

NORMAS PARA EL CALCULO DE TRAMOS METALICOS, DICTADAS EN ITALIA

Por DOMINGO MENDIZABAL, Ingeniero de Caminos.

Presenta el autor un resumen de las normas dictadas en Italia con motivo de la reconstrucción de obras metálicas destruidas por la guerra, y las considera prácticas y de interés para ser conocidas por nuestros lectores, como hace constar en su comentario final del artículo.

Para la campaña de reconstrucción de obras metálicas destruidas como consecuencia de la guerra en Italia, se han dictado por el Ministerio de Comunicaciones, con fecha 30 de noviembre de 1946, Normas de sencilla aplicación con objeto de que, tanto el cálculo de los proyectos como el examen de éstos y su aprobación, si procede, se puedan culminar rápidamente.

Considero interesante dar a conocer lo más importante de estas Normas que, aunque en realidad no han de tener aplicación, en su mayoría, en España, donde existe la vigente "Instrucción para el Cálculo de tramos metálicos", ya casi se puede decir habiendo llegado al límite su aplicación, especialmente por lo que se refiere a sus cargas, ha de ser útil su conocimiento, pues los consejos y normas aludidas pueden ayudar en algunos casos al cálculo y elección de tipos y coeficientes.

A. Determinación de la luz teórica.

a) Cuando un tramo se apoya en sus dos extremos sobre placas planas, o un extremo en estas condiciones y el otro sobre rodillos a su vez colocados sobre placas planas, se considerará como luz teórica la distancia entre las líneas medias de dichas placas.

b) Si los aparatos de apoyo son de rótula o la superficie de contacto de la placa es cilíndrica, se considerará como luz teórica la distancia entre el plano axial del rodillo y aquellas líneas de contacto.

c) Las sustentaciones de fábrica de los aparatos de apoyo, pilas o estribos, se calcularán en la hipótesis de que las reacciones verticales pasen por el primer rodillo (en el caso de existir varios) o por el tercio de la placa simple, considerado aquél y ésta en la parte de apoyo próxima al centro del tramo.

d) En el caso de apoyo directo del tramo sobre las fábricas, se considerará como luz teórica la distancia entre los centros de las superficies de contacto.

En el cálculo de viguetas y largueros o, en general, cualquier viga unida a otra, se considerará como simplemente apoyada y se tomará como luz teórica la distancia entre los bordes interiores de las vigas principales sustentadoras y en la parte correspondiente al centro de las que se calculen.

B. Cálculo de las uniones.

Para cada una de las vigas unidas en sus extremos a otra, habrá que examinar caso por caso en qué grado pueden considerarse como empotradas en relación con la modalidad en que se une a la viga que la sostiene y en el grado en que ésta está capacitada para resistir el giro de reacción que en la unión se produce.

En caso de duda, la sección media de la viga se calculará como si estuviese simplemente apoyada en los extremos, en tanto que en la sección extrema y los elementos de unión se calcularán como si hubieran empotramiento.

Para algunos casos particulares se dictan normas especiales:

a) Para viguetas de tramo de piso inferior y sin arriostramiento superior, se calculan como apoyadas y los extremos y uniones para un momento de empotramiento, mitad del que el cálculo determine.

b) Si el tramo está inferior o superiormente arriostrado y las viguetas forman parte de la viga horizontal de arriostramiento, se puede, para simplificar, seguir el mismo criterio que en el caso anterior.

c) Cuando la unión de las viguetas a los largueros se haga directamente en el alma de éstas, se calcularán como apoyados y los enlaces para un semiempotramiento. Por el contrario, si los enlaces se hacen sobre los ángulos que forman aquéllas, se calcularán como semiempotradas y los enlaces para un empotramiento perfecto.

C. Cálculo de las sobrecargas.

La posición y extensión de las sobrecargas debe, en todos los casos, producir los máximos esfuerzos, pudiéndose adoptar aquéllas continua o discontinuamente, según sea más desfavorable su efecto.

Si se tratase de tramos con vigas continuas, las sobrecargas se supondrán constituidas por varios grupos distintos, compuestos de locomotoras y material remolcado, del material más pesado correspondiente al tráfico de la línea de que se trate y en la posición más desfavorable.

Si se adoptan sobrecargas virtuales uniformemente repartidas equivalentes a los trenes-tipos y se denomina p_1 la correspondiente a los momentos flectores y p_2 la de los esfuerzos cortantes por m. l., se considerará:

a) Como diagrama de los momentos flectores debidos a la sobrecarga p_1 , la figura formada por dos semiparábolas de ejes verticales dispuestos simétricamente con ordenada máxima $\frac{1}{8} \times p_1 \times l^2$ y unidas por un segmento horizontal tangente a ambas en sus vértices y de la longitud $z = l \left(1 - \frac{p_1}{p_2} \right)$ (fig. 1.^a).

b) Para el cálculo de los esfuerzos cortantes producidos por la sobrecarga p_2 en una determinada sección, se considerará que el tramo es recorrido por

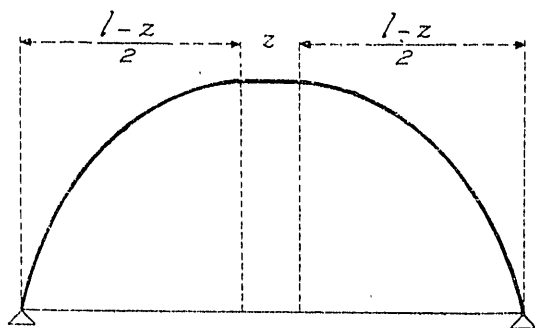


Figura 1.^a

esta sobrecarga por m. l. e igual al que se obtendría para un tramo de luz idéntica a la longitud del tramo sobrecargado.

c) Si se trata de tramos con vigas continuas y altura constante, se considerarán las dos sobrecargas p_1 y p_2 valederas para los tramos independientes.

D. Aparatos de apoyo.

Para el cálculo de los diversos tipos de aparatos de apoyo se seguirán las siguientes normas, según

sean aquéllos, utilizando las siguientes notaciones (figura 2.^a):

P = carga máxima.

R = radio del rodillo o de los rodillos.

R_1 ó R_2 = radio de las superficies de contacto.

l = longitud de contacto lineal.

E = módulo de elasticidad.

r = presión máxima unitaria admisible por compresión simple.

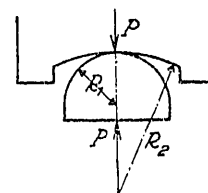
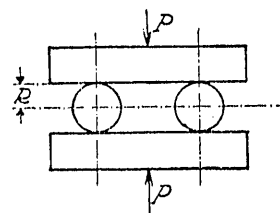
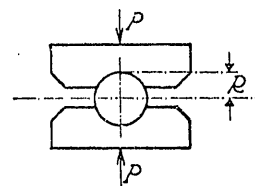


Figura 2.^a

r' = Presión máxima unitaria para contacto lineal.

r'' = presión máxima unitaria para contacto puntual.

a) Aparato con rótula:

$$0,8 \times \frac{P}{r} = R \times l.$$

b) Aparato con dos rodillos como máximo:

$$0,179 \frac{E \times P}{r'^2} = 2 R \times l.$$

c) Aparato con más de dos rodillos:

$$0,240 \frac{E \times P}{r'^2} = n \times R \times l.$$

d) Aparato oscilante de contacto lineal:

$$0,179 \frac{E \times P}{r'^2} = \frac{R_1 \times R_2}{R_2 - R_1} \times l.$$

e) Aparato únicamente de contacto puntual:

$$0,0612 \frac{E^2 \times P}{r''^3} = \left(\frac{R_1 \times R_2}{R_2 - R_1} \right)^2.$$

Se adoptan los siguientes coeficientes:

$$\begin{aligned} E &= 2100 \text{ Tn./cm.}^2 \\ r &= 1,4 \text{ "} \\ r' &= 7 \text{ "} \\ r'' &= 10 \text{ "} \end{aligned}$$

Utilizando estos coeficientes, las fórmulas anteriores se convierten en las siguientes:

a) $R \times l = 4/7 \text{ de } P.$

b) $2R \times l = 7,7 \text{ de } P.$

c) $n \times R \times l = 10,3 \text{ de } P.$

d) $\left(\frac{R_1 \times R_2}{R_2 - R_1} \right) \times l = 7,7 \text{ de } P.$

e) $\left(\frac{R_1 \times R_2}{R_2 - R_1} \right)^2 = 270 \text{ de } P.$

E. Apoyos en las fábricas.

Las cargas y trabajos sobre los sillares que ordinariamente se intercalan entre los aparatos de apoyo y de fábrica, que constituyen los estribos y pilas, de

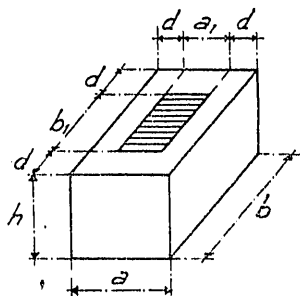


Figura 3.^a

determinarán siguiendo las siguientes normas (fig. 3.^a), bien sean de piedra o de hormigón armado, y serán función de las dimensiones de aquéllos y de los aparatos que en los mismos descansan, pudiendo adoptarse coeficientes unitarios en relación con los que normal-

mente resisten, o sea r , de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$r' = r \times \sqrt[3]{\frac{A}{A_1}}$$

$$r' = r \times \sqrt[3]{\frac{b}{b_1}}$$

siendo $A = a \times b$ y $A_1 = a_1 \times b_1$.

