

Estudio de un puente de vigas doble T de acero con plataforma de hormigón armado

POR

CARLOS G. LOPEZ,
Profesor de construcciones de madera y metálicas.



El estudio expresado a continuación se lo presenta sin pretender innovaciones de ningún género, ni en la teoría ni en los métodos empleados, puesto que estos se hallan agotados en numerosas publicaciones y textos técnicos, de renombrados autores, al respecto. El objeto que se persigue al hacer la presente publicación es indicar en forma lógica y ordenada la resolución de un problema esencialmente práctico y cuya aplicación está realizándose en la actualidad; se ha creído además, que el desarrollo completo de un estudio de esta naturaleza, puede serles beneficioso a los estudiantes de Ciencias de la Universidad Central, quienes pueden tener oportunidad de inspeccionar la obra, ya sea en vía de construcción o una vez terminada.

DATOS

DIMENSIONES.

Luz libre = 11,0 m.

Ancho útil = 5,40 m.

Ancho total = No debe exceder de 6, m.

ESPECIFICACIONES

Clase de Superestructura: — Vigas de acero doble T, con calzada de hormigón armado.

Cargas móviles adoptadas:

Concentrada: Camión de 8 toneladas de 2 000 libras.

Repartida: 750 k/m².

El efecto de estas cargas será estudiado comparativamente, a fin de determinar los esfuerzos máximos que deban combinarse con los estáticos, para seleccionar finalmente la sección de metal que garantice la estabilidad de la obra.

PESOS ADOPTADOS PARA LOS VARIOS MATERIALES

Acero: 7850 k/m³

Hormigón armado: 2400 k/m³

Tierra areno-arcillosa: 1600 k/m³



ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

CALCULOS

DIMENSIONES Y PESOS APROXIMADOS DE LAS VIGAS DOBLE T.

El valor de a (altura) varía entre

$$\frac{L}{20} \text{ y } \frac{L}{25}, \text{ emplearemos } a = \frac{L}{22,5};$$

entonces
$$a = \frac{11,00}{22,50} = 0,489 \text{ m.}$$

Sirviéndonos de este dato podemos seleccionar en el Manual Carnegie una viga de altura a , cuya dimensión sea igual o inmediatamente mayor, de acuerdo con las normas de manufactura.

De esta manera se ha escogido la viga designada B₃ de 0,508 m. de altura (20 pulgadas) y con un peso de 97,3 k/m (65,4 lbs/pie).

ESPESOR DE LA PLANCHA DE HORMIGÓN PARA LA CALZADA

Para evitar el empleo de encofrado de madera, obteniendo así un alto porcentaje de economía, en relación con el costo del hormigón de la plataforma, se ha optado por el uso de una tela metálica denominada self-sentering, la cual a más de la ventaja anotada presenta las adicionales siguientes: economía en el volumen de hormigón, una adherencia dentro de la matriz del citado material diez veces mayor que en el caso de varillaje, una resistencia en igualdad de condiciones superior a la ofrecida por las plataformas ordinarias de hormigón armado, y finalmente rapidez en la colocación del hormigón. El espacio que se ha adoptado entre ejes de vigas longitudinales, es el máximo recomendado en el Manual Self-Sentering, el cual, para la tela designada 0,75, que se empleará en este caso, es de 0,85 m.

Consistentes con la ventaja mencionada acerca de la economía en la cantidad de hormigón necesaria, para resistir los esfuerzos producidos por el propio peso de la estructura y del tráfico probable, asumiremos un espesor para ese material de 0,12 m. en el centro y 0,10 m. en las cunetas de la calzada, para la sección entre la superficie libre y la base superior de las vigas doble T, sobre las cuales descansará la tela self-sentering, y un espesor de 0,02 m. para el enlucido de mortero de cemento, que debe cubrir la parte inferior de dicha tela, o sea el espacio entre las vigas de acero.

Estos datos determinarán el peso del hormigón, al cual debe añadirse el de la tierra que, colocada sobre la calzada, servirá para amortiguar el efecto del tránsito, siquiera durante el tiempo crítico de fraguado; y finalmente el esfuerzo máximo de una de las cargas vivas asumidas, empleándoles alternativamente. Calculada la carga máxima combinada, se la comparará con la resistencia garantizada para planchas de hormigón armado con self-sentering, y que es dada en el Manual respectivo.

