PUENTES PROVISORIOS

PARA FERROCARRILES DE TROCHA ANCHA

ESTUDIO JENERAL I APLICACION A UN TIPO DE 48,00 M. DE LUZ TEÓRICA

POR

RAUL CLARO SOLAR

(Continuacion)

CAPÍTULO IV

CÁLCULO DEL CONTRAVIENTO INFERIOR

§ I. Esfuerzos solicitantes

1. OBSERVACIONES. — El contraviento inferior es una viga horizontal, sistema Monier sencillo, en la cual desempeñan el rol de montantes los travesaños del tablero i de cabezas, las cabèzas inferiores de las vigas principales.

Se compone dicho contraviento de 16 paños de 3,00 m. de luz; los montantes son, como se ha visto, piezas de madera i las diagonales, tirantes de fierro apernados a aquellos.

2. ESFUERZOS SOLICITANTES. — *a) Accion del viento con el puente descargado.*— Del estudio hecho en el Capítulo anterior se deduce que la accion de que nos ocupamos es un esfuerzo horizontal, fijo i cuya intensidad alcanza a 404 k/m. c.

Esto, por lo que respecta a las vigas; pero ademas tenemos una presion sobre los travesaños que hemos avaluado ya i que vale 30 k/m. c., presion que se trasmite íntegramente al contraviento inferior.

Segun esto la presion total del viento, que el contraviento inferior debe resistir valdrá:

$$404 + 30 = 434 \text{ k/m. c.}$$

Es ella una carga fija, uniformemente repartida.

b) Accion del viento con el puente cargado. — En el Capítulo II hemos estudiado

la influencia del viento en el caso que consideramos i hemos visto que ella se descompone de la manera siguiente:

presion del viento sobre las vigas	485	k/m. c.
presion del viento sobre los travesaños	18	»
presion del viento sobre el tren	315,9	»

La primera es una carga fija, uniforme, que se reparte por mitad, entre los contravientos superior e inferior; la segunda se trasmite por entero a este último, i la tercera es una carga uniformemente repartida, móvil que tambien carga únicamente al contraviento inferior.

Segun esto la accion del viento sobre el contraviento inferior, cuando el puente está cargado, se traduce por:
una carga fija de

$$\frac{485}{2} + 18 = 260{,}5 \text{ k/m. c.}$$

una carga móvil de

$$315{,}9 \text{ k/m. c.}$$

c) Lacet.—En el Capítulo II hemos avaluado tambien el esfuerzo de lacet; esta accion, que se trasmite íntegramente al contraviento inferior, vale

$$271 \text{ k/m. c.}$$

d) Resúmen.—Esfuerzos sobre el contraviento inferior.
Puente sin sobrecarga:

una carga fija uniformemente repartida de	434	k/m. c.

Puente con sobrecarga:

una carga fija uniformemente repartida de	260,5	»
» » móvil » » »	315,9+271=586,9	

§ II. Cálculo de las Cabezas

1. OBSERVACION.—El esquema de la viga que forma el contraviento inferior es el que aparece dibujado en la figura 16.

Podemos observar, en vista de que las cabezas son de seccion constante, que su cálculo se hará por la fórmula

$$M_A = t\omega' h$$

Segun esto, el único momento que nos interesa será el momento máximo en el medio del tramo.

2. CÁLCULO DE M_A .—Sabemos que el momento máximo en el medio, que corresponde a una sobrecarga uniformemente repartida, se produce cuando ésta cubre todo el puente.

Resulta de aquí que la carga uniformemente repartida que nos servirá para este cálculo será:

puente sin sobrecarga		434 k/m. c.
» con »	260,5 + 586,9 = 847,4	»

Luego debemos considerar solo el caso del puente cargado.

