

**Anejo Nacional para el proyecto de puentes
AN/UNE-EN 1991-2**

Eurocódigo 1: Acciones en estructuras

Parte 2: Cargas de tráfico en puentes

Índice

AN.1	Objeto y ámbito de aplicación	5
AN.2	Parámetros de determinación nacional (NDP)	8
AN.3	Decisión sobre la aplicación de los Anejos Informativos.....	24
AN.4	Información complementaria no contradictoria (NCCI).....	25

AN.1 Objeto y ámbito de aplicación

Este Anejo Nacional define las condiciones de aplicación al proyecto de puentes en el territorio español de la norma UNE-EN 1991-2:2004 (con su erratum UNE-EN 1991-2:2004/AC:2010), que es reproducción de la norma europea EN 1991-2:2003 (con su erratum EN 1991-2:2003/AC:2010).

En el apartado AN.2 se fijan los valores de los parámetros de determinación nacional (NDP), de aplicación a puentes, que la norma UNE-EN 1991-2 deja abiertos para ser establecidos en cada país.

En el apartado AN.3 se indica si los anejos informativos de la UNE-EN 1991-2 se convierten en normativos, mantienen su carácter informativo o no son de aplicación al proyecto de puentes.

Este Anejo Nacional contiene además *información complementaria no contradictoria* (NCCI) cuyo objeto es facilitar la aplicación de la norma. Tienen carácter de *información complementaria no contradictoria*:

- Los párrafos en cursiva del apartado AN.2
- Los documentos citados en el apartado AN.4

Los artículos de la UNE-EN 1991-2 que contienen parámetros de determinación nacional de aplicación a puentes son los que se indican a continuación.

1.1 (3)	Reglas complementarias para muros de contención, estructuras enterradas y túneles
2.2 (2) Nota 2	Uso de valores infrecuentes para carga de puentes de carretera
2.3 (1)	Definición de protección adecuada frente a colisiones
2.3 (4)	Impacto de embarcaciones
3 (5)	Reglas para puentes de uso mixto
4.1 (1) Nota 2	Acciones de tráfico rodado para longitudes de carga superiores a 200 m
4.1 (2) Nota 1	Modelos específicos de carga para puentes con limitación de peso por vehículo
4.2 (1) Nota 2	Definición de modelos complementarios de carga
4.2.1 (2)	Definición de modelo de vehículos especiales
4.2.3(1)	Altura convencional de los bordillos de la acera
4.3.1(2) Nota 2	Uso de LM2
4.3.2(3) Notas 1 y 2	Valores de los factores α
4.3.2(6)	Utilización de modelos simplificados de carga
4.3.3(2)	Valor del factor β_Q
4.3.3(4) Nota 2	Superficie de contacto de la rueda del LM2

4.3.4(1)	Definición del modelo de carga LM3 (vehículos especiales)
4.4.1 (2) Nota 2	Límite superior de la fuerza de frenado
4.4.1 (2) Nota 3	Fuerzas horizontales asociadas al LM3
4.4.1(3)	Fuerzas horizontales asociadas al LM3
4.4.1(6)	Fuerza de frenado transmitida por las juntas de dilatación
4.4.2(4)	Valor mínimo de la fuerza transversal
4.5.1 Tabla 4.4a Nota a	Fuerzas horizontales en el grupo de cargas gr1a
4.5.1 Tabla 4.4a Nota b	Carga vertical en aceras en el grupo de cargas gr1a
4.5.2 (1) Nota 3	Uso de valores infrecuentes en acciones variables
4.6.1(2) Nota 2 c) y 2 e)	Uso de modelos de carga de fatiga
4.6.1(2) Nota 4	Modificación de los modelos de carga de fatiga 1 y 2
4.6.1(3) Nota 1	Definición de categorías de tráfico
4.6.1(6)	Factor de amplificación dinámico para elementos estructurales en las proximidades de juntas de dilatación
4.6.4(3)	Ajuste del modelo de carga de fatiga 3
4.6.5(1) Nota 2	Modelo de carga de fatiga 4
4.6.6(1)	Modelo de carga de fatiga 5
4.7.2.1(1)	Impacto sobre pilas y otros elementos de la subestructura
4.7.2.2(1) Nota 1	Impacto sobre tableros
4.7.3.3(1) Nota 1	Impacto sobre sistemas de contención de vehículos
4.7.3.3(1) Nota 3	Fuerza vertical que actúa simultáneamente con la fuerza de colisión horizontal
4.7.3.3(2)	Carga que actúa sobre la estructura que soporta al pretil
4.7.3.4(1)	Fuerzas de colisión contra elementos estructurales situados sobre el tablero
4.8(1) Nota 2	Definición de acciones sobre barandillas
4.8(3)	Carga que actúa sobre la estructura que soporta a la barandilla
4.9.1(1) Nota 1	Definición del modelo de cargas en terraplenes
5.2.3(2)	Definición de modelos de carga para pasarelas de inspección
5.3.2.1(1)	Valor característico de la carga uniformemente repartida
5.3.2.2(1)	Valor característico de la carga concentrada en pasarelas
5.3.2.3(1)P Nota 1	Definición de vehículos de servicio para pasarelas
5.4(2)	Valor característico de la carga horizontal en pasarelas
5.6.1(1)	Definición de fuerzas de impacto
5.6.2.1(1)	Fuerzas de impacto sobre las pilas
5.6.3(2) Nota 2	Presencia accidental de vehículos sobre las pasarelas
5.7(3)	Definición de modelos dinámicos de cargas peatonales
6.1(2)	Tráfico fuera del ámbito de aplicación de la EN 1991-2. Modelos alternativos de carga
6.1.(3)P	Otros tipos de vías ferroviarias
6.1(7)	Puentes temporales
6.3.2(3)P	Valores del factor α
6.3.3(4)P	Elección de líneas para tráfico intenso

