

Imprime y edita: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) - Fernández de la Hoz, 52 - 28010 Madrid - Teléfono 4 10 49 61 - Reproducción prohibida

NORMA ESPAÑOLA	<b>Construcciones metálicas</b> CAMINOS DE RODADURA DE Puentes GRUA Bases de cálculo	<b>UNE</b> <b>76-201-88</b>
<b>INDICE</b>		
		<b>Páginas</b>
1	<b>OBJETO</b> .....	2
2	<b>CAMPO DE APLICACION</b> .....	2
3	<b>DETERMINACION DE LAS ACCIONES QUE INTERVIENEN EN EL CALCULO DE LOS CAMINOS DE RODADURA</b> .....	2
3.1	Datos que debe suministrar el constructor del puente grúa .....	2
3.2	Características que debe suministrar el usuario .....	4
3.3	Características medias de los puentes grúa no especiales .....	4
3.4	Clasificación de los puentes grúa .....	4
3.5	Acciones que deben considerarse en el cálculo .....	7
3.6	Evaluación de los esfuerzos .....	8
3.7	Efectos locales .....	18
4	<b>HIPOTESIS DE CALCULO</b> .....	23
4.1	Estados límites últimos .....	23
4.2	Estado límite de servicio .....	23
5	<b>CRITERIOS DE AGOTAMIENTO</b> .....	25
5.1	Sistema de coordenadas .....	25
5.2	Cálculo de tensiones .....	25
5.3	Resistencia de cálculo del acero .....	26
5.4	Condiciones de agotamiento .....	26
6	<b>CALCULO A FATIGA</b> .....	27
6.1	Valoración de las acciones .....	28
6.2	Número de ciclos de sollicitación .....	28
6.3	Ponderación de la resistencia a la fatiga .....	28
7	<b>NORMAS PARA CONSULTA</b> .....	29
8	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	29
	<b>ANEXO A CARACTERISTICAS MEDIAS DE LOS Puentes GRUA</b> .....	30

*Continúa en páginas 2 a 34*

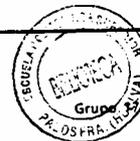
Secretaría del  
CTN  
SERCOMETAL

Las observaciones relativas a la presente norma deben ser dirigidas a  
AENOR - Fernández de la Hoz, 52 - 28010 Madrid

UNE 76-201-88

Stell constructions. Rolling ways for bridge cranes. Basis of calculation.  
Constructions metalliques. Chemins de roulement pour ponts roulants.  
Bases de calcul.

© AENOR 1988  
Depósito legal: M 33 793-88



## 1 OBJETO

La presente norma tiene por objeto fijar las bases de cálculo específicas para los caminos de rodadura de puentes grúa realizados en construcción metálica. Estas bases complementan las generales que se adopten para las estructuras metálicas de edificios e instalaciones de las que formen parte los caminos de rodadura.

## 2 CAMPO DE APLICACION

La presente norma se refiere a las vigas carrileras de los puentes grúa más corrientemente utilizados en fábricas, talleres, almacenes, etc. No ampara los puentes grúa especiales, tales como:

Puentes de deslingotado.

Puentes rompe-fundición.

Puentes para hornos de fosa.

Puentes sometidos a altas temperaturas.

Puentes de camino de rodadura circular.

Puentes de cargas unidas rígidamente al carro.

Puentes de electro imán.

## 3 DETERMINACION DE LAS ACCIONES QUE INTERVIENEN EN EL CALCULO DE LOS CAMINOS DE RODADURA

### 3.1 Datos que debe suministrar el constructor del puente grúa

El constructor del puente grúa ha de facilitar al proyectista del camino de rodadura los datos que se indican en los apartados 3.1.1, 3.1.2 y 3.1.3 siguientes.

3.1.1 Dimensiones. La notación empleada se indica en la figura 1.

Longitud total del puente, entre puntos más salientes del mismo ( $L_1$ ).

Luz del puente, entre ejes de carriles de rodadura ( $L$ ).

Longitud total de la viga testera del puente, entre topes ( $A$ ).

Distancia entre ruedas de cada viga testera ( $B$ ) o entre ejes de carretones ( $B_1$ ) y de la rueda extrema o del eje del carretón al tope ( $C$ ).

Distancia mínima vertical entre el gancho y el carril de rodadura ( $e$ ).

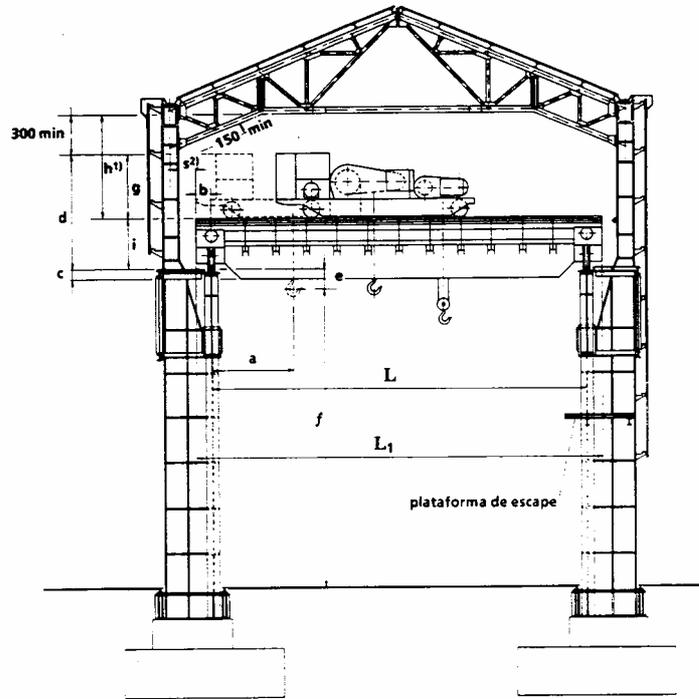
Gálibo de paso superior ( $d, h$ ) y lateral ( $b, s$ ). Dimensiones de la cabina.

Posiciones extremas del gancho ( $a$ ).

