector máximo en una viga apoyada para obtener los de una viga de cuatro tramos; es:

$$\mu = 0,291,$$

luego el momento debido á la carga permanente será:

$$M_g = \mu_2 \cdot \frac{gl^2}{8} = 0,124 \text{ tm.}$$

Siendo el coeficiente citado para la carga móvil $\mu = 0,621$, y ésta, según vimos en el tramo anterior de 4,066 toneladas, el momento flector máximo debido á ella será:

$$M_p = \mu \cdot \frac{Pl}{4} = 1,260 \text{ tm.;}$$

luego

$$M_{\text{tot}} = M_g + M_p = 1,384 \text{ tm.,}$$

ó en cifra redonda 1,400. La curva de momentos máximos deducida por el sistema de las líneas de influencia nos da para este momento en el segundo tramo 1,500, que es bastante aproximación dados los errores que siempre en el cálculo gráfico se cometen.

Para la sección del larguero antes dibujado adoptamos una armadura de

$$F_e = 5 \phi \text{ de } 13 \text{ mm.} = 6,64 \text{ cm}^2$$

Aceptando sin error sensible el mismo brazo de palanca anterior, ó sea el mismo valor de x , cota de la fibra neutra:

$$Z = D = \frac{M_{\text{tot}}}{h - \frac{x}{3}} = \frac{1,384}{31 - 2,91} = 4,927 \text{ kg.}$$

Y, por tanto, la tensión del hierro

$$R_e = \frac{4,927}{6,64} = 142 \text{ kg. por cm}^2$$

y la del hormigón menor que en el primer claro.

Primer entreapoyo.—En el primer entreapoyo, ó sea en el segundo apoyo del primer tramo (pues en el primero el momento teórico es nulo).

Con el aumento de los chaflanes de 10 centímetros de altura, el extremo del larguero tendrá una altura (forjado incluido) de 45 centímetros (fig. 10).

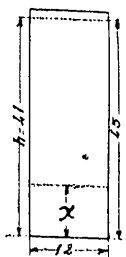


Fig. 10.

El valor de $\mu_b = 0,857$; luego

$$M_g = -\mu_b \cdot \frac{gl^2}{8} = -0,365 \text{ tm.}$$

Para la carga móvil $\mu = 0,424$, luego

$$M_p = -\mu \cdot \frac{Pl}{4} = -0,862 \text{ tm.};$$

luego

$$M_{\text{tot}} = -M_g + M_p = -1,227 \text{ tm.}$$

de acuerdo con el gráfico que nos da 1,21.

Para mayor garantía adoptamos sobre el apoyo el mismo momento máximo total hallado para el primer tramo, que en cifra redonda es 1,900, y sea la armadura:

$$P'_c = 4 \phi 14 \text{ mm.} + 4 \phi 13 \text{ mm.} = 11,47 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{15 \cdot 11,47}{12} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 12 \cdot 41}{15 \cdot 11,47}} \right) = 22,82 \text{ cm.}$$

$$Z = D = \frac{M_{\text{tot}}}{h - \frac{a}{3}} = 5.690 \text{ kg.}$$

$$R_c = \frac{5.690}{11,47} = 496 \text{ kg. por cm}^2$$

$$R_b = \frac{2 \cdot 5.690}{12 \cdot 22,82} = 42 \text{ kg. por cm}^2$$

carga esta última menor que los 45 admitidos.

Segundo entreapoyo y siguientes.—El valor del coeficiente $\mu_c = 0,571$ para la carga permanente y para la móvil $\mu = 0,344$; luego

$$M_g = \mu_c \cdot \frac{gl^2}{8} = -0,239 \text{ Tonelada métrica}$$

$$M_p = \mu \cdot \frac{P \cdot l}{4} = -0,699$$

$$M_{\text{tot}} = -0,938$$

de acuerdo con el gráfico que da 0,91.

Tomemos, sin embargo, como antes el momento máximo hallado para el segundo tramo, ó sea 1,500 que dió el gráfico, y adoptando el mismo brazo de palanca hallado, el primer entreapoyo, ó sea la misma cota para la fibra neutra, tendremos:

$$Z = D = \frac{M_{\text{tot}}}{h \cdot \frac{a}{3}} = \frac{150.000}{41 \cdot 7,61} = 4.493 \text{ kg.}$$

Adoptemos como armadura

$$F_c = 3 \phi 13 \text{ mm.} + 3 \phi 15 \text{ mm.} = 7,96 \text{ cm}^2$$

$$R_c = \frac{4.493}{7,96} = 565 \text{ kg. por cm}^2$$

y R_b menor que el antes hallado.

