

SISTEMA JRI+

Para carreteras, ferrocarriles y otras
aplicaciones de obras civiles

José Ramón Vázquez Ruiz del Árbol

2012

F A R O B E L

jvazquez@farobel.com

www.farobel.com

SISTEMA JRI+

Para la construcción de carreteras, ferrocarriles y otras aplicaciones de obra civil

ÍNDICE

1.- Introducción	3
2.- Descripción.....	3-7
2.1.- Resumen del sistema.....	3-5
2.2.- Resumen de la junta JRI+.....	5
2.3.- Resumen de la fabricación y datos de interés.....	5-6
2.4.- Diferencias del sistema actual con el sistema JRI+.....	7
3.- Beneficios.....	8
3.1.- Beneficios para una Administración.....	8
3.2.- Beneficios para una empresa	8
3.4.- Comparación de beneficios	8
4.- Anexos	
4.1.- Memoria juntas JRI+4	
4.2.- Presentación para congresos	
4.3.- Espesores mínimos carreteras JRI+	
4.4- Artículos, Referencias, vídeos, webs	8-9

1.- Introducción

El sistema JRI+ sirve para construir pavimentos de hormigón más baratos y más duraderos.

Los ámbitos de aplicación son las carreteras y autopistas, explanadas de puertos y aeropuertos, tranvías y ferrocarriles, pavimentos de naves industriales y aparcamientos, calles y urbanizaciones, circuitos de carreras de coches, canales y balsas de laminación de agua. En general, el ámbito es cualquier obra que utilice hormigón, en masa, armado o con fibras y que se apoye en el suelo.

Generalmente, en España, la construcción de carreteras se hace con rodadura de aglomerado asfáltico. **Con el sistema JRI+ se puede conseguir añadiendo una capa asfáltica de rodadura encima de la capa de hormigón.**

2.- Descripción

2.1.- Resumen del sistema

Como es bien sabido, cualquier obra de hormigón se divide en tramos para controlar las fisuras producidas por la retracción del hormigón.

El sistema se basa en el tendido en obra, a lo largo de las líneas de junta del pavimento, de un dispositivo (juntas JRI+) que deja los bordes de las losas apoyados en las losas colindantes.

Se consigue que los bordes libres de las losas del pavimento pasen a estar apoyados. De esta forma las tensiones del hormigón son más pequeñas y, por tanto, los espesores necesarios. El espesor de la losa se puede disminuir dividiendo por **1,5** el espesor de la losa de bordes libres, suponiendo ambas apoyadas en el mismo suelo.

Las juntas siempre se han considerado un problema a evitar en los pavimentos de hormigón construyendo las mínimas posibles (con losas más grandes). Los problemas de las juntas eran que la transferencia de la carga disminuía con el tiempo y que existía la posibilidad de entrada de agua a la explanada, disminuyendo su capacidad de soporte y originando problemas. Las juntas JRI+ resuelven ambos problemas.

Por otra parte, las losas de dimensiones grandes en planta, generan más tensiones a la losa, tanto desde el punto de vista de las flexiones por carga, como las de origen térmico o las de rozamiento con el suelo. Ello conduce a proyectar con espesores mayores que los necesarios en losas pequeñas. (Un adoquín es pequeño en planta y es prácticamente irrompible.)

Las juntas JRI+ se pueden colocar de forma mecanizada por lo que no importa aumentar el número de juntas para conseguir losas más pequeñas. El tema es que la transferencia de carga debe ser permanente con el tiempo y que la fisura entre losas quede impermeabilizada.

Debe existir equilibrio económico entre el coste de las juntas y la reducción del espesor, aparte de otras consideraciones técnicas. En general, para las aplicaciones de obra civil la dimensión óptima está entre 1 y 3 metros en vez de 5 metros que son los habituales.

Por ejemplo, una carga sobre una losa de 2x2m transmite las presiones al terreno en una superficie de 6x6, ya que la losa de 2x2 está apoyada en las losas colindantes. La carga se apoya en una superficie grande pero con losas pequeñas, que tienen menos tensiones y son más duraderas.