6.4.4(1)	Requisitos alternativos para un análisis dinámico
6.4.5.2(3)P	Selección del factor dinámico
6.4.5.3(1)	Valores alternativos de longitudes determinantes
6.4.5.3 Tabla 6.2	Longitud determinante de voladizos
6.4.6.1.1(6) Tabla 6.4	Requisitos adicionales para aplicación de HSLM
6.4.6.1.1(7)	Carga y metodología para análisis dinámico
6.4.6.1.2(3) Tabla 6.5	Casos de carga adicionales en función del número de vías
6.4.6.3.1(3) Tabla 6.6	Valores del amortiguamiento
6.4.6.3.2(3)	Valores alternativos para la densidad de los materiales
6.4.6.3.3(3) Notas 1 y 2	Módulo de Young incrementado. Otras propiedades de los materiales
6.4.6.4(4)	Reducción del pico de respuesta a resonancia y valores alternativos del amortiguamiento
6.4.6.4(5)	Consideración de los defectos en las vías e imperfecciones de los vehículos
6.5.1(2)	Altura incrementada del centro de gravedad para fuerzas centrífugas
6.5.3(5)	Acciones de frenado para longitudes cargadas superiores a 300 m
6.5.3(9)P	Requisitos alternativos para la aplicación de las fuerzas de arranque y frenado
6.5.4.1(5)	Respuesta combinada de estructura y vía. Requisitos para vías sin balasto
6.5.4.3(2) Notas 1 y 2	Requisitos alternativos para el rango de temperaturas
6.5.4.4(2) Nota 1	Resistencia longitudinal tangencia entre vía y tablero del puente
6.5.4.5	Criterios alternativos de proyecto
6.5.4.5.1(2)	Valor mínimo del radio de curvatura de la vía
6.5.4.5.1(2)	Valores límite de la sobretensión en el carril
6.5.4.6	Métodos alternativos de cálculo
6.5.4.6.1(1)	Criterios alternativos para los métodos simplificados de cálculo
6.5.4.6.1(4)	Resistencia rasante plástica longitudinal entre vía y tablero del puente
6.6.1(3)	Acciones aerodinámicas. Valores alternativos
6.7.1(2)P	Descarrilamiento de vehículos ferroviarios. Requisitos adicionales
6.7.1(8)P Notas 1 y 2	Descarrilamiento de vehículos ferroviarios. Medidas para elementos estructurales situados sobre el nivel de los carriles y requisitos para mantener un convoy descarrilado sobre la estructura
6.7.3(1)P	Otras acciones
6.8.1(11)P Tabla 6.10	Número de vías cargadas para comprobación de drenaje y holguras estructurales
6.8.2 (2) Tabla 6.11	Evaluación de grupos de cargas
6.8.3.1(1)	Valores frecuentes de acciones multicomponentes
6.8.3.2(1)	Valores casi-permanentes de acciones multicomponentes
6.9(6)	Modelos de carga de fatiga y vida útil estructural
6.9(7)	Modelos de carga de fatiga. Tráfico especial
Anejo C (3)P Nota 1	Factor dinámico
Anejo C (3)P Nota 2	Método de análisis dinámico
Anejo D2 (2)	Coeficiente parcial para carga de fatiga

AN.2 Parámetros de determinación nacional (NDP)

Capítulo 1 Generalidades

1.1(3) Reglas complementarias para muros de contención, estructuras enterradas y túneles

Para muros y estructuras enterradas será de aplicación lo expuesto en AN.2/4.9.1(1) Nota 1.

Capítulo 2 Clasificación de acciones

2.2(2) Nota 2 Uso de valores infrecuentes en acciones variables

No se considera el valor infrecuente de las acciones variables.

2.3(1) Definición de protección adecuada frente a colisiones

Se considerará protección adecuada aquella que cumpla la reglamentación relativa a barreras de seguridad de la Dirección General de Carreteras.

2.3(4) Impacto de embarcaciones

Para la definición de los posibles impactos de embarcaciones se cumplirá lo especificado en UNE-EN 1991-1-7 y su anejo nacional.

Capítulo 3 Situaciones de proyecto

3(5) Reglas para puentes de uso mixto

Para el proyecto de puentes de uso mixto, con tráfico de carretera y ferroviario, se considerarán las acciones correspondientes a cada uso de forma independiente o combinada, según resulte más desfavorable. En estos casos, se someterán siempre a la aprobación de la autoridad competente las acciones, coeficientes y combinaciones a considerar en el proyecto.

Capítulo 4 Acciones del tráfico rodado y otras acciones específicas para puentes de carretera

4.1(1) Nota 2 Acciones de tráfico rodado para longitudes de carga superiores a 200 m

Para longitudes cargadas superiores a 200 m, el proyectista podrá adoptar modelos de carga diferentes de los definidos en UNE-EN 1991-2, siempre que los justifique

adecuadamente sobre las mismas bases teóricas que el modelo aquí establecido y cuente con la aprobación de la autoridad competente.

4.1(2) Nota 1 Modelos específicos de carga para puentes con limitación de peso por vehículo

No se definen modelos de carga específicos.

4.2.1(1) Nota 2 Definición de modelos complementarios de carga

No se establecen modelos de carga complementarios.

4.2.1(2) Definición de modelos de vehículos especiales

En caso de que en un proyecto específico se deba considerar el efecto de un transporte especial, se definirá para el mismo el modelo de carga aplicable así como las combinaciones de acciones a considerar. No serán de aplicación con carácter general los modelos propuestos en el Anexo A (Informativo) de UNE-EN 1991-2.

4.2.3(1) Altura convencional de los bordillos de la acera

La altura mínima de los bordillos para que pueda considerarse que suponen el borde de una calzada será de 150 mm.

4.3.1(2) Nota 2 Uso del LM2

No se establecen consideraciones adicionales sobre la aplicabilidad del LM2

4.3.2(3) Notas 1 y 2 Valores de los factores α

Se adoptan los valores siguientes: $\alpha_{Qi} = \alpha_{qi} = \alpha_{qr} = 1,0$

4.3.2(6) Utilización de modelos simplificados de carga

No se definen condiciones adicionales para el uso de las reglas alternativas.

4.3.3(2) Valor del factor β_Q

Se adoptará el valor $\beta_Q = 0,75$.

4.3.3(4) Nota 2 Superficie de contacto de la rueda del LM2

Las dimensiones de la superficie de contacto del LM2 se tomarán iguales a las del LM1.

4.3.4(1) Definición del modelo de carga LM3 (vehículos especiales)

Sólo se considerarán las acciones producidas por vehículos especiales cuando así lo requiera específicamente la autoridad competente que, en ese caso, indicará el valor de las cargas y disposición de éstas a considerar en los cálculos.

4.4.1(2) Nota 2 Límite superior de la fuerza de frenado

Se adopta el valor recomendado.

4.4.1(3) Fuerzas horizontales asociadas al LM3

La fuerza de frenado a considerar debida a la acción del LM3 (vehículo especial) deberá ser fijada específicamente por la autoridad competente, al igual que la aplicabilidad y el valor de las acciones verticales.

4.4.1(6) Fuerza de frenado transmitida por las juntas de dilatación

Se adopta el valor recomendado.

4.4.2(4) Valor mínimo de la fuerza transversal

Se adopta el valor recomendado, salvo en puentes de radio mayor de 1500 m, en los que no se considerará ninguna fuerza transversal debida al derrape durante el frenado.

4.5.1 Tabla 4.4a Nota a Fuerzas horizontales en el grupo de cargas gr1a

No se considerará la acción concomitante de la fuerza de frenado o arranque ni la de la fuerza centrífuga y transversal en el gr1a (valor característico de las cargas verticales del LM1).

4.5.1 Tabla 4.4a Nota b Carga vertical en aceras en el grupo de cargas gr1a

Se adopta un valor reducido de la carga vertical en aceras igual a 2,5 kN/m² actuando de forma concomitante con el LM1 (grupo de cargas gr1a).

4.5.2 (1) Nota 3 Uso de combinaciones de acciones infrecuentes

No se consideran combinaciones de acciones infrecuentes.

4.6.1(2) Nota 2 Uso de modelos de carga de fatiga

Nota 2 c)

No se proporcionan condiciones de uso para los modelos de carga de fatiga 1 y 2.

Nota 2 e)

No se proporcionan datos de tráfico para la aplicación del modelo de fatiga 4. Estos datos se definirán para el proyecto específico.

Los modelos de carga de fatiga 1 y 2 propuestos para la comprobación a fatiga son conservadores y deben ser utilizados sólo para conocer si la estructura es o no susceptible de

tener problemas de fatiga. En la práctica el modelo de carga de fatiga que se debe aplicar es el modelo 3 o, en su caso, los modelos 4 y 5.

4.6.1(2) Nota 4 Modificación de los modelos de carga de fatiga 1 y 2

No se considera ninguna modificación de los modelos de carga de fatiga 1 y 2.

4.6.1(3) Nota 1 Definición de categorías de tráfico

Se adoptan los valores recomendados.

4.6.1(6) Factor de amplificación dinámico para elementos estructurales en las proximidades de juntas de dilatación

Se adopta la expresión recomendada.

4.6.4(3) Ajuste del modelo de carga de fatiga 3

Sólo se considerará un vehículo en el modelo de carga de fatiga 3.

4.6.5(1) Nota 2 Modelo de carga de fatiga 4

No se proporciona información adicional.

4.6.6(1) Modelo de carga de fatiga 5

No se proporciona información adicional.

4.7.2.1(1) Impacto sobre pilas y otros elementos de la subestructura

Será de aplicación lo especificado en 4.3.1 de UNE-EN 1991-1-7 y su anejo nacional.

4.7.2.2(1) Nota 1 Impacto sobre tableros

Será de aplicación lo especificado en 4.3.2 de UNE-EN 1991-1-7 y su anejo nacional.

4.7.3.3(1) Nota 1 Impacto sobre sistemas de contención de vehículos

El impacto de un vehículo contra el sistema de contención (dispuesto conforme a la normativa vigente) se asimilará a una carga estática compuesta por una fuerza horizontal transversal y un momento de eje longitudinal concomitantes aplicados en la zona de conexión entre el elemento de contención y la estructura.