ESFUERZOS CORTANTES DEL LARGUERO: Primer tramo.—El esfuerzo cortante debido á la carga permanente es, según el anejo núm. 4.

$$E_g = \alpha \cdot g \cdot l \dots \begin{cases} \text{para el 1.º apoyo } \alpha = 0,393 \\ \text{para el 2.º ídem } \alpha = 0,607 \end{cases}$$

luego

$$E_g = 310 \text{ kg. para el 1.º apoyo } A_0$$

$$E_g = 465 \text{ kg. para el 2.º ídem } A_1$$

En la figura del anejo núm. 4 de los planos hemos representado esta línea de esfuerzos cortantes por la recta $a_0 a_1$.

El esfuerzo cortante debido á la carga móvil (según la hipótesis que vimos, daba una carga de 4,066 toneladas) será para el apoyo A_0 moviéndose la carga de él hacia A_1 una curva

$$y = \frac{P(l-x)}{l} + \frac{M_1 - M_0}{2}$$

siendo M_1 y M_0 los momentos flectores sobre cada uno de los apoyos. Esta curva, que comienza con el valor $y = 4.066$ sobre el apoyo A_0 termina en cero sobre el A_1 . Para este segundo apoyo la carga móvil produce otra curva negativa, cuyas ordenadas, sumadas con la de la anterior, han de dar el valor P de la carga; luego esta segunda curva será paralela á la anterior y comenzará en $y = 0$, terminando en $y = 4.066$. Para el trazado de estas curvas ó líneas de influencia de los esfuerzos cortantes observaremos que el primer término de la fórmula es el esfuerzo cortante á la izquierda de la carga cuando el tramo se supone apoyado y la línea de esfuerzo es una línea recta, cuya ordenada sobre A_0 es 4,066 y cero sobre A_1 ; y el segundo término es proporcional á la diferencia de los momentos sobre los apoyos que ya conocemos por las líneas de influencia que anteriormente hallamos en los números 5 y 10, pues sobre el apoyo A_0 la línea de momentos es nula. Representemos, pues, estas líneas de momentos y para el primer tramo que estudiamos bastará dibujar la del apoyo A_1 , que corresponderá á la primera parte de la línea de influencia de la sección núm. 5 cuando la carga se mueve dentro del primer tramo. Dibujada encima y en correspondencia con la recta del primer término bastará sumar algebraicamente sus ordenadas divididas por l con las de la recta, y así obtendremos las líneas de influencia de los esfuerzos cortantes.

Ahora bien; el punto en que el esfuerzo cortante es mínimo es aquel en que se igualan la ordenada positiva de la curva superior con la negativa de la inferior, ó sea en el que la primera es $\frac{P}{2}$ que en la figura nuestra está situado á 0,84 del apoyo A_0 .

Doblando, pues, la figura por el eje y sumando á las curvas resultantes las ordenadas de los esfuerzos de la carga permanente E_g , hallados antes, tendremos la envolvente de los esfuerzos cortantes totales, que en el apoyo A_0 será:

$$E_0 \text{ máx.} = 4.066 + 310 = 4.400 \text{ kilogramos en cifra redonda.}$$

El mínimo $E_0 \text{ mín.} = 2.000$ kilogramos, pues, sensiblemente coincide su abscisa 0,84 con la de la recta $a_0 a_1$ de ordenada cero, no teniendo, por tanto, que sumar á la curva incremento alguno.

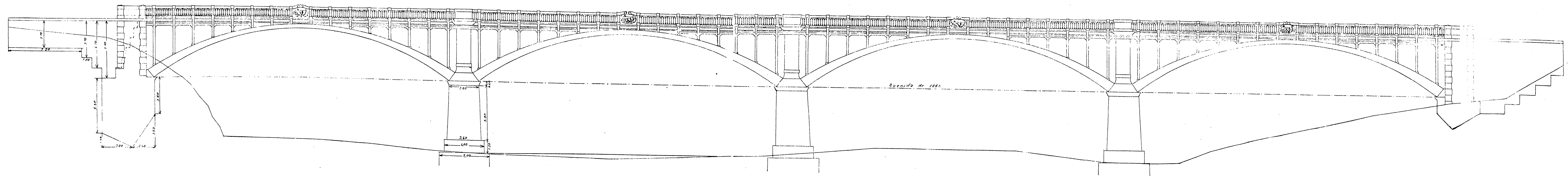
El máximo sobre el apoyo A_1 , ó sea $E_1 \text{ máx.}$ lo hallaremos sustituyendo el trozo de curva convexa por una tangente que la envuelva, á cuya ordenada sumaremos los de E_g . Así obtenemos un esfuerzo mayor que el real

$$E_1 \text{ máx.} = 4,700 \text{ kg.}$$

Conocemos ya, pues; los esfuerzos cortantes, y, por tanto, la

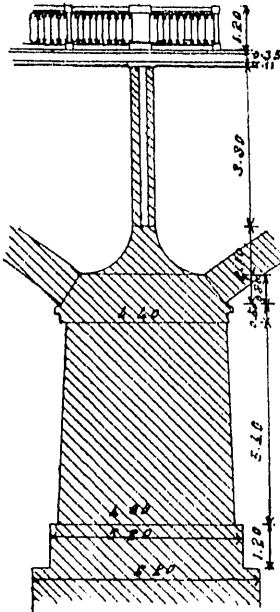
Hojas núms. 1 y 2.

