

ANEXO III

NORMA TÉCNICA PARA EL PROYECTO Y CÁLCULO DE PUENTES FERROVIARIOS DE HORMIGÓN

ÍNDICE

1	OBJETO.....	4
2	GENERALIDADES	4
3	LONGITUD DE PUENTE.....	4
4	FRANQUÍA	4
5	GÁLIBO Y SOBREELEVACIÓN.....	4
5.1	Gálibo en recta.....	4
5.2	Gálibo y sobreelevación en curva.....	4
6	TIPO DE ESTRUCTURA Y LUCES A ADOPTAR	5
7	MATERIALES	5
8	CARGAS.....	5
8.1	Carga permanente	6
8.1.1	Peso específico de los materiales	6
8.1.2	Peso de los materiales de vía.....	6
8.1.3	Espesor de la capa de balasto	6
8.2	Carga móvil	7
8.2.1	Carga móvil sobre la vía	7
8.2.2	Carga móvil sobre veredas y barandas	8
8.3	Impacto de la carga móvil	8
8.4	Balanceo de la carga móvil.....	9
8.5	Fuerza centrífuga	9
8.6	Presión del viento.....	9
8.6.1	Viento transversal sobre la superestructura	10
8.6.2	Viento longitudinal sobre la superestructura	10
8.6.3	Viento sobre pilas y estribos.....	10
8.6.4	Viento sobre la carga móvil	10
8.6.5	Fuerzas de viento sobre puentes en arco	10
8.7	Fuerzas de aceleración, frenado y arranque	10
8.8	Rozamiento en apoyos	11
8.9	Desviación y asiento de los estribos y pilares	11
8.10	Empujes de tierra	11
8.11	Sub presión de agua.....	11
8.12	Presión de la corriente de agua	11

8.13	Efectos secundarios de montaje y especiales	12
8.14	Variaciones de temperatura	12
8.15	Contracción de fraguado y fluencia lenta del hormigón	12
8.16	Cargas especiales	12
9	ESTABILIDAD AL VUELCO	12
10	SEGURIDAD AL LEVANTAMIENTO DE LOS APOYOS	12
11	EFFECTOS ORIGINADOS POR CHOQUES DE OBJETOS, VEHICULOS O EMBARCACIONES CONTRA LAS ESTRUCTURAS DE APOYO	12
12	CONSIDERACIÓN DE LA EXISTENCIA DE VÍAS MÚLTIPLES	13
13	MEMORIA DE CÁLCULO	13
14	DETALLES DEL CÁLCULO	13
14.1	Método de cálculo	13
14.2	Procedencia de las fórmulas	14
14.3	Cálculo utilizando computadora	14
14.4	Posición más desfavorable de las cargas	14
14.5	Condiciones de cálculo	14
14.6	Esfuerzos variables	14
14.7	Ancho de distribución para las cargas móviles	14
15	PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	15

NORMA TÉCNICA PARA EL PROYECTO Y CÁLCULO DE PUENTES FERROVIARIOS DE HORMIGÓN

1 OBJETO

La presente norma tiene por objeto establecer las provisiones técnicas que se deberán tener en cuenta para el proyecto y cálculo de puentes ferroviarios de hormigón, tanto armado como pretensado.

2 GENERALIDADES

El proyecto del puente deberá ser completo en sí mismo, estableciéndose en él todos los detalles y especificaciones correspondientes a la obra programada, de modo que permita, sin necesidad de aclaraciones posteriores, la interpretación clara y concisa de la obra proyectada en todos sus detalles. Incluirá además la totalidad de metrajes de la obra prevista, ajustada a los rubros establecidos de acuerdo con las especificaciones que corresponda aplicar.

3 LONGITUD DE PUENTE

El proyectista fijará, de acuerdo con el trazado estudiado, la ubicación y longitud del puente asegurando el desagüe requerido por el curso de agua a cruzar. Salvo especificación particular en contrario, el puente y sus accesos serán insumergibles. El desagüe suministrado por el puente deberá ser el mínimo necesario para garantizar un comportamiento adecuado de la obra, sin provocar remanso excesivo, ni erosiones no controlables por las obras de defensa programadas, ni velocidades excesivas del agua que puedan provocar perturbaciones perjudiciales. No obstante, el proyectista podrá establecer una mayor longitud de la obra en base a consideraciones económicas o de otro orden, debidamente justificadas.

4 FRANQUÍA

La franquía entre la máxima creciente previsible para el curso de agua a salvar y la superestructura del puente deberá ser determinada por el proyectista de acuerdo con las condiciones particulares de la obra. Aparte de toda otra consideración que corresponda se tendrá en cuenta para ello los posibles arrastres de cuerpos flotantes, posibilidades de navegación y el grado de exactitud que puede preverse para la máxima creciente prevista en el proyecto. En cualquier caso la franquía no será menor a 70cm (setenta centímetros).

