

# PROYECTO DE PUENTE SOBRE EL RIO ITATA

(Continuacion)

## CUADRO III

Peso muerto i sobrecarga completa

N.º	ESFUERZO	SECCION	FATIGA	N.º	ESFUERZO	SECCION	FATIGA
BRIDA SUPERIOR				DIAGONALES			
	k	mm. <sup>2</sup>	k/mm. <sup>2</sup>		k	mm. <sup>2</sup>	k/mm. <sup>2</sup>
1	+29.865	7.272	+4,10	22	+ 7.880	2.600	+3,03
2	+26.075	»	+3,58	24	+ 5.550	»	+2,91
3	+21.725	»	+2,98	26	+ 7.350	»	+2,82
4	+14.740	»	+2,02	28	+10.625	»	+4,08
5	+ 6.397	»	+0,87	30	+11.300	»	+4,35
6	- 3.705	7.992	-0,46	32	+12.400	»	+4,77
7	-16.569	»	-2,07	34	+14.830	»	+5,70
8	-30.538	»	-3,82	36	+15.675	»	+6,03
9	-41.711	»	-5,21	38	+12.125	»	+4,70
10	-46.993	»	-5,88	40	+ 5.700	»	+2,19
BRIDA INFERIOR				MONTANTES			
21	-63.770	10.992	-5,80	0	- 8.600	5.472	-1,57
20	-59.825	»	-5,44	23	- 9.525	6.000	-1,59
19	-55.282	»	-5,03	25	- 9.025	»	-1,50
18	-49.791	»	-4,53	27	-11.900	»	-1,83
17	-42.304	»	-3,85	29	-10.700	»	-1,78
16	-33.679	»	-3,06	31	-10.225	»	-1,70
15	-23.178	»	-2,10	33	-10.450	»	-1,74
14	-10.164	»	-0,92	35	-10.075	»	-1,68
13	+ 3.919	9.872	+0,38	37	- 7.825	»	-1,30
12	+15.152	»	+1,53	39	- 5.225	»	-0,87
				11	- 3.058	»	-0,51

NOTA.—Los montantes son formados:

los estremales por 2 L de  $\frac{120 \times 120}{12}$ ; seccion = 5.472mm.<sup>2</sup>

los intermedios » 4 L de  $\frac{80 \times 80}{10}$ ; » = 6.000 »

Las diagonales son formadas por

2 L de  $\frac{80 \times 80}{10}$ ;—seccion útil = 3.000 - 2 × 20 × 10 (remache) = 2.600 mm.<sup>2</sup>

3.º) *Peso muerto i media sobre carga.*

Admitiendo que la sobre-carga cubra solo la mitad izquierda de la viga, tendremos que estudiar las dos semi-vigas por separado.

Cuando el peso muerto obra solo se tiene:

$$\begin{aligned}\pi &= 0 \\ q &= 11.822 \text{ k}\end{aligned}$$

Para la sobrecarga que se extiende desde el extremo izquierdo de la viga hasta la clave, habrá que aplicar las ecuaciones (24) i (25):

$$\begin{aligned}\pi &= 2.401 \text{ k} \\ q &= 7.411 \text{ k}\end{aligned}$$

Luego para el conjunto de ámbas fuerzas:

$$\begin{aligned}\pi &= 2.401 \text{ k} \\ q &= 11.822 + 7.411 = 19.233 \text{ k} \\ d &= 0,611 \text{ m.}\end{aligned}$$

a) *Medio tramo cargado.*—Los nudos llevan las mismas cargas que acabamos de considerar para el caso anterior; luego en la clave tendremos en definitiva:

$$\begin{aligned}\text{esfuerzo horizontal} &= 19.233 \text{ k} \\ \text{» vertical} &= 2.401 - 1.529 = 872 \text{ k}\end{aligned}$$

dirijido, este último, de abajo hacia arriba, i aplicado, el primero, a 0,611 m. por encima del centro de gravedad de la brida superior (fig. 26).

El cálculo de los diversos elementos del enrejado se hará como ya hemos visto, obteniendo los esfuerzos que actúan sobre las bridas por las ecuaciones de los momentos en torno de los nudos, i los que obran sobre los montantes i diagonales, por medio de los polígonos de fuerzas en equilibrio alrededor de cada nudo (depurados 30 i 31).