Solución núm. 1.

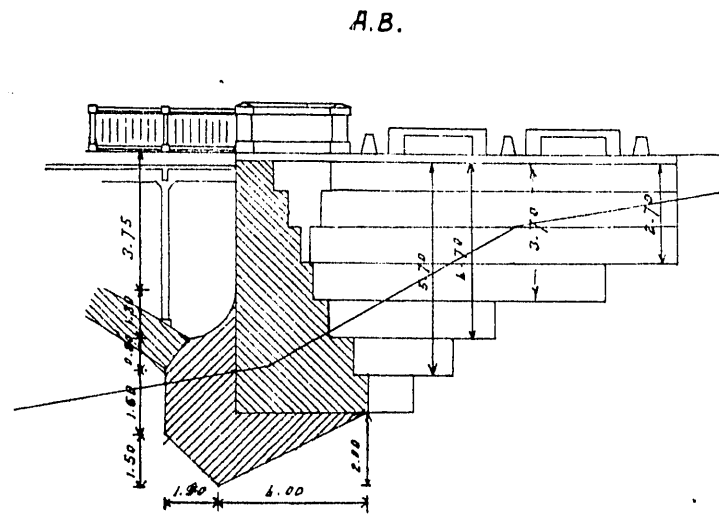
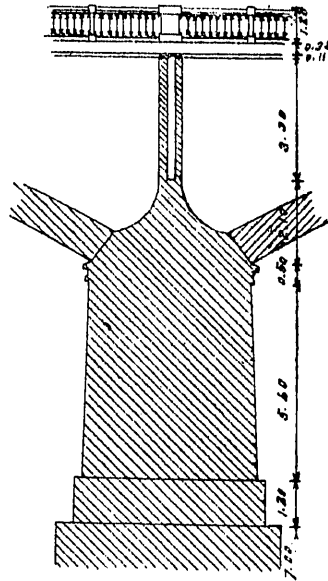
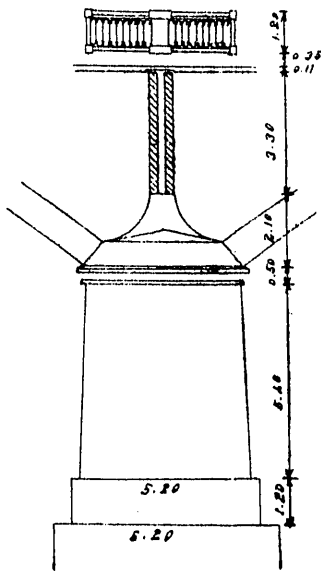


Puente de hormigón armado sobre el río Júcar en Jalance (Valencia).

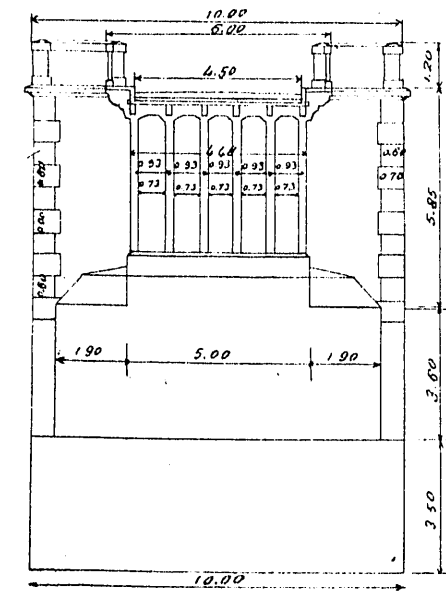
Hoja núm. 3.



Sección longitudinal por A. B.