5 GÁLIBO Y SOBREELEVACIÓN

5.1 Gálibo en recta

El gálibo, área transversal libre, no será menor que el indicado en la figura N°1.

5.2 Gálibo y sobreelevación en curva

En puentes de planta curva, además de lo especificado en el art. 5.1, se deberá prever una sobreelevación del riel externo sobre el riel interno, que estará dada por la expresión:

$$h = 0,741 \times V^2 / R$$

Siendo:

h: sobreelevación en cm, con un máximo de 15cm (quince centímetros).

V: velocidad máxima del tren, en km/hora.

R: radio de la curva en el puente, en metros.

En este caso, además, la dimensión 1,70m (un metro con setenta centímetros) del gálibo, según fig. N°1, se reemplazará por la dimensión 2,10m (dos metros con diez centímetros), salvo especificación contraria.

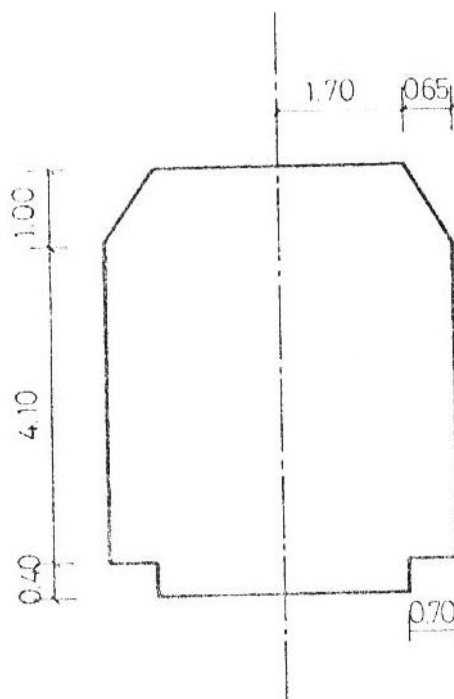


Figura N°1.

6 TIPO DE ESTRUCTURA Y LUCES A ADOPTAR

El proyectista adoptará el tipo de solución estructural que resulte más conveniente desde el punto de vista funcional, estructural, económico y estético: partiendo de que ante todo, el puente ha de tener capacidad y resistencia para dar cabida y soportar el tráfico.

7 MATERIALES

La estructura del puente deberá ser proyectada de acuerdo con las bases establecidas en esta norma, para ser construido en hormigón simple, armado o pretensado, debiendo los materiales seleccionados cumplir con las especificaciones establecidas en la Sección III del Pliego de Condiciones de la Dirección Nacional de Vialidad para la construcción de puentes y carreteras.

8 CARGAS

En el proyecto y cálculo de la estructura del puente se considerarán las siguientes cargas y solicitaciones:

A. Exteriores principales:

- 8.1: carga permanente.
- 8.2: carga móvil.
- 8.3: impacto de la carga móvil.
- 8.4: balanceo de la carga móvil.
- 8.5: fuerza centrífuga.

B. Exteriores secundarias:

- 8.6: presión del viento.
- 8.7: fuerzas longitudinales.
- 8.8: rozamiento en apoyos.
- 8.9: desviación y asiento de los estribos y pilares.

- 8.10: empujes de tierra
- 8.11: sub presión de agua
- 8.12: presión de la corriente de agua
- 8.13: efectos secundarios de montaje y especiales.

C. Interiores:

- 8.14: variaciones de temperatura
- 8.15: contracción de fraguado y fluencia lenta del hormigón.

D. Otras cargas

- 8.16: cargas especiales

8.1 Carga permanente

La carga permanente estará constituida por el peso propio de la estructura y por todas las sobrecargas fijas.

8.1.1 Peso específico de los materiales

En la estimación de los pesos, se usarán los valores unitarios siguientes:

Hierro o acero laminado	7.850 kg/m ³
Fundición	7.300 kg/m ³
Hormigón sin armar	2.300 kg/m ³
Hormigón armado o pretensado	2.500 kg/m ³
Mortero de cemento o asfalto	2.200 kg/m ³
Revestimiento de hormigón bituminoso	2.400 kg/m ³
Arena, gravilla o balasto	2.000 kg/m ³
Madera	1.300 kg/m ³
Mampostería de ladrillo, maciza	2.100 kg/m ³
Mampostería de granito o caliza	2.800 kg/m ³
Terraplén compactado o terreno "in situ"	1.800 kg/m ³
Relleno de arcilla o tierra, húmedas	2.000 kg/m ³
Relleno de arcilla o tierra, secas	1.600 kg/m ³