Tenemos entónces un momento máximo en el medio de

$$\frac{1}{8} \times 8{,}474 \times \overline{4.800}^2 = 24.405.120 \text{ k. cms.}$$

3. TASAS DE TRABAJO.—Las cabezas son formadas por cuatro piezas de 15 × 42,5 cms. (de lo que se deben descontar 3 agujeros para pernos en una solera) cuyos ejes distan entre sí de 507 cms.

$$\omega' = 4 \times 15 \times 42{,}5 - 3 \times 3{,}2 \times 15 = 2\,406 \text{ cms.}^2$$
$$h = 507$$

De la fórmula anterior sacamos:

$$t = \frac{M_A}{\omega' h}$$

$$t = \frac{24.405.120}{2.406 \times 507} = 20{,}00 \text{ k/cm.}^2$$

§ III. Cálculo del enrejado

1. CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS DE CORTE MÁXIMO EN LOS NUDOS.—*a) Puente sin sobrecarga.*—En este caso el único esfuerzo solicitante es una carga fija de 434 k/m. c.

Como el depurado relativo al contraviento superior lo hemos construido para una sobrecarga fija de 404 k/m. c., vemos que los esfuerzos de corte que ese depurado nos da serán mui poco inferiores a los que ahora se desarrollan.

Por lo demas, el cálculo exacto de estos esfuerzos puede hacerse multiplicando aquellos por $\frac{424}{404}$; pero él no tiene importancia, pues el caso del puente descargado es mucho ménos desfavorable que el del puente cargado.

b) Puente con sobrecarga.—Tenemos ahora:

una carga fija uniformemente repartida de ..... 260,5 k/mc.
una » móvil » » » ..... 586,9 »

Hemos trazado el depurado de las envolventes de los esfuerzos de corte correspondientes.

En el mismo depurado se pueden medir los esfuerzos sobre los montantes i diagonales del contraviento, para formar con las cifras que nos resultan el cuadro siguiente.

Esfuerzos esteriores	ESFUERZOS SOBRE LAS BARRAS EN K			
	Montantes	Diagonales	Montantes	Diagonales
Viento,	20.338	22.300	8.000	9.300
con	16.700	19.500	6.100	7.200
sobrecarga,	14.300	16.700	4.300	5.100
i	12.100	14.150	2.700	3.150
lacet.	10.000	11.700		1.400

3. TASAS DE TRABAJO.—Pueden consultarse en el cuadro que va a continuacion:

Esfuerzos esteriores	MONTANTES				DIAGONALES				
	Esfuerzos solicitantes, en k	Escuadría de los montantes, en cms.	Seccion trasversal, en cms.^{2}	Tasa de trabajo, en k/cm.^{2}	Esfuerzos solicitantes, en k.	DIÁMETRO, EN MM. del perno	DIÁMETRO, EN MM. del núcleo	Seccion útil en mm.^{2}	Tasa de trabajo en k/mm.^{2}
Viento, con sobrecarga, i lacet.	20.338	45 × 45	2.025	10,04	22.300	63,5	55,3	2.410	8,84
	16.700	40 × 45	1.800	9,28	19.500	63,5	55,3	2.410	8,09
	14.300	40 × 45	1.800	7,95	16.700	57,15	49,02	1.885	8,84
	12.100	40 × 45	1.800	6,72	14.150	57,15	49,02	1.885	7,50
	10.000	40 × 45	1.800	5,55	11.700	47,62	40,38	1.282	9,11
	8.000	40 × 45	1.800	4,44	9.300	47,62	40,38	1.282	7,25
	6.100	40 × 45	1.800	3,39	7.200	38,10	32,68	840	8,57
	4.300	40 × 45	1.800	2,39	5.100	38,10	32,68	840	6,07
	2.700	40 × 45	1.800	1,50					

CAPÍTULO V

CÁLCULO DE LOS ENSAMBLES

§ I Ensambles del tablero

A.—*Ensambles de las longuerinas a los travesaños*

1. DESCRIPCION. — Las longuerinas van afianzadas sobre cada travesaño por una abrazadera cuyas dimensiones se ven en la figura 17.

Esta misma amarra se ha colocado en los puntos en que dos trozos consecutivos de longuerina van a ensamblarse sobre un travesaño.