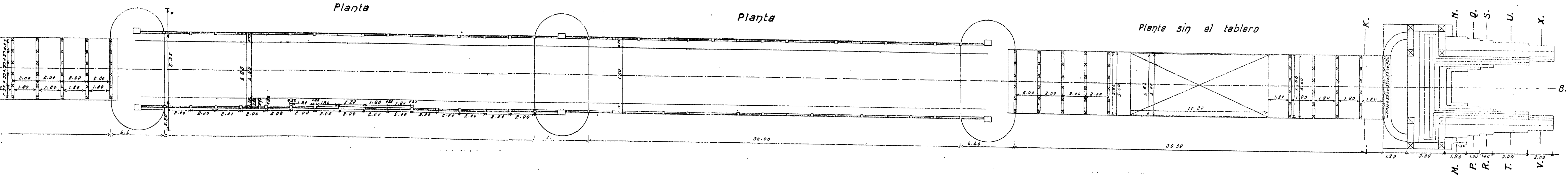
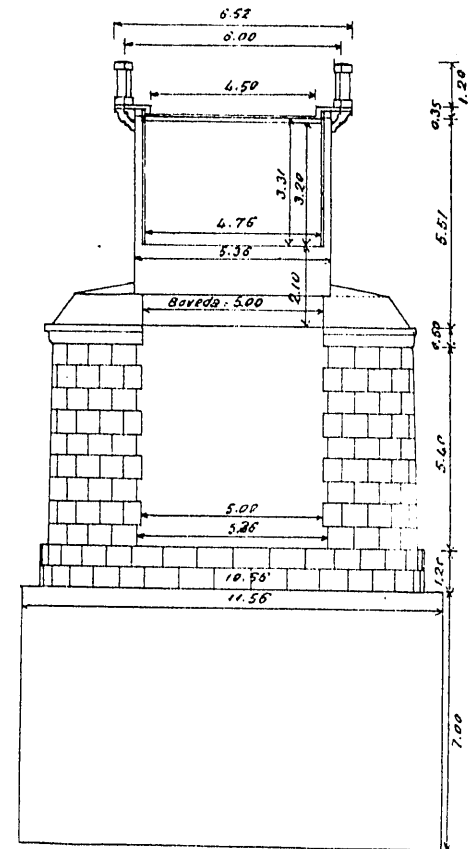


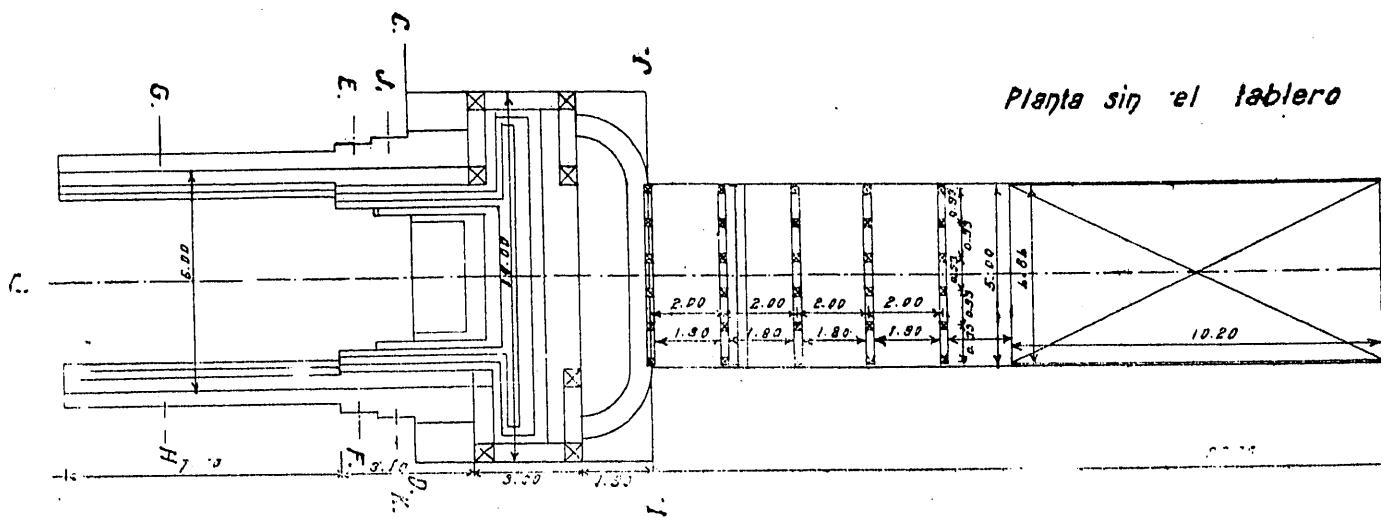
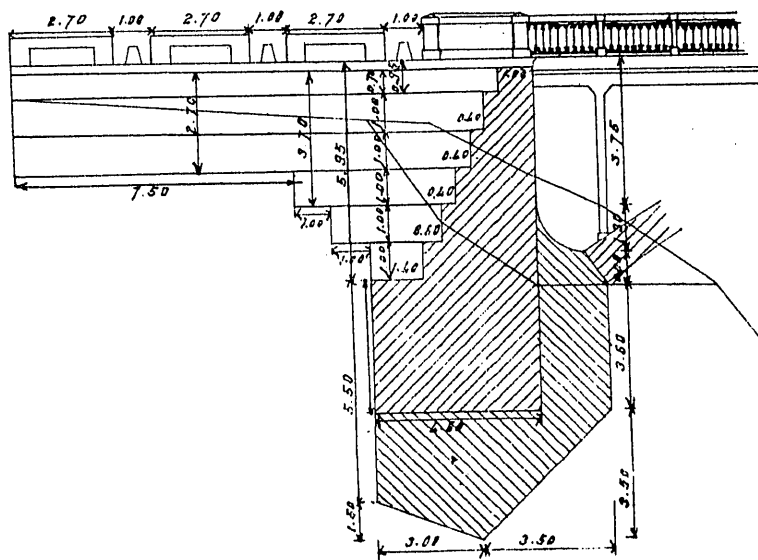
Estribo márgen derecha
Sección I.I.