Los resultados aparecen consignados en el cuadro IV.

CUADRO IV

Peso muerto i media sobrecarga

(medio arco cargado)

N.º	ESFUERZO	SECCION	FATIGA	N.º	ESFUERZO	SECCION	FATIGA
BRIDA SUPERIOR				DIAGONALES			
	k	mm. <sup>2</sup>	k mm. <sup>2</sup>		k	mm. <sup>2</sup>	k mm. <sup>2</sup>
1	+27.822	7 272	+3,83	22	+ 8.675	2.600	+3,34
2	+23.524	»	+3,26	24	+ 8.480	»	+3,26
3	+18.599	»	+2,55	26	+ 8.400	»	+3,23
4	+11.476	»	+1,57	28	+10.850	»	+4,17
5	+ 3.115	»	+0,42	30	+11.300	»	+4,34
6	- 6.535	7.992	-0,81	32	+11.980	»	+4,61
7	-17.913	»	-2,23	34	+13.040	»	+5,01
8	-28.323	»	-3,54	36	+11.350	»	+4,36
9	-34.681	»	-4,34	38	+ 7.300	»	+2,88
10	-33.922	»	-4,24	40	- 880	3.000	-0,29
BRIDA INFERIOR				MONTANTES			
21	-54.185	10.992	-4,92	0	- 9.330	5.472	-1,70
20	-49.817	»	-4,53	23	-10.350	6.000	-1,72
19	-44.836	»	-4,07	25	- 9.880	»	-1,64
18	-38.945	»	-3,53	27	-11.200	»	-1,86
17	-31.351	»	-2,84	29	-10.650	»	-1,77
16	-22.716	»	-2,86	31	-10.030	»	-1,67
15	-12.781	»	-1,27	33	- 9.480	»	-1,58
14	- 1.341	»	-0,11	35	- 8.225	»	-1,37
13	+ 9.127	9.872	+0,92	37	- 6.050	»	-1,01
12	+15.537	»	+1,56	39	- 2.750	»	-0,46
				11	- 2.207	»	-0,37

NOTA.—El montante central se halla comprimido por el peso local que, en ese punto, trasmite a la viga el travesaño, i que vale

$$1529 + 678 = 2207 \text{ k}$$

b) *Medio tramo descargado.* — Las reacciones aplicadas en el punto G de la sección en la llave son:

$$\begin{aligned} \text{reaccion horizontal} & \quad q = 19.233 \text{ k} \\ \text{» vertical (hacia abajo)} & \quad \pi = 2.401 \text{ k} \end{aligned}$$

Esta última se compone con el peso muerto de 678 k, que carga el nudo central de la semi-viga, para dar un total de  $2.401 + 678 = 3.079 \text{ k}$ .

El estado de sollicitacion es el que indica la fig. 27.

El cálculo del medio arco se hará como anteriormente (depurados 32 i 33); sus resultados pueden consultarse en el cuadro V.

### CUADRO V

#### Peso muerto i media sobrecarga

(medio arco descargado)

N.º	ESFUERZO	SECCION	FATIGA	N.º	ESFUERZO	SECCION	FATIGA
BRIDA SUPERIOR				DIAGONALES			
	k	mm. <sup>2</sup>	k./mm. <sup>2</sup>		k	mm. <sup>2</sup>	k./mm. <sup>2</sup>
1	+15.286	7.272	+2,09	22	+ 2.350	2 600	+0,91
2	+14.121	»	+1,94	24	+ 2.275	»	+0,87
3	+12.763	»	+1,75	26	+ 2 400	»	+0,92
4	+ 9.844	»	+1,34	28	+ 4.425	»	+1,72
5	+ 6.120	»	+0,83	30	+ 5.100	»	+1,96
6	+ 1.164	»	+0,15	32	+ 6.120	»	+2,35
7	- 6.017	7.992	-0,75	34	+ 8.275	»	+3,18
8	-15.766	»	-1,96	36	+10.900	»	+4,19
9	-25.537	»	-3,19	38	+10.650	»	+4,09
10	-33.922	»	-4,27	40	+ 9.000	»	+3,46
BRIDA INFERIOR				MONTANTES			
21	-37.381	10.992	-3,43	0	- 2.820	5.472	-0,51
20	-36.553	»	-3,31	23	- 3.350	6.000	-0,56
19	-34.975	»	-3,16	25	- 3.325	»	-0,55
18	-32.937	»	-2,99	27	- 4.700	»	-0,78
17	-29.723	»	-2,70	29	- 4.830	»	-0,80
16	-25.771	»	-2,32	31	- 5.000	»	-0,83
15	-20.680	»	-1,87	33	- 5.500	»	-0,91
14	-13.331	»	-1,27	35	- 6.220	»	-1,03
13	- 3.481	»	-0,31	37	- 5.550	»	-0,91
12	+ 6.340	9.872	+0,63	39	- 4.620	»	-0,60
				11	- 2.207	»	-0,37