CARGA MÁXIMA REPARTIDA QUE SOPORTARA LA PLANCHA DE LA CALZADA

Tierra	$0,15 \times 1600 = 240$	
Hormigón	$0,12 \times 2400 = 288$	528 k/m ²
Carga viva repartida:		<hr/>
Repartición de la carga concentrada de una		750 k/m ²

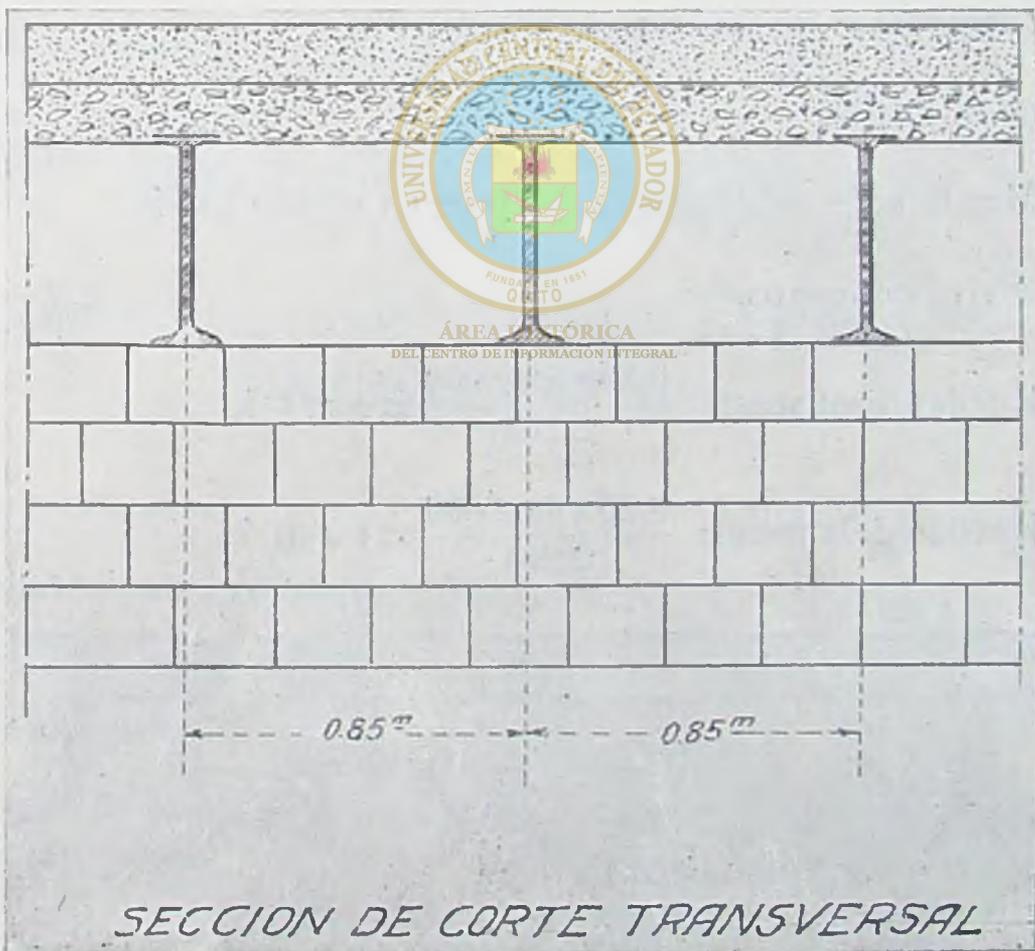
$$\text{rueda motriz:} \dots\dots\dots \frac{0,30 \times 16000}{2,205 \times 0,85} = 2560 \text{ k/m}^2$$

Empleando la última por ser mayor, tendremos que la carga máxima total será: 3088 k/m²

Según el Manual Self-Sentering una plancha de las dimensiones indicadas puede resistir hasta 4 900 k/m².

La diferencia favorable en resistencia nos da un margen de seguridad, para contrarrestar el impacto de las cargas concentradas y aún para compensar por la deficiencia en la manufactura del hormigón, el cual se sobreentiende ser mezclado a máquina, siendo el agregado de roca proporcionado mediante previo análisis y la cantidad de agua determinada cuidadosamente para cada mezcla.

SECCION DE LAS VIGAS DE ACERO



Hasta determinar las dimensiones definitivas de las vigas, asumiremos la distancia de 0,50 m. entre la arista del apoyo y el

punto de concentración de la viga sobre aquel. La distancia entre centros de apoyo será entonces:

$$11,00 + 2 \times 0,50 = 12 \text{ m.}$$

Carga muerta:

$$\text{Peso de tierra: } 0,10 \times 0,85 \times 1,600 = 204,00$$

$$\text{Peso de hormigón: } 0,12 \times 0,85 \times 2,400 = 244,70$$

$$\text{Peso de la viga: dada en el Manual Carnegie } = 97,30$$

$$\text{TOTAL } \underline{\underline{546,00 \text{ k/m.}}}$$

Momento flector:

$$M = \frac{1}{8} w l^2 = \frac{1}{8} \times 546 \times 144 \times 100 = 983,00 \text{ cm-k.}$$