Pila (Solución n.º 1)

Alzado y corte de la parte superior





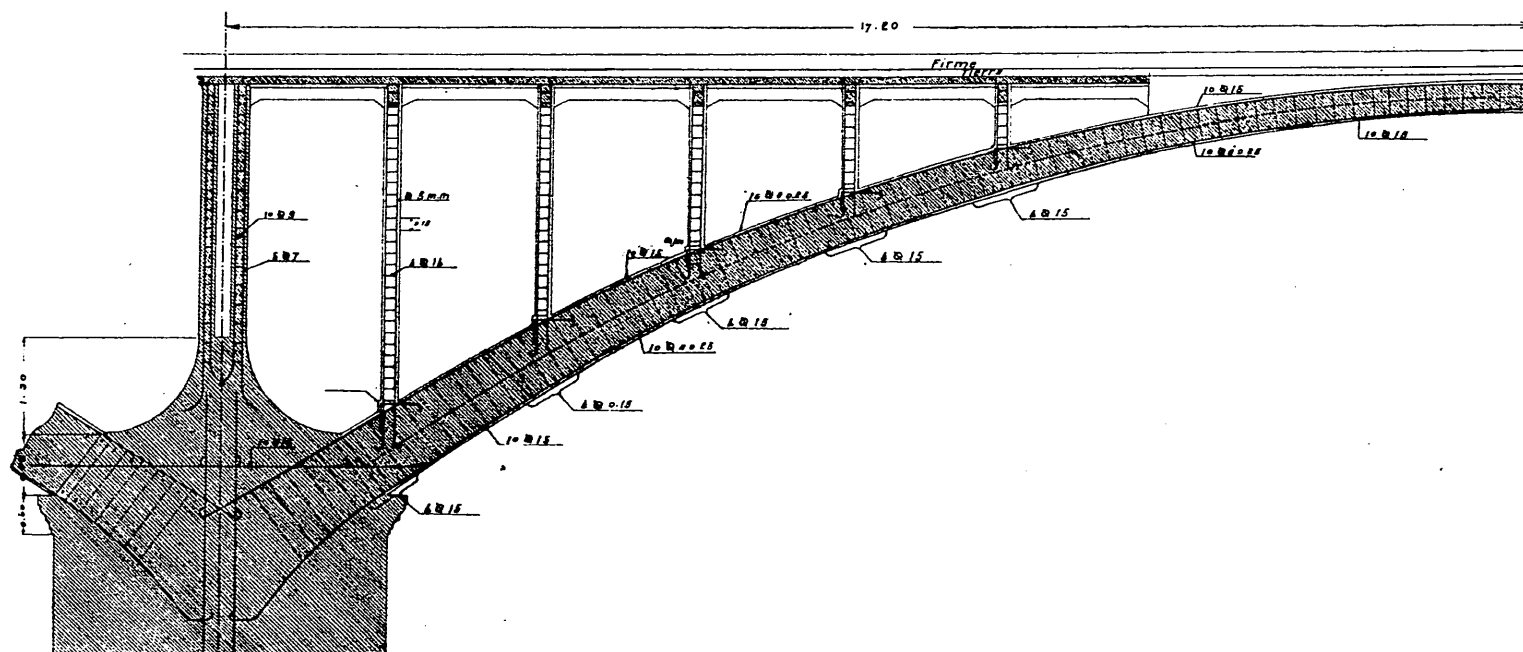
Planta sin el tablero

Puente de hormigón armado sobre el río Júcar en Jalance (Valencia).

Hoja núm. 4.

Detalle de la bóveda con su armadura, columnas y péndulo

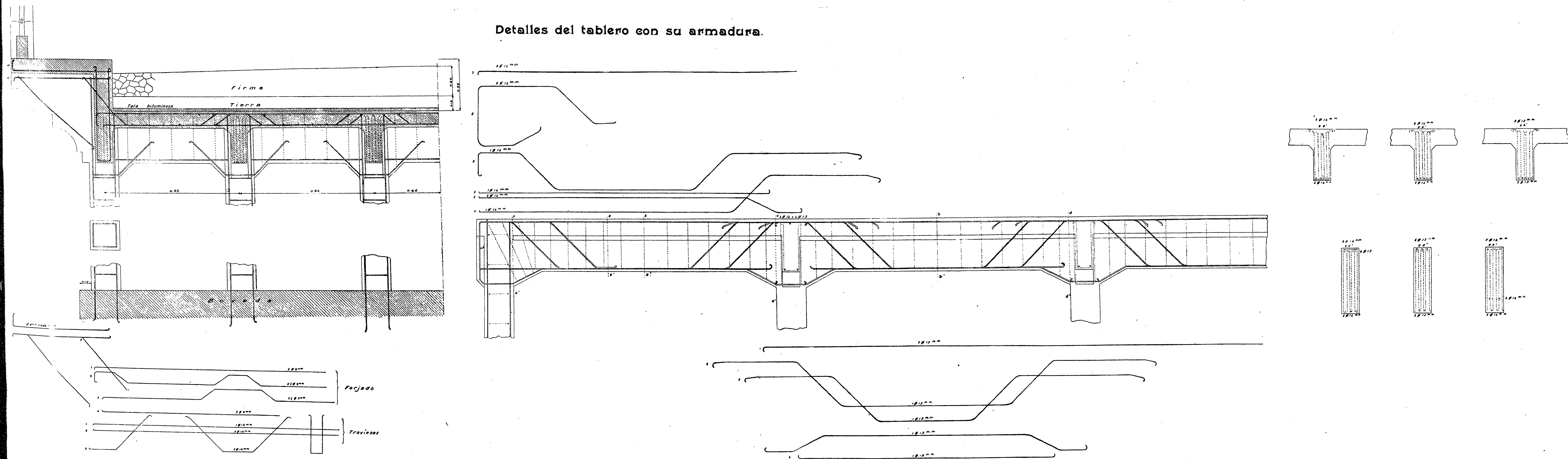
Sección por el eje del puente.



Puente de hormigón armado sobre el río Júcar en Jalance (Valencia).

Hoja núm. 5.

Detalles del tablero con su armadura.



carga de desgarramiento máximo que en el larguero se produce (Zafra, pág. 181).

$$D_0 \text{ máx.} = \frac{E_1 \text{ mín.}}{a \left(h - \frac{x}{3} \right)} = \frac{4.700}{12 (31 - 2,91)} = 14 \text{ kg.}$$

cifra mayor que los 4,5 kilogramos admitidos, y que exige, por tanto, la colocación de armaduras secundarias.

Por otra parte, el esfuerzo de adherencia de la armadura con el hormigón es (Zafra, pág. 182), siendo Σp la suma de perímetros de las barras de la armadura.

$$D_a = D_0 \cdot \frac{a}{\Sigma p} = \frac{14 \cdot 12}{5 \cdot \pi \cdot 1,4} = 7,64 \text{ kg.}$$

mayor también que 4,5 kilogramos y que exige se anclen los hierros dándoles en su extremo la forma de cayado, que puede ser el preconizado por Considère (Zafra, pág. 212) (fig. 11), con cuya disposición se llega á cuadruplicar la adherencia.

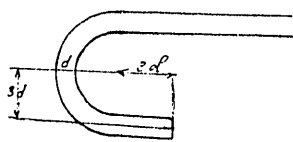


Fig. 11.

Vamos, pues, á calcular las armaduras secundarias, y comenzaremos por trazar el trapecio correspondiente á los esfuerzos del trozo de viga, desde el esfuerzo mínimo al apoyo A_1 , cuya longitud es 1,16 metros y las cargas de desgarramiento

$$D_1 \text{ máx.} = 14 \text{ kg.}$$

$$D_1 \text{ mín.} = 6 \text{ kg.}$$

Coloquemos sólo estribos desde el $E_{\text{mín.}}$ hasta el $E' = 3.100$ kilogramos, al que corresponderá el D_1' de la figura (anexo número 4), ó sea la superficie correspondiente al trapecio comprendido entre $D_1 \text{ mín.}$ y D_1' ; seguiremos colocando estribos á continuación en un rectángulo de altura D_1' y nos quedará el triángulo rayado superior para contrarrestarlo con armaduras inferiores levantadas.

Fijemos en $\delta = 14$ centímetros (entre 10 y 15 según Zafra, pág. 197) la mínima separación de los estribos y vamos á obtener su sección (Zafra, pág. 195).

$$\delta = \frac{1}{400 \left(3 - \frac{x}{3} \right)} \times \frac{E_1'}{h} \cdot \delta = 1,29 \text{ cm}^2$$

Si distribuimos esta sección en tres estribos, la de cada uno será 0,43, ó sea hierros de un diámetro de 7,5 milímetros.

Supongamos que la primera barra encorvada más próxima al apoyo la carga que deba resistir sea la máxima del triángulo rayado de la figura, ó sea

$$D_1 \text{ máx.} - D_1' = 14 - 9 = 5 \text{ kg.}$$

que corresponde á un esfuerzo cortante de

$$4.700 - 3.100 = 1.600 \text{ kg.}$$

La distancia desde la altura media de la barra ó punto donde aquella corta á la cota $\frac{1}{2}(c - x)$ al apoyo A_1 será (Zafra, página 204).

$$s = 566 \left(3 - \frac{x}{h} \right) \cdot \frac{\delta}{E} \cdot h = 45 \text{ cm.}$$

siendo δ la sección de una barra de la armadura de 14 milímetros, ó sea $\delta = 1,54$ centímetros cuadrados.

