

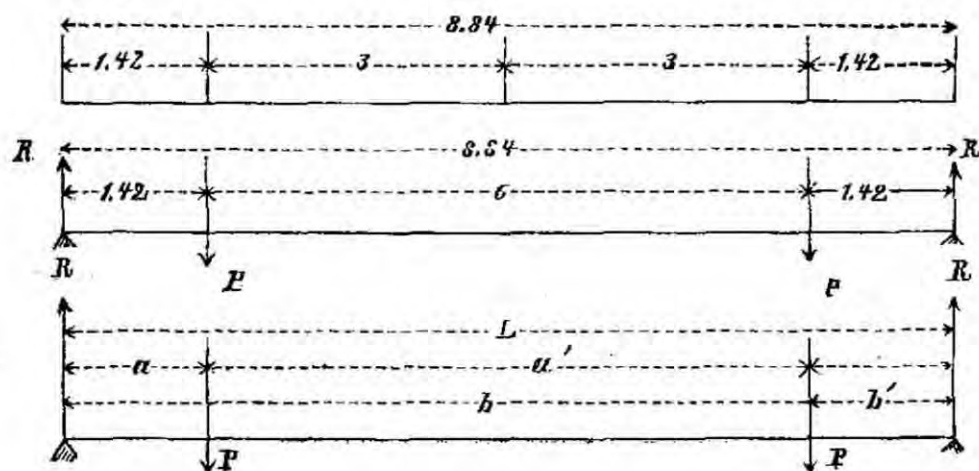
ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS

SUMARIO.—Monografía del puente carretero del Maule (conclusion), por Domingo V. Santa María.—Cálculos sobre las cañerías de agua por A. E. Salazar, por Domingo Casanova O.—De la *Unión Industrial*, Durmientes de quebracho colorado, por Eduardo Castro.—Bibliografía.—Revistas recibidas.

MONOGRAFÍA DEL PUENTE CARRETERO DEL MAULE.

(Conclusion.)

CÁLCULO DE LAS VIGAS QUE VAN A SOPORTAR EL PUENTE CARRETERO DEL MAULE.



$$L = 8.84$$

$$a = 1.42$$

$$a' = 7.42$$

$$P = 900 \times 60 + 900 \times 60$$

$$P = 108000 \text{ kilgs.}$$

Peso muerto por metro corrido es

$$\begin{aligned}
 b &= 7.42 & 900 \text{ k.} \\
 b' &= 1.42 & \text{Id. móvil } 900 \text{ k.} \\
 P &= P' = 108000 \text{ kilógr.}
 \end{aligned}$$

$$RL = Pa' + P'b' \qquad R = \frac{Pa' + P'b'}{L}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{108000 \times 7.42 + 108000 \times 1.42}{8.84} = \frac{801360 + 153360}{8.84} \\
 &= \frac{954720}{8.84} = 108000
 \end{aligned}$$

$$M_x = R_x - P(x-a) = (R-P)x + Pa \quad \dots \quad x = 4.42$$

$$M_x = (108000 - 108000) 4.42 + 108000 \times 1.42 = 153360 \text{ kilográ- metros.}$$

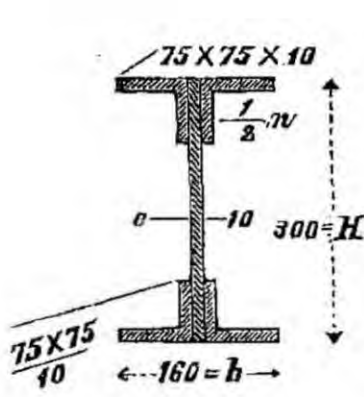


Diagram of an I-beam cross-section with dimensions: top flange 75x75x10, web 10, bottom flange 75x75x10, total width 160, total height 300. A dashed line indicates the neutral axis at 150 from the bottom.

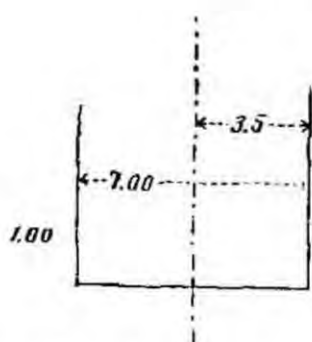
$$\begin{aligned}
 & \frac{1}{2} w = 1400 \text{ m.m.}^2 \\
 & w = 2800 \text{ m.m.}^2 \quad b e h \times K = M_r \quad M_r = 160 \times 10 \times 300 \times 6 \\
 & h = 300 \quad M_r = 2880000 \\
 & b = 160, e = 10, h = 300, K = 6 \text{ kilóg.} \\
 & h' = 280 \\
 & h'' = 150 \quad \frac{R I}{n} = M \quad I = \frac{1}{12} [b h^3 - (b' h'^3 + b'' h''^3)] \\
 & b = 160 \quad n = 150 \quad R = 6 \text{ kilóg.} \\
 & b' = 130 \\
 & b'' = 20 \quad I = \frac{1}{12} [160 \times 300^3 - (130 \times 280^3 + 20 \times 150^3)] = 4878291
 \end{aligned}$$

$$M_r = \frac{R I}{n} = \frac{6 \times 4878291}{150} = 195131$$

$$M_s > M_r \quad M_s = 153360 > M_r = 195131$$

CÁLCULOS DEL PUENTE CARRETERO DEL MAULE

Datos jenerales—carga, prueba, etc.



l'eso de prueba por metro cuadrado de tablero de puente = 400 kilogramos.

q = peso de prueba por metro corrido de viga = $(1 \times 3.50) \times 400 = 1400$ kilos.

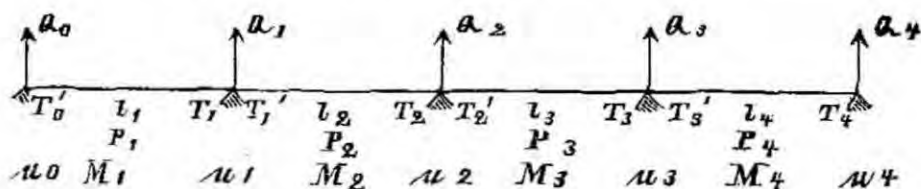
Peso empírico de la viga para averiguar el peso muerto p por metro corrido $w = (q + G) (0.00732l + 0.00012l^2)$.