8.1.2 Peso de los materiales de vía

A los efectos de estimar las cargas producidas por el conjunto de los materiales de vía, se usarán los valores siguientes:

Durmientes de madera	200 kg/m (doscientos kilogramos por metro lineal de vía).
Rieles y pequeño material de vía	150 kg/m (ciento cincuenta kilogramos por metro lineal de vía).
Contrarrieles, encarriladores, etc.	100 kg/m (cien kilogramos por metro lineal de vía).
Para el conjunto (rieles, durmientes, contrarrieles y accesorios) de vía.	450kg/m (cuatrocientos cincuenta kilogramos por metro lineal, durmientes, contrarrieles y accesorios) de vía.

8.1.3 Espesor de la capa de balasto

Si para la instalación de la vía sobre el puente, se prevé la colocación de balasto, el espesor de la capa del mismo deberá ser mayor o igual a 25cm (veinticinco centímetros) bajo el durmiente.

Por el contrario, si no se coloca balasto se deberá prever entre la vía y el hormigón la colocación de apoyos elásticos que garanticen condiciones de elasticidad análogas a las existentes en la vía normal sobre balasto.

Carga móvil

8.1.4 Carga móvil sobre la vía

La carga móvil para cada vía será la indicada en la figura N°2, ubicada en la posición más desfavorable. Para cada proyecto se especificará el valor de P a usarse, el que en ningún caso podrá ser inferior a 20t/eje (veinte toneladas por eje).

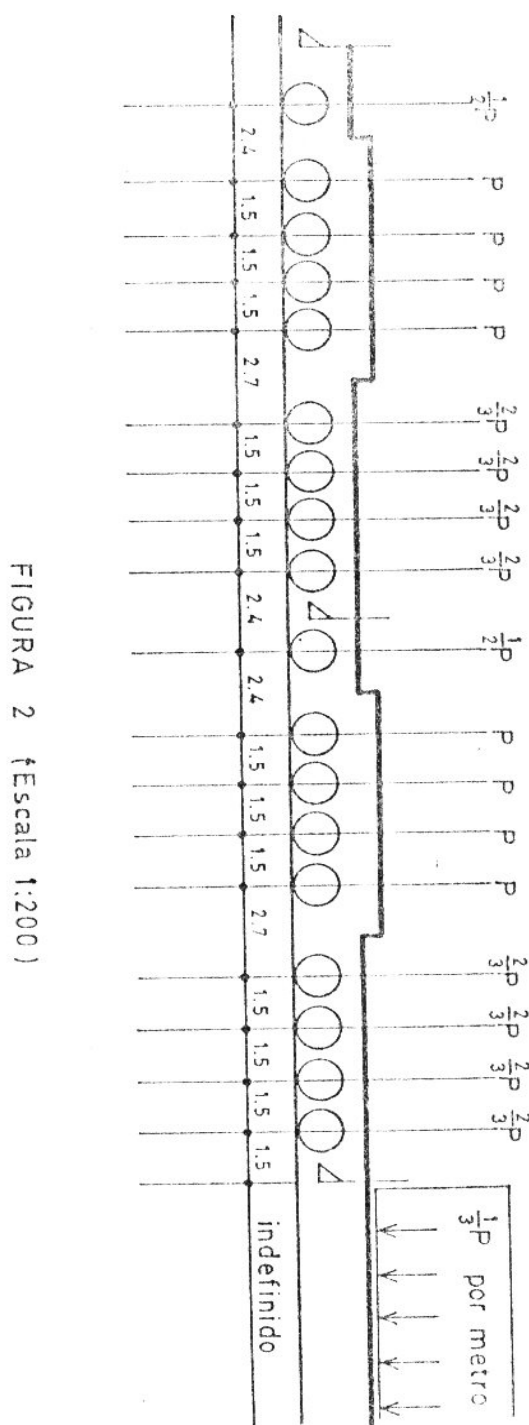


Figura N°2.

Como cargas correspondientes al peso de vagones vacíos se considerarán las indicadas en la fig. N°3 o de lo contrario, una carga uniformemente distribuida de 1,7t/m (una tonelada, setecientos kilogramos por metro).