Fijaremos, sin embargo, como distancia para la barra más próxima al apoyo la de 30 centímetros y 26 para la siguiente, con lo que nos colocamos más garantidos.

Del mismo modo hemos calculado el trozo izquierdo de la viga de 0,84 metros de longitud correspondiente al apoyo A_0 , el que por ir empotrado en el péndulo del estribo, que luego calcularemos, y sufrir con aquél los esfuerzos de dilatación, lo hemos anclado fuertemente además con estribos inclinados en los chaflanes de unión.

Hemos de observar que el esfuerzo cortante sobre el apoyo A_1 no puede ser producido más que por la carga móvil del primer tramo, pues la otra estando los carros distanciados 4 metros, según supusimos, actuará en el tercer tramo y no en el contiguo.

Segundo tramo. — Cuanto hemos dicho para el primer tramo puede repetirse para el segundo teniendo para línea de esfuerzos cortantes E_g la misma para aquél hallada $a_0 a_1$.

El debido á la carga móvil se hallará por la misma fórmula:

$$y = \frac{P(l-x)}{l} + \frac{M_2 - M_1}{l}$$

siendo M_2 y M_1 los momentos sobre cada uno de los apoyos del tramo 2.º Poniendo por P , en esta fórmula, la carga 4,066 toneladas, tendremos las dos curvas paralelas de esfuerzos, positivos y negativos que se trazarán como anteriormente indicamos; pero ahora M_1 no es cero y para hallar el segundo término hay que dibujar las dos curvas de momentos, una la correspondiente al segundo trozo de la línea de influencia de la sección 5.ª, ó sea al trozo correspondiente á la carga móvil desplazándose en el tramo 2.º y otra el segundo trozo de la línea de influencia de la sección 10, correspondiente al apoyo A_2 . Dibujadas encima de la figura en el anexo núm. 4 las dos curvas, hallamos fácilmente su diferencia de ordenadas y, por tanto, el segundo término de la fórmula.

El punto de inflexión de las líneas de influencia hallado para los esfuerzos cortantes, ó sea el punto en que el segundo término de la fórmula es nulo donde se cortan las curvas de momentos, tiene por abscisa

$$x = l \times \frac{f_1}{f_1 + f_2} = 0,98 \text{ m.}$$

siendo f_1 y f_2 los focos de la curva de momentos del tramo, cuyos valores hemos fijado anteriormente.

Doblando la figura y envolviendo las líneas convexas de esfuerzos por las tangentes representadas por líneas de puntos y sumando luego las E_g , tendremos que en el apoyo A_1 el máximo esfuerzo será:

$$E_1 \text{ máx.} = 4.550 \text{ kg.}$$

en el A_2

$$E_2 \text{ máx.} = 4.750 \text{ kg.}$$

y en el tramo

$$E_{\text{mín.}} = 2.150 \text{ kg.}$$

La carga de desgarramiento máximo sufrido por el hormigón será:

$$D_0 = \frac{E_2 \text{ máx.}}{a \left(h - \frac{x}{3} \right)} = 14$$

que exige por ser mayor que 4,5, como en el tramo 1.º, la colocación de armaduras secundarias.

Trazando los trapecios de cargas correspondientes á las dos

secciones del tramo á partir de la carga mínima y fijando en $S = 14$ con la separación de estribos, obtendremos su sección

$$G = \frac{1}{400 \left(3 - \frac{x}{h} \right)} \times \frac{E' s}{h} \cdot S$$

según la que se emplearán los mismos estribos antes hallados con ligera variación en su distribución, según acusa la figura.

Lo mismo se calcularán las barras encorvadas de la armadura inferior, que serán las mismas en números y situación que las halladas para el tramo 1.º

La misma observación hecha en aquel tramo hemos de recordar aquí, y es que estando la carga en el tramo 2.º la inmediata lo estará en el 4.º, y, por tanto, no afectará á los apoyos de aquel tramo.

En la figura de detalle del larguero, hoja núm. 5 de los planos, hemos desdoblado fuera de la figura el número y forma de las varillas, que componen las armaduras, representándose por líneas de puntos los estribos.

TRAVIESAS. — Normalmente á los largueros, y como arriostramientos de las cabezas de las columnas donde aquéllos se apoyan, se colocan las traviesas que no han de resistir más que el peso propio y el de la carga móvil á su paso por encima de ellas. Por ser su separación (2 metros) mayor que vez y media la luz del forjado (0,93 metros) (según Zafra, pág. 261), no se considera aquél más que apoyado sobre los largueros y éstos sobre las columnas; así, pues, se podría prescindir de las traviesas, pero siempre es conveniente colocarlas como entramado que arriostra los pies derechos.