CAPÍTULO IV

Cálculo de las vigas principales

EMPUJE DEL VIENTO

En el capítulo II hemos fijado la presión del viento por metro cuadrado i la extensión de las superficies sometidas a su acción.

Para contrarrestar el empuje del viento i hacer solidarias las dos vigas del puente hemos empleado un arriostramiento vertical transversal i otro horizontal inferior. En el capítulo VII hacemos el cálculo de las riostras, considerando al puente descargado, con media sobrecarga o con sobrecarga completa.

No creemos oportuno colocar aquí el detalle de ese cálculo, cuyos resultados nos limitamos a indicar.

Desde luego la insignificancia de las acciones verticales que transmiten al alma de las vigas los contravientos transversales permiten despreciarlas.

En cuanto al trabajo de las cabezas inferiores de los arcos, que arroja el cálculo del contraviento horizontal en los distintos casos de sollicitación considerados, puede consultarse en el cuadro VI.

CUADRO VI

Empuje del viento

TASAS DE TRABAJO EN LA BRIDA INFERIOR

N.º	VIENTO SIN SOBRECARGA		VIENTO I SOBRECARGA COMPLETA		VIENTO I MEDIA SOBRECARGA MEDIOTRAMO CARGADO	
	→	←	→	←	→	←
21	0,00	-0,40	0,00	-0,35	0,00	-0,33
20	+0,44	-0,77	+0,38	-0,66	+0,37	-0,61
19	+0,88	-1,10	+0,75	-0,93	+0,68	-0,85
18	+1,23	-1,37	+1,04	-1,10	+0,96	-1,06
17	+1,54	-1,62	+1,31	-1,39	+1,20	-1,23
16	+1,81	-1,82	+1,54	-1,56	+1,38	-1,37
15	+2,03	-1,90	+1,72	-1,63	+1,53	-1,47
14	+2,21	-2,09	+1,88	-1,80	+1,64	-1,53
13	+2,33	-2,75	+1,98	-1,86	+1,70	-1,55
12	+2,40	-2,17	+2,04	-1,87	+1,71	-1,55

NOTA.—Las flechas indican el sentido de acción del viento.

## CAPÍTULO V

## Cálculo de las vigas principales

## VARIACIONES DE TEMPERATURA

Hemos visto anteriormente que se debe contar con

un descenso de temperatura de  $15^{\circ}$   
 una sobre-elevación » »  $30^{\circ}$

1.º) Consideremos un descenso de temperatura de  $t^{\circ}$  centígrados, i llamemos  $c$  el coeficiente de dilatación del acero.

Cortemos al arco por el plano vertical DC, fig. 38, i consideremos aisladamente sus dos mitades.

Por efecto del descenso de  $t^{\circ}$  en la temperatura, el punto D tiende a experimentar:

Un desplazamiento vertical..... c. t.  $f$   
 Un desplazamiento horizontal hácia la izquierda..... c. t.  $L$

En cuanto a la variación angular de la sección en D, ella tiene un valor nulo.

Hagamos:

$$\begin{aligned} t &= 15 \\ c &= 0,0000122 \\ f &= 4,80 \text{ m.} \\ L &= 20,25 \text{ m.} \end{aligned}$$

Entonces

$$\begin{aligned} \text{c. t. } f &= 0,0000122 \times 15 \times 4,8 = 0,00088 \text{ m.} \\ \text{c. t. } L &= 0,0000122 \times 15 \times 20,25 = 0,0037 \text{ m.} \end{aligned}$$

Los desplazamientos verticales del punto D pueden producirse libremente, sin ocasionar en el arco fatiga alguna (\*).

No sucede lo mismo con los desplazamientos horizontales, que son diametralmente opuestos e iguales en las dos semi-vigas: la sección en D no puede experimentar ningún desplazamiento, ni lineal ni angular, en el sentido horizontal.

El desplazamiento de 0,0037 m. que tiende a producirse en D por efecto del descenso de temperatura sobre el medio arco de la izquierda es neutralizado por la sollicitación en sentido contrario del medio arco de la derecha. Esta sollicitación debida a la temperatura puede ser reemplazada por la de una fuerza  $q_t$ , aplicada en un punto de la sección DC, i tal que, por su acción sobre el medio arco de la izquierda, imprima al punto D un desplazamiento igual i diametralmente opuesto al de que acabamos de hablar.

Esta fuerza  $q_t$  debe ser horizontal: ella no tendrá componente vertical, porque hemos admitido que los efectos de la temperatura en sentido vertical se producen sin enjendrar esfuerzos (fig. 38).

(\*) En realidad el empotramiento del arco dificulta en algo este movimiento; pero hemos preferido no tomarlo en cuenta, en vista de su escasa importancia i para no alargar más el cálculo.

Si llamamos  $\Delta x_t$  el desplazamiento horizontal de D i  $\alpha_t$  la variacion angular de la seccion DC, debidos a  $q_t$ , podemos escribir:

$$\begin{aligned} \Delta x_t &= 0,0037 \text{ m.} \\ \alpha_t &= 0 \end{aligned}$$

Los valores de  $\Delta x_t$  i  $\alpha_t$  pueden avaluarse en funcion  $q_t$  por medio de fórmulas análogas a las (12) i (14) de la páj. 650:

$$\Delta x_t = \frac{1}{E\Omega} \int_A^D \frac{M}{h} \cdot dx \tag{12'}$$

$$\alpha_t = \frac{1}{E\Omega} \left[ \int_A^D \frac{M}{h^2} \cdot dx + \int_A^D \frac{M'}{h'^2} \cdot ds \right] \tag{14'}$$

en la última de las cuales admitimos que las dos cabezas de la viga tienen una misma seccion constante  $\Omega$ .

Es fácil ver que:  
para la brida superior

$$M = q_t (h - d_t) = q_t h - q_t d_t$$

para la brida inferior

$$M' = -q_t d_t .$$

entónces

$$\Delta x_t = -\frac{q_t d_t}{E \cdot \Omega} \int_A^D \frac{dx}{h} + \frac{q_t}{E \cdot \Omega} \int_A^D dx \tag{30}$$

$$\alpha_t = \frac{q_t d_t}{E \cdot \Omega} \left[ \int_A^D \frac{dx}{h^2} + \int_A^D \frac{ds}{h'^2} \right] + \frac{q_t}{E \cdot \Omega} \int_A^D \frac{dx}{h} \tag{31}$$

En el caso presente:

$$E = 16\ 000\ 000\ 000 \text{ k.p.m.}^2 \text{ (*)}$$

$$\Omega = \frac{1}{2} (00,07992 + 0,010992) = 0,009492 \text{ m.}^2$$

$$E \cdot \Omega = 151.872.000 \text{ k.}$$

Hemos tomado como valor de  $\Omega$  el término medio de las secciones de las dos bridas.

(\*) Hemos creído prudente aceptar para el metal empleado el valor de  $E$  que se indica i que correponde mas bien a los enrejados de fierro.

Anteriormente calculamos

$$\int_A^D dx = 20,25; \quad \int_A^D \frac{dx}{h} = 12,752$$

$$\int_A^D \frac{dx}{h^2} = 10,303; \quad \int_A^D \frac{ds}{h'^2} = 10,273$$

Reemplazando en (30) i (31):

$$\begin{aligned} 150.872.000 \Delta x_t &= -12,752 q_t d_t + 20,25 q_t \\ 151.872.000 a_t &= -(10,303 + 10,273) q_t d_t + 12,752 q_t \end{aligned}$$

Pero

$$\Delta x_t = 0,0037 \text{ m.}$$

$$a_t = 0$$

luego:

$$\begin{aligned} 20,25 q_t - 12,752 q_t d_t &= 151,872,000 \times 0,0037 \\ 12,752 q_t - 20,576 q_t d_t &= 0 \end{aligned}$$

de donde

$$d_t = 0,62 \text{ m}$$

$$q_t = 45,522 \text{ k.}$$

El estado de sollicitacion es el que indica la figura 39.