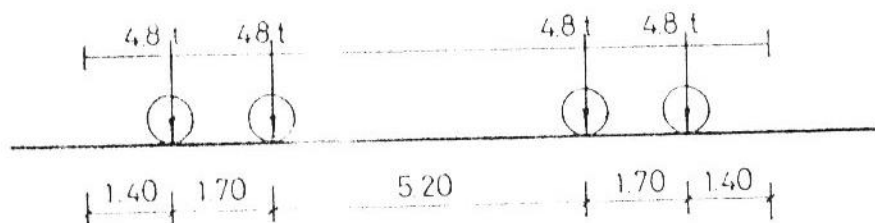


FIGURA 3 (ESCALA 1:125)

Figura N°3.

8.1.5 Carga móvil sobre veredas y barandas

Para el caso en que se prevean pasarelas peatonales en el puente, éstas se calcularán con una sobrecarga móvil de 400 kg/m² (cuatrocientos kilogramos por metro cuadrado) de superficie de vereda, sin tenerse en cuenta el coeficiente de impacto.

Las barandas de tales aceras y sus parantes serán proyectadas para soportar simultáneamente una fuerza vertical de 100kg/m (cien kilogramos) por metro lineal aplicada en la parte superior de las mismas y una fuerza horizontal de 200kg/m (doscientos kilogramos por metro lineal) aplicada a cualquier nivel de las mismas, elegido para cada elemento de modo que sea la posición más desfavorable.

La influencia de las cargas en la baranda sobre los demás elementos de la estructura se considerará como la producida por una carga horizontal actuando a 90cm (noventa centímetros) sobre el nivel de la vereda y de una magnitud igual a 100kg/m (cien kilogramos por metro lineal).

8.2 Impacto de la carga móvil

A los efectos del cálculo de las solicitaciones de todos los elementos de la superestructura deberá tenerse en cuenta el efecto dinámico de las cargas móviles, multiplicándolas por un coeficiente de impacto. Entrarán en el cálculo sin coeficiente de impacto, la fuerza centrífuga, el balanceo, el frenado y arranque y la sobrecarga en las pasarelas.

Los estribos, pilares, siempre que no estén rígidamente conectados a la superestructura, cimentación y presiones sobre el suelo se calcularán sin considerar el coeficiente dinámico.

Para el cálculo de apoyo y articulaciones, ya sean de hormigón, acero, neopreno o cualquier otro material aceptado, se considerará el coeficiente de impacto correspondiente a la parte de la construcción apoyada o suspendida.

El coeficiente de impacto se calculará mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{para momentos flectores: } I = \frac{2,16}{(L_0)^{1/2} - 0,2} + 0,73$$

$$\text{para esfuerzos de corte: } I = \frac{1,44}{(L_0)^{1/2} - 0,2} + 0,82$$

Siempre se debe cumplir que $1 \leq I \leq 2$

L_0 se mide en metros y es la longitud de la línea de influencia para flexión del elemento considerado. Para líneas de influencia asimétricas, L_0 es dos veces la distancia entre el punto en el que tiene lugar la flecha máxima y el extremo más cercano de dicha línea de influencia. En los elementos de piso se añadirán 3m (tres metros) a la longitud de la línea de influencia para tener en cuenta la distribución de la carga por la vía.

Como valores más adecuados para L_0 se recomiendan los siguientes:

VIGAS PRINCIPALES	Simplemente apoyadas	La luz de cálculo de la viga.
	Continuas de 2 vanos	$1,2 \times L^*$
	Continuas de 3 vanos	$1,3 \times L^*$
	Continuas de 4 vanos	$1,3 \times L^*$
	Continuas de 5 y más vanos	$1,5 \times L^*$
	Arcos y pórticos	1/2 de la luz

(Siendo L^* la luz media de cálculo de los vanos)

VIGAS DE PISO	Portarrieles simplemente apoyados	Separación entre vigas transversales más 3 metros.
	Transversales cargadas por apoyo de vigas portarrieles simplemente apoyados	Dos veces la separación entre vigas principales más 3 metros
	Transversales extremas	4m
	Transversales cargadas por elementos de tablero continuo y cualquier elemento del mismo.	La menor luz de las vigas principales o dos veces la separación entre vigas principales.

Estos factores dinámicos se aplican a todos los tipos de vías.

En el caso de puentes en arco y de puentes macizos de cualquier tipo, con una altura de relleno superior a 1m (un metro), el coeficiente dinámico puede reducirse en el valor $0,1 \times (H_c - 1)$, siendo H_c la altura del relleno comprendido el balasto, hasta el nivel superior del durmiente, en metros.

8.3 Balanceo de la carga móvil

Por efectos de balanceo y choque lateral contra el riel, se considerará una fuerza horizontal única, perpendicular al eje del puente y aplicado en cualquier punto de éste, a la altura del riel. Su valor será igual a $1/3 P$, sin coeficiente de impacto y se despreciarán sus efectos verticales. El valor P será el indicado en el art. 8.2.1.

8.4 Fuerza centrífuga

En puentes de planta curva, se considerará una fuerza centrífuga aplicada horizontalmente a 1,80m (un metro con ochenta centímetros) sobre el nivel del riel, perpendicular al eje de la vía y cuyo valor estará dado por la fórmula:

$$F_c = (P \times V^2) / (127 \times R)$$

Siendo:

F_c : fuerza centrífuga producida por una carga axil P de un eje, en toneladas.

P : carga axil transmitida por el eje más pesado en toneladas, (sin coeficiente de impacto).

V : velocidad máxima del tren, en km / hora.

R : radio de la curva en metros.

Esta fuerza no se sumará a la de balanceo, considerándose sólo aquella de las dos que resulte más desfavorable.

8.5 Presión del viento

En general y salvo que las características de la estructura exijan otras consideraciones, se admitirá que el viento actúa horizontalmente y en dos direcciones principales: paralelamente y perpendicularmente al eje del puente.

Se considerarán dos situaciones:

- a) Puente descargado presión del viento = 250 kg/m^2 (doscientos cincuenta kilogramos por metro cuadrado).
- b) Puente cargado presión del viento = 150 Kg/m^2 (ciento cincuenta kilogramos por metro cuadrado)

La superficie de acción de estas presiones se determinará de acuerdo con las dimensiones efectivas de las piezas que componen la estructura, según los siguientes criterios:

8.5.1 Viento transversal sobre la superestructura

La superficie de acción del viento de dirección perpendicular al eje del puente, sobre la superestructura será:

- a) En puentes descargados
 - a.1 - En puentes de viga principal cerrada: la superficie de la viga principal anterior y la superficie del tablero que sobresalga.
 - a.2 - En puentes con vigas principales caladas: la superficie del tablero y la de las partes de estas vigas que excedan superior o inferiormente a aquel.
 - b) en puentes cargados
 - b.1 - En puentes de viga principal cerrada: la superficie de la viga principal anterior y las superficies del tablero y del tren rodante que sobresalga.
 - b.2 - En puentes de vigas principales caladas: la superficie del tablero, la de las partes de estas vigas que excedan superior o inferiormente a aquel y la superficie del tren rodante que sobresalga.
- Los arcos que sobresalgan del tablero se tratarán como vigas caladas.

8.5.2 Viento longitudinal sobre la superestructura

La superficie de acción del viento de dirección paralela al eje del puente sobre la superestructura será la que se obtenga de tomar los siguientes porcentajes de los valores correspondientes en el art. 8.6.1, tanto para el caso de puente descargado como para el caso de puente cargado.

- a) En puentes de viga principal cerrada 25% (veinticinco por ciento).
- b) En puentes de vigas principales caladas 50% (cincuenta por ciento).

8.5.3 Viento sobre pilas y estribos

En el caso de pilas macizas se considerará la superficie vista de la pila en la dirección del viento que se considere.

En los demás casos se procederá con criterio similar al establecido en el art. 8.6.1, a.1 y a.2.

8.5.4 Viento sobre la carga móvil

Para estimar el efecto del viento sobre el tren, se supondrá éste constituido por un rectángulo de longitud igual a la del puente de altura igual a 3,40m (tres metros con cuarenta centímetros) y cuyo centro de gravedad se encuentra a 2,20m (dos metros con veinte centímetros) sobre el nivel del riel.

8.5.5 Fuerzas de viento sobre puentes en arco

La influencia de las fuerzas de viento no necesita ser comprobada en los puentes en arco con tablero superior cuando estos están proyectados como una única bóveda continua y el ancho de la bóveda sea mayor que 1/10 de la distancia entre apoyos.

Los arcos independientes pueden ser considerados como una única bóveda, cuando las partes aisladas de la bóveda estén mutuamente reforzadas por celosías transversales de modo que resulte un efecto sustentador conjunto bajo la carga del viento.

En los puentes de arco con tablero suspendido se comprobará siempre la influencia de la fuerza del viento.

8.6 Fuerzas de aceleración, frenado y arranque

El conjunto de efectos causados por aceleración, frenado y arranque de la carga móvil, se considerará igual al producido por una fuerza horizontal igual al 15% (quince por ciento) de aquella, aplicada a 1,80m

(un metro con ochenta centímetros) sobre el nivel del riel y contenida en el plano vertical que pasa por el eje de la vía, sin considerar el coeficiente de impacto.

8.7 Rozamiento en apoyos

En el cálculo de apoyos, pilares y estribos, se agregará al efecto de frenado, el esfuerzo del frotamiento de los apoyos móviles admitiendo para el rozamiento por deslizamiento el 20% (veinte por ciento) y para el rozamiento por rodadura el 3% (tres por ciento) de la reacción en dichos apoyos, siendo esa reacción la producida por la carga permanente y la sobrecarga móvil sin impacto.

Deberán considerarse asimismo los esfuerzos producidos por las deformaciones de los apoyos elastómeros.

8.8 Desviación y asiento de los estribos y pilares

Se deberán considerar estos efectos cuando de acuerdo con la naturaleza de la estructura, puedan producir solicitaciones adicionales.

8.9 Empujes de tierra

Se tendrán en cuenta en el proyecto, las presiones que puedan provocar las masas de tierra que deban ser soportadas por determinadas partes de la estructura, tales como los estribos. Cuando la sobrecarga móvil llegue hasta una distancia de la parte superior de un muro de contención menor o igual a la mitad de su altura, se deberá considerar la sobrecarga transmitida por tal causa sin coeficiente de impacto.

La sobrecarga móvil se podrá sustituir por una carga equivalente de tierra de altura h sobre el borde superior de los durmientes y será la que corresponda al tren tipo adoptado.

Como peso específico de la tierra se tomará $1,8\text{t/m}^3$, una tonelada con ochocientos kilogramos por metro cúbico) y un ángulo de fricción interna entre muro y suelo, $\phi = 0^\circ$ (cero grado). Se admitirá que la presión debida al tren de cargas se reparte sobre un ancho igual a la longitud del durmiente, con taludes de 1 de base por 2 de altura, (1:2).

Se verificará la estabilidad para el caso en que el terraplén o terreno natural queden saturados de agua.

La seguridad contra el volteo y/o deslizamiento será como mínimo de valor 1,5 (uno con cinco). No obstante, deberán preverse drenajes adecuados.

Para el cálculo de empujes sobre pilares o elementos semejantes se tomará un ancho ficto igual a 3 (tres) veces el ancho real de la pieza.

8.10 Sub presión de agua

En los casos de pilas y estribos sumergidos o que eventualmente puedan quedar sumergidos en el agua, se tendrá en cuenta al hacer los cálculos de estabilidad, la correspondiente sub-presión de agua.

8.11 Presión de la corriente de agua

Las pilas y demás elementos de la estructura que puedan estar sometidas a la presión de la corriente de agua, serán proyectadas teniendo en cuenta una presión determinada por la expresión:

$$P = K \times V^2$$

Siendo:

P: presión en kg/m^2

V: máxima velocidad del agua en m/s

K: coeficiente de forma

Tomando K los siguientes valores:

K = 70 para pilas de sección rectangular

K = 26 para pilas con espolón triangular formando en su vértice un ángulo no mayor de 60° (sesenta grados sexagesimales).

K = 35 para pilas de sección circular

8.12 Efectos secundarios de montaje y especiales

En los casos en que corresponda, se calculará la influencia de los esfuerzos secundarios inducidos por las cargas anteriores, verificándose asimismo las solicitaciones en las diferentes etapas del proceso constructivo.

8.13 Variaciones de temperatura

Tanto para el cálculo de solicitaciones como de deformaciones, se considerará una variación de temperatura de $\pm 15^{\circ}\text{C}$ (quince grados celcius). Dicha variación de temperatura se podrá disminuir a $\pm 10^{\circ}\text{C}$ (diez grados celcius) para piezas cuya dimensión mínima sea superior a 70cm (setenta centímetros) o que por rellenos u otras disposiciones se encuentren poco expuestos a variaciones de temperatura.

Al establecer las dimensiones mínimas no es necesario descontar los espacios completamente cerrados, (por ejemplo secciones huecas en vigas con forma de cajón) siempre que los mismos no ocupen más del 50% (cincuenta por ciento) de la correspondiente sección total.

El calentamiento desigual en distintas partes de una pieza se considerará tomando una diferencia de $\pm 50^{\circ}\text{C}$ (cincuenta grados celcius)

8.14 Contracción de fraguado y fluencia lenta del hormigón

Cuando la naturaleza y características de la estructura lo requieran deberán considerarse los efectos de:

- a) Contracción de fraguado
- b) Fluencia lenta del hormigón

8.15 Cargas especiales

Deberá tenerse en cuenta toda otra carga o solicitación que corresponda considerar de acuerdo con la naturaleza de la estructura considerada.

9 ESTABILIDAD AL VUELCO

Deberá verificarse la estabilidad al volteo de todas las partes de la obra que deberán estar aseguradas con un coeficiente de seguridad no inferior a 1,5, uno con cinco, fundamentalmente por efecto de viento.