$l = 50.000$ $l^2 = 2500$ $G = 200$ kilogramos por metro corrido de viga, luego

$$w = 633.6.$$

Tenemos entónces que el peso muerto por metro corrido de viga = $w + G = 633.6 + 200 = 833.6$. Para tomar números redondos tomamos para el cálculo $p = 830$ kilos por metro corrido de viga.

MOMENTOS DE FLEXION MÁXIMOS.—ESFUERZOS COTANTES EN LOS APOYOS.—REACCIONES DE LOS APOYOS



$$(p + q) = P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = 2230 \text{ kilos } l_1 = l_4 = 50.000 \quad l_2 = l_3 = 60.000$$

$$M_0 = 0.0000000 \quad T_0' = \frac{1}{2} P_1 l_1 - \frac{M_1}{l_1} = \frac{1}{2} (2230 \times 50) - \frac{755945}{50} = 40631 \text{ kilos.}$$

$$M_1 = 755900.$$

$$M_2 = 776902.5 \quad T_1' = \frac{1}{2} P_2 l_2 - \frac{M_2 - M_1}{l_2} = 66550.7.$$

$$M_3 = 755900.$$

$$M_4 = 0.0000000 \quad T_2' = \frac{1}{2} P_3 l_3 - \frac{M_3 - M_2}{l_3} = 67250.04.$$

$$T_3' = \frac{1}{2} P_4 l_4 - \frac{M_4 - M_3}{l_4} = 70868.$$

$$T_1 = T_0' - p_1 l_1 = 40650 - 2230 \times 50 = -70850.$$

$$T_2 = T_1' - p_2 l_2 = 66550 - 2230 \times 60 = 67250.$$

$$T_3 = T_2' - p_3 l_3 = -66549.96.$$

$$T_4 = T_3' - p_4 l_4 = 70868 - 2230 \times 50 = -40632.$$

$$Q_0 = T_0' = -40650.$$

$$Q_1 = T_1' + T_1 = 137400.7.$$

$$Q_2 = T_2 + T_2' = 134500.04.$$

$$Q_3 = T_3 + T_3' = 137417.96.$$

$$Q_4 = T_4 = -40632.$$

$$X_1 = \frac{T_0'}{P_1} = \frac{40650}{2230} = 18.20 \quad X_2 = \frac{T_1'}{P_2} \quad X_3 = \frac{T_2'}{P_3} \quad X_4 = \frac{T_3'}{P_4}$$

MOMENTOS MÁXIMOS EN LOS TRAMOS Y SUS ABSISAS.

Absisas del primer tramo; peso móvil...	22.97	369250 kgtres.
	14.765	261650 "
	Momentos de flexion	
	6.135	251650 "
	6.130	501550 "
	<u>50.00</u>	
Absisas del primer tramo; peso muerto..	18.8675	147740 "
	18.8675	0.0000 "
	Momentos de flexion	
	12,2650	254395 "
	<u>50.00</u>	

Absisas de segundo tramo; peso móvil...	7.340	187950 kgtros.
	5.600	156450 "
	18.005	383250 "
	Momentos de flexion	
	16.445	196000 "
	5.415	224700 "
	7.195	530600 "
	60.00	

Absisas del segundo tramo; peso muerto..	12.94	0.00000 "
	17.225	123047.5 "
	Momentos de flexion	
	17.225	0.00000 "
	12.61	246302.5 "
	60.00	

MOMENTOS MÁXIMOS EN LOS APOYOS SEGUN M. BRESSE.

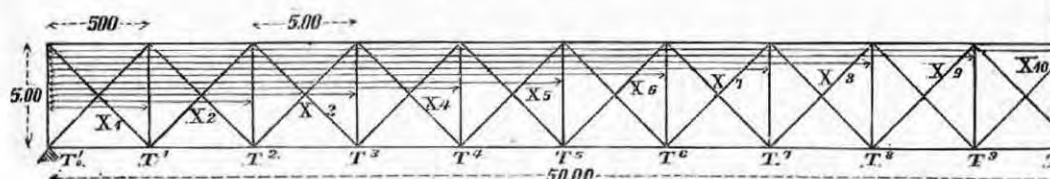
$$M_0 = M_4 = 0.00000.$$

$$M_1 = (0.1433 \times q, l^2 + 0.1226 \times p, l^2) = (0.1433 \times 1400 \times 50^2 + 0.1226 \times 830 \times 50^2) = 755945.$$

$$M_2 = (0.15169 l^2 + 0.1187 \times p, l^2) = 776902.5.$$

$$M_3 = (0.1433 \times q, l^2 + 0.1226 \times p, l^2) = 755900.$$

ESFUERZOS CORTANTES EN LOS MONTANTES DE LOS COMPARTIMENTOS DE LOS TRAMOS DE 50 METROS.



$X_1=5, X_2=10, X_3=15, X_4=20, X_5=25, X_6=30, X_7=35,$
 $X_8=40, X_9=45, X_{10}=50.$

$T=T_1+P(1-X) \quad P=(830+1400)=2230=p+q \quad T_1=-70850$
 $1=50.00.$

$$T'_0=40631.$$

$$T^I = -70850 + 2230 (50 - 5) = 29500.$$

$$T^{II} = -70850 + 2230 (50 - 10) = 18350.$$

$$T^{III} = -70850 + 2230 (50 - 15) = 7200.$$

$$T^{IV} = -70850 + 2230 (50 - 20) = 3950.$$

$$T^V = -70850 + 2230 (50 - 25) = -15100.$$

$$T^{VI} = -70850 + 2230 (50 - 30) = -26250.$$

$$T^{VII} = -70850 + 2230 (50 - 35) = -37400.$$

$$T^{VIII} = -70850 + 2230 (50 - 40) = -48550.$$

$$T^{IX} = -70850 + 2230 (50 - 45) = -59600.$$

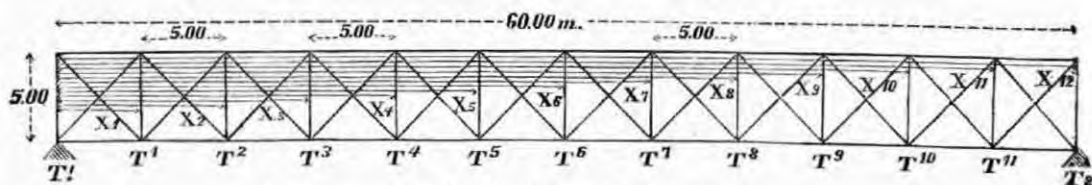
$$T^X \quad T_1 = -70850.$$

TRAMOS DE 60 METROS—ESFUERZOS CORTANTES.

$l=60.00; \quad P=(p+q)=2230; \quad T_2=-67250; \quad T'_1=66550;$
 $T=T_2+P(l-x); \quad X_1=5, \quad X_2=10, \quad X_3=15, \quad X_4=20, \quad X_5=25,$
 $X_6=30, \quad X_7=35, \quad X_8=40, \quad X_9=45, \quad X_{10}=50, \quad X_{11}=55, \quad X_{12}=60$
 $T'_1=66,550.$

$$T' = -67250 + 2230 (60 - 5) = 55400.$$

$$T^{VII} = -67250 + 2230 (60 - 35) = -11500.$$



$$T'^{II} = -67250 + 2230 (60 - 10) = 44250.$$

$$T'^{III} = -67250 + 2230 (60 - 15) = 33100.$$

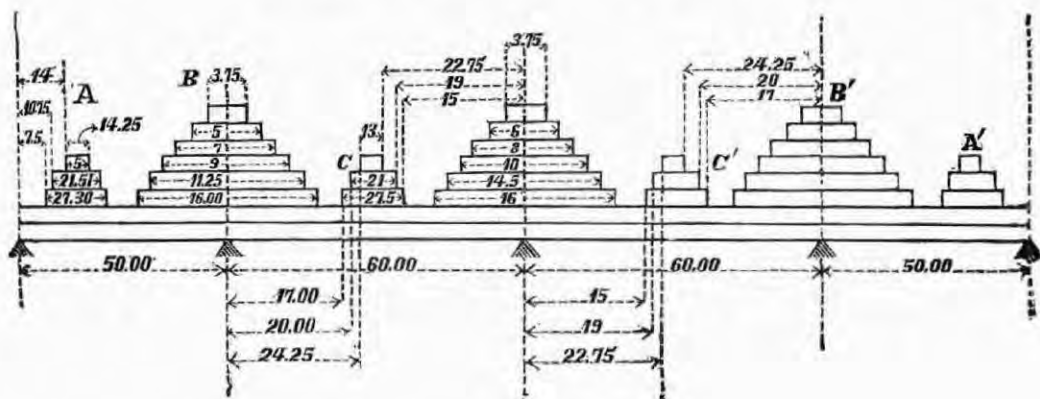
$$T'^{IV} = -67250 + 2230 (60 - 20) = 21950.$$

$$\begin{aligned}
 T^V &= -67250 + 2230 (60 - 25) = 10800. \\
 T^{VI} &= -67250 + 2230 (60 - 30) = -350. \\
 T^{VII} &= -67250 + 2230 (60 - 40) = -22650. \\
 T^{IX} &= -67250 + 2230 (60 - 45) = -33800. \\
 T^X &= -67250 + 2230 (60 - 50) = -44950. \\
 T^{XI} &= -67250 + 2230 (60 - 55) = -56100. \\
 T^{XII} &= T_z = -67250.
 \end{aligned}$$

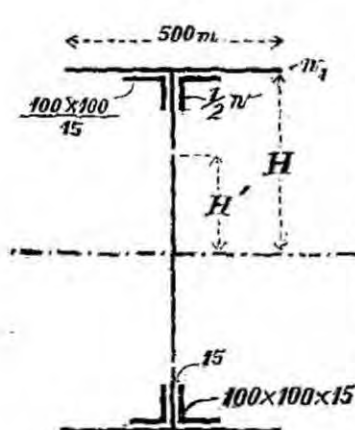
TENSION EN LAS DIAGONALES.

$$t = \frac{T}{2 \operatorname{sen} \alpha} = \quad \alpha = 45^\circ \quad t = 0.7071 T.$$

DISTRIBUCION JENERAL DE LOS PALASTROS DE LAS CABEZAS SEGUN EL
DEPURADO DE LOS MOMENTOS DE FLEXION.



A i A', B i B', C i C' tienen las mismas medidas.

FÓRMULA USADA PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA
DE LOS PALASTROS DE LAS CABEZAS.

$$H = 2.50 \quad H' = 1.90 \quad \frac{1}{2} w = 2775$$

$$w_1 = 5550 = 0.00555 \quad b = 15 \quad w_2 = 0.005$$

$$R_a = \left[\left(\frac{T}{S} \cdot \frac{2}{H} \cdot \frac{1}{12} b H^3 \right) \right] -$$

$$\left[\left(\frac{T}{S} \cdot \frac{2}{H} \cdot \frac{1}{12} b H'^3 \right) \right] = \text{Resistencia}$$

del alma.

$$R_a = \left[6000000 \cdot \frac{2}{2.5} \cdot \frac{1}{12} \times 0.015 \times 2.5^3 \right] -$$

$$\left[6000000 \cdot \frac{2}{2.5} \cdot \frac{1}{12} \times 0.015 \times 1.9^3 \right]$$

$$R_a = 52596 \text{ kilográmetros.}$$

$$\left[\frac{T}{S} \cdot \frac{2}{H} w_1 \left(\frac{1}{2} H \right)^2 \right] = \left[6000000 \cdot \frac{2}{2.5} \times 0.00555 \cdot \left(\frac{1}{2} \times 2.5 \right)^2 \right]$$

$$= 35625 \text{ kilógramos.}$$

$$\left[\frac{T}{S} \cdot \frac{2}{H} w_2 \left(\frac{1}{2} H \right)^2 \right] = \left[6000000 \cdot \frac{2}{2.5} \times 0.005 \cdot \left(\frac{1}{2} \times 2.5 \right)^2 \right]$$

$$= 37500.$$

CÁLCULO DE LAS PIEZAS DE PUENTE.

Las piezas serán colocadas de 1.^m 25 en 1.^m 25 de centro a centro i tienen 7 metros de largo.

Peso por metro cuadrado 500 kilogramos = p $L = 7.^m 00.$

Peso total = $P = pL = 500 \times 7 = 3500$ kilógrs.

Trabajo de la madera 80 kilogramos por centímetro cuadrado

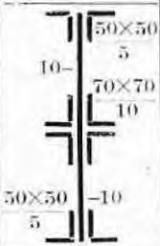
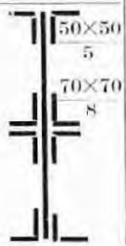


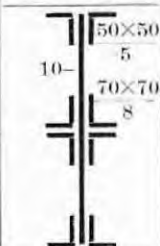
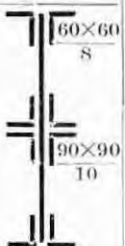
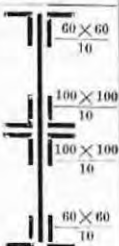
$$M = \frac{H^3}{12} = \frac{PL}{8k} = \frac{3,500 \times 700}{8 \times 80}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} H = 35.81 \\ B = \frac{1}{2} H = 17.90 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 14'' \\ 7'' \end{array}$$

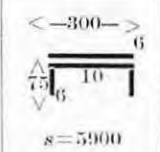
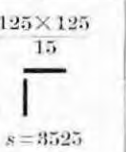
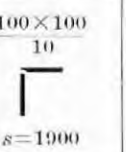
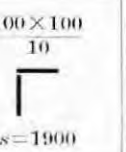
Siendo el ancho de la pieza igual a la mitad de la altura $B = \frac{1}{2} H$.

TRAMOS DE 50 METROS.—TENSIONES DE LOS MONTANTES

N.º de los montantes.....	1	5	9	13	17	21
Tensiones	40631	29500	18350	7200	3950	15100
Secciones teóricas.....	6772	4917	3058	1200	658	2217
Secciones reales.....				=	=	=

N.º de los montantes.....	25	29	33	37	41
Tensiones	26250	37400	48550	59600	70850
Secciones teóricas.....	4375	6233	8092	9933	11808
Secciones reales.....					

TRAMOS DE 50 METROS.—TENSIONES DE LAS DIAGONALES (continúa en la página 138)

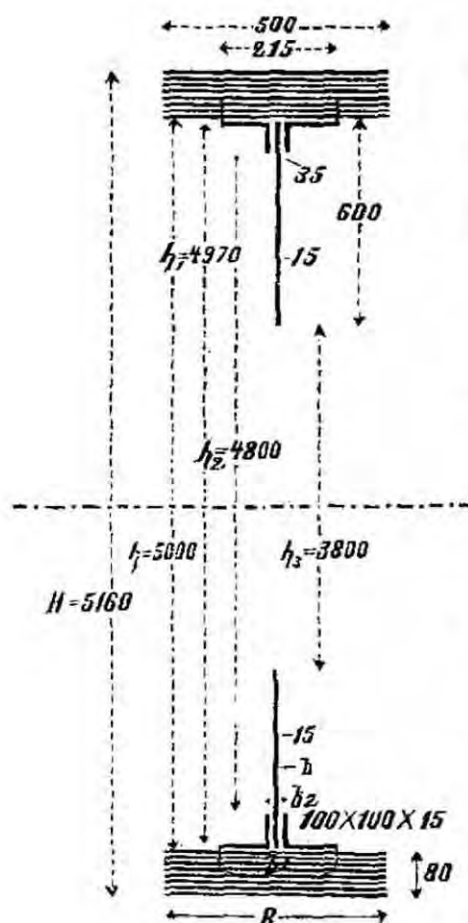
N.º de las diagonales.....	3	7	11	15	19
Tensiones.....	28730	20860	12976	5091	10677
Secciones teóricas.....	4788	3477	2163	849	1783
Secciones reales.....	 $s=5900$	 $s=4862$	 $s=3525$	 $s=1900$	 $s=1900$

TRAMOS DE 50 METROS.—TENSIONES DE LAS DIAGONALES (*conclusion*)

N.º de las diagonales.....	23	27	31	35	39
Tensiones	18562	26446	34329	42143	50098
Secciones teóricas.....	3094	4408	5721	7024	8350
Secciones reales	$\frac{125 \times 125}{15}$  $s=3525$	$\frac{100 \times 100}{13}$  $s=4862$	$\frac{< -300 - >}{6}$  $s=5900$	$\frac{< -300 - >}{10}$  $s=7105$	$\frac{< -300 - >}{6}$  $s=8605$

TRAMOS DE 60 METROS.—TENSIONES DE LOS MONTANTES

Número de los montantes	1 i 49	5 i 45	9 i 41
Tensiones en kilógrs.	66550 -67250	55400 -56100	44250 -44900
Secciones teóricas	11092 11208	9233 9350	7345 7491
Secciones reales.....	 $s=12000$	 $s=10384$	 $s=8760$
Número de los montantes.....	13 i 37	17 i 33	21-25 i 29
Tensiones en kilógrs.	33100 -33800	21950 -22650	10800 -350 -11500
Secciones teóricas	7517 5633	3658 3775	1800 58 1917
Secciones reales.....	 $s=7100$	 $s=6124$	 $s=6124$



$$2n \times 490 \times 3 = \frac{35425 \times 1000}{217745952500} \times$$

$$136194500.$$

$$2940n = 0.000162 \times 136194500.$$

$$2940n = 22063.509.$$

$$n = \frac{22063.509}{2940} = 7.504.$$

Tomamos 9 remaches por metro corrido de viga.

DETERMINACION DE I E I' .

$$\frac{1}{12} \{ B(H^3 - h^3) + b_1(h^3 - h_1^3) + b_2(h_1^3 - h_2^3) - bh^3 \} = I.$$

$$I = \frac{1}{12} \{ 500(5160^3 - 5000^3) + 215(5000^3 - 4970^3) + 35$$

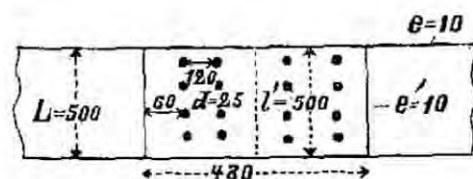
$$(4970^3 - 4800^3) - 15 \times 5000^3 \}$$

$$I = \frac{1}{12} (5225902860000) =$$

$$435491905000.$$

$$\frac{1}{2} I = I' = 217745952500.$$

CUBRE JUNTURAS DE LAS CABEZAS.



$$d = 25 \quad l = 500 \quad e = 10 \quad n = 4$$

$$s = 490 \quad l' = 500 \quad e' = 10$$

$$el = e'l' \quad \text{porque} \quad e = e' \quad \text{y} \quad l = l'$$

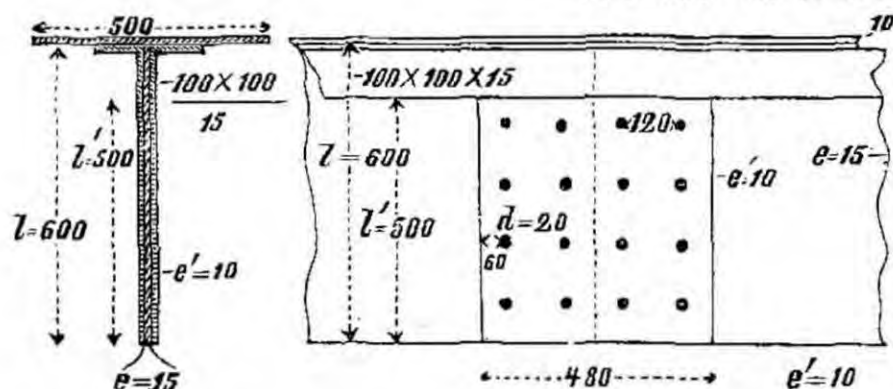
$$x = \frac{e(l - nd)}{s} = \frac{10(500 - 4 \times 25)}{490} = 8.16.$$

Tomamos 12 remaches.

CUBRE JUNTURAS DEL ALMA.

$$e=15 \quad l=600 \quad e'=10 \quad l'=500 \quad el < 2e'l'$$

$$15 \times 600 = 2e' \times 500$$



$$e' = \frac{600 \times 15}{2 \times 500} = 9.$$

Tomamos en la práctica

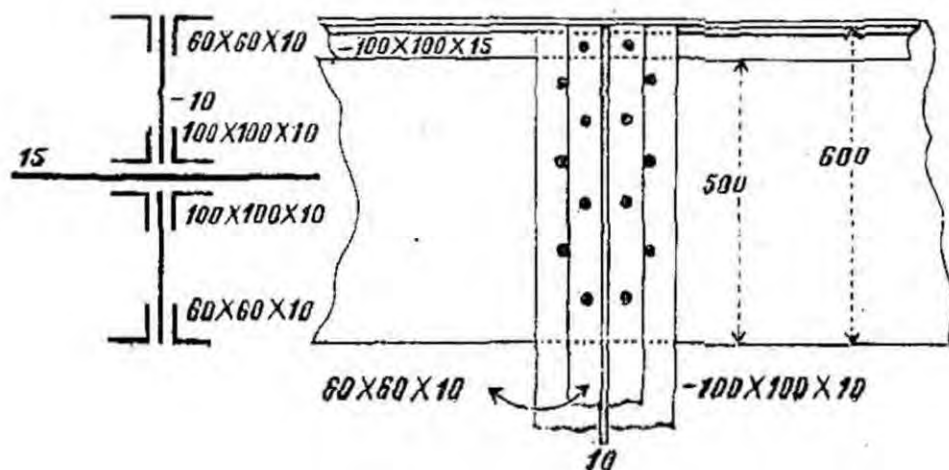
$$d=25 \quad l=600 \quad n=4 \quad s=490 \quad e=15$$

$$x = \frac{e(l - nd)}{2s} = \frac{15(600 - 4 \times 25)}{2 \times 490} = 7.67.$$

Tomamos 8 remaches.

 REMACHES QUE UNEN LOS MONTANTES VERTICALES
AL ALMA DE LA VIGA.

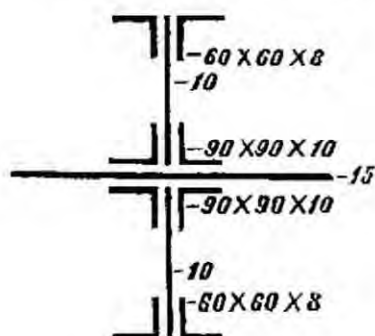
Remachaduras de los montantes núms. 1 i 49 de los tramos de 50 m.



$$l=640 \quad d=25 \quad n=7 \quad e=10 \quad s=490$$

$$x = \frac{e(l - nd)}{s} = \frac{10(640 - 7 \times 25)}{490} = 12.74.$$

Tomamos 14 remaches.



Remachaduras de los montantes núms. 5 i 45 de los tramos de 60 m. i del montante núm. 37 de los tramos de 50 m.

$$l=600 \quad e=9.5 \quad d=22 \quad s=380 \quad n=7$$

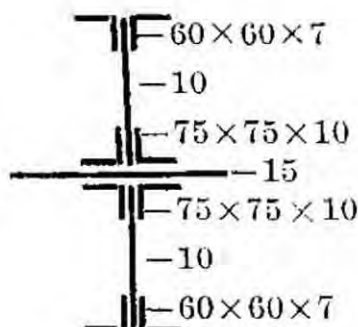
$$x = \frac{9.5(600 - 7 \times 22)}{380} = 11.15.$$

Tomamos 12 remaches.

Remachaduras de los montantes núms. 9 i 41 de los tramos de 60 m. i del núm. 33 de los tramos de 50 m.

$$l=540 \quad e=9 \quad d=20 \quad s=314 \quad n=7$$

$$x = \frac{9(540 - 7 \times 20)}{314} = 11.46$$

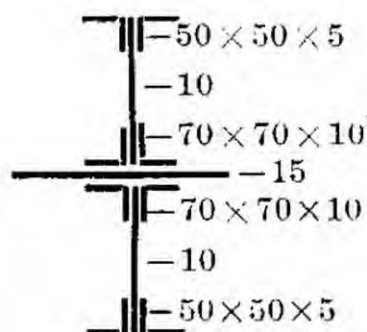


Tomamos 12 remaches.

Remachaduras de los montantes núms. 13 i 37 de los tramos de 60 m. i de los núms. 1 i 29 de los tramos de 50 m.

$$l=480 \quad e=8.5 \quad d=18 \quad s=254 \quad n=7$$

$$x = \frac{8.5(480 - 7 \times 18)}{254} = 11.84$$

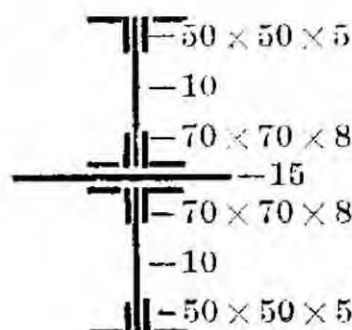


Tomamos 12 remaches.

Remachaduras de los montantes núms. 17, 21, 25, 29 i 33 de los tramos de 60 m. i de los núms. 5, 9, 13, 17, 21 i 25 de los tramos de 50.

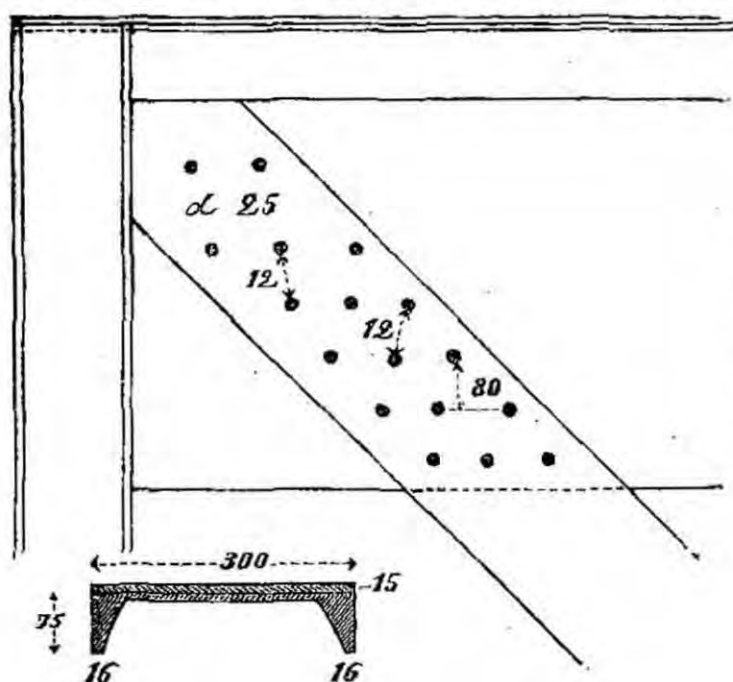
$$l=480 \quad e=8 \quad d=18 \quad s=254 \quad n=7$$

$$x = \frac{8(480 - 7 \times 18)}{254} = 11.15$$



Tomamos 12 remaches.

REMACHES QUE UNEN LAS DIAGONALES AL ALMA DE LA VIGA.

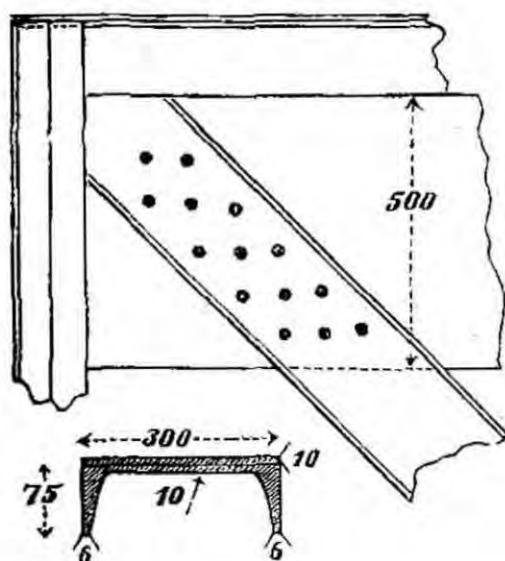


Remachaduras de los diagonales núms. 31 a 47 de los tramos de 60 m. i de la diagonal núm. 39 de los tramos de 50 m.

$$d=25; l=450; n=3; s=490; e=20 \text{ espesor medio}$$

$$x = \frac{e(l - nd)}{s} = \frac{20(450 - 3 \times 25)}{490} = 15.306$$

Tomamos 16 remaches.



Remachaduras de los diagonales núms. 7 i 43 de los tramos de 60 m. i núm. 35 de los tramos de 50 m.

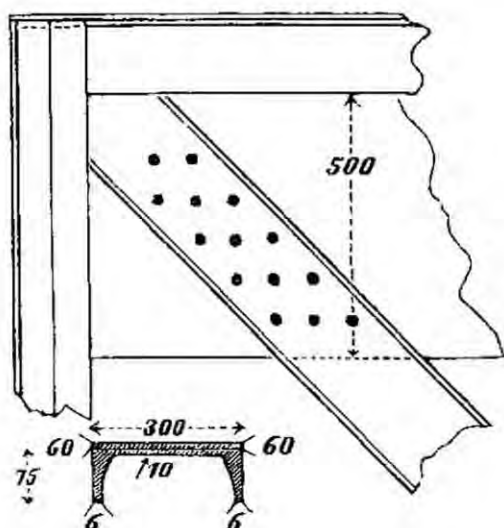
$$d=25; l=450; n=3; s=490$$

$$e=18$$

$$x = \frac{e(l - nd)}{s} =$$

$$\frac{18(450 - 3 \times 25)}{490} = 13.57$$

Tomamos 14 remaches.



Remachaduras de los diagonales núms. 11 i 39 de los tramos de 60 m. i núms. 3 i 31 de los tramos de 50 m.

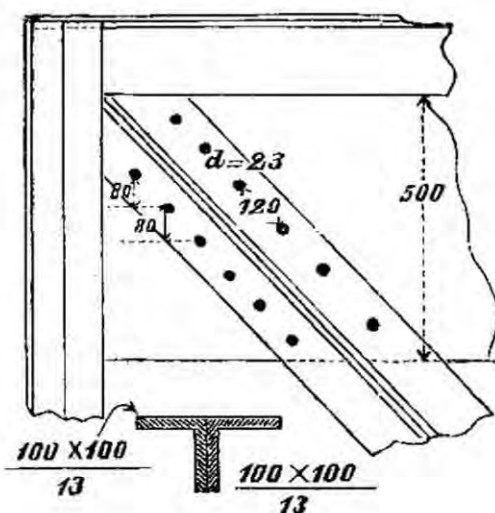
$$d=23; l=450; n=3; s=415$$

$$e=14 \text{ espesor medio.}$$

$$x = \frac{14 (450 - 3 \times 23)}{415}$$

$$= 12.85$$

Tomamos 14 remaches.



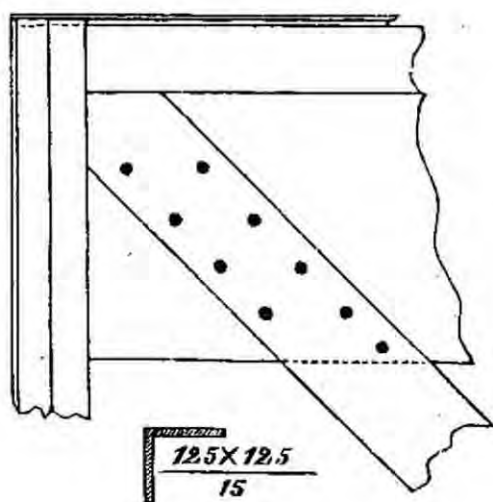
Remachaduras de los diagonales núms. 15 i 35 de los tramos de 60 m. i núms. 7 i 27 de los tramos de 50 m.

$$d=m; d=23; l=400; n=2$$

$$s=415 \quad e=13$$

$$x = \frac{13 (400 - 2 \times 23)}{415} = 11.08$$

Tomamos 11 remaches.

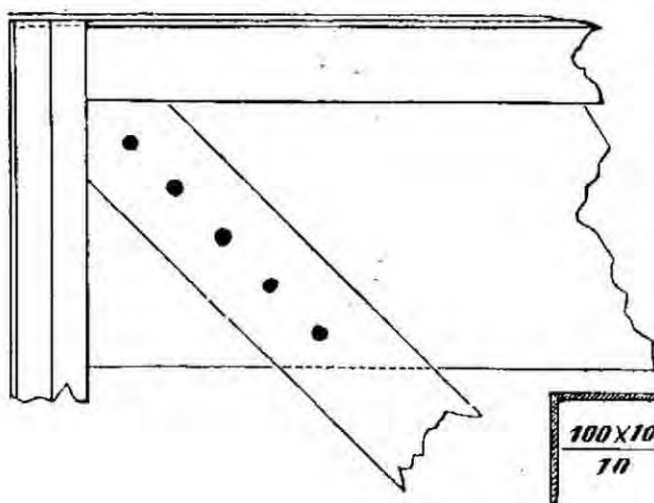


Remachaduras de los diagonales núms. 19 i 31 de los tramos de 60 m. i núms. 11 i 23 de los tramos de 50 m.
 $d=23$; $l=250$; $n=1$; $s=380$

$$e = 15$$

$$x = \frac{15(250 - 1 \times 23)}{380} = 9$$

Tomamos 9 remaches.



Remachaduras de las diagonales núms. 23 i 27 de los tramos de 60 m. i de los núms. 15 i 19 de los tramos de 50 m.

$$l=200$$
; $d=23$; $n=1$

$$e = 10$$
; $s = 380$

$$x = \frac{e(l - nd)}{s}$$

$$= \frac{10(200 - 1 \times 23)}{380} = 4.66$$

Tomamos 5 remaches.

CONTRA - VIENTOS.

Superficie espuesta al viento por metro corrido de puente 2.400 .

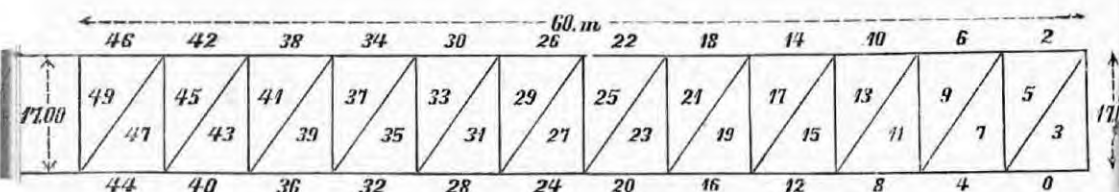
Empuje del viento por metro cuadrado de viga = 176 k.

Empuje del viento por metro corrido de viga = $176 \times 2 = 352$ k. = l .

Empuje debido al movimiento lateral = $0.15q = 0.15 \times 1400 = 210$ k.

Empuje total por metro corrido de contraviento = $210 + 352 = 562$ k.

CONTRAVIENTO ESTUDIADO—NÚMERO DE LAS BARRAS



Distancia entre las articulaciones = $\sigma = 5.00$

Peso por articulaciones = $\sigma \times 562 = 5 \times 562 = 2710$ kilogrs.

