



# Interacción vía-estructura en puentes ferroviarios

<b>Apellidos, nombre</b>	Villalba Sanchis, Ignacio (igvilsan@cam.upv.es) Salvador Zuriaga, Pablo (pabsalzu@cam.upv.es) Insa Franco, Ricardo (rinsa@tra.upv.es)
<b>Departamento</b>	Departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes
<b>Centro</b>	Universitat Politècnica de València



## 1 Resumen de las ideas clave

Actualmente, la gran mayoría de las vías férreas emplean carriles soldados de gran longitud, lo que permite mejorar la seguridad y el confort del tráfico al no existir juntas entre carriles. Sin embargo, el uso de carriles continuos soldados puede plantear problemas al disponerse sobre viaductos.

Cuando se disponen carriles continuos soldados sobre puentes de ferrocarril nos encontramos con un problema de interacción vía-estructura. En estas zonas es de vital importancia analizar de forma precisa el estado tensional al que se ve sometido el carril por efecto de la temperatura, a fin de realizar un diseño adecuado de la estructura. Además, en los últimos años se han instalado viaductos con longitudes cada vez más importantes, por lo que la importancia de este análisis es más relevante.

Así pues, a continuación se lleva a cabo el cálculo de la interacción vía-estructura, basándonos en los principios metodológicos recogidos tanto en el Eurocódigo-1 como en la ficha UIC 774-3.

## 2 Objetivos

Una vez que el alumno haya leído con detenimiento este documento, será capaz de:

- Interpretar la normativa adecuada para el cálculo de la interacción vía-estructura.
- Realizar adecuadamente el cálculo de los límites tensionales y deformacionales, para garantizar el comportamiento adecuado de una vía en servicio.
- Determinar la necesidad de disponer de un aparato de dilatación en puentes de ferrocarril.

## 3 Introducción

Desde el punto de vista estructural, los carriles se asemejan a una viga de sección constante, sustentada sobre apoyos discontinuos. Con este esquema, el carril resulta solicitado por fuerzas verticales (principalmente debidas a los esfuerzos aplicados por las ruedas de los vehículos) y por fuerzas longitudinales, en la dirección del carril.

De entre estas fuerzas longitudinales, una de las más importantes está asociada a la fuerza generada por la variación de temperatura, si bien existen otras fuerzas como las de frenado o arranque que no deben ser despreciadas. Si bien el problema de la variación de temperaturas en los carriles es relativamente sencillo, cuando la vía discurre sobre una estructura el problema se complica notablemente.

Bajo estas condiciones, la variación de temperatura produce tensiones en los carriles que pueden llegar a desestabilizar la vía y producir el pandeo o rotura de los mismos. Además, se producen movimientos relativos entre las vías y el dintel, lo que puede acarrear la desconsolidación del balasto.

Para evitar estos problemas, una de las soluciones pasa por utilizar aparatos de dilatación. Su función es la de absorber las variaciones de temperatura y los esfuerzos de frenado y arranque de los trenes. Al parecer, estos elementos

solucionan los problemas asociados a la dilatación, por lo que el problema parece resuelto. Sin embargo, se plantea una cuestión:



¿Existe algún inconveniente asociado al uso de aparatos de dilatación?

En efecto, los aparatos de dilatación introducen una discontinuidad en la rodadura del carril que repercute sobre el mantenimiento y reduce el confort, lo que implica que sean instalados cuando sea estrictamente necesario. Es por ello que el estudio del estado tensional y la interacción vía-estructura posee una gran relevancia.

Para llevar a cabo este estudio disponemos, fundamentalmente, de la ficha UIC 774-3, la Instrucción de Acciones a considerar en Puentes de Ferrocarril (IAPF-07) del Ministerio de Fomento y el Eurocódigo 1: Bases de proyecto y acciones en las estructuras, donde se recogen las metodologías a seguir para plantear el análisis de la interacción de la vía con la estructura.

Con todo ello y teniendo en consideración la normativa aplicable, estamos en condiciones de abordar el procedimiento de cálculo.

## 4 Desarrollo

A continuación, se explicará cómo determinar y evaluar el fenómeno de interacción vía-estructura, así como la determinación de colocar aparatos de dilatación en estas zonas. Para poder analizar el efecto de la presencia de un aparato de dilatación, se analizará un puente continuo con apoyo fijo en un extremo y móvil en el opuesto, con y sin la presencia de aparato de dilatación.

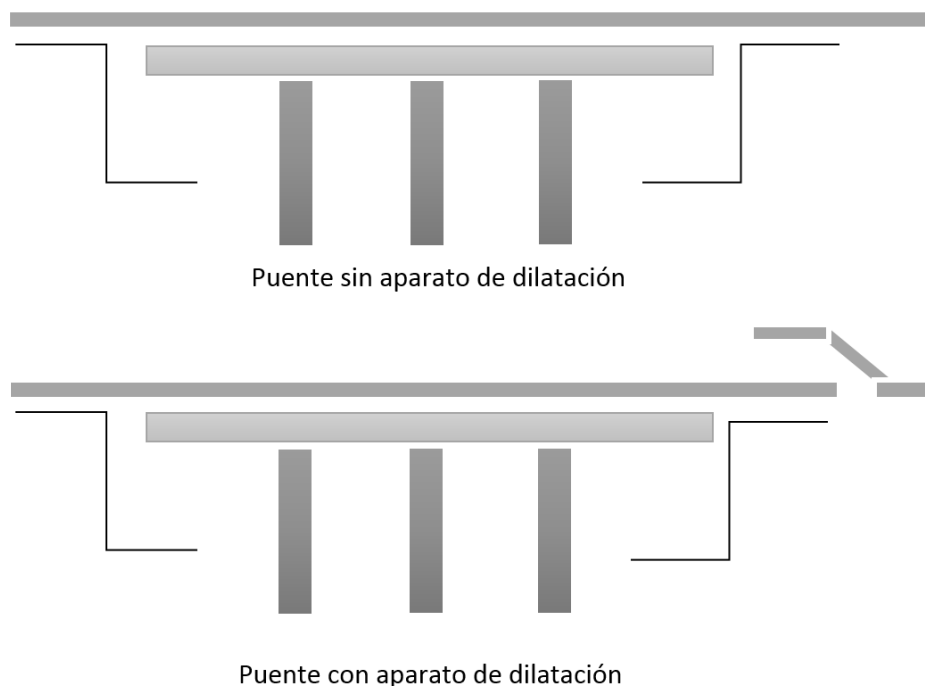


Grafico 1. Esquema de puente ferroviario.

## 4.1 Criterios de cálculo y limitaciones

Para la evaluación de los efectos que se producen en la interacción vía-estructura, es necesario tener en consideración algunas hipótesis y limitaciones según la norma aplicable, en este caso, las de la "Instrucción de acciones a considerar en puentes de ferrocarril (IAPF 07).

### *Tensiones admisibles:*

La norma establece unas tensiones adicionales máximas en los carriles por las acciones de temperatura y sobrecargas de uso, que son:

- Los esfuerzos máximos de compresión  $\leq 72 \text{ N/mm}^2$ .
- Esfuerzos máximos de tracción  $\leq 92 \text{ N/mm}^2$ .

Cuando no existan aparatos de dilatación, los esfuerzos máximos se calculan respecto a la tensión del carril a una distancia suficientemente alejada del puente para no verse afectada por las perturbaciones de la estructura. En el caso de existir aparatos, las tensiones deben evaluarse en cada sección.

### *Desplazamientos admisibles:*

La limitación en cuanto a desplazamientos se aplica al desplazamiento relativo del tablero en las juntas. Así, el desplazamiento máximo entre el carril y el tablero o la plataforma del estribo, debido a las acciones de frenado y/o arranque, debe ser inferior a 4 mm.

En las juntas entre tableros o entre tablero y estribo, el desplazamiento máximo longitudinal relativo entre los dos bordes de la junta debido a las acciones de frenado y/o arranque, debe ser

- Con carril continuo en las proximidades de la junta  $\leq 5 \text{ mm}$ .
- Si existe aparato de dilatación en la vía o existe carril con juntas  $\leq 30 \text{ mm}$ .

### *Longitud de dilatación (Lt)*

La longitud de dilatación, entendida como la distancia entre el punto que no sufre desplazamiento ante un aumento de la temperatura y el extremo más alejado debe ser de:

- En puentes metálicos  $\leq 60 \text{ m}$ .
- En puentes de hormigón o mixtos  $\leq 90 \text{ m}$ .

A modo de resumen, tenemos:

Sobretensiones en el carril	Compresión	$\leq 72 \text{ MPa}$
	Tracción	$\leq 92 \text{ MPa}$
Desplazamientos bajo la acción de frenado y/o arranque	Desplazamiento horizontal entre carril y tablero o plataforma	$\leq 4 \text{ mm}$
	Desplazamiento horizontal sin aparato de dilatación	$\leq \pm 5 \text{ mm}$
	Desplazamiento horizontal con aparato de dilatación	$\leq \pm 30 \text{ mm}$

## 4.2 Ábacos de comprobación

Una de las metodologías de cálculo más sencilla de aplicar y que permite tener una buena aproximación al problema se encuentra recogida en la ficha UIC-774-3 R (Track/ bridge interaction. Recommendations for calculations). Para llevar a cabo el cálculo, se hace uso de ábacos de comprobación en los que, conocidos ciertos datos de la estructura como la longitud del tablero, la rigidez del apoyo fijo, la acción a analizar (temperatura, acción horizontal o vertical), y aplicando los coeficientes adecuados se obtienen las reacciones en apoyos. Hay que tener en cuenta que este método sólo es aplicable a casos de tableros isostáticos con un apoyo fijo en un extremo.

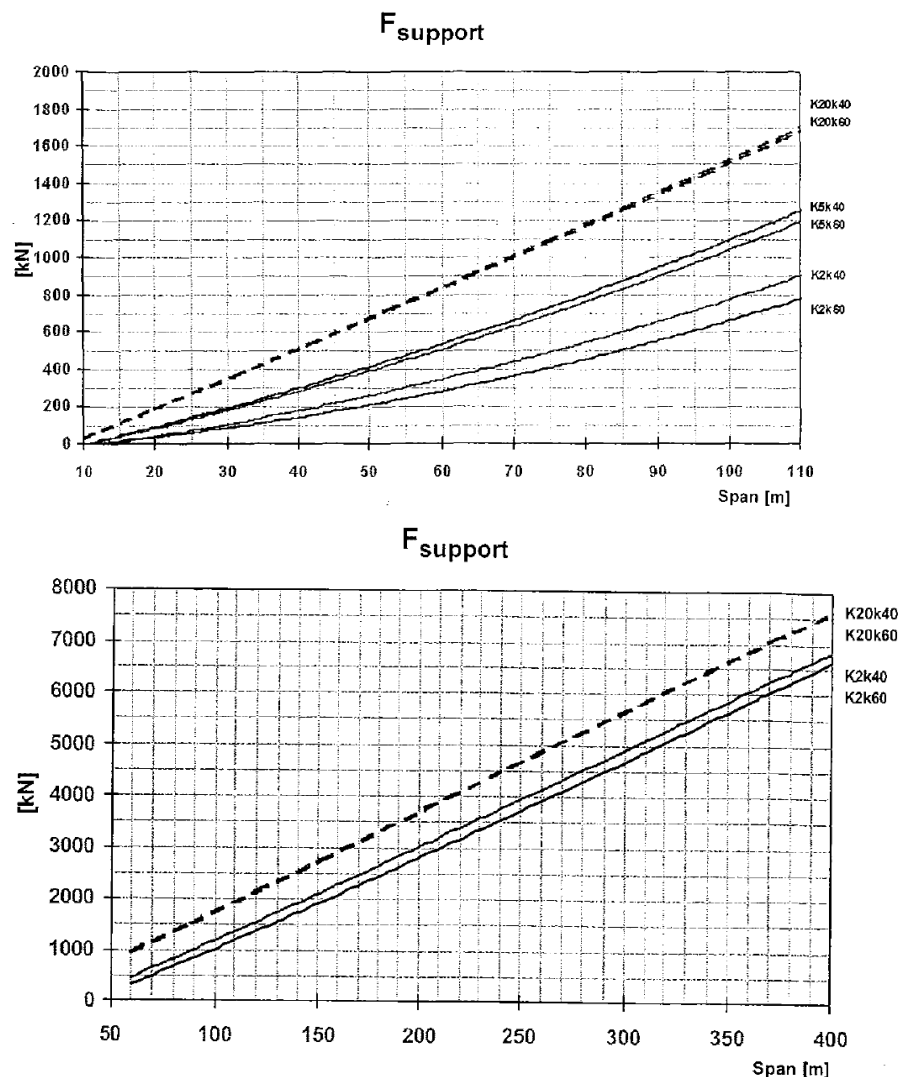


Gráfico 2. Ábacos de cálculo de la reacción en el apoyo, según condiciones. Arriba: con carril continuo soldado. Abajo: con aparato de dilatación. Fuente: UIC 774-3 R.

Tal y como se observa en el gráfico 2, en función de la longitud del vano (en metros), y del tipo de rigidez tanto de las pilas como del balasto, se puede obtener la reacción en el apoyo del puente (en kN). Los ábacos, a su vez, proporcionan las tensiones en los carriles debidas a los efectos de frenado y temperatura.



## 5 Conclusiones

Como conclusiones, conviene colocar aparatos de dilatación en los siguientes tipos de puentes:

- Puentes metálicos de un solo tramo de luz superior a 20 m, dependiendo del tipo de sujeción
- Puentes metálicos de longitud dilatante de más de 100 m de luz de uno o varios tramos
- Puentes de hormigón hiperestáticos
- Puentes de hormigón isostáticos, según la longitud

En los puentes de obra de fábrica no es necesario disponer aparatos de dilatación. No obstante, si se instalan por otras razones, hay que evitar su emplazamiento dentro del mismo puente. Del mismo modo, debe evitarse que la zona de respiración quede sobre este tipo de puentes.

## 6 Bibliografía

### 6.1 Manuales:

España. Orden FOM/1631/2015, de 14 de julio. Instrucción para el Proyecto y Construcción de Obras Ferroviarias IF-3. Vía sobre Balasto. Cálculo de Espesores de Capas de la Sección Transversal.