Carga viva repartida:

$$\text{Intensidad: } 750 \times 0,85 = 638 \text{ kg/m.}$$

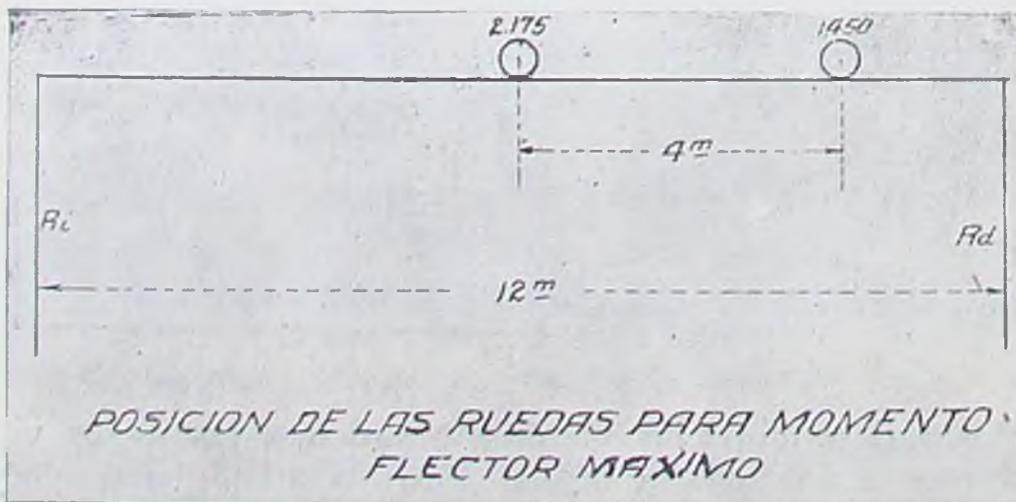
Momento flector:

$$M = \frac{1}{8} w l^2 = \frac{1}{8} \times 638 \times 144 \times 100 = 1.147,500 \text{ cm-k.}$$

Carga viva concentrada:

$$\text{Ruedas motrices: } \frac{0,30 \times 8 \times 2.000}{2,205} = 2.175 \text{ k.}$$

$$\text{Ruedas delanteras: } \frac{0,20 \times 8 \times 2.000}{2,205} = 1.450 \text{ k.}$$



$$R_i = \frac{2\,175 \times 6 + 1.450 \times 2}{12} = \frac{15\,950}{12} = 1.330 \text{ k.}$$

$$R_d = 3.625 - 1.330 = 2.295 \text{ k.}$$

Momento flector:

$$M = 1.330 \times 6 \times 100 = 798.000 \text{ cm-k.}$$

Como el momento flector producido por la carga viva repartida es mayor que aquel de la carga concentrada, lo emplearemos para combinarlo con el estático.

Momento flector total:

$$983\,000 + 1.147.500 = 2.130.500 \text{ cm-k (1.850.000 plgs-lbs).}$$

Módulo necesario:

$$\frac{M}{S} = \frac{2.130.500}{1.225} = 1.740 \text{ cm}^3 \text{ (106,15 plgs.}^3\text{).}$$



COMPROBACIONES CON LOS DATOS DEL
MANUAL CARNEGIE

Módulo resistente:

(Manual) = 116,9 plgs.³, que es mayor que el calculado de 106,15 plgs.³.

Momento flector:

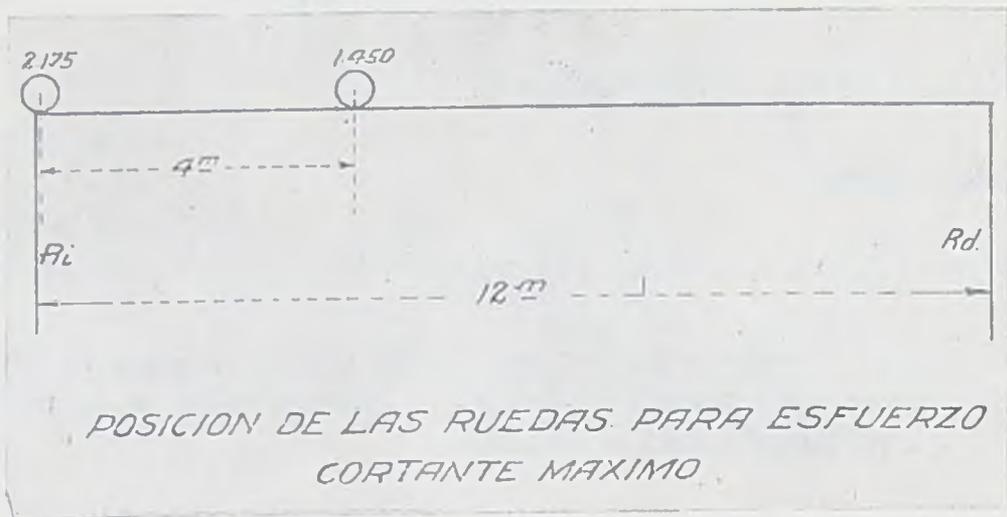
(Manual) = 1.870.000 plgs-lbs., mayor que el calculado de 1.850.000 plgs-lbs.