Resulta de aquí que la abrazadera desempeñará un doble papel: primero, impedir que los estremos de dos trozos consecutivos de longuerina se levanten o, en otros términos, encastrar de una manera mas o ménos perfecta los estremos de esos trozos; i segundo, impedir el movimiento lateral que la longuerina tiene tendencia a tomar bajo la accion del viento sobre el tren i a causa del movimiento de lacet.

2. ESFUERZOS SOLICITANTES.—*a) Esfuerzos verticales.*—Como acabamos de decirlo, las amarras determinan un cierto empotramiento de los estremos de las longuerinas. Este empotramiento no ha sido tomado en cuenta al hacer el cálculo de dichas piezas; pero, en cambio, creemos que no puede prescindirse de él para el cálculo del ensamble que nos ocupa.

Supongamos el empotramiento perfecto, que será el caso mas desfavorable, i observemos que el esfuerzo máximo en el medio que solicita a la longuerina puede estimarse, segun lo hemos calculado en el Capítulo I, en:

peso muerto:	400
sobrecarga rodante:	9.000
viento (ac. vertical):	658

Los momentos de empotramiento serán:
peso muerto:

$$\frac{1}{12} \times 400 \times 150 = \quad 5.000 \text{ k cms.}$$

sobrecarga rodante:

$$\frac{1}{8} \times 9.000 \times 150 = 168.750 \quad »$$

viento (accion vertical):

$$\frac{1}{8} \times \quad 685 \times 150 = \quad 12.844 \quad »$$

Ahora, admitiendo que la rotacion de la pieza trate de producirse, por efecto de cada una de esas acciones, en torno de la arista A, los esfuerzos de estension que solicitan a la abrazadera deberán dar, en torno de dicho punto, momentos iguales i de sentido contrario a los anteriores; como su brazo de palanca es igual a 20 cms., esos esfuerzos valdrán:

peso muerto: $\frac{5.000}{20} = 250$ k.

sobrecarga rodante: $\frac{168.750}{20} = 8.438$ »

viento (accion vertical): $\frac{12.844}{20} = 642$ »

b) Esfuerzos horizontales.—El viento desarrolla sobre la longuerina un esfuerzo horizontal de 559 k. Por su parte el esfuerzo de lacet es igual a 900 k.

En resúmen:

Viento:	559 k.
Lacet:	900 »
TOTAL:	1.459 k.

En realidad este esfuerzo no está aplicado en el plano medio de la longuerina, pero hemos preferido no tomar en cuenta esta circunstancia de poca influencia práctica i considerarlo como si en realidad obrase en dicho plano.

La abrazadera de amarra deberá entónces ser suficiente para resistir al esfuerzo de corte en el estremo de la longuerina, esfuerzo que tiene por valor:

$$\frac{1.459}{2} = 730 \text{ k.}$$

3. TASAS DE TRABAJO.—*a) Trabajo de la abrazadera por estension.*—La seccion trasversal de los pernos que forman la abrazadera i de la parte plana de la misma vale

$$\frac{1}{4} \times 3{,}14 \times \overline{32}^2 = 804 \text{ mm.}^2$$

El esfuerzo de estension que solicita a esta pieza se reparte por mitad entre ámbos pernos; sin embargo, vamos a admitir con Deschamps, (*) que la seccion resistente sea igual solamente a los $\frac{3}{4}$ de las sumas de las secciones de los perntos; ella valdrá

$$\frac{3}{4} \times 2 \times 804 = 1.206 \text{ mm.}^2$$

(*) DESCHAMPS.—*Les principes de la construction des charpentes métalliques*, páj. 245. Año 1898.