Reacción de apoyo = $\frac{2710 \times 11}{2} = 14905$

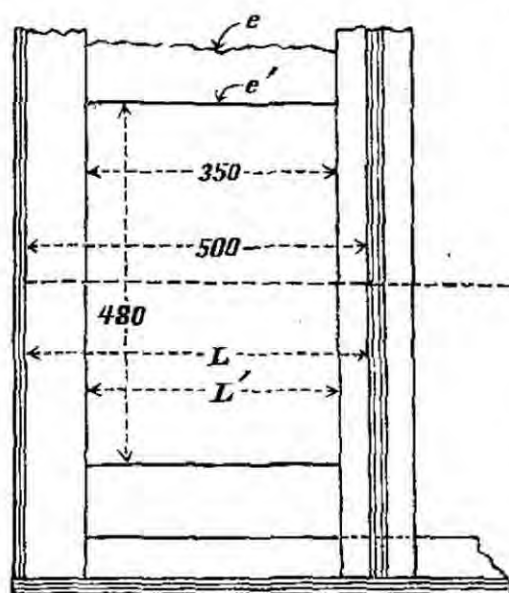
TENSIONES SOBRE LOS MONTANTES VERTICALES DE LOS CONTRAVIENTOS—SECCIONES REALES I TEÓRICAS.

Número de los montantes...	1 i 49	5 i 45	9 i 41	13 i 37	17 i 33	21 i 29	25
Tensiones en kilogramos....	14905	12200	9500	6800	4100	1400	1400
Secciones teóricas.....	2484	2033	1583	1133	683	233	233
Secciones reales.....	100×100 15 s=2775	100×100 13 s=2431	100×100 10 s=1910	100×100 10 s=1910	100×100 10 s=1910	100×100 10 s=1910	100×100 10 s=1910

TENSIONES DE LAS DIAGONALES DE LOS CONTRAVIENTOS

Número de los diagonales...	3 i 47	7 i 43	11 i 39	15 i 35	19 i 31	23 i 27
Tensiones en kilógr.....	18200	1490	11600	8300	5 00	1700
Secciones teóricas.....	3033	2483	1933	1383	833	283
Secciones reales.....	125×125 15 s=3525	100×100 15 s=2775	100×100 13 s=2431	80×80 10 s=1500	70×70 10 s=1300	60×60 10 s=1100

COSTURAS SOBRE LOS REFUERZOS DE LOS APOYOS



$$l=500 \quad e=15 \quad cl=2e'l \quad l'=350$$

$$500 \times 15 = 2 \times 350 e'$$

$$e' = \frac{500 \times 15}{2 \times 350} = \frac{7500}{700} = 10.71$$

Tomamos $e' = 12$ m. m.

$$e = 15 \quad l = 500 \quad d = 25$$

$$s = 490 \quad n = 3$$

$$x = \frac{e(b - nd)}{2s} = \frac{15(500 - 3 \times 25)}{2 \times 490} = 5.38$$

Tomamos 6 remaches.

RODILLOS DE DILATACION

Peso del puente por metro corrido $= p + q = 830 + 1400 = 2230$.

Peso de un tramo de 60 metros $= 60 \times 2230 = 133800$.

Peso de un tramo de 50 metros $= 2230 \times 50 = 111500$.



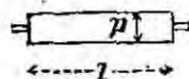
Peso de un medio tramo de 60 metros $= 66900$.

Peso de $\frac{1}{4}$ de tramo de 50 metros $= 27875$.

$$n = 6 \quad d = 100 \quad l = 500 \quad \frac{P}{ndl} < 0.30.$$

$$\frac{66900}{6 \times 100 \times 500} = 0.229.$$

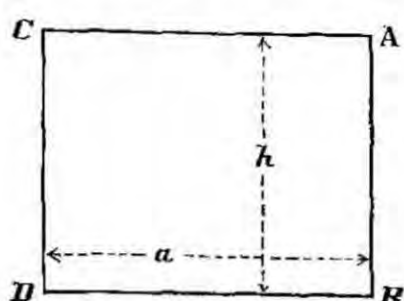
Tomamos 6 rodillos para los intermedios



$$\frac{P}{ndl} = \frac{27875}{4 \times 100 \times 500} = 0.139.$$

Tomamos 4 rodillos para los descansos en los estribos i machon central.

CÁLCULO DE LA FLECHA DEL PUENTE



$$n \left\{ \begin{array}{l} 10 \\ 12 \end{array} \right. \text{ (para la flecha máx. } = 5 \text{ i } 6).$$

$$h = 5.000 \quad a = 5.000 \quad \alpha = 45^\circ.$$

$$R_1 = 6 \quad r_1 = 6.$$

$$E = 16000.$$

$$e = 506.$$

$$i = \frac{aR}{Eh} = \frac{5 \times 6}{16000 \times 5} = 0.000375.$$

TRAMOS DE 50 METROS

$$f' = \frac{2a^2}{Eh} \left[\frac{e}{a} \sum_1^n R_1 (n-i+\frac{1}{2}) - \sum_1^e R_1 (e-i+\frac{1}{2}) \right] +$$

$$\frac{a}{E \sin \alpha \cos \alpha} \left(\sum_1^e r_1 - \frac{e}{a} \sum_1^n r_1 \right)$$

$$f' = \frac{2 \times 5^2}{16000 \times 5} \left[\frac{5}{10} \sum_1^{10} 6 (10-i+\frac{1}{2}) - \sum_1^5 6 (5-i+\frac{1}{2}) \right] +$$

$$\frac{5}{16000 \times \frac{1}{2}} \left(\sum_1^5 6 - \frac{1}{2} \sum_1^{10} 6 \right)$$

$$f' = 0.000625 \left\{ \frac{1}{2} \times 300 - 75 \right\} + 0.000625 \{ 30 - 30 \}$$

$$f' = 0.046875.$$

Ménos 10% por la rigidez de las ensambladuras:

$$f = 0.042188.$$

FLECHA DE LOS TRAMOS DE 60 METROS.

$$f' = \frac{2 \times 5^2}{16000 \times 5} \left[\frac{6}{12} \sum_1^{12} 6 (12-i+\frac{1}{2}) - \sum_1^6 6 (6-i+\frac{1}{2}) \right] +$$

$$\frac{5}{16000 \times \frac{1}{2}} \left(\sum_1^6 6 - \frac{6}{12} \sum_1^{12} 6 \right)$$

$$f' = 0.00625 \{ 0.5 \times 432 - 108 \} = 0.0675.$$

Rebajando el 10% como rigidez de las ensambladuras tenemos:

$$f = 0.0675 - 0.00675 = 0.06075.$$

D. V. SANTA MARIA.