Las fuerzas máximas que el sistema de contención puede llegar a transferir a la estructura a través del sistema de anclaje serán las correspondientes al fallo último del pretil producido por cualquier impacto concebible y serán, normalmente, superiores a las medidas durante los ensayos de impacto de vehículo a escala real definidos por la normativa vigente (UNE-EN 1317).

Se tomará para esta acción el valor nominal de las fuerzas y momentos máximos, definidos según el párrafo anterior y determinados, mediante cálculos o mediante ensayos

específicos, de acuerdo con la normativa correspondiente, que facilitará a estos efectos el fabricante del sistema de contención. A falta de dicha información, se tomará el valor característico de la resistencia del sistema de anclaje del pretil.

4.7.3.3(1) Nota 3 Fuerza vertical que actúa simultáneamente con la fuerza de colisión horizontal

Se adopta el valor recomendado.

4.7.3.3(2) Carga que actúa sobre la estructura que soporta al pretil

Se adopta el valor 1,5.

Frente al impacto de un vehículo que circula sobre un puente de carretera contra el sistema de contención del mismo, no se admitirán daños en los elementos estructurales, ni siquiera locales, siendo necesario que el sistema de fijación del pretil cuente con un dispositivo fusible que permita la sustitución o reparación del sistema de contención dañado sin afectar al tablero y que asegure que las fuerzas transmitidas al mismo no superan las consideradas en el proyecto.

4.7.3.4(1) Fuerzas de colisión contra elementos estructurales situados sobre el tablero

Se adoptan las indicaciones recomendadas. Además, se tendrá en cuenta lo indicado en 3.3(2) Nota 2 del anejo nacional a UNE-EN 1991-1-7.

4.8(1) Nota 2 Definición de acciones sobre barandillas

Se considera una fuerza horizontal sobre las barandillas de 1,5 kN/m, aplicada en el borde superior de éstas.

4.8(3) Carga que actúa sobre la estructura que soporta a la barandilla

Se adopta el valor 1,5.

4.9.1(1) Nota 1 Definición del modelo de cargas en terraplenes

Para el cálculo de empujes del terreno sobre elementos de la estructura en contacto con él, (estribos, muros, etc.) se considerará actuando en la parte superior del terraplén, en la zona por donde pueda discurrir el tráfico, el modelo de cargas verticales LM1 definido en 4.3.2.

Alternativamente a este modelo de carga, podrá adoptarse un modelo simplificado consistente en una sobrecarga vertical uniforme de 10 kN/m² de extensión ilimitada.

Capítulo 5 Acciones en aceras, carriles de bicicletas y pasarelas

5.2.3(2) Definición de modelos de carga para pasarelas de inspección

Se adoptan los valores recomendados.

5.3.2.1(1) Valor característico de la carga uniformemente repartida

Se adopta el valor recomendado.

5.3.2.2(1) Valor característico de la carga concentrada

Se adopta el valor recomendado.

5.3.2.3(1)P Nota 1 Definición de vehículos de servicio para pasarelas

Se adopta el valor recomendado.

5.4(2) Valor característico de la carga horizontal en pasarelas

Se adopta el valor recomendado.

5.6.1(1) Definición de las fuerzas de impacto

No se proporciona información adicional.

5.6.2.1(1) Fuerzas de impacto sobre las pilas

Será de aplicación lo especificado en 4.3.1 de UNE-EN 1991-1-7 y su anejo nacional.

5.6.3(2) Nota 2 Presencia accidental de vehículos sobre las pasarelas

No se definen otras características del modelo de carga.

5.7(3) Definición de modelos dinámicos de cargas peatonales y criterios de confort

No se definen modelos dinámicos de cargas peatonales.

Los criterios de confort se especifican en A2.4.3.2(1) del anejo nacional a la UNE-EN 1990/A1.

Capítulo 6 Acciones del tráfico ferroviario y otras acciones específicas para puentes de ferrocarril**6.1(2) Tráfico fuera del ámbito de aplicación de la EN 1991-2. Modelos alternativos de carga**

No se definen con carácter general modelos de carga alternativos. En casos particulares podrán definirse en el proyecto específico modelos de carga alternativos aprobados por la autoridad competente.

6.1(3)P Otros tipos de vías ferroviarias

Los ferrocarriles de vía estrecha (vía métrica) quedan contemplados con los modelos de carga definidos en 6.3.2 y el factor de clasificación $\alpha = 0,91$.

Las cargas correspondientes a otros tipos de vías se definirán para cada proyecto.

Se considerará como información complementaria no contradictoria (NCCI) el documento "Evaluación de las obras de paso existentes frente al paso de los trenes de referencia (categorías de líneas EN y trenes especiales)", Ministerio de Fomento (Dirección General de Ferrocarriles).

6.1(7) Puentes temporales

No se definen requisitos.

6.3.2(3)P Valores del factor α

Se aplicará con carácter general un factor de clasificación $\alpha = 1,10$ para el modelo de carga 71 (LM71) y para el modelo SW/0, tanto para vía de ancho ibérico como de ancho estándar europeo. Para tráfico en vía estrecha (vía métrica) se aplicará un factor $\alpha = 0,91$.

Valores alternativos del factor α superiores a los indicados podrán ser especificados en determinados proyectos, tales como corredores internacionales de tráfico de mercancías.

6.3.3(4)P Elección de líneas para tráfico intenso

No se designan con carácter general líneas o tramos para tráfico pesado en las que se aplique el modelo de cargas SW/2. Podrá especificarse el empleo de este modelo de cargas en el proyecto específico.

6.4.4(1) Requisitos alternativos para un análisis dinámico

Para decidir si es necesario realizar un cálculo dinámico, así como el procedimiento concreto para el mismo, se empleará el cuadro propuesto en la figura AN/1, que sustituye a la figura 6.9.

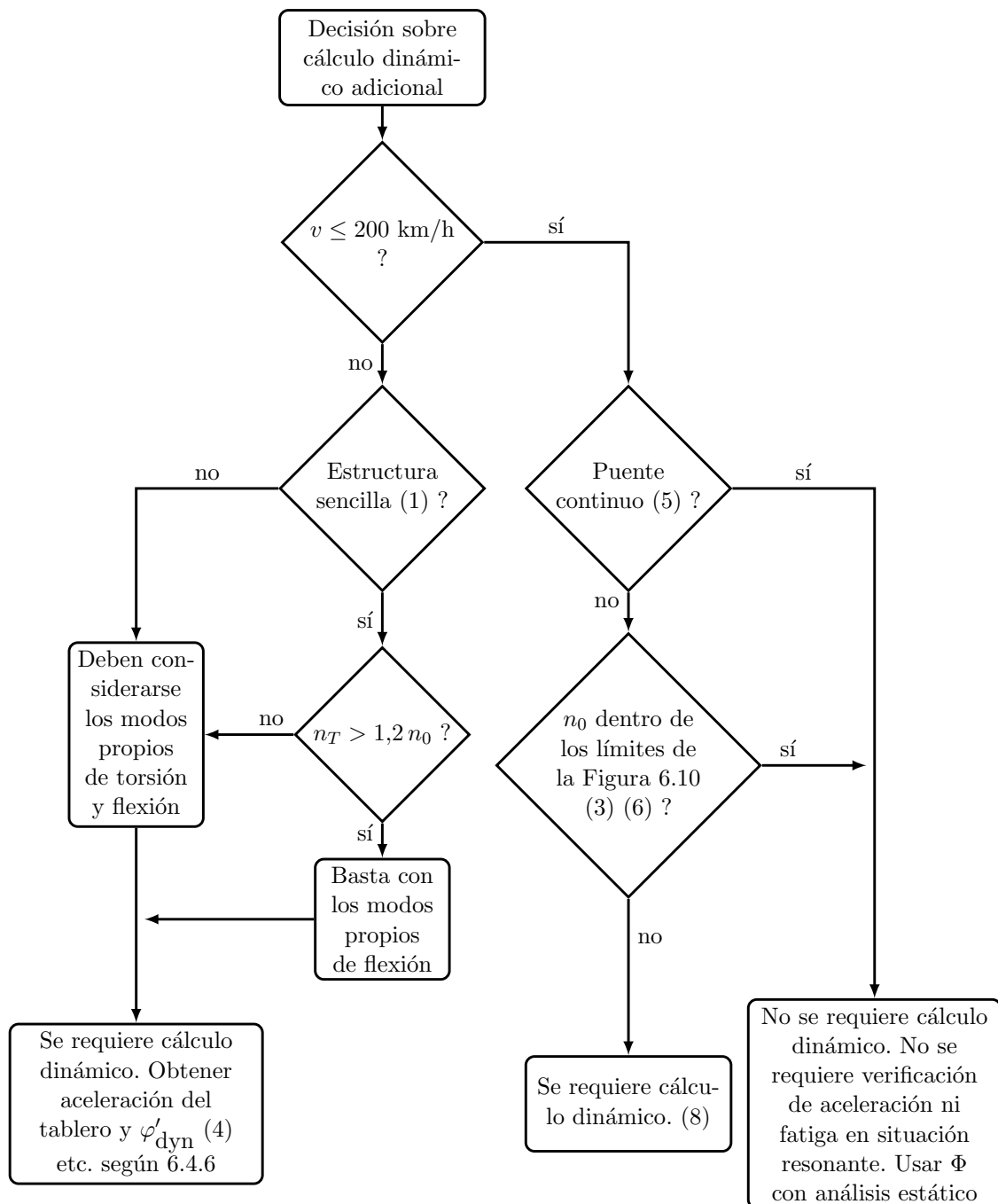


Figura AN/1 (Figura 6.9) Diagrama de flujo para determinar si se requiere un análisis dinámico

Son aplicables las notas (1) y (3) a (6) de UNE-EN1991-2 y la siguiente nota adicional:

(8): si n_0 es mayor que el límite superior de la figura 6.10 se podrá emplear el método simplificado de cálculo dinámico del anexo C, que define el factor dinámico $(1 + \varphi + \varphi'')$ para los trenes reales, al poderse considerar que no se produce resonancia; si n_0 es menor que el límite inferior de la figura 6.10 deberá realizarse un cálculo dinámico obteniendo la aceleración del tablero y el factor de incremento dinámico φ'_{din} , según 6.4.6.

6.4.5.2(3)P Selección de factor dinámico

Se utilizará Φ_3 en los elementos estructurales que soporten los siguientes tipos de superestructura:

- Puentes dotados de carril discontinuo (con juntas)
- Puentes con vía BLS (barra larga soldada) y con algún aparato de dilatación de vía situado dentro del mismo
- Puentes con BLS y con aparatos de vía (desvíos, cruzamientos, etc.) sin corazón móvil dentro del mismo (se denomina *corazón móvil* al corazón del cruzamiento de un aparato de vía cuya punta está constituida por un elemento móvil, que se desplaza para asegurar la continuidad del hilo director tanto en la vía directa como en la vía desviada)

En los casos restantes, en función de la velocidad máxima de proyecto V de la línea, se utilizará:

Φ_3	para $V < 120$ km/h
$(\Phi_3 + \Phi_2) / 2$	para 120 km/h $< V \leq 200$ km/h
Φ_2	para $V > 200$ km/h

Se considerará como información complementaria no contradictoria (NCCI) la “Guía para el cálculo de estructuras semienterradas en líneas ferroviarias”, Ministerio de Fomento (Dirección General de Ferrocarriles).

6.4.5.3(1) Valores alternativos de longitudes determinantes

No se especifican valores alternativos, adoptándose los recomendados en la tabla 6.2 de UNE-EN 1991-2.

6.4.5.3 Tabla 6.2 Longitud determinante de voladizos

Se definirá en el proyecto específico.

6.4.6.1.1(6) Tabla 6.4 Requisitos adicionales para la aplicación de HSLM

No se especifican requisitos adicionales.

6.4.6.1.1(7) Cargas y metodología para análisis dinámico

Se definirá en el proyecto específico.

Se considerará como información complementaria no contradictoria (NCCI) la “Guía para el cálculo dinámico de puentes para las acciones del tráfico ferroviario”, Ministerio de Fomento (Dirección General de Ferrocarriles).

6.4.6.1.2(3) Tabla 6.5 Casos de carga adicionales en función del número de vías

Se definirá en el proyecto específico.

6.4.6.3.1(3) Tabla 6.6 Valores del amortiguamiento

Se definirá en el proyecto específico.

6.4.6.3.2(3) Valores alternativos para la densidad de los materiales

Los valores o procedimientos más ajustados se definirán en el proyecto específico.

6.4.6.3.3(3) Notas 1 y 2 Módulo de Young incrementado. Otras propiedades de los materiales

Los valores o procedimientos más ajustados se definirán en el proyecto específico.

6.4.6.4(4) Reducción del pico de respuesta a resonancia y valores alternativos del amortiguamiento

Los valores o procedimientos más ajustados se definirán en el proyecto específico.

No se aplicará el amortiguamiento adicional especificado en la ecuación (6.13) y la figura 6.15.

6.4.6.4(5) Consideración de defectos en las vías e imperfecciones en los vehículos

El incremento en los efectos dinámicos calculados (tensiones, desplazamientos, aceleraciones del tablero, etc.) debidos a los defectos de la vía e imperfecciones en los vehículos pueden ser estimados multiplicando los efectos calculados por un factor de

$$(1 + r\varphi'')$$

donde φ'' es el factor que se calcula según el Anejo C de UNE-EN 1991-2 y no deberá en ningún caso ser inferior a cero, mientras el factor r adoptará los siguientes valores:

$r = 1,0$	para mantenimiento normal ($V \leq 120$ km/h)
$r = 0,75$	para mantenimiento normal (120 km/h $< V \leq 200$ km/h)
$r = 0,5$	para alto nivel de mantenimiento ($V > 200$ km/h)

6.5.1(2) Altura incrementada del centro de gravedad para fuerzas centrífugas

No se especifica valor incrementado.

6.5.3(5) Acciones de frenado para longitudes cargadas superiores a 300 m

No se especifican requisitos adicionales.

6.5.3(9)P Requisitos alternativos para aplicación de cargas de arranque y frenado

Para puentes que soporten dos vías, sólo deberá considerarse simultáneamente la acción del frenado sobre una vía y del arranque sobre otra, elegidas ambas de manera que produzcan el efecto más desfavorable.

Para puentes que soporten más de dos vías, se considerará:

- La acción de frenado sobre una vía y el arranque sobre otra, elegidas ambas de manera que produzcan el efecto más desfavorable sobre el elemento en cuestión.
- En las restantes tercera y eventualmente cuarta vía, el 50% de la fuerza de frenado o arranque, elegidas de manera que produzcan el efecto más desfavorable sobre el elemento en cuestión.
- A partir de la quinta vía no se considerarán cargas de arranque o frenado.

En cada proyecto específico podrán especificarse reglas adicionales por la autoridad competente.

En particular, en puentes de más de dos vías, para aquellos casos en que la probabilidad de simultaneidad de acciones longitudinales sea mayor (zonas urbanas, estaciones, etc.) se considerará la acción simultánea de la acción de frenado o arranque sobre dos de las vías.

6.5.4.1(5) Respuesta combinada de estructura y vía. Requisitos para vías sin balasto

No se especifican requisitos.

6.5.4.3(2) Notas 1 y 2 Requisitos alternativos para el rango de temperaturas

Se adoptan los valores recomendados.