A representa la superficie de contacto con el aparato de apoyo, y A_1 , la de éste sobre las fábricas.

El sillar tendrá una superficie mayor que A_1 incrementada en todo su contorno en una dimensión, d , la que no suele ser mayor que el 50 por 100 del espesor del sillar.

Los valores prácticos de los anteriores coeficientes pueden ser:

a) En piedra: $r = 50 \text{ Kg./cm.}^2$

b) En hormigón armado con cemento normal: $r = 60 \text{ Kg./cm.}^2$.

c) En hormigón armado con cemento de alta resistencia: $r = 80 \text{ Kg./cm.}^2$.

Estos coeficientes de trabajo deberán adoptarse teniendo en cuenta las acciones dinámicas, cuando éstas no han sido consideradas, aumentando el valor de las secciones de los aparatos de apoyo.

Para los tramos de luz igual o mayor de 50 m., pueden mantenerse aquellos coeficientes, pero para los tramos de luz igual o menor de 50 m. deberán reducirse a la mitad, aplicando los coeficientes deducidos por ley lineal.

El borde de las placas inferiores de dichos tramos no debe distar de la arista de las fábricas que constituyen las pilas o estribos, y en el sentido paralelo al eje del tramo menos de 0,15 m., y en el sentido normal menos de 0,80 m.

F. Presión del viento.

Se aplican presiones de 250 y 150 Kg. por m.² sobre la superficie opuesta a la dirección del viento, tanto al tramo como a la sobrecarga, según aquél se considere sin sobrecarga o por completo cargado.

Si el tramo es de alma aligerada, se tendrá en cuenta:

A = superficie total de la viga, según su contorno, comprendiendo los huecos.

B = superficie efectiva, deducidos éstos.

p = presión unitaria del viento, normal al tramo.

Se determinará:

1.º Presión total sobre el tramo, que será: $B \times p$.

2.º Presión del viento sobre cualquier cuerpo situado dentro del tramo, que será: $p' = p \left(1 - \frac{B}{A}\right)$ si la fracción $\frac{B}{A}$ es mayor que un tercio.

Para valores inferiores a $1/5$ se tomará $p' = p$, y para valores intermedios se deducirán por ley lineal.

Para la segunda viga o más, si el tramo las tuviese, se calcularán las presiones del siguiente modo:

Primera viga: $p \times m^2$.

Segunda viga: $p' \times \left(1 - \frac{B}{A}\right) \times m^2$.

Tercera viga: $p'' = p' \times \left(1 - \frac{B'}{A'}\right) \times m^2$.

Cuarta viga: $p''' = p'' \times \left(1 - \frac{B''}{A''}\right) \times m^2$.

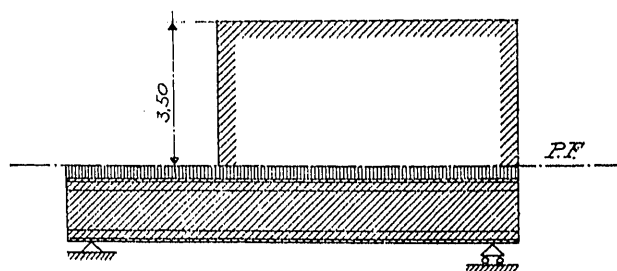


Figura 4.ª

Para las pilas y estribos metálicos debe suponerse que la presión del viento se aplica sobre la superficie total, sin reducción alguna.

Los trenes de vía normal se representarán por un rectángulo de 3 m. de altura, calculado a partir de 0,50 metros sobre el carril, y en los de vía estrecha, 2,50 y 0,30 m., respectivamente; sin embargo, en el cálculo de las superficies expuestas, se considerará como lleno el del tren y el espacio inferior aludido, o sea, en definitiva, 3,50 y 2,80 m. de superficie expuesta (figura 4.ª).

Comentario.

Como ha podido comprobarse, no son estas normas como una reglamentación rígida de tipo "Instrucción oficial", sino consejos o sugerencias que se recomiendan a los Ingenieros que con la premura de proyectar y reconstruir obras destruidas por la guerra y que con urgencia han de ser de nuevo utilizadas, y se consideran convenientes, evitando así recordar otras prescripciones o buscar antecedentes en libros u otros proyectos, pero dado su carácter práctico conviene también sean conocidas por los Ingenieros españoles, pues pueden ayudarles en algunos casos y para aclarar dudas sobre lo que deben hacer al estudiar algún proyecto.