I las tasas de trabajo a la estension serán:

peso muerto: $\frac{250}{1.206} = 0{,}22$ k/mm^{-2}

sobrecarga rodante: $\frac{8.438}{1.206} = 6{,}99$ »

viento: $\frac{642}{1.206} = 0{,}53$ »

b) Trabajo de la abrazadera por cizalle.—Poniéndonos en las condiciones mas desfavorables, solo uno de los pernos resistirá al cizalle. Como el esfuerzo de cizalle vale 730 k., tendremos para el trabajo correspondiente

$$\frac{730}{804} 0{,}91 \text{ k/mm}^{-2}$$

c) Trabajo de la madera de aplastamiento.—La superficie de contacto de la abrazadera con la longuerina es igual a

$$20 \times 8 = 160 \text{ cm.}^{-2}$$

La superficie de contacto de las golillas de los pernos de la abrazadera con el travesaño vale

$$2 \times 12{,}5^{2} = 312{,}5 \text{ cm.}^{-2}$$

Luego la longuerina sufrirá mas que el travesaño, por el aplastamiento debido al esfuerzo vertical.

Se tendrá entónces para las presiones máximas:

peso muerto: $\frac{250}{160} = 1{,}56$ k/ cm.$^{-2}$

sobrecarga rodante: $\frac{8.438}{160} = 52{,}74$ »

viento: $\frac{642}{160} = 4{,}01$ »

Calculemos, ahora, el aplastamiento del travesaño por efecto del esfuerzo horizontal de 730 k. que solicita al ensamble.

Admitiendo que ese esfuerzo sea trasmitido al travesaño por la seccion diametral de uno solo de los pernos i suponiendo reparticion triangular de las presiones sobre la madera, (fig. 19), se tendrá una seccion resistente de

$$3{,}2 \times 45 = 144 \text{ cm.}^{-2}$$

i una fatiga máxima de

$$2 \times \frac{730}{144} = 10 \text{ k/ cm.}^{-2}$$

d) Resúmen.—Resumimos en el cuadro siguiente las fatigas del ensamble de la longuerina con el travesaño.

ESFUERZOS ESTERIORES	TASAS DE TRABAJO			
	Abrazadera		Longuerina	Travesaño
	Estension, en k/ mm.$^{-2}$	Cizalle, en k/ mm.$^{-2}$	Aplastamiento, en k/ cm.$^{-2}$	Aplastamiento, en k/ cm.$^{-2}$
Peso muerto i sobrecarga rodante	7,21		54,30	
Viento	0,53	0,91	4,01	10,00
Lacet				
TOTALES	7,74	0,91	58,31	10,00

B.— Ensambles de los travesaños a las vigas.

1. Descripcion.—Los travesaños que caen a plomo de los tirantes de las vigas son sostenidos por éstos; los travesaños intermedios se cuelgan de las cabezas inferiores por medio de tres pernos i con interposicion de un zoquete de madera de 20 × 15 cms. de escuadría, cubierto con una hoja de palastro de m. 0,01 de espesor.

2. Esfuerzo solicitante.—Para calcular estos pernos necesitamos conocer la reaccion máxima que el travesaño ejerce sobre ellos: esa reaccion ha sido calculada en el Capítulo II i vale:

peso muerto:	719,41 k.
sobrecarga rodante:	11.400,00 »
viento (ac. vertical):	270,00 »

En cuanto a las acciones horizontales del viento sobre el tren i del lacet son tan insignificantes que no vale la pena de tomarlas en cuenta.

3. TASAS DE TRABAJO.—*a) Trabajo de los tirantes a la traccion.*—Hemos adoptado, para el ensamble de los travesaños intermedios, tres pernos de 31,75 mm. de diámetro total o sea de 26,92 mm. de diámetro útil; luego la seccion resistente será

$$3 \times 3{,}14 \times \frac{\overline{26{,}92}^{2}}{4} = 1.717 \text{ mm}^{-2}$$

i las tasas de trabajo correspondientes:

peso muerto: $\frac{719{,}41}{1.717} = 0{,}42 \text{ k/mm}^{-2}$

sobrecarga rodante: $\frac{11.400}{1.717} = 6{,}64$ »

viento: $\frac{270}{1.717} = 0{,}15$ »

b) Trabajo de la madera de aplastamiento.—Las superficies de aplastamiento de los tirantes contra los travesaños i contra el zoquete de suspension son mayores que la del zoquete contra la cabeza; esta última vale

$$4 \times 15 \times 20 = 1{,}200 \text{ cms.}^{-2}$$

Las tasas máximas de trabajo serán:

peso muerto: $\frac{719{,}41}{1.200} = 0{,}60 \text{ k/cm}^{-2}$

sobrecarga rodante: $\frac{11.400}{1.200} = 9{,}5$ »

viento (ac. vertical): $\frac{270}{1.200} = 0{,}23$ »

c) Trabajo del zoquete de suspension.—El zoquete es una pieza de madera de 20×15 cms. de escuadría. Para calcularla podemos suponerla cortada a plomo de la mitad de las soleras como lo indica el esquema de la figura 20.

Admitiendo que la reaccion de un tirante se reparte uniformemente en las superficies de apoyo del zoquete sobre las soleras, tendremos la solicitacion de la figura 21.

Para calcular los momentos máximos correspondientes a las diversas acciones solicitantes, observaremos que esos esfuerzos se reparten por terceras partes entre los tres tirantes; segun esto:

peso muerto: $\frac{1}{3} \times \frac{1}{4} \times 719{,}41 \times 16{,}5 = 989{,}19 \text{ k.cms}$

sobrecarga rodante: $\frac{1}{3} \times \frac{1}{4} \times 11.400 \times 16,5 = 15.675,00$ »

viento (ac. vertical): $\frac{1}{3} \times \frac{1}{4} \times 270 \times 16,5 = 371,25$ »

El esfuerzo de corte máximo en el apoyo vale:

peso muerto: $\frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 719,41 = 119,90$ k.

sobrecarga rodante: $\frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 11.400 = 1.900,00$ »

viento: $\frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 270 = 45,00$ »

Podemos por fin calcular las fatigas de la pieza de que nos ocupamos.

Fatigas por flexion:

peso muerto: $\frac{989,19}{\frac{1}{6} \times 20 \times \overline{15}^2} = 1,32$ k/cm^2

sobrecarga rodante: $\frac{15.675}{\frac{1}{6} \times 20 \times \overline{15}^2} = 20,90$ »

viento: (ac. vertical): $\frac{371,25}{\frac{1}{6} \times 20 \times \overline{15}^2} = 0,49$ »

Fatigas por cizalle:

peso muerto: $\frac{119,9}{20 \times 15} = 0,40$ »

sobrecarga rodante: $\frac{1900}{20 \times 15} = 6,33$ »

viento: (ac. vertical): $\frac{45}{20 \times 15} = 0,15$ »

d) Resúmen. — Puede consultarse en el cuadro siguiente.

Esfuerzos solicitantes en k	TAZAS DE TRABAJO			
	Tirantes	Cabezas de las vigas	Zoquete de suspension	
	Tension, en k/mm.^{2}	Aplastamiento, en k/cm.^{2}	Flexion, en k/cm.^{2}	Cizalle, en k/cm.^{2}
Peso muerto i sobrecarga rodante..	7,06	10,10	22,22	6,73
Viento (ac. vertical)	0,15	0,23	0,49	0,15
TOTALES.....	7,21	10,33	22,71	6,88

§ II. Ensambles de las vigas

A.—*Ensambles de la cabeza inferior*

1. DESCRIPCION. — Cada una de las soleras que forman la cabeza inferior es formada de diverzas piezas que se unen entre sí de tope i con el auxilio de dos planchas de fierro de 425 x 10 mms. de escuadría i de 16 pernos de 32 mms. de diámetro.

Los detalles de este ensamble pueden consultarse en la figura 22.

2. ESFUERZO SOLICITANTE. — El ensamble de que tratamos debe estar calculado para resistir el esfuerzo de estension que tenderá a separar los dos trozos de solera; ese esfuerzo tendrá su valor máximo en el paño del medio. Lo podemos calcular observando que en el Capítulo II hemos visto que los momentos máximos en el medio de la viga valen:

peso muerto:	43.200.000 k.cms.
sobrecarga rodante:	82.900.000 »
viento (ac. vertical):	5.184.000 »

Por otra parte, en el Capítulo IV, al hacer el cálculo del contraviento inferior, hemos visto que el momento máximo que solicita a la cabeza inferior de las vigas por efecto de la accion horizontal del viento i del lacet vale:

viento (ac. horizontal) i lacet:	24,405 120 k cms.