Como faja de tránsito expuesta se considerará en puentes cargados una serie de vagones vacíos en la posición más desfavorable formando una faja continua con las alturas indicadas en el art. 8.6.4 y una carga vertical equivalente de 1,7t/m (una tonelada y setecientos kilogramos por metro). En los puentes de tablero con voladizos laterales puede resultar determinante la carga normal en su posición más desfavorable.

10 SEGURIDAD AL LEVANTAMIENTO DE LOS APOYOS

En vigas continuas (con o sin articulaciones) y en vigas en voladizo deberá verificarse la seguridad contra el levantamiento de los apoyos, con un coeficiente de seguridad no inferior a 1,5 (uno con cinco).

11 EFECTOS ORIGINADOS POR CHOQUES DE OBJETOS, VEHICULOS O EMBARCACIONES CONTRA LAS ESTRUCTURAS DE APOYO.

En las calles constituidas en pasajes inferiores de puentes ferroviarios y en las que la estructura de apoyo de éste no se encuentren resguardadas, ya sea por su situación o por las disposiciones especiales de los vehículos que transitan por la calzada (el cordón de la acera no ofrece ninguna protección), se considerará actuante sobre dichas estructuras una fuerza estática horizontal de 100t (cien toneladas) aplicada a 1,20m, un metro con veinte centímetros, sobre el nivel de la calzada actuando en la dirección del tránsito y otra fuerza estática horizontal de 50t (cincuenta toneladas) también aplicada a la misma altura pero actuando en la dirección normal. Estas fuerzas de choque se considerarán conjuntamente con las demás fuerzas, excepto la presión del viento.

Las armaduras de la estructura de hormigón armado podrán ser solicitadas hasta el límite de escurrimiento y las estructuras de hormigón simple hasta el doble de la tensión admisible.

En los puentes sobre ríos navegables son válidas las consideraciones anteriores pero a los efectos de determinar el valor de la fuerza se estudiará para cada caso, según el caudal del río y el tipo de embarcaciones que lo cursen.

En los puentes sobre ríos no navegables se tendrán en cuenta aquellos efectos que puedan resultar de importancia en el cálculo de las estructuras.

12 CONSIDERACIÓN DE LA EXISTENCIA DE VÍAS MÚLTIPLES

En el caso de que sobre un puente se sitúen varias vías, se podrá aplicar la siguiente reducción en la sobrecarga móvil:

- a) Para las construcciones de una o dos vías, se aplica íntegramente el esquema de cargas a cada vía.
- b) Para las construcciones con más de dos vías, se tomará el caso más desfavorable entre:
 - b. 1) dos vías cargadas por el esquema completo, en la posición más desfavorable y las otras vías sin carga.
 - b. 2) todas las vías cargadas con el 75% (setenta y cinco por ciento) del esquema de cargas en la posición más desfavorable.

13 MEMORIA DE CÁLCULO

El cálculo deberá tener datos suficientes sobre:

- a) Las cargas que sirven de base de acuerdo con las hipótesis de carga;
- b) Los pesos propios de todas las partes esenciales;
- c) Los coeficientes de impacto que sirven de base para el cálculo;
- d) La clase y características de los materiales de construcción a emplear y del terreno de cimentación previsto de acuerdo con el estudio del suelo efectuado. La memoria de estudio de suelo y fundación, forma parte de la memoria de cálculo;
- e) Las formas de las secciones y las dimensiones de todas las partes constructivas esenciales;
- f) Las tensiones o los coeficientes de seguridad admisibles y las máximas averiguadas por el cálculo para todas las secciones importantes. El cálculo de resistencia se ha de extender también a las piezas de apoyo, las compresiones del terreno y a las posibles articulaciones;
- g) Los valores límites más desfavorables de las tensiones o de los coeficientes de seguridad para todas las secciones importantes. El cálculo de resistencia se ha de extender también a las piezas de apoyo, las compresiones del terreno y a las posibles articulaciones;
- h) En los casos en los que se utilicen técnicas de prefabricación se indicará el despiece de la estructura, las uniones, la secuencia de montaje, la vinculación de los elementos prefabricados al hormigón moldeado en el lugar y la estabilidad espacial del conjunto;
- i) Descripción del método constructivo con indicación de la capacidad de carga, estabilidad y peralte de las cimbras o de los auxiliares especiales de construcción adoptados, proceso de hormigonado, desencofrado y montaje.

14 DETALLES DEL CÁLCULO

14.1 Método de cálculo

Los cálculos estructurales y su correspondiente dimensionado deben ser claros y presentados de modo que su verificación sea sencilla; no se prescribe la utilización de métodos y normas determinados los que quedan librados a la voluntad del proyectista; cada cálculo y dimensionado estructural formará de por sí un conjunto completo.