Por el método analítico ya empleado, podemos determinar los esfuerzos que actúan sobre las bridas; por un trazado gráfico, se obtienen los que solicitan a los montantes i diagonales (depurados 40 i 41).



CUADRO VII

Descenso de 15° en la temperatura

N.º	ESFUERZO	SECCION	FATIGA	N.º	ESFUERZO	SECCION	FATIGA
BRIDA SUPERIOR				DIAGONALES			
	k	mm. <sup>2</sup>	k/mm. <sup>2</sup>		k.	mm. <sup>2</sup>	k/mm. <sup>2</sup>
1	+38.540	7.272	+5.29	22	+ 2.350	2.600	+0,90
2	+37.166	»	+5,11	24	+ 2.800	»	+1,04
3	+35.276	»	+4,84	26	+ 3.220	»	+1,24
4	+33.095	»	+4,55	28	+ 3.300	»	+1,27
5	+30.124	»	+4,14	30	+ 4.000	»	+1,54
6	+25.935	»	+3,56	32	+ 5.180	»	+1,99
7	+29.881	»	+2,86	34	+ 5.800	»	+2,23
8	+17.217	»	+2,37	36	+ 4.020	»	+1,54
9	+13.228	»	+1,81	38	+ 4.380	»	+1,68
10	+19.194	»	+1,40	40	+ 3.250	»	+1,25
BRIDA INFERIOR				MONTANTES			
21	+ 6.107	9.872	+0,62	0	- 2.110	5.472	-0,38
20	+ 7.166	»	+0,73	23	- 2.400	6.000	-0,40
19	+ 8.591	»	+0,86	25	- 2.640	»	-0,44
18	+10.404	»	+1,04	27	- 2.500	»	-0,42
17	+12.653	»	+1,27	29	- 2.750	»	-0,46
16	+15.606	»	+1,58	31	- 3.050	»	-0,56
15	+19.782	»	+2,00	33	- 2.840	»	-0,48
14	+24.534	»	+2,47	35	- 1.830	»	-0,31
13	+28.232	»	+2,87	37	- 1.760	»	-0,30
12	+32.289	»	+3,25	39	- 1.200	»	-0,20
				11	0	»	0

2.º Consideremos ahora una elevacion de temperatura de 30°. Los esfuerzos que se desarrollan en el enrejado para una elevacion de temperatura de 15° se obtendrán fácilmente, cambiando de signo a los que corresponden a un descenso de temperatura de 15°. Ahora bien, para un aumento de temperatura de 30° se obtendrán esfuerzos dobles de los anteriores.

Los valores numéricos de estos esfuerzos se obtendrán entonces, cambiando de signo i duplicando los que aparecen consignados en el cuadro VII.

Para el cálculo de las fatigas correspondientes hemos debido ademas tomar en cuenta el cambio de signo de las acciones solicitantes, que introducen modificaciones en el valor de las secciones útiles de las distintas piezas del enrejado.

## CAPÍTULO VI

## Cálculo de las vigas principales

## RESUMEN

Hemos reunido en el cuadro VIII las fatigas que soportan las distintas piezas de los arcos bajo la acción de los esfuerzos que la solicitan.