6.5.4.4(2) Nota 1 Resistencia rasante longitudinal entre vía y tablero del puente

Los valores de resistencia longitudinal rasante entre vía y tablero, según los distintos tipos de vía posible, se tomarán según sigue (referidos a la figura 6.20 de UNE-EN1991-2):

- Para vía sobre balasto con carril tipo 54E1 ó 60E1 se tomarán los siguientes valores de u_0 y k :

$$u_0 = 2 \text{ mm}$$

$k = 12$ kN/m, para vía descargada con mantenimiento medio

$k = 20$ kN/m, para vía descargada con mantenimiento bueno

$k = 60$ kN/m, para vía cargada (sólo en la zona cargada)

- Para vía en placa con fijaciones clásicas, salvo que se realice un estudio específico en función de la solución tecnológica adoptada, o vía sobre balasto helado se tomarán los siguientes valores de u_0 y k :

$u_0 = 0,5$ mm

$k = 40$ kN/m, para vía descargada

$k = 60$ kN/m, para vía cargada (solo en la zona cargada)

Casi todos los sistemas de vía en placa disponen de fijaciones con límites de deslizamiento bajos, por ejemplo, 15 KN/m. La combinación en un puente de zonas en los extremos (parte del vano extremo y zona del estribo) con fijación de bajo límite de deslizamiento y resto del tablero con fijación normal, estudiada para cada caso, puede proporcionar valores claramente más favorables que la colocación única de fijaciones con límites de deslizamientos normales.

Se considerarán como información complementaria no contradictoria (NCCI) las recomendaciones y conclusiones contenidas en el documento "Estudio del comportamiento de las estructuras ferroviarias con vía en placa", Ministerio de Fomento (Dirección General de Ferrocarriles).

6.5.4.5 Criterios alternativos de proyecto

Será necesario realizar las siguientes comprobaciones adicionales para la deformación de la estructura en situación de servicio, necesarias para mantener la seguridad y la funcionalidad de la vía. En caso de no cumplirse alguna de las condiciones siguientes será necesario cambiar el esquema o la situación de los apoyos fijos, de las juntas de dilatación del tablero y de los aparatos de dilatación de las vías:

- El máximo desplazamiento relativo $\delta_{B,rel}$ entre carril y tablero o la plataforma del estribo bajo la aplicación de las acciones de frenado o arranque será de 4 mm.
- El punto 6.5.4.5.2(3) se modifica de la siguiente manera: En las juntas entre tableros o entre tablero y estribo el resalto máximo relativo δ_v entre los bordes de las juntas en dirección perpendicular al plano medio de rodadura (ver figura AN/2), será de 3 mm para vías con velocidad máxima de proyecto V no superior a 160 km/h y de 2 mm si la velocidad V puede superar 160 km/h. Este desplazamiento se calculará para las cargas verticales y horizontales definidas en los apartados 6.3 y 6.5 respectivamente y las acciones térmicas. En el caso de vía sin balasto en uno o ambos lados de la junta, será necesario un estudio específico en función del tipo de carril y de las características de las sujeciones. En el caso de un tablero de varias vías, sólo se considerará el tren de cargas aplicado en dos vías como máximo.

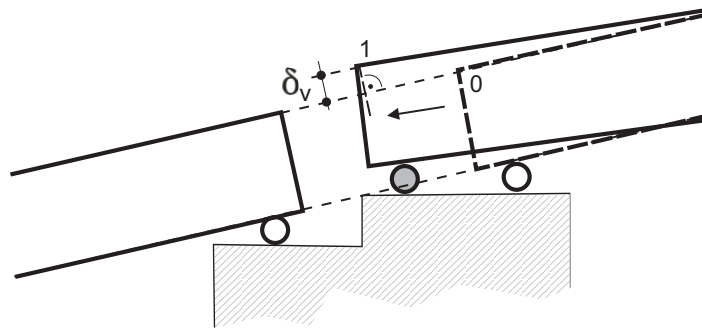


Figura AN/2 Resalto máximo relativo δ_v entre los dos bordes de la junta

6.5.4.5.1(2) Valor mínimo del radio de curvatura de la vía

Se definirá en el proyecto específico.

6.5.4.5.1(2) Valores límite de la sobretensión en el carril

En el caso de vía en placa los límites de sobretensión en el carril serán de 92 MPa, tanto a tracción como a compresión, al no poderse producir el pandeo de la vía que origina la reducción del límite a compresión.

6.5.4.6 Métodos alternativos de cálculo

No se especifican métodos alternativos.

6.5.4.6.1(1) Criterios alternativos para los métodos simplificados de cálculo

No se especifican criterios alternativos.

6.5.4.6.1(4) Resistencia rasante plástica longitudinal entre vía y tablero del puente

No se especifican valores alternativos.

6.6.1(3) Acciones aerodinámicas. Valores alternativos

No se especifican valores alternativos.

Los valores característicos para las acciones aerodinámicas definidas en las figuras de los apartados 6.6.2 a 6.6.4 de UNE-EN 1991-2 podrán calcularse de forma más precisa mediante expresiones analíticas equivalentes, obtenidas de la norma UNE-EN 14067-4, sin más que aplicar las analogías recogidas en la Tabla AN/1.

Tabla AN/1 Equivalencia entre parámetros de normas UNE-EN

Parámetro en UNE-EN 1991-2	Parámetro equivalente en UNE-EN 14067-4
q_{1k}	p_{1k} / k_1
q_{2k}	p_{2k} / k_2
q_{3k}	p_{3k} / k_3
a_g	Y [m]
h_g	h [m]
v	v_{tr} [m/s]
Se particulariza para $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$	ρ

La equivalencia entre figuras y expresiones analíticas es la que aparece en la tabla AN/2.