Para tener los esfuerzos de estension máximos que solicitan a toda la cabeza inferior en el paño medio, bastará dividir los momentos anteriores por la altura de la viga (600 cms.), o del contraviento inferior (507 cms.), segun el caso:

peso muerto: $\frac{43.200.000}{600} = 72.000$ k.

sobrecarga rodante: $\frac{82.900.000}{600} = 138.167$ »

viento (ac. vertical): $\frac{5.184.000}{600} = 8.640$ »

viento (ac. horizontal) i lacet: $\frac{24.405.120}{507} = 48.136$ »

La cuarta parte de estos esfuerzos corresponderá a una solera:

peso muerto i sobrecarga: 52.540 k.
viento i lacet: 14.194 »

3. TASAS DE TRABAJO.—*a) Trabajo de la madera al cizalle.*—Los esfuerzos que acabamos de calcular se reparten entre ocho pernos a cada uno de los cuales corresponde:

peso muerto i sobrecarga: $\frac{52.542}{8} = 6.568$ k.

viento i lacet: $\frac{14.194}{8} = 1.774$ »

Estos esfuerzos tenderán a cizallar la madera segun dos secciones de cizalle que dan en conjunto un área mínima de

$$2 \times 16 \times 15 = 480 \text{ cms.}^2$$

Las tasas de trabajo de la madera por cizalle serán:

peso muerto i sobrecarga: $\frac{6.568}{480} = 13,68$ k/cm.^{2}

viento i lacet: $\frac{1.774}{480} = 3,69$ »

b) Trabajo de la madera al aplastamiento. — La seccion de aplastamiento de la madera contra cada perno vale

$$3{,}2 \times 15 = 48 \text{ cm.}^2$$

Luego las fatigas de que se trata serán de:

peso muerto i sobrecarga: $\frac{6.568}{48} = 136{,}83 \text{ k/cm.}^2$

viento i lacet: $\frac{1.774}{48} = 36{,}95$ »

c) Trabajo de las planchas de fierro a la estension. — La seccion trasversal de estas planchas es igual a

$$2 \times 425 \times 10 = 8.500 \text{ mm.}^2$$

Debemos descontar tres agujeros para pernos por plancha, lo que reduce la seccion útil a

$$8.500 - 6 \times 32 \times 10 = 6.580 \text{ mm.}^2$$

Luego las tasas de trabajo de las planchas serán:

peso muerto i sobrecarga: $\frac{52.542}{6580} = 7{,}98 \text{ k/mm.}$

viento i lacet: $\frac{14.194}{6.580} = 2{,}15 \text{ k/mm.}^2$

d). Trabajo de las planchas de fierro al cizalle. — Para cada perno tenemos cuatro secciones de cizalle, de las cuales las mínimas valen

$$4 \times 160 \times 10 = 6.400 \text{ mm.}^2$$

Segun esto el trabajo por cizalle será de:

peso muerto i sobrecarga: $\frac{6.568}{6.400} = 1{,}02 \text{ k/mm}$

viento i lacet: $\frac{1.774}{6.400} = 0{,}28$ »

e). Trabajo de las planchas de fierro al aplastamiento.—Seccion resistente para un perno:

$$2 \times 10 \times 32 = 640 \text{ mm.}^2$$

Tasas de trabajo:

peso muerto i sobrecarga: $\frac{6.568}{640} = 10{,}26$ k/mm.^{2}

viento i lacet: $\frac{1.774}{640} = 2{,}77$ »

f). Trabajo de los pernos al cizalle. — Los pernos trabajan por cizalle doble siendo la seccion resistente de cada uno

$$2 \times 3{,}14 \frac{32^2}{4} = 1.608 \text{ mm.}^2$$

Las tasas de trabajo correspondientes valen:

peso muerto i sobrecarga: $\frac{6.586}{1.608} = 4{,}08$ k/mm.^{2}

viento i lacet: $\frac{1.774}{1.608} = 1{,}11$ »

g) Resúmen. — Puede consultarse en el cuadro siguiente:

Esfuerzos solicitantes	TASAS DE TRABAJO					
	CABEZA INFERIOR		PERNOS	PLANCHAS DE FIERRO		
	Cizalle, en k/cm.^{2}	Aplastamiento, en k/cm.^{2}	Cizalle, en k/mm.^{2}	Estension, en k/mm.^{2}	Cizalle, en k/mm.^{2}	Aplastamiento, en k/mm.^{2}
Peso muerto i sobrecarga.....	13,68	136,83	4,08	7,98	1,02	10,26
Viento i lacet.	3,69	36,95	1,11	2,15	0,28	2,77
TOTALES.....	17,37	173,78	5,19	10,13	1,30	13,03

B.—Ensambles de la cabeza superior

1. DESCRIPCION. — El ensamble de dos trozos consecutivos de solera se hace como lo indica la figura 23.

La poca altura de la cabeza superior nos ha aconsejado disponer los pernos de ensamble en líneas verticales, en lugar de emplear la disposicion en diagonal consultada para la cabeza inferior.

2. ESFUERZOS SOLICITANTES. — Como en todo caso la cabeza superior va a estar sometida a un esfuerzo de compresion los ensambles de que nos ocupamos no trabajarian si los ajustes de las piezas ensambladas fueran perfectos. Pero en la práctica esta condicion no se realizará i hai interes, por consiguiente, en calcular el ensamble para que resista al máximo de los esfuerzos de compresion que solicitan a la cabeza superior, máximo que se produce en el paño medio de la viga.

En vista de los cálculos que hemos verificado en los Capítulos II i III, tenemos como valores de los momentos máximos debidos a las diversas acciones solicitantes:

peso muerto:	42.525.000 k.cms.
sobrecarga rodante:	81.900.000 »
viento (ac. vertical):	5.103.000 »
» (ac. horizontal):	12.125.000 »

De aquí deducimos los esfuerzos máximos de compresion sobre la cabeza superior, dividiendo los tres primeros momentos por la altura de la viga, (600 cms.) i el último por la del contraviento, (507 cms;)

peso muerto: $\frac{42.525.000}{600} = 70.875$ k.

sobrecarga rodante: $\frac{81.900.000}{600} = 136.500$ »

viento (ac. vertical): $\frac{5.103.000}{600} = 8.505$ »

» (ac. horizontal): $\frac{12.125.000}{507} = 20.208$ »

La cuarta parte de estos esfuerzos corresponderá a una solera:

peso muerto i sobrecarga:	51844 k
viento:	7.178 »

3. TASAS DE TRABAJO.—*a) Trabajo de la madera al aplastamiento.*—Admitiendo que cada uno de los seis pernos que reciben los esfuerzos de compresion tome $\frac{1}{6}$ de estos esfuerzos, tendremos:

peso muerto i sobrecarga: $\frac{51.844}{6} = 8.641$ k

viento: $\frac{7.178}{6} = 1.197$ »

La seccion de aplastamiento de la madera contra cada perno vale

$$3{,}2 \times 15 = 48 \text{ cms.}^2$$

Luego las tasas del trabajo serán:

peso muerto i sobrecarga: $\frac{8.641}{48} = 180{,}00$ k/cm.^{2}

viento: $\frac{1.197}{48} = 24{,}94$ »

b) Trabajo de la madera al cizalle. - Como la seccion de cizalle de la madera es en cierto modo indefinida, la solicitacion por cizalle queda asegurada a priori.

c) Trabajo de las planchas de fierro a la compresion.—La seccion trasversal de estas planchas es igual a

$$2 \times 325 \times 10 = 6.500 \text{ mm.}^2$$

Luego las tasas de trabajo de que se trata serán:

peso muerto i sobrecarga: $\frac{51.844}{6.500} = 7{,}97$ k/mm.^{2}

viento: $\frac{7.178}{6.500} = 1{,}10$ »

d) Trabajo de las planchas de fierrro al cizalle.— Para cada perno tenemos cuatro secciones del cizalle; las secciones mínimas valen

$$4 \times 55 \times 10 = 2.200 \text{ mm.}^2$$

Segun esto, los trabajos por cizalle tendrán por valor:

peso muerto i sobrecarga: $\frac{8.641}{2.200} = 3{,}93$ k/mm.^{2}

viento: $\frac{1.197}{2.200} = 0{,}54$ »

e) Trabajo de las planchas de fierro al aplastamiento.—Las secciones resistentes para un perno tienen por valor

$$2 \times 32 \times 10 = 640 \text{ mm.}^2$$

I las tasas de trabajo:

peso muerto i sobrecarga: $\frac{8.641}{640} = 13{,}34$ k/mm.^{2}

viento: $\frac{1.197}{640} = 1{,}87$ »

f) Trabajo de los pernos al cizalle.—Los pernos trabajan por cizalle doble, siendo la seccion resistente de cada uno:

$$2 \times \frac{3{,}14 \times 32^2}{4} = 1.608 \text{ mm.}^2$$

Las tasas de trabajo por cizalle valdrán:

peso muerto i sobrecarga: $\frac{8.641}{1.608} = 5.37$ k/mm.^{2}

viento: $\frac{1.197}{1.608} = 0{,}74$ »

g) Resúmen.—Puede consultarse en el cuadro siguiente:

Esfuerzos solicitantes	TASAS DE TRABAJO				
	CABEZA SUPERIOR	PERNOS	PLANCHAS DE FIERRO		
	Aplastamiento, en k/cm.²	Cizalle, en k/mm.²	Compresion, en k/mm.²	Cizalle, en k/mm.²	Aplastamiento, en k/mm.²
Peso muerto i sobrecarga.....	180,00	5,37	7,97	3,93	13,34
Viento.....	24,94	0,74	1,10	0,54	1,87
TOTALES. ...	204,94	6,11	9,07	4,47	15,21

C. – Ensambles de los tirantes

1. DESCRIPCION. – Los tirantes van colgados superiormente de las cabezas con interposicion de un zoquete de madera de 15 × 20 cms. cubierto con una plancha de fierro de 10 mms. de grueso; inferiormente sostienen al travesaño correspondiente.

2. ESFUERZOS SOLICITANTES.—Los ensambles que se encontrarán en peores condiciones de solicitacion serán los de los tirantes de los paños estremos.

El esfuerzo de estension que actúa sobre esos tirantes vale:

peso muerto i sobrecarga: 51.500 k.
viento (ac. vertical): 2.050 »

Considerando, ahora, que cada tirante es formado por tres pernos, tendremos una traccion sobre cada perno igual a:

peso muerto i sobrecarga: $\frac{1}{3} \times 51.500 = 17.167$ k.

viento: $\frac{1}{3} \times 2.050 = 683$ »

3. TASAS DE TRABAJO.—*a) Trabajo de la madera al aplastamiento.* – La seccion peligrosa por aplastamiento es la de los zoquetes de suspension contra las soleras de la cabeza superior; ella vale

$$4 \times 15 \times 20 = 1.200 \text{ cm.}^2$$

i las tasas de trabajo:

peso muerto i sobrecarga: $\frac{51.500}{1.200} = 42{,}91$ k/cm.^{2}

viento: $\frac{2.050}{1.200} = 1{,}71$ »

b) Trabajos del zoquete de suspension. — Para calcular el zoquete supondremos que esté cortado a plomo de los ejes de las soleras.

Admitiendo que la reaccion debida a un tirante se reparta uniformemente en las superficies de apoyo correspondientes del zoquete sobre las soleras, la solicitacion de aquel será el de la figura 24.

Luego tendremos como valores de los momentos de flexion máximos a que deberá resistir el zoquete:

peso muerto i sobrecarga: $\frac{1}{4} \times 17.167 \times 16{,}5 = 70.814$ k.cms.

viento: $\frac{1}{4} \times 683 \times 16{,}5 = 2.187$ »

(Continuará).