Brida superior

Números	Peso muerto	PESO MUERTO I MEDIA SOBRECARGA		Peso muerto i sobrecarga completa	TEMPERATURA		Tasa máxima
		Medio-arco cargado	Medio-arco descargado		Elevacion de 30°	Descenso de 15°	
1	+1,82	+3,83	+2,09	+4,10	-9,64	+5,29	+9,39
2	+1,58	+3,26	+1,94	+3,58	-9,30	+5,11	+8,68
3	+1,32	+2,55	+1,75	+2,98	-8,83	+4,84	+7,82
4	+0,90	+1,57	+1,34	+2,02	-8,28	+4,55	-7,38
5	+0,39	+0,42	+0,83	+0,87	-7,54	+4,14	-7,15
6	-0,21	-0,81	+0,15	-0,46	-6,49	+3,56	-6,70
7	-0,92	-2,23	-0,75	-2,07	-5,22	+2,86	-7,45
8	-1,69	-3,54	+1,96	-3,82	-4,30	+2,37	-8,12
9	-2,31	-4,34	-3,19	-5,21	-3,31	+1,81	-8,52
10	-2,61	-4,24	-4,27	-5,88	-2,55	+1,40	-8,33

NOTA.—Todas las tasas de trabajo estan espresadas en kgs. por milímetro cuadrado.

CUADRO VIII (Continuación)

Números	Peso muerto	PESO MUERTO I MEDIA SOBRECARGA		Peso muerto i sobre carga completa	VIENTO SIN SOBRECARGA		VIENTO I MEDIA SOBRECARGA MEDIO-ARCO CARGADO		VIENTO I SOBREGAR-GA COMPLETA		TEMPERATURA		Tasa máxima
		Medio-arco cargado	Medio arco descargado		↔	←	↔	←	↔	←	Elevacion de 30°	Descenso de 15°	
21	-2,57	-4,92	-3,43	-5,80	0	-0,40	0	-0,33	0	-0,35	-1,11	+0,62	-7,26
20	-2,41	-4,53	-3,31	-5,44	+0,44	-0,77	+0,37	-0,61	+0,38	-0,66	-1,30	+0,73	-7,40
19	-2,22	-4,07	-3,16	-5,03	+0,88	-1,10	+0,68	-0,85	+0,75	-0,93	-1,56	+0,86	-7,52
18	-2,00	-3,53	-2,99	-4,53	+1,23	-1,37	+0,96	-1,06	+1,04	-1,17	-1,89	+1,04	-7,59
17	-1,69	-2,34	-2,70	-3,85	+1,54	-1,62	+1,20	-1,23	+1,31	-1,39	-2,30	+1,27	-7,54
16	-1,34	-2,06	-2,32	-3,06	+1,81	-1,82	+1,38	-1,37	+1,54	-1,56	-2,84	+1,58	-7,46
15	-0,93	-1,27	-1,87	-2,10	+2,03	-1,90	+1,53	-1,47	+1,72	-1,63	-2,59	+2,00	-6,32
14	-0,40	-0,11	-1,21	-0,92	+2,21	-2,09	+1,64	-1,53	+1,88	-1,80	-2,46	+2,47	-5,18
13	+0,17	+0,92	-0,31	+0,38	+2,33	-2,15	+1,70	-1,55	+2,98	-1,86	-5,14	+2,87	-7,12
12	+0,68	+1,56	+0,63	+1,53	+2,40	-2,17	+1,71	-1,55	+2,04	-1,87	-5,87	+3,25	-7,36

Brida inferior

CUADRO VIII (Continuacion)

Números	Peso muerto	PESO MUERTO I MEDIA SOBRECARGA		Peso muerto i sobrecarga completa	TEMPERATURA		Tasa máxima	
		Medioarco cargado	Medioarco descargado		Elevacion de 30°	Descenso de 15°		
22	+1,32	+3,34	+0,91	+3,03	-1,57	+0,90	+4,24	Diagonales
24	+1,26	+3,26	+0,87	+2,91	-1,87	+1,04	+4,30	
26	+1,23	+3,23	+0,92	+2,82	-2,15	+1,24	+4,47	
28	+1,80	+4,17	+1,72	+4,08	-2,20	+1,27	+5,44	
30	+1,91	+4,34	+1,96	+4,35	-2,67	+1,54	+5,89	
32	+2,10	+4,61	+2,35	+4,77	-3,45	+1,99	+6,76	
34	+2,51	+5,01	+3,18	+5,70	-3,87	+2,23	+7,93	
36	+2,64	+4,36	+4,19	+6,03	-2,68	+1,54	+7,57	
38	+2,08	+2,88	+4,09	+4,70	-2,92	+1,68	+6,38	
40	+0,95	-0,29	+3,46	+2,19	-2,50	+1,25	+4,71	
0	-0,69	-1,70	-0,51	-1,57	+0,84	-0,38	-2,08	Montantes
23	-0,71	-1,72	-0,56	-1,59	+0,92	-0,40	-2,12	
25	-0,67	-1,64	-0,55	-1,50	+1,02	-0,44	-2,08	
27	-0,81	-1,86	-0,78	-1,83	+0,96	-0,42	-2,28	
29	-0,79	-1,77	-0,80	-1,78	+1,06	-0,46	-1,24	
31	-0,76	-1,67	-0,83	-1,70	+1,17	-0,56	-2,26	
33	-0,69	-1,58	-0,91	-1,74	+1,09	-0,48	-2,22	
35	-0,67	-1,37	-1,03	-1,68	+0,70	-0,31	-1,99	
37	-0,56	-1,01	-0,91	-1,30	+0,68	-0,30	-1,60	
39	-0,38	-0,46	-0,60	-0,87	+0,46	-0,20	-1,07	
11	-0,23	-0,37	-0,37	-0,51	0	0	-0,51	