Tabla AN/2 Equivalencia entre figuras y expresiones de normas UNE-EN

Figura (apartado) de UNE-EN 1991-2	Expresión analítica equivalente de UNE-EN 14067-4
Figura 6.22 (6.6.2)	$q_{1k} [\text{kN/m}^2] = \left[\frac{2,5}{(a_g + 0,25)^2} + 0,02 \right] \frac{v^2}{1600}$ <p>Para $a_g < 2,3$ m, el Proyectista realizará un estudio específico adecuado, en el que justificará los valores adoptados</p>
Figura 6.23 (6.6.3)	$q_{2k} [\text{kN/m}^2] = \left[\frac{2}{(h_g - 3,1)^2} + 0,015 \right] \frac{v^2}{1600}$ <p>Cuando la anchura de la superficie horizontal sea menor o igual que 1,5 m, la presión se reducirá en un 25%</p>
Figura 6.24 (6.6.4)	$q_{3k} [\text{kN/m}^2] = \left[\frac{1,5}{(a_g + 0,25)^2} + 0,015 \right] \frac{v^2}{1600}$

a_g [m], h_g [m], v [m/s]

6.7.1(2)P Descarrilamiento de vehículos ferroviarios. Requisitos adicionales

No se especifican requisitos adicionales.

6.7.1(8)P Notas 1 y 2 Descarrilamiento de vehículos ferroviarios. Medidas para elementos estructurales situados sobre el nivel de los carriles y requisitos para mantener un convoy descarrilado sobre la estructura

No se especifican requisitos.

6.7.3(1)P Otras acciones

Se especifican las siguientes acciones con carácter local para la comprobación de elementos tales como barandillas, postes de catenaria, etc., y de sus elementos de anclaje a la estructura.

En el caso de barandillas, se considerará la actuación de una fuerza horizontal perpendicular a ellas de 1,5 kN/m, aplicada en el borde superior de éstas.

En el caso de postes de catenaria, y a falta de datos específicos, se considerará la actuación en su base de los siguientes esfuerzos:

- Momento flector según un eje paralelo a la vía: 100 kNm
- Fuerza vertical: 50 kN, en sentido ascendente o descendente
- Fuerza horizontal, según un eje perpendicular a la vía: 15 kN, en los dos sentidos

6.8.1(11)P Tabla 6.10 Número de vías cargadas para comprobación de drenaje y holguras estructurales

No se especifican requisitos.

6.8.2(2) Tabla 6.11 Evaluación de grupos de cargas

Se aplicarán los valores recomendados en la tabla 6.11.

6.8.3.1(1) Valores frecuentes de acciones multicomponentes

Se adoptan las reglas recomendadas

6.8.3.2(1) Valores casi-permanentes de acciones multicomponentes

Se adopta el valor recomendado.

6.9(6) Modelos de carga de fatiga y vida útil estructural

Se adopta el valor recomendado.

6.9(7) Modelos de carga de fatiga. Tráfico especial

No se aporta información adicional.

Anejo C Factores dinámicos $1 + \varphi$ para trenes reales**C(3)P Nota 1 Factor dinámico**

Se adopta la expresión siguiente:

$$1 + \varphi' + r\varphi''$$

tomando para r los valores establecidos en AN.2/ 6.4.6.4(5).

C(3)P Nota 2 Método de análisis dinámico

Se definirá en el proyecto específico.

Anejo D Bases para la evaluación de la fatiga en estructuras de ferrocarril

D.2(2) Coeficiente parcial para carga de fatiga

Se adopta el valor recomendado.

AN.3 Decisión sobre la aplicación de los Anejos Informativos

Anejo A Modelos de vehículos especiales para puentes de carretera

El Anejo A mantiene el carácter informativo para la aplicación de la norma UNE-EN 1991-2.

Anejo B Evaluación de la vida útil por fatiga en puentes de carretera. Método de evaluación basado en registros de tráfico

El Anejo B mantiene el carácter informativo para la aplicación de la norma UNE-EN 1991-2.

Anejo E Límite de validez del modelo de carga HSLM y selección del tren universal crítico de HSLM-A

El Anejo E mantiene el carácter informativo para la aplicación de la norma UNE-EN 1991-2.

Anejo F Criterios a cumplir si no se requiere análisis dinámico

El Anejo F mantiene el carácter informativo para la aplicación de la norma UNE-EN 1991-2.

Anejo H Modelos de carga para cargas de tráfico en situaciones de proyecto transitorias

El Anejo H mantiene el carácter informativo para la aplicación de la norma UNE-EN 1991-2.

AN.4 Información complementaria no contradictoria (NCCI)

Para puentes de ferrocarril se considerará la información complementaria no contradictoria contenida en los siguientes documentos de referencia, disponibles en el centro de publicaciones del Ministerio de Fomento: <http://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web>

- Evaluación de las obras de paso existentes frente al paso de los trenes de referencia (categorías de líneas EN y trenes especiales). Ministerio de Fomento. Dirección General de Ferrocarriles.
- Guía para el cálculo de estructuras semienterradas en líneas ferroviarias. Ministerio de Fomento. Dirección General de Ferrocarriles.
- Guía para el cálculo dinámico de puentes para las acciones del tráfico ferroviario. Ministerio de Fomento. Dirección General de Ferrocarriles.
- Estudio del comportamiento de las estructuras ferroviarias con vía en placa. Ministerio de Fomento. Dirección General de Ferrocarriles.