Tipo y características de los topes.

Altura del tope con relación al carril de rodadura ( $D$ ).

Posición y dimensiones de las líneas de las tomas de corriente.



- 1) h min 1 800 mm: cuando sea visitable
- 2) s min 150 mm: cuando no existe pasarela. En caso de pasarela 500 mm

a

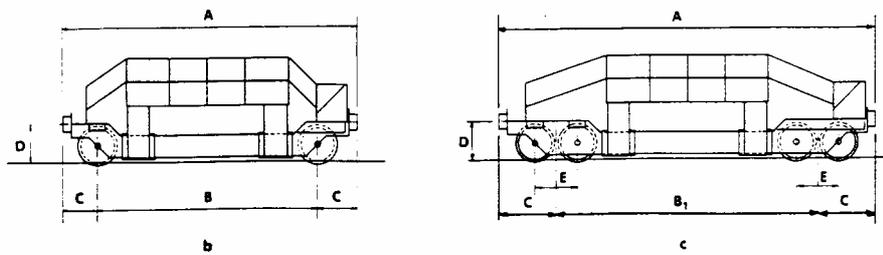


Figura 1

**3.1.2 Peso propio de los distintos elementos del puente en función de la carga de servicio.** Peso del puente grúa con todo el equipo, con excepción del carro móvil y de la carga de servicio.

Peso del carro móvil, totalmente equipado.

Carga de servicio, incluyendo la carga útil a elevar y el peso de los accesorios necesarios para su elevación.

Acciones verticales de las ruedas de cada viga testera, correspondientes:

- a) al puente enteramente equipado con exclusión del carro;
- b) al carro en vacío, en sus posiciones extremas;
- c) a la carga útil en servicio más accesorios en posiciones extremas.

Las acciones horizontales deberán especificarse en los casos en que los dispositivos de guiado no sean los considerados en la presente norma.

**3.1.3 Características de los distintos movimientos.** Velocidad y aceleración medias para los movimientos de:

- Elevación.
- Traslación lateral del carro.
- Traslación longitudinal del puente.

### **3.2 Características que debe suministrar el usuario**

El usuario del puente grúa ha de facilitar al proyectista del camino de rodadura los datos que se indican a continuación:

Carga útil.

Altura máxima de elevación (cota superior del gancho) con relación al suelo de la nave o edificio y luz del puente entre ejes de carriles de rodadura.

Condiciones de utilización del puente, definidas según la norma UNE 58-112.

Condiciones de carga, según esta misma norma.

### **3.3 Características medias de los puentes grúa no especiales**

Como datos de anteproyecto, en ausencia y espera de los definitivos indicados en los apartados precedentes, podrán utilizarse los datos aproximados que figuran en las tablas del anexo.

### **3.4 Clasificación de los puentes grúa**

Todo puente grúa se proyecta para cumplir unos requisitos prefijados, entre los que son de destacar -además de la carga nominal ya mencionada- su vida de servicio y la secuencia de variación aleatoria del valor de las diferentes cargas, izadas durante tal vida.

La norma UNE 58-112 define la vida de servicio de un aparato de elevación mediante el número máximo convencional de ciclos de maniobra que se espera sean realizados; mientras que la secuencia de variación del valor de las diferentes cargas izadas la define mediante el coeficiente nominal -o parámetro- del espectro de cargas  $K_Q$ .

La misma norma especifica el valor del número máximo convencional de maniobras de un aparato a partir de las condiciones de utilización de éste; mientras que el parámetro del espectro de cargas es fijado en función de sus condiciones -o estados- de carga.

Además, en la misma norma se recoge una clasificación global de los aparatos de elevación por grupos.

En la tabla 1 se presenta, a título de ejemplo, una lista de grúas clasificadas en función de sus utilidades más corrientes.

**3.4.1 Condiciones de utilización.** En función del número convencional máximo de ciclos de maniobra,  $N_m$ , que el puente grúa debe cumplir durante su vida de servicio, se establecen las siguientes diez condiciones de utilización, recogidas en la tabla 2.

**3.4.2 Condiciones de carga.** Las condiciones de carga se definen en función de la relación prevista entre las cargas que el puente grúa debe transportar normalmente en servicio y su carga nominal.

En la tabla 3 se recogen las cuatro condiciones de carga, Q1, Q2, Q3 y Q4, utilizadas en el ámbito de la presente norma.

**Tabla 1**  
Ejemplo de clasificación de los aparatos de elevación

Denominación	Condiciones de utilización	Condiciones de carga	Grupo
Puente grúa de central	A	1-2	1-2
Puente grúa de montaje y desmontaje para sala de máquinas	A	2-3	2-3
Puente grúa de almacén	B-C	2-3	3-4-5-6
Puente grúa de taller con gancho	B	2-3	3-4
Puente grúa con cuchara	B-C-D	4	5-6-7-8
Puente grúa para parque de chatarra o puente con electroimán*	B-C	4	5-6-7-8
Puente de colada*	B	4	5-6
Puente rompe-fundición*	B-C	4	5-6-7-8
Puente para deslingotar*	C-D	4	7-8
Puente para hornos de fosa*	B-C	4	5-6-7-8
Puente cargador de hornos*	C-D	4	5-6-7-8
Puente para forja*	C-D	4	5-6-7-8
Pórtico con gancho para servicio de parque de material	B-C	3	4-5-6
Pórtico con cuchara	B-C-D	4	5-6-7-8
Pórtico con gancho para descarga o carga sobre vehículo	B-C	3	4-5-6
Pórtico para almacén	B-C-D	4	5-6-7-8
Pórtico para desmontaje de material	A-B	2-3	2-3-4
Grúa para desmontaje y montaje de material	A-B	2-3	2-3-4
Grúa con gancho	B-C	3	4-5-6
Grúa con cuchara	B-C-D	4	5-6-7-8
Grúa de dique	B	3-4	4-5-6
Grúa de puerto con gancho	B-C	3	4-5-6
Grúa de puerto con cuchara	B-C	4	5-6-7-8
Grúa para servicio excepcional	A	1-2	1-2
Grúa flotante con gancho	A-B	3	3-4
Grúa flotante con cuchara	A-B	4	4-5-6
Grúa de astillero	A-B	3	3-4
Grúa de reparación sobre vía férrea	A	2-3	2-3
Grúa de a bordo	B	3-4	4-5-6
Grúa velocípeda automóvil	B-C	3	4-5-6
Grúa derrick	A-B	3	3
Monocarril (según utilización)			4-5-6-7-8
Pórtico y puente para contenedores	B-C	3	4-5-6

\* Puente especial.

**Tabla 2**  
Condiciones de utilización

Condiciones de utilización	Número convencional de ciclos de maniobra, Nm	Observaciones
U <sub>0</sub>	1,6 × 10 <sup>4</sup>	Utilización ocasional
U <sub>1</sub>	3,2 × 10 <sup>4</sup>	
U <sub>2</sub>	6,3 × 10 <sup>4</sup>	
U <sub>3</sub>	1,25 × 10 <sup>5</sup>	
U <sub>4</sub>	2,5 × 10 <sup>5</sup>	Utilización regular en servicio ligero
U <sub>5</sub>	5 × 10 <sup>5</sup>	Utilización regular en servicio intermitente
U <sub>6</sub>	1 × 10 <sup>6</sup>	Utilización regular en servicio intensivo
U <sub>7</sub>	2 × 10 <sup>6</sup>	Utilización intensiva
U <sub>8</sub>	4 × 10 <sup>6</sup>	
U <sub>9</sub>	Más de 4 × 10 <sup>6</sup>	

**Tabla 3**  
Condiciones de carga

Condiciones de carga	Parámetro del espectro, K <sub>Q</sub>	Observaciones
Q1 - Ligero	0,125	Aparato que levanta raramente la carga útil y corrientemente cargas muy pequeñas.
Q2 - Moderado	0,25	Aparato que levanta con bastante frecuencia la carga útil y corrientemente cargas pequeñas.
Q3 - Pesado	0,50	Aparato que levanta con bastante frecuencia la carga útil y corrientemente cargas medianas.
Q4 - Muy pesado	1,00	Aparato que corrientemente maneja cargas próximas a la carga útil

**3.4.3 Grupos de puentes grúa.** En función de las condiciones de utilización y las de carga, definidas en los apartados anteriores, se clasificarán los puentes grúa en ocho grupos, definidos en la tabla 4.

**Tabla 4**  
Clasificación de los puentes grúa

Condiciones de carga	Condiciones de utilización									
	U <sub>0</sub>	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	U <sub>4</sub>	U <sub>5</sub>	U <sub>6</sub>	U <sub>7</sub>	U <sub>8</sub>	U <sub>9</sub>
Q1 – Ligero	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8
Q2 – Moderado	1	1	2	3	4	5	6	7	8	8
Q3 – Pesado	1	2	3	4	5	6	7	8	8	8
Q4 – Muy Pesado	2	3	4	5	6	7	8	8	8	8

**3.5 Acciones que deben considerarse en el cálculo**

Las acciones que deben considerarse son las que se indican en los apartados siguientes.

**3.5.1 Acciones permanentes.** Comprenden el peso de todos los elementos que constituyen la viga carrilera:

- Viga vertical de rodadura.
- Viga vertical de acompañamiento, o ménsulas soportes de la pasarela.
- Pasarela.
- Vigas horizontales y celosías de arriostramiento.
- Carriles de rodadura y eventualmente de guiado.

Se considerará para el acero un peso específico de 78,50 kN/m<sup>3</sup>.

**3.5.2 Sobrecarga móvil del puente.** Está constituida por las acciones verticales y horizontales de las ruedas de traslación y eventualmente de guiado del puente grúa.

Estas acciones son función de:

- a) El peso propio de:
  - El puente grúa y su equipo.
  - El carro y su equipo.
  - La carga a elevar y sus accesorios.
- b) Los efectos dinámicos debidos a:
  - La aceleración o deceleración de los movimientos de elevación de la carga, de la traslación del carro y de la propia del puente grúa.
  - Al efecto lazo de la traslación del puente grúa.
  - A los choques producidos en la rodadura del puente debido a los defectos y desgastes de las ruedas y a la existencia de juntas en los carriles.
  - A la brusca elevación o descenso de la carga de servicio.

**3.5.3 Sobrecarga de uso de la pasarela.** Originada por la circulación del personal de mantenimiento y, eventualmente, del material necesario para las reparaciones.

#### 3.5.4 Acción del viento

- a) Vigas carrileras en el exterior. Se considerará la acción del viento. No se tendrá en cuenta la nieve, admitiéndose que su existencia es incompatible con la circulación del puente grúa.
- b) Vigas carrileras en el interior de edificios. Sólo se considerará la acción del viento cuando algunos de los elementos de las vigas carrileras formen parte de la estructura contraviento del edificio. En caso de que sea preciso tener en cuenta la acción del viento, ésta se determinará según lo indicado en la norma NBE-MV-101.

**3.5.5 Variación de temperatura.** Debe considerarse en el caso en que la viga carrilera no pueda dilatarse libremente y que su longitud entre juntas de dilatación sea superior a 40 m.

Debe considerarse igualmente su influencia cuando existan fuentes importantes de calor que puedan originar dilataciones desiguales en los elementos que constituyen la viga carrilera.

**3.5.6 Acción sísmica.** Debe considerarse en los caminos de rodadura ubicados en la zona tercera de sismicidad alta, así como en los ubicados en la segunda zona en lugares con grado VII de intensidad, según la clasificación del capítulo 3 de la Norma Sismorresistente P.G. S - 1 (1974).

### 3.6 Evaluación de los esfuerzos

**3.6.1 Acciones permanentes.** Origina momentos flectores y esfuerzos cortantes, a los cuales puede añadirse momentos torsores cuando las vigas horizontales y verticales tienen uniones rígidas entre sí, y la resultante de los pesos no pasa por el centro de esfuerzos cortantes de la sección conjunta de la viga carrilera y la de frenado.