14.2 Procedencia de las fórmulas

Para fórmulas o procedimientos de cálculo extraordinario se indicará la procedencia cuando sean de dominio general y en caso contrario se desarrollarán las fórmulas para que pueda ser revisada su exactitud.

14.3 Cálculo utilizando computadora

En el caso en que los cálculos estructurales se hayan realizado utilizando computadora, se indicará además la procedencia y designación del programa y de los métodos elásticos y numéricos en que se basa; hipótesis y simplificaciones que se han tenido en cuenta en la confección del programa; hipótesis y simplificaciones propias de la adaptación del programa al caso considerado; etc.

14.4 Posición más desfavorable de las cargas

Las posiciones más desfavorables de las cargas móviles se determinarán por medio de líneas de influencia u otros procedimientos. Se suprimirán las cargas móviles que producen un efecto de descarga y también todas las cargas de ejes de los vehículos que den lugar a un efecto favorable. Para los pórticos o estructuras monolíticas similares se tendrá también en cuenta la influencia de las comprensiones desiguales del terreno, a consecuencia de una carga móvil unilateral. De esto se puede prescindir sin embargo, para grandes alturas de relleno. En los pilares y estribos se examinará también la máxima y mínima posible compresión activa del terreno y en caso necesario la fuerza de elevación.

14.5 Condiciones de cálculo

En todo cálculo de puentes de hormigón se deberán cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

- las tensiones provocadas por las cargas exteriores principales más las cargas interiores, no superarán las tensiones admisibles.
- Las tensiones provocadas por todo el conjunto de cargas no superarán las obtenidas multiplicando las tensiones admisibles por el factor 1,2 (uno con dos).

14.6 Esfuerzos variables

Si los esfuerzos en algún punto de la estructura pueden cambiar de signo por alguna combinación de las diversas cargas, o sea que esté sometida a esfuerzos alternativos, las tensiones admisibles básicas del acero en ese punto se obtendrán dividiendo, las tensiones admisibles utilizadas de acuerdo con la Norma de Dimensionado adoptada, por el valor:

$$\delta = 1 + 0,5 \times \varphi$$

Siendo: φ = esfuerzo mínimo en valor absoluto / esfuerzo máximo en valor absoluto

14.7 Ancho de distribución para las cargas móviles

A los efectos del proyecto de las losas del tablero, las fuerzas concentradas provocadas por la carga móvil pueden distribuirse uniformemente teniendo en cuenta el ancho del durmiente y el espesor de balasto considerado. En virtud de lo antedicho, las cargas concentradas se podrán considerar distribuidas sobre el tablero, en secciones rectangulares definidas de la siguiente manera:

- En sentido longitudinal: 0,90m (noventa centímetros) + el espesor de balasto bajo el durmiente. Como máximo se tomará la separación entre cargas.
- En sentido transversal: 4,00m (cuatro metros) por cada vía, salvo restricciones estructurales. En el caso de rellenos mayores de 1,50m (un metro con cincuenta centímetros), este valor se puede aumentar a 2,50m (dos metros con cincuenta centímetros), más la profundidad del relleno.

Para puentes sin balasto, la carga de rueda se tomará como repartida en la estructura de apoyo a través del durmiente a 45° (cuarenta y cinco grados).

15 PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El original del proyecto será presentado en:

- a) medios escritos en papel, siendo las láminas de dimensiones 1,10m x 0,50m (un metro con diez centímetros por cincuenta centímetros)
- b) y medio electro magnéticos, versión digital con formato dwg

Además de todo otro detalle que sea necesario para completar el proyecto, éste deberá incluir:

- a) Una vista del puente proyectado sobre un plano vertical paralelo al eje del trazado y una planta de fundaciones dibujada a una escala no menor de 1/200 (uno doscientos). En las mismas se determinará planimétrica y altimétricamente la ubicación de los elementos importantes de la estructura.
- b) Los planos que indiquen todos los detalles de la estructura y sus accesos, en particular se indicarán perfectamente las armaduras detallando la ubicación de los empalmes permitidos, la posición de las diferentes piezas, sus recubrimientos. etc. También se establecerán las juntas de trabajo que serán permitidas en la construcción de la obra.
- c) Las especificaciones particulares complementarias que de acuerdo con las características del proyecto y las disposiciones vigentes sean necesarias establecer como complemento de los Pliegos de Condiciones que rigen para la obra.

Todas las láminas y demás recaudos que presente el proyectista deberán llevar su firma.