El sistema se adapta bien a los posibles asentos del terreno debido a que la junta tiene una configuración como rótula. Es un firme rígido, pero con rótulas muy próximas que permiten los giros entre las losas. Las losas se apoyan en el terreno **y en los bordes de las losas colindantes**.

Pero, lo más fundamental del **sistema es que no necesita que el pavimento de hormigón se apoye en bases o sub-bases o capas para mejorar la capacidad de soporte de la explanada**, porque el sistema JRI+ transmite la carga independientemente del suelo en el que se apoye.

La aplicación del sistema es tanto más ventajosa económicamente respecto de los sistemas actuales cuanto peor es la explanada natural del suelo, cuantas más pesadas sean las cargas y cuanto mayor sea el número de repeticiones de la carga. Es decir, el sistema es muy ventajoso para autopistas y menos en caminos con poco tránsito.

Se puede proyectar una autopista para cualquier tráfico y cualquier suelo (tolerable según Normativas de Carreteras) con un espesor de 17 cm de hormigón como única capa con losas de 1,32*1,32 en planta. Opcionalmente, se puede estabilizar in situ el suelo, o colocar una capa de rodadura asfáltica, o en fresco una capa de hormigón de rodadura.

La capa de asfalto, colocada encima del hormigón con juntas JRI+, no sufre rozamiento entre sus áridos ya que las losas descienden lo mismo a ambos lados de la junta, al paso de un camión. En consecuencia, **la fisura del asfalto no se deteriora con el tiempo**. Existe una prueba realizada en el año 1998 (antigüedad de 14 años) con una antigua junta JRI a 20 Km de Barcelona en la autopista A2 (I.M.D. superior a 100.000 vehículos) con 20cm de espesor de hormigón y losas de dimensiones en planta de 3*3,5 metros, con 4cm de rodadura asfáltica.

Fotografías del sistema para la introducción de una junta en el pavimento recién extendido:

Fig. 1: Junta JRI+4 debajo del dispositivo para inserción de la junta con vibrado del hormigón



Fig. 2: Dispositivo bajado y junta JRI+4 introducida en el hormigón fresco



2.2.- Resumen de la junta JRI+

La junta JRI+ ha ido evolucionando. La más reciente es la denominada JRI+4. Ésta consta de bandejas y goma superior.

Las bandejas son iguales, salvo en la unión lateral entre ellas mismas, que una hace de macho y otra de hembra. La goma se coloca en la parte superior uniendo todas las bandejas.

Las bandejas inducen la fisura con la forma deseada con el fin de apoyar las losas entre sí. La goma impermeabiliza la fisura entre losas.

En el anexo 4.2 Presentación para Congresos (Power Point) se describen pormenorizadamente las juntas JRI+ y JRI+4.

2.3.- Resumen de la fabricación y datos de interés

2.3.1.- Comportamiento a lo largo del tiempo en condiciones de explotación.

El material base es el polipropileno, que no es degradable a lo largo del tiempo y que no es atacable por el hormigón, dentro del cual está embutido, lo que garantiza su durabilidad. Por tanto, su durabilidad es indefinida.

Por otra parte, este material no tiene que trabajar ni a flexión ni a torsión u otros esfuerzos que condicionen su durabilidad. Únicamente separa zonas de hormigón y está sometido a compresión, pero no a tracción.

En el dominio de la técnica, está demostrado incluso que estos materiales aguantan indefinidamente esfuerzos de tracción siempre que estén lejos de su tracción de rotura. Estos

ensayos ya se han realizado desde hace más de 25 años con tacos plásticos para clavos y otros materiales plásticos.

En cuanto a la goma de impermeabilización, sucede lo mismo. Su comportamiento está probado con el hormigón en muchas obras, tales como colectores, depósitos, canales. Su durabilidad cuando está dentro del hormigón es indefinida. Su función es también separar el hormigón, no teniendo ninguna función resistente.

2.3.2.- Vida útil y Período de vida en explotación del producto.

La vida útil en cuanto al producto está indefinida en el tiempo. Por tanto, no limita la durabilidad de la carretera. Ésta viene limitada por el espesor de diseño del firme y el tráfico pesado circulante (la calidad del suelo y los gradientes térmicos con juntas JRI+ tienen poca importancia con losas pequeñas). La vida del firme se puede diseñar para 30, 40 o 100 años.

En el caso de juntas JRI+ para pavimentos de hormigón, la repercusión económica de prolongar la vida útil de la carretera es pequeña. (Pasar de una vida útil de 30 a 100 años tiene una repercusión económica del orden del 10% del coste del firme; sería pasar un espesor de 16 a menos de 18cm de espesor de pavimento, estabilizar in situ la explanada, etc.).

Las obras se están realizando con juntas JRI+ fabricadas desde el año 2001.

Actualmente ya se está realizando la JRI+4, que tiene algunas ventajas desde el punto de vista de la ejecución. Todas las juntas JRI+ tienen los mismos materiales componentes, aunque la forma geométrica ha ido variando para mejorar la puesta en obra del sistema de transmisión de carga, que es la función fundamental de las juntas.

2.3.3.- Fabricante. Forma de entrega.

La goma y las bandejas son los únicos componentes de la junta JRI+4. Las bandejas tienen las dimensiones adecuadas al uso previsto y las gomas tienen un labio superior con diferentes alturas para su adaptación al espesor del pavimento.

Las bandejas se entregan en cajas de dimensiones aproximadas de 40*50*40 cm. Caben del orden de 100 bandejas y su peso es inferior a 15 kg.

Las gomas se entregan en cajas de dimensiones (cm) aproximadas de 25*25*longitud de la junta de goma. Caben del orden de 50 unidades.

2.4.- Diferencias del sistema actual con el sistema JRI+

2.4.1.- Carreteras

En el cuadro figuran los tipos de firme: Hormigón con pasadores, Aglomerado asfáltico y Hormigón con sistema JRI+4. Se señalan unas características técnicas y de coste que se comparan a continuación:

Firmes	Hormigón	Aglomerado asfáltico	Hormigón con JRI+4
Transferencia	100% a ¿20%?	Es continuo	100% a 98%
Bases de apoyo	Necesario	Necesario	Innecesario
Corte y sellado	Necesario	Innecesario	Innecesario
Duración	30 años	20 años	100 años
Coste m ² en autopista	60€	52€	26€ (incluida rodadura asfáltica)
Regularidad superficial	Variable	Variable	Estable
Mantenimiento	Pequeño	Grande	Muy Pequeño
Refuerzo, prolongación de la vida útil	Costoso	Fácil	Fácil

Para tener una idea general, si el firme es el 25% del coste de una carretera y el sistema JRI+ ahorra un 40% del coste del firme, el ahorro obtenido en el coste de construcción de la carretera es del orden del 10% ($0,25 \cdot 0,40 = 0,10 = 10\%$).

2.4.2.- Tranvías y ferrocarriles

En tranvías y ferrocarriles la posibilidad de tener rótulas cada 2 o 3 metros hace innecesario en muchos casos el empleo de armaduras, como es el caso de los tranvías construidos con el sistema. Por otro lado, la falta de Normativa de secciones tipo facilita mucho la introducción de técnicas innovadoras. El sistema comparado con el balasto puede ser más económico (en función de la abundancia y coste del balasto). Lo interesante es que su aportación es equivalente a la vía en placa, pero a un coste notablemente inferior.

2.4.3.- Otros

En general, en explanadas el espesor del pavimento es el 66% de los pavimentos habituales (es dividir por 1,5 el espesor). Se puede optimizar con dimensiones pequeñas de las losas.

3.- Beneficios

3.1.- Beneficios para una Administración

3.1.1.- Menor inversión en infraestructuras, o más infraestructuras con la misma inversión. (Por ejemplo, una Administración que invierta en Carreteras 1.000 millones de euros al año, se podría ahorrar 100 millones de euros anuales. En otras infraestructuras la evaluación del beneficio comparado con el total es más difícil).

3.1.2.- Menores costes de explotación y mantenimiento.

3.1.3.- Ahorros medioambientales en producción de CO₂, transporte de materiales y explotación de canteras.

3.1.4.- Mayor calidad de servicio, mayor regularidad superficial de una carretera y durabilidad de las obras.

3.2.- Beneficios para una empresa

Posibilidad de quedarse con más obras al disponer de una tecnología mejor y más barata:

- En carreteras puede suponer hasta un 25% del coste total de construcción.
- En ferrocarriles puede suponer el ahorro del 50% de la obra civil de cimentación de la vía.
- En las pavimentaciones de explanadas de Puertos y Aeropuertos supone un ahorro superior al 33%.

3.3.- Comparación de beneficios

El beneficio mayor es la explotación del sistema por la Administración; en su caso, el beneficio mayor sería el de las empresas concesionarias de obras.

Si el ahorro es de 20 €/ m² en **1 km de carretera de 10 m** el ahorro sería de **200.000 euros**.

El beneficio de una empresa constructora estaría en obtener parte del beneficio no agotando en la licitación la ventaja económica del sistema o en cambiar de firme una obra ya adjudicada.

4.- Anexos: 4.1.- Memoria juntas JRI+4

4.2.- Presentación para congresos.

4.3.- Espesores mínimos carreteras JRI+

4.4.- Artículos, Referencias, vídeos, webs,...

Artículos y referencias, ordenados por fechas:

- Vazquez, J.R. 2008. Induction of joints on concrete Pavements: transfer loads. Presentación. 9th International Conference on Concrete Pavement en **San Francisco** (17-21 Agosto 2008).

- Vazquez, J.R. 2008. Induction of joints in concrete Pavements. Proceedings of the 6th Rilem International Conference on Cracking in Pavements, **Chicago**, USA, 16–18 June 2008.
- Technology Transfer News, New York State Department of Transportation. 2005–2006. New System to induce formation of joints in concrete pavements. Albany, **NewYork**. Vol1 No3. Pdf
- Vazquez, J.R. 2006. Concrete Pavement Without Dowel Bars. **Brussels**. 10th International Symposium on Concrete Roads. 18-22th september 2006.
- Universitat Politecnica de Catalunya 2005. Ensayo de determinación de la carga de rotura de probetas de hormigón con aplicación de carga sobre junta JRI+ (TG-LTE/1105-1). **Barcelona**.
- Vazquez, J.R. 2004. Pavimentos continuos con juntas tridimensionales. VI Congreso Nacional de Firmes. 24-26 Mayo, **León**. Asociación Española de la Carretera.
- Vazquez, J.R. 2004. Continuous pavement with three-dimensional joints JRI+. **Istanbul**. 9th International Symposium on Concrete Roads.
- Vazquez, J.R. 2002. Hormigón continuo con bordes apoyados y juntas estancas. **Madrid**. Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos.
- Vazquez J.R. 1999 Pavimentos Portuarios: Hormigón en masa continuo (sistema de juntas entre losas de hormigón in situ). V JORNADAS ESPAÑOLAS DE INGENIERÍA DE COSTAS Y PUERTOS. A Coruña, 22 y 23 de Septiembre de 1999. VOLUMEN I. Pág. 465 a 473. UNIVERSIDADE DA CORUÑA. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Área de Puertos y Costas.
- Jose R. Vázquez, “Sistema de juntas de imbricación articulada entre losas de hormigón in situ”, Puertos del Estado, EROM 98-1, Servicio de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Geocisa, “Ensayos a escala real para a comprobación y desarrollo de la ROM 4.I-94 en relación a las superficies terrestres portuarias para depósito y manipulación de contenedores”. Puertos del Estado, diciembre 1997.

Vídeos: Aeropuerto de Barcelona, Autovía M-503, Tranvía de Barcelona, Otros.

Webs:

www.farobel.com

www.innocons.cat/99_pdf/farobel.pdf

www.pavement.com/l-86OpenHouseBrochure.pdf

www.ohio.edu/orite/research/nyi86.cfm

www.intrans.iastate.edu/reports/transverse_joint.pdf

www.crcnetbase.com/doi/abs/10.1201/9780203882191.ch10

www.polyroad.com.au/news/concretePavement.htm