**3.6.2 Sobrecarga móvil del puente.** El puente grúa, al crear acciones verticales y horizontales que actúan sobre los elementos constituyentes del camino de rodadura, origina en éstos sollicitaciones, tanto generales como locales, de flexión, compresión y cortantes, a las que se añaden esfuerzos de torsión.

Los valores que se especifican en los apartados siguientes, corresponden a puentes grúa de 4 ruedas, de las cuales 2 son motrices, y sustentación de la carga por medio de cables.

En el caso de 8 ruedas sobre 4 carretones, los valores numéricos se considerarán por carretón, desdoblándose las fuerzas sobre las dos ruedas.

#### 3.6.2.1 Notación

- a) Características del puente grúa:
  - P peso del puente y su equipo;
  - C peso del carro y su equipo;
  - Q peso de la carga nominal;
  - $v_n$  velocidad nominal de elevación de la carga;
  - $v_c$  velocidad nominal de desplazamiento del carro;
  - $v_p$  velocidad nominal de traslación del puente;
  - $j_c$  aceleración media positiva o negativa del carro;
  - $j_p$  aceleración media positiva o negativa del puente;
  - g aceleración de la gravedad.

b) Acción de una rueda en carga:

- Acción vertical:
  - V acción estática;
  - V<sub>d</sub> acción dinámica (puente en movimiento).
- Acción horizontal longitudinal:
  - H<sub>1</sub> por aceleración o frenado del puente.
- Acción horizontal transversal:
  - H<sub>c</sub> por aceleración o frenado del carro;
  - H<sub>p</sub> por aceleración o frenado del puente;
  - H<sub>o</sub> por marcha oblicua del puente.

c) Coeficientes:

- f coeficiente de adherencia de la rueda al carril;
- k<sub>c</sub> relación entre el número de ruedas motrices del carro y su número total de ruedas;
- k<sub>p</sub> relación entre el número de ruedas motrices del puente y su número total de ruedas;
- ∅ coeficiente de efectos dinámicos;
- ∅<sub>max</sub> coeficiente máximo de efectos dinámicos para las acciones verticales del puente;
- ∅<sub>red</sub> coeficiente reducido de efectos dinámicos para las acciones verticales del puente;
- ω factor de resistencia por fricción; véase la tabla A-2.

**3.6.2.2 Acciones verticales de las ruedas del puente grúa.** Las acciones de las ruedas del puente en movimiento se obtienen a partir de las acciones estáticas máximas correspondientes, multiplicándolas por un coeficiente de efectos dinámicos. Con la notación establecida:

$$V_d = \emptyset V$$

La tabla 5 recoge los valores del coeficiente ∅ correspondiente a los distintos grupos de puentes grúa, tanto para las vigas del camino de rodadura como para los soportes de las mismas. Estos valores corresponden al caso de que, tanto el carril como las ruedas, estén en buen estado y que las maniobras se efectúen normalmente.

Cuando sobre una viga carrilera actúe simultáneamente más de un puente grúa, se aplicará el valor reducido del coeficiente de efectos dinámicos.

Los inconvenientes provenientes de un mal estado del camino de rodadura, juntas defectuosas, carriles sin el necesario grado de fijación, o del mal estado de las ruedas, rueda aplanada, son imposibles de tener en cuenta con valor alguno del coeficiente de efectos dinámicos.

**3.6.2.3 Acciones horizontales longitudinales**

a) *Acciones sobre los carriles de traslación del puente*

La aceleración, o el frenado, del movimiento de traslación del puente conduce a la aparición de acciones longitudinales aplicadas a las cabezas de los carriles. Estas fuerzas horizontales, que las llantas de las ruedas motrices del puente ejercen sobre el carril, se calcularán en función de la aceleración, o deceleración, máximas que se produzcan en servicio normal.

Si los valores de las aceleraciones y deceleraciones no fueran dados por el constructor de la grúa o impuestos por el usuario, se podrá fijar, a título indicativo, en función de la velocidad del movimiento y de las tres condiciones de explotación siguientes:

**Tabla 5**  
Valor del coeficiente de efectos dinámicos vertical

Grupo	Viga carrilera		Soportes	
	máx	red	máx	red
1 y 2	1,1	1,1	1,0	1,0
3 y 4	1,15	1,1	1,0	1,0
5 y 6	1,25	1,1	1,1	1,0
7 y 8	1,35	1,1	1,2	1,0

**Tabla 6**  
Valores medios de las aceleraciones y deceleraciones

Velocidad m/s	1 Velocidad lenta y media con gran recorrido		2 Velocidad media y rápida (aplicaciones corrientes)		3 Velocidad rápida con fuertes aceleraciones	
	Duración de la aceleración s	Aceleración media m/s <sup>2</sup>	Duración de la aceleración s	Aceleración media m/s <sup>2</sup>	Duración de la aceleración s	Aceleración media m/s <sup>2</sup>
4,00			8,0	0,50	6,0	0,67
3,15			7,1	0,44	5,4	0,58
2,50			6,3	0,39	4,8	0,52
2,00	9,1	0,22	5,6	0,35	4,2	0,47
1,60	8,3	0,19	5,0	0,32	3,7	0,45
1,00	6,6	0,15	4,0	0,25	3,0	0,33
0,63	5,2	0,12	3,2	0,19		
0,40	4,1	0,098	2,5	0,16		
0,25	3,2	0,078				
0,16	2,5	0,064				

- 1) Aparatos de velocidad lenta y aparatos de velocidad media con grandes recorridos.
- 2) Aparatos de velocidad media y rápida de aplicación corriente.
- 3) Aparatos de velocidad rápida con fuertes aceleraciones.

La tabla 6 recoge los valores medios de las aceleraciones y deceleraciones, para las tres condiciones de explotación.

Cuando se desconozca la velocidad del movimiento del puente, se adoptará 0,4 m/s<sup>2</sup> como valor medio de la aceleración.

El valor medio de la resultante de las acciones longitudinales de aceleración de un puente estará limitado por la adherencia entre las ruedas motrices y los carriles.

Para el cálculo de la viga carril y de sus vínculos a la estructura soporte se adoptará:

$$\Sigma H_{l_{\max}} = (Q + C + P) \left( \omega + \frac{2j_p}{g} \right) \leq (Q + C + P) f k_p$$

debiendo tomarse como valor del coeficiente de adherencia:

$f = 0,12$  en caminos de rodadura húmedos;

$f = 0,2$  en caminos secos.

Se considerará que la carga se halla en su posición más elevada, y no se tendrá en cuenta su oscilación. Las acciones longitudinales se considerarán repartidas por igual en los dos carriles, siempre que su valor no esté limitado por la adherencia entre rueda y carril. En caso contrario, se repartirá en dos fuerzas desiguales, de la manera siguiente:

Reacción longitudinal menor:

$$H_{l2} = f k_p \Sigma V_2$$

Reacción longitudinal mayor:

$$H_{l1} = \Sigma H_{l_{\max}} - H_{l2}$$

siendo  $\Sigma V_2 = \Sigma V_{\min}$  la suma de las acciones verticales estáticas ejercidas por las ruedas de la viga testera menos cargada.

Para el cálculo de los soportes se adoptará:

$$H_l = 0,2 \Sigma V k_p$$

siendo  $\Sigma V$  la suma de todas las acciones estáticas ejercidas por las ruedas de la viga testera correspondiente.

**b) Acciones sobre los topes finales del camino de rodadura**

Estas acciones corresponden al choque de los topes de las vigas testeras del puente contra los topes finales del camino de rodadura, y son función de la velocidad de traslación del puente grúa, de la flexibilidad de la estructura del mismo, y principalmente, de la flexibilidad de los amortiguadores de los topes. Los valores de estas acciones se acordarán con el constructor de la grúa.

A falta de instrucciones pertinentes, se podrán calcular, siempre que el puente grúa disponga de instalación automática de reducción de la velocidad de traslación, por las expresiones siguientes:

1) En el caso de amortiguador de muelle con diagrama triangular de crecimiento del esfuerzo:

$$\Sigma H_{lt} = 1,25 (C + P) \left( 0,5 \frac{V^2}{g s_a} - 2 f k_p \right)$$

2) En el caso de amortiguador hidráulico de esfuerzo constante y diagrama rectangular:

$$\Sigma H_{lt} = 1,5 (C + P) \left( 0,25 \frac{V^2}{g s_a} - f k_p \right)$$

siendo  $s_a$  el acortamiento del amortiguador.

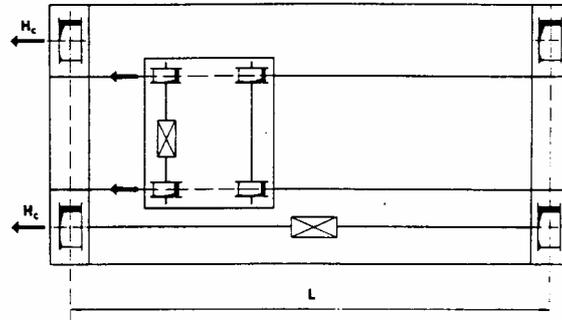


Figura 2

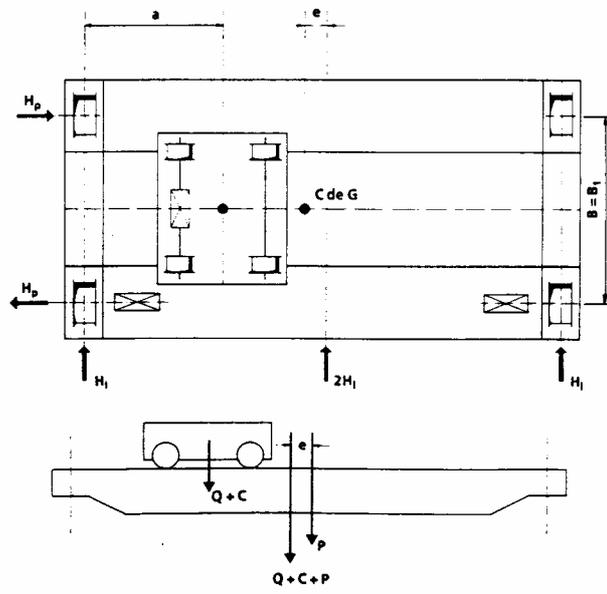


Figura 3

### 3.6.2.4 Acciones horizontales transversales sobre los carriles de traslación del puente

#### a) Acciones $H_c$ , debidas a la aceleración o deceleración del carro

La aceleración, o deceleración, del movimiento de traslación del carro conduce a la aparición de acciones horizontales transversales al camino de rodadura. Estas fuerzas transversales se calcularán en función de la aceleración, deceleración, máximas que se produzcan en un servicio normal.

El valor de la fuerza total de aceleración del carro estará limitado por la adherencia entre las ruedas motrices y los carriles de las vigas del puente.

El valor de la aceleración media positiva o negativa es un dato que debe proporcionar el constructor de la grúa, o fijar el usuario. En caso de no ser conocido, podrán utilizarse a título indicativo los valores que se dan en la tabla 6, para aplicaciones corrientes. Cuando se desconozca la velocidad del movimiento, se adoptará  $0,2 \text{ m/s}^2$  como aceleración media.

– Para el cálculo de la viga carril y de sus vínculos a la estructura de soporte se tomará:

$$\Sigma H_{c\max} = (Q+C) \left( \omega + \frac{2j_c}{g} \right) \leq (Q+C) f k_c$$

siendo los valores del coeficiente de adherencia los mismos del apartado 3.6.3, a) (figura 2), y considerando que la carga se encuentra en su posición más elevada.

– Para el cálculo de los soportes se tomará:

$$\Sigma H_c = 0,1 \Sigma V$$

siendo  $\Sigma V$  la suma de todas las acciones verticales estáticas ejercidas por las ruedas de una viga testera del puente.

#### b) Acciones $H_p$ , debidas a la aceleración o deceleración del puente

Se supone un puente grúa con sincronización en revoluciones de las ruedas motrices de ambas vigas testeras.

En este caso, la fuerza tractora se reparte por igual entre las ruedas motrices de uno y otro carril, con resultante en el eje de ambos. La resultante de la fuerza de inercia, debida a la masa conjunta del puente, carro y carga, en el caso de carro trasladado presenta una excentricidad de valor  $e_{\max}$ , respecto de dicho eje. Esta excentricidad origina la aparición de fuerzas horizontales transversales que forman un par de equilibrio, como se indica en la figura 3. El valor máximo de estas fuerzas corresponderá al corrimiento máximo del carro y, por tanto, a la excentricidad máxima; y su valor vendrá dado por:

– Para el cálculo de la viga carril y de sus vínculos a la estructura soporte:

$$H_p = \pm \Sigma H_{l\max} \frac{e_{\max}}{B}$$

Se considera que la carga se halla en su posición más elevada.

– Para el cálculo de los soportes:

Se entenderá englobada en las  $\Sigma H_c$ .

#### c) Acciones $H_o$ , debidas a la marcha oblicua del puente

La marcha oblicua del puente origina acciones horizontales transversales, iguales y opuestas, en las ruedas extrema o rodillos guía, alcanzando áquellas su valor máximo cuando el carro se encuentra sobre el eje de la nave. A falta de un cálculo más riguroso, en el que se consideren las particularidades constructivas de la grúa en cuestión, y las de su mecanismo de traslación en concreto, podrá adoptarse como valor de cada fuerza horizontal,  $H_o$ , constitutivas del par.

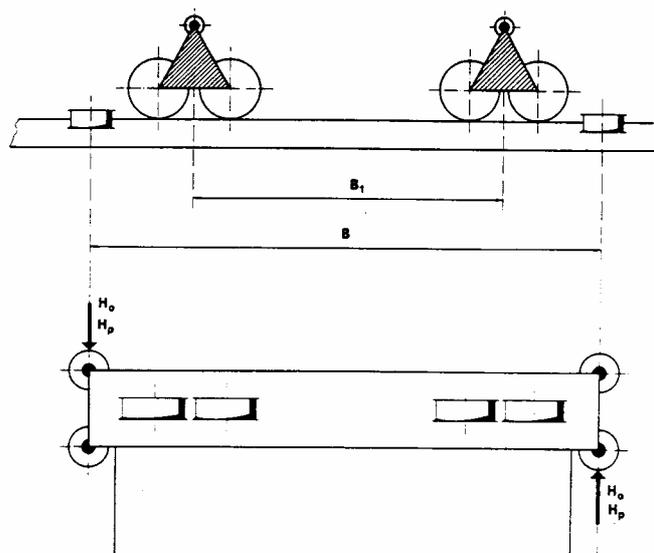


Fig. 4 - Puente grúa con rodillos guía

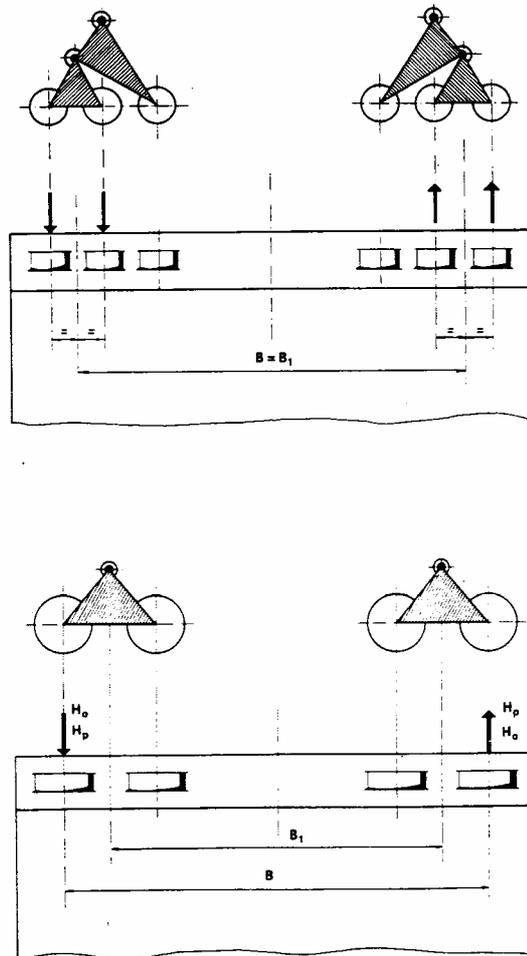


Fig. 5 - Puente grúa con ruedas de pestaña

- Para el cálculo de la viga carril y de sus vínculos a la estructura soporte:

$$H_o = 0,024 (Q + C + P) \frac{L}{B}$$

- Para el cálculo de los soportes:

Se considerará englobada en las  $\Sigma H_c$ .

3.6.2.5 Punto de aplicación de las acciones

a) Acciones verticales

para tener en cuenta las tolerancias de ejecución y montaje, tanto del puente grúa como de las vigas de rodadura, se supondrá que las acciones verticales presentan una excentricidad horizontal cuyo valor será:

Tabla 7  
Superficie expuesta por la carga útil a acción del viento

Carga útil en kN	10	20	30	50	100	200	300	500	750	1 000	1 500
Superficie en m <sup>2</sup>	3,0	4,0	5,5	7,0	10,0	16,0	20,0	25,0	30,0	36,0	45,0

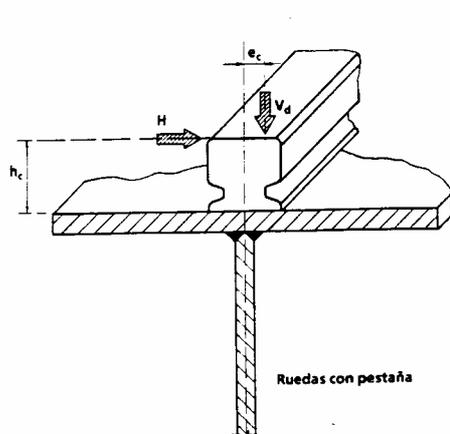


Figura 6

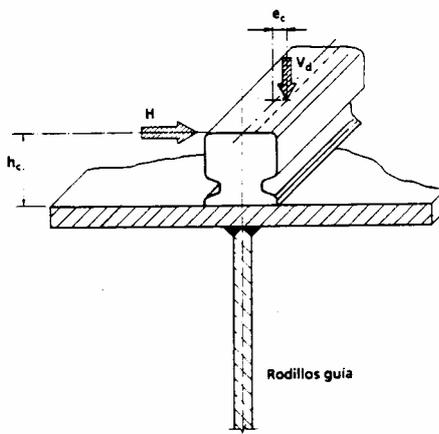


Figura 7

- Cero, para los puentes grúas clasificados en los grupos 1, 2 ó 3.
- Igual a la cuarta parte del ancho de la cabeza del carril para los puentes grúa clasificados en algunos de los restantes grupos.

b) *Acciones horizontales*

Se supondrán aplicadas en la cara superior del carril.

- Las fuerzas horizontales longitudinales,  $H_L$ , en las ruedas motrices exclusivamente y con el reparto que se indica en el apartado 3.6.2.3.
- Las fuerzas horizontales  $H_C$ , originadas por la aceleración del carro, se considerarán repartidas por igual entre todas las ruedas de una viga testera del puente.
- Las fuerzas horizontales  $H_P$ , originadas por aceleración del puente, según las figuras 4 y 5, en función de la existencia o no de rodillos guía y del número y disposición de las ruedas en la viga testera.
- En dichas figuras se muestra también la posición de las fuerzas  $H_O$ , debidas a la marcha oblicua del puente.

**3.6.2.6 Simultaneidad de actuación de varios puentes grúa.** Salvo indicación en contrario del usuario de los puentes grúa, cuando existan varios se limitará el número de los mismos a considerar en el cálculo según los siguientes criterios:

a) *Acciones verticales*

- 1) Camino de rodadura simple entre dos soportes consecutivos, y soporte lateral entre dos vigas carriles contiguas, en una misma nave:

Actuación de un máximo de dos puentes grúa.

- 2) Caminos de rodadura dobles al mismo nivel, y soporte entre dos naves contiguas de un edificio:

Actuación de un máximo de cuatro puentes grúa (dos por nave).

- 3) Soportes con caminos de rodadura a más de un nivel:

Actuación de un máximo de seis puentes grúa, siempre que ello sea compatible con los gálibos de la carga a trasladar.

b) *Acciones horizontales transversales*

- 1) Camino de rodadura simple entre dos soportes consecutivos, y soporte lateral entre dos vigas carriles contiguas:

Actuación de un máximo de un puente grúa.

- 2) Caminos de rodadura dobles al mismo nivel, y soporte entre naves contiguas de un mismo edificio:

Actuación de un máximo de dos puentes grúa (uno por nave).

- 3) Soporte con caminos de rodadura a más de un nivel:

Actuación de un máximo de cuatro puentes grúa (uno por nivel y nave).

c) *Acciones horizontales longitudinales*

- 1) Camino de rodadura simple entre dos soportes consecutivos:

Actuación de un máximo de dos puentes grúa.

El primero con la acción horizontal según el apartado 3.6.2.3, el segundo con el 70% de aquella acción horizontal.

- 2) Caminos de rodadura dobles al mismo nivel, y soporte entre naves contiguas de un mismo edificio:

Actuación de un máximo de dos puentes grúa.

Se tomará, tanto para la disposición de los puentes como para la magnitud y sentido de las acciones, las que produzcan efectos más desfavorables sobre el elemento a estudiar.

Dos puentes grúa de construcción idéntica o diferente, que, según indicaciones del usuario, funcionen predominantemente en pareja, se considerarán a estos efectos como un solo puente grúa.

**3.6.3 Sobrecarga de uso de las pasarelas.** No se considerará su actuación conjunta con las acciones de los puentes grúa en movimiento.

Se considerarán dos casos de carga:

- a) Carga móvil aislada de 3 kN aplicada en un punto cualquiera y repartida en una superficie de 1 m<sup>2</sup>.
- b) Carga uniformemente repartida de 2 kN/m<sup>2</sup>.

**3.6.4 Acción del viento.** El valor de la presión dinámica será de 0,3 kN/m<sup>2</sup> cuando el puente se encuentre en servicio.

Cuando el puente se halle fuera de servicio, se adoptará el valor que corresponda en función del emplazamiento de la instalación (situación geográfica, altitud, exposición) según la norma NBE MV-101. Se considerará el caso en que la carga haya quedado suspendida del carro.

Las dimensiones de la proyección de la carga de servicio sobre un plano vertical normal a la dirección del viento se precisará por el usuario del puente. En ausencia de tales indicaciones se adoptarán los valores de la tabla 7.

En la determinación de la sobrecarga de viento debida a la carga útil se considerará un coeficiente eólico de 1,2.

**3.6.5 Variación de temperatura.** Se considerará una variación de  $\pm 35$  °C en elementos situados al exterior, y de  $\pm 25$  °C en elementos en el interior de edificios.

La consideración de las fuentes de calor citadas en el apartado 3.5.5 requerirá un estudio especial.

**3.6.6 Acción sísmica.** Los valores característicos de las acciones verticales y horizontales sísmicas se determinarán, salvo indicación expresa de Organismos competentes, de acuerdo con las prescripciones de la Norma Sismorresistente P.G. S-1 (1974). En la determinación de las acciones horizontales no se tendrá en cuenta la carga de servicio.

### 3.7 Efectos locales

Las acciones de las ruedas de los puentes grúa son fuertes cargas concentradas que, independientemente de las sollicitaciones generales que producen en el camino de rodadura, inducen importantes tensiones locales en los elementos que componen la parte superior de la viga carril. Estas tensiones locales son más importantes, si se considera -como es lógico hacerlo- un cierto descentramiento del carril con el plano de alma. Las tensiones que se inducen por este efecto deben superponerse a las producidas por las sollicitaciones generales que, como parte de la sección de la viga, se producen en los elementos afectados.

**3.7.1 Tren de sobrecarga torsora.** Teniendo en cuenta el punto de aplicación de las acciones, tanto verticales como horizontales, de las ruedas, la viga carrilera está sollicitada por un tren de momentos torsores concentrados cuya consideración es necesaria para el cálculo de las tensiones locales inducidas. Los momentos torsores componentes del tren, considerados como aplicados en el punto medio de la cara alta del ala superior de la viga carrilera, tienen por valor:

- En caso de ruedas con pestaña:

$$M_t = V_d e_c + H h_c$$

- En caso de rodillos guías, en la sección de contacto con éste:

$$M_t = H h_c$$

y en otra sección<sup>1)</sup>

$$M_t = V_d \cdot e_c$$

donde

H es la acción horizontal transversal total;

$e_c$  es la excentricidad horizontal de aplicación de la acción vertical de la rueda del puente;

$h_c$  es la altura del carril de rodadura del puente grúa. Véanse las figuras 6 y 7;

$V_d$  es la acción vertical dinámica.

**3.7.2 Esfuezos locales.** El ala superior de la viga, juntamente con el carril puede considerarse como una viga sobre lecho elástico, solicitada por la actuación de la carga móvil que se supone centrada en el plano del alma.

Se produce, por tanto, una flexión local en el ala o platabanda superior y unas compresiones locales verticales en el alma.

El momento torsor induce igualmente tensiones locales de flexión en la parte superior del alma y en los rigidizadores verticales de la misma.

También es preciso tener en cuenta la posible flexión de los elementos de fijación de los extremos de la viga carrilera a los soportes del camino de rodadura.

**3.7.2.1 Longitud de reparto de la presión local de las ruedas y compresión del alma.** La acción vertical que produce la rueda se reparte, por medio del carril y del ala superior de la viga, en una cierta longitud de alma, sometiéndola a compresión local. Salvo que se adopten procedimientos de ejecución muy especiales para la unión entre ala y alma, ésta presión no se transmite por contacto directo sino a través de los cordones de soldadura de esta unión, que deben por tanto calcularse para este efecto.

La longitud de reparto de la presión local se obtendrá, siempre que no se haga un cálculo más preciso, de la expresión:

$$l = \beta \sqrt[3]{\frac{I_s}{e_a}}$$

donde

$\beta$  es el coeficiente que depende del tipo de unión del ala superior al alma de la viga (puede tomarse  $\beta = 3,25$  para unión soldada);

$I_s$  es la suma de los momentos de inercia del carril y del ala superior respecto a sus propios ejes principales horizontales. Cuando el carril se suelde al ala por medio de cordones que garanticen la colaboración entre ambos,  $I_s$  será el momento de inercia del conjunto carril más ala;

$e_a$  es el espesor del alma.

En la figura 8 se indica, mediante rayado, aquella parte de la sección transversal que ha de considerarse en el cálculo del valor del momento de inercia del ala superior.

<sup>1)</sup> También en ruedas con pestaña en las hipótesis 1 y 2.

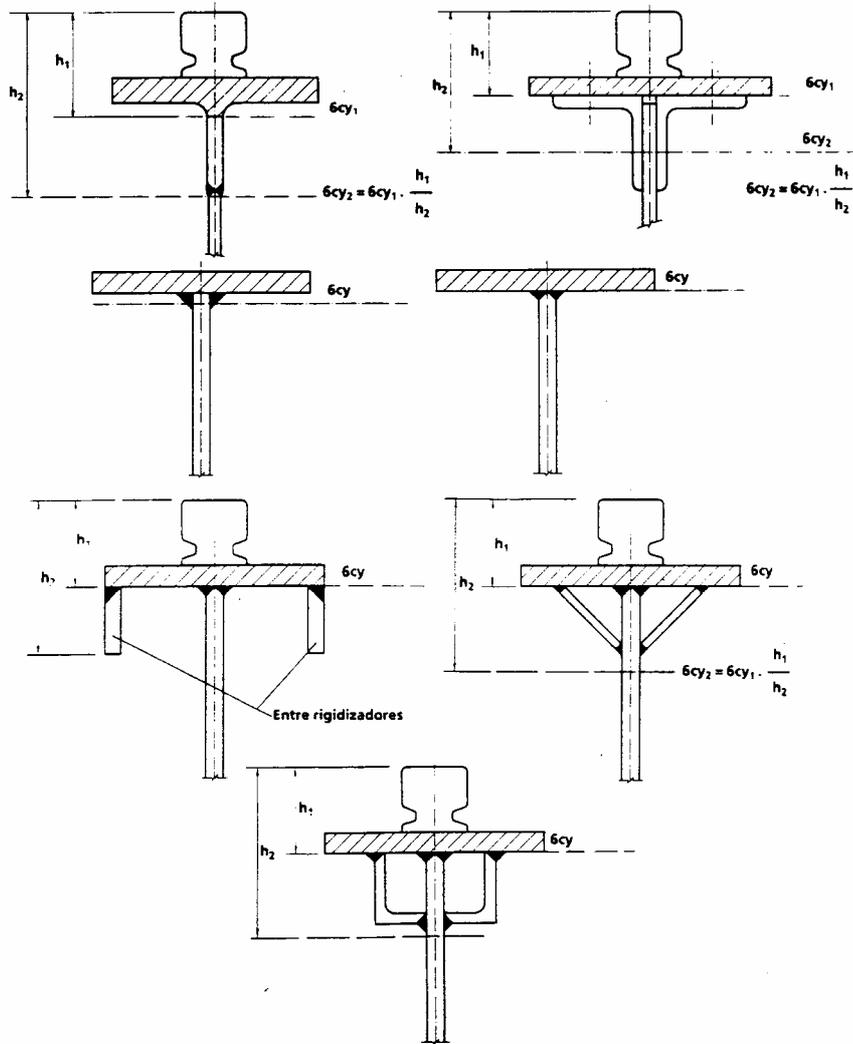


Figura 8