A pesar de no necesitar armadura, dado el gran peralte y sección de estas piezas, representada en la hoja núm. 5, figura del alzado del larguero, pues tiene la misma sección que éste y la luz del forjado 0,93; sin embargo, para mayor seguridad y para resistir la carga móvil colocaremos una armadura inferior, formada por dos hierros de 14 milímetros y una superior de uno del mismo diámetro, además de las barras que por el forjado superior le correspondan.

Estas traviesas se unen á las columnas aumentando su sección por medio de chaflanes que los armamos según vemos en la sección transversal de la hoja citada, con dos hierros también de 14 milímetros que se corresponden con los de la armadura inferior. Éstas y las barras del forjado se unen por estribos de 7 milímetros que se sitúan á 15 centímetros de distancia, según de puntos se dibujan. También en la figura hemos desdoblado la armadura de la traviesa dibujándola aparte con detalle.

La armadura de las traviesas, así como las de los largueros y forjado, se unen á la de las columnas que vamos á calcular.

(Continuará.)

ELECTRIFICACIÓN

DEL

LONDON AND SOUTH WESTERN RAILWAY

(P. S A B E)

La tracción eléctrica es el método de tracción por excelencia y el más conveniente para un servicio de arrabales. Las Compañías inglesas de Ferrocarriles, teniendo que luchar en los arrabales de Londres con la competencia de autobús y de tranvías, acaban de realizar un servicio rápido y muy frecuente. El London and South Western Railway ha redactado un gran proyecto de electrificación, cuya realización se ha

retrasado por causa de la guerra. La siguiente descripción permitirá formarse una idea de la amplitud del mismo, que constituye una importante aplicación de la tracción eléctrica á un ferrocarril.

El London and South Western Railway ha redactado, y en gran parte realizado, un proyecto de electrificación de sus líneas en los arrabales de Londres.

El conjunto del proyecto abarca una longitud de 156 kilómetros de línea, equivalente á 400 kilómetros de vía única.

La zona actualmente electrificada alcanza á 76 kilómetros de línea, ó sea, por lo menos, á 240 de vía única. La segunda parte del proyecto comprende, pues, 80 kilómetros de línea, ó sean 160 de una sola vía.

Las líneas actualmente electrificadas son: el lazo de Waterloo á Clapham Junction y vuelta por Wimbledon, Kingston, Twickenham y Richmond á Clapham Junction y Waterloo; el lazo de Bressford y Hounslow, y los empalmes de Hampton Court, Claygate y Shepperton.

Las otras líneas cuya electrificación está proyectada y en vías de ejecución comprenden las distintas líneas de la Compañía en el Oeste de Guildford.

La electrificación de estas líneas ha sido motivada por diferentes razones. Primeramente, era evidente que una Compañía cuyas líneas prestaban servicio en el valle del Támesis debía ofrecer á los viajeros trenes rápidos y frecuentes, solución difícil de obtener con la tracción de vapor sin gastos exagerados. Por el contrario, con la tracción eléctrica puede obtenerse este resultado sin gastos excesivos de primera instalación, con una reducción del precio de coste del kilómetro-tren.

Fundándose en estas razones la Brighton Company decidió extender rápidamente el empleo de la tracción eléctrica en sus líneas de arrabales y los resultados obtenidos son muy satisfactorios. Iguales consideraciones han motivado la velocidad de los trenes y la frecuencia de las salidas en el Metropolitan District Railway, que une las líneas del London and South Western Railway en Putney y en Wimbledon. Además, había que tener en cuenta la competencia, siempre en aumento, de las Compañías de Tranvías y de Omnibus, que de año en año extienden sus servicios de arrabales.

En 1912 fué cuando los Directores de la Compañía determinaron definitivamente el proyecto de electrificación. Se adoptó la alimentación por medio del tercer carril con corriente continua á la tensión de 600 voltios, ya adoptada por otras varias Compañías inglesas para las líneas de arrabales.

Material móvil.

El material móvil alcanza un total de 252 coches de 15,55 metros de longitud. Estos coches hasta la fecha habían sido utilizados con la tracción de vapor; se han modificado recientemente para el servicio eléctrico. La dotación eléctrica ha sido adquirida en la British Westinghouse Electric and Manufacturing Company.

Los trenes han sido dotados de los elementos necesarios para la marcha con unidades múltiples y para la facilidad de maniobras se han constituido en grupos de tres coches, dos automotores y un remolque, acoplados entre sí de modo continuo. Estos grupos de tres coches pueden acoplarse entre sí para formar trenes de tres ó seis coches, según las necesidades del tráfico. Los trenes de tres coches pesan vacíos 96 toneladas y contienen 150 asientos.

La dotación eléctrica de un tren comprende cuatro motores de 275 caballos de vapor, girando á 590 vueltas por minuto, sien-