CAPÍTULO VII

CÁLCULO DE LOS CONTRAVIENTOS

Hemos calculado ya los valores numéricos que corresponden al empuje del viento. Hemos dicho, además, que empleamos dos sistemas de contravientos, uno vertical trasversal i el otro horizontal inferior.

§ I. Contraviento vertical

1.º *Viento sin sobrecarga.*—Tenemos las cifras siguientes:

Presion del viento sobre los guarda-ruedas, entablados i longuerinas..... 6.050 k.  
 Presion del viento sobre las vigas..... 13.200 »

El primero de estos esfuerzos se supondrá concentrado en los nudos superiores de la viga principal, i el último, que admitimos, se reparte uniformemente, se distribuirá entre los nudos superiores e inferiores de la misma.

Segun esto, cada nudo central superior recibirá un refuerzo horizontal igual a

$$\frac{6.050}{20} \times \frac{1}{2} + \frac{13.200}{20} = 633 \text{ k}$$

Cada nudo central inferior recibirá por su parte un empuje de

$$\frac{1}{2} \times \frac{13.200}{20} = 330 \text{ k.}$$

Supongamos que el viento obre de izquierda a derecha, i consideremos el arriostramiento vertical cuyo esquema aparece en la figura 8.

La presion de 633 k se trasmite por intermedio del travesaño *T*, al cual comprime, al nudo *A*, i allí se descompone en dos, una segun el alma de la viga principal, i otra segun la direccion de la diagonal *AB*, cuyo valor es

$$D = \frac{633 \times AB}{BC}$$

por fin esta última se trasmite a *B* i allí da dos componentes, una horizontal, de 633 k, segun el montante *BC* del arriostramiento inferior i otra vertical, segun el alma de la viga principal correspondiente.

El esfuerzo de compresion del travesaño da una tasa de trabajo de

$$\frac{633}{\omega} = \frac{633}{7300} = 0.09 \text{ k p. mm}^2$$

$$\omega = \frac{57 \times 10^6}{7.800} = 7.300 \text{ mm}^2 (*)$$

(\*) Véase cálculo del travesaño.

El esfuerzo que solicita a la diagonal  $AB$  es funcion de su inclinacion, la que se encuentra en peores condiciones de solicitacion es la del segundo paño del arriostamiento, a contar desde el estribo, ella da

$$AB = \sqrt{\frac{BC = 4,05 \text{ m}}{4,05^2 + 4,15^2}} = 5,80 \text{ m.}$$

$$D = \frac{633 \times 5,80}{4,05} = 906 \text{ k.}$$

La diagonal es un fierro  $\perp$  de  $\frac{60 \times 60}{6}$ , de  $684 \text{ mm}^2$  de seccion; descontando un agujero para remache de  $15 \text{ mm.}$ , se tiene:

$$684 - 6 \times 15 = 594 \text{ mm.}^2$$

Su tasa de trabajo será:

$$\frac{906}{594} = 1,52 \text{ k. p. mm.}^2$$

Si el viento obra en sentido contrario del considerado, bastaria cruzar las diagonales i todo se invertirá.

R. CLARO S. I J. LIRA O.

(Continuará)