Reacción total:

Carga muerta: $\frac{1}{2} wl = \frac{1}{2} \times 546 \times 12 = 3.276 \text{ k.}$

Carga viva repartida: $\frac{1}{2} wl = \frac{1}{2} \times 750 \times 0,85 \times 12 = 3.825 \text{ k.}$

Carga viva concentrada:

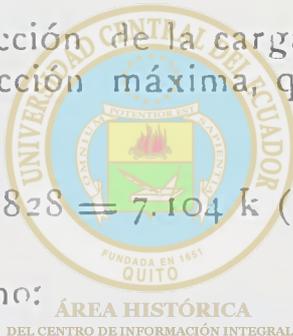


$$R_i = \frac{1.450 \times 8 + 2.175 \times 12}{12} = 3.141 \text{ k.}$$

Se empleará la reacción de la carga viva repartida por ser mayor; entonces la reacción máxima que es igual al esfuerzo cortante será:

$$R = V = 3.276 + 3.828 = 7.104 \text{ k (15.670 lbs).}$$

Esfuerzo cortante máximo:



(Manual) = 100 000 lbs. (45.400 k), que es mayor que el calculado.

Carga total repartida:

Carga muerta: $546 \times 12 = 6.552 \text{ k.}$

Carga viva repartida: $638 \times 12 = 7.656 \text{ k.}$

Suman..... 14 208 k (31.328 lbs).

Carga equivalente:

(Manual) = 31.974 lbs. que es mayor que la calculada.

DISTANCIA NECESARIA EN LOS APOYOS

Como el esfuerzo cortante máximo se produce en los apoyos, donde las vigas pueden fallar por efecto de la deformación lateral, la cual es una consecuencia de la compresión diagonal, es necesario que determinemos primeramente la resistencia de la

viga calculada, al esfuerzo que produce la deformación indicada. La fórmula que se usa en este caso, reducida al sistema métrico es:

$$E_1 = 1.337 - 12,17 \frac{a}{e_v}$$

en la cual E_1 = esfuerzo lateral; a = altura de la viga doble T considerada; e_v = espesor del vástago de la viga. Aplicando la fórmula tenemos:

$$E_1 = 1.337 - 12,17 \times \frac{50,8}{1,27} = 1.337 - 487 = 850 \text{ k/cm}^2 \\ = (12095 \text{ lbs/plg}^2).$$

En este caso el Manual da un valor de 12070 lbs/plg²., pero como la diferencia de 25 lbs/plg². es solamente 0,208% de dicho valor y como por otra parte es permisible en estas comprobaciones tolerancias hasta del 2%, es evidente que la viga calculada prestará seguridad también en este caso.

El valor de E_1 admisible debe ser reemplazado en la fórmula:

$$d = \frac{V}{E_1 e_v}$$

en la cual, d = longitud mínima del apoyo, V = esfuerzo cortante máximo, E_1 , e_v y a como antes; reemplazando tendremos:

$$d = \frac{45.400}{849 \times 127} - \frac{50,8}{4} = 29,4 \text{ cm.}$$

Empleando 30 cm. se hará la comprobación de la resistencia unitaria (r) del hormigón, dentro del cual se colocarán dos rieles para la distribución de la carga total.

$$r = \frac{P}{A} = \frac{V}{b \times 2b_1}$$

V = esfuerzo cortante máximo real

b = ancho de la base de la viga doble T

b_1 = ancho de la base del riel, entonces:

$$r = \frac{7.104}{15,87 \times 2 \times 9} = 24,90 \text{ k/cm}^2.$$

Como el coeficiente de trabajo para hormigón simple se con-

sidera en 32 k/cm^2 . como mínimun, se observa que también hay seguridad a este respecto.

La longitud total de cada una de las vigas a pedirse, será entonces:

$$11,0 + 2 \times 0,3 = 11,6 \text{ m. (38,08 pies).}$$

DESIGNACION DEL PEDIDO

7 vigas: B₃—65.4 lbs/p—38'-1".

Quito, Agosto 31 de 1928.



ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL