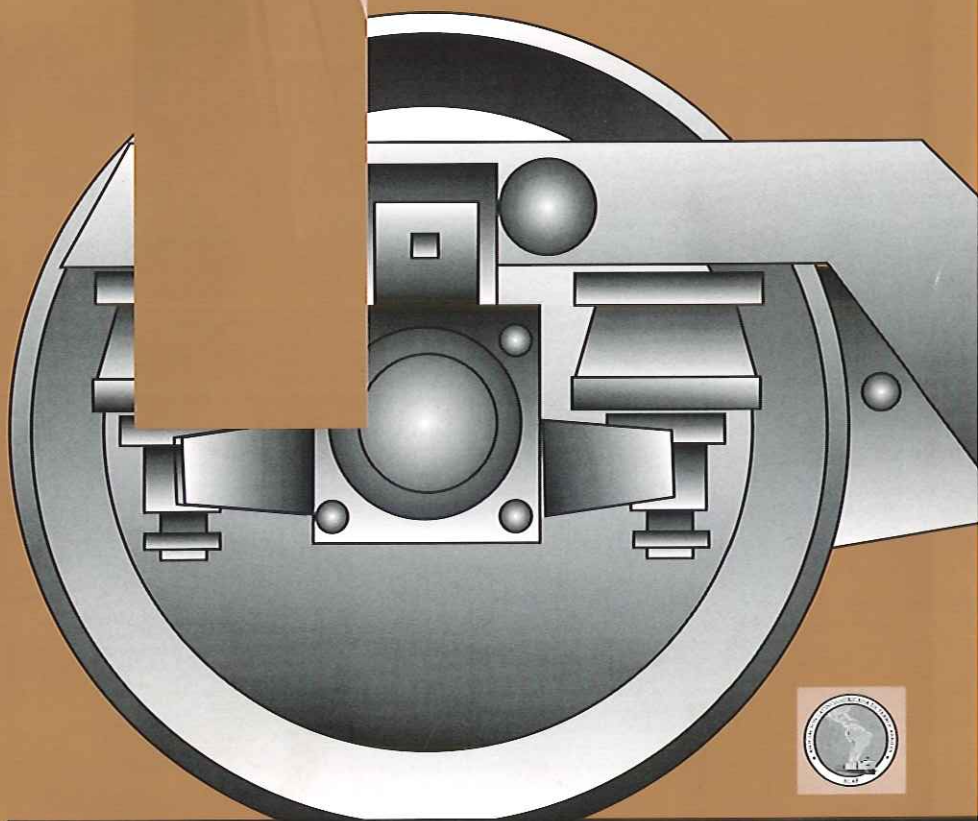


TEMAS

ALAF

DE DIVULGACION FERROVIARIA

11



ASOCIACION LATINOAMERICANA DE FERROCARRILES
ASSOCIAÇÃO LATINOAMERICANA DE ESTRADAS DE FERRO



Renfe

Dirección de Relaciones Internacionales

Publicación realizada con el aporte del convenio ALAF-RENFE
Nº 11 / julio de 2005

ALAF

Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles
Associação Latinoamericana de Estradas de Ferro
Av. Belgrano 863, 1er. piso,
1092 Buenos Aires, Argentina
Tel-Fax (54-11) 4345-4006
email alaf@alaf.int.ar
www.alaf.int.ar

LA VÍA CON JUNTAS Y SU REHABILITACIÓN

José Julián Mendoza Fernández

Indice	Pág
1 Problemática de la vía con juntas	2
1.1 Problemas derivados de su obsolescencia técnica	2
1.1.1 Carrilaje	2
1.1.2 Traviesas	2
1.1.3 Sujeciones	4
1.1.4 Balasto	4
1.1.5 Juntas	5
1.2 Problemas derivados del costo de conservación	10
2 Descripción de soluciones	12
2.1 Rehabilitación en vía soldada con aprovechamiento del máximo posible de los elementos existentes en el momento de su ejecución	16
2.1.1 Consideraciones comunes a las soluciones de rehabilitación	19
2.2 Rehabilitación progresiva de la vía	22

I.- Problemática de la vía con juntas

La vía con juntas presenta una serie de problemas, que tienen dos causas diferenciadas:

- Por una parte por la obsolescencia de su concepción, en caso de sujeción directa mediante tirafondos.
- Por otra por lo costoso de su conservación a causa de su rápida degradación y del carácter manual de buena parte de las operaciones de mantenimiento.

I.1. Problemas derivados de su obsolescencia técnica

I.1.1. Carrilaje

En general, en este tipo de líneas, en España, el carril corresponde a barras de 45 kg/ml, habiéndose montado en vía gran parte del mismo como carril nuevo antes de los años 50; habiendo ya alcanzado un deterioro importante, fundamentalmente en sus extremos, las barras formadas mediante soldadura de carriles nuevos y usados es de 12, 24, 33 o 36 m (sujeción rígida directa con tirafondos), debiendo en su caso para absorber las variaciones de longitud producidas por las fluctuaciones de temperatura, montar antideslizantes para mantener la cala entre valores admisibles.

I.1.2. Traviesas

Las traviesas de estas vías con juntas son de madera. Las causas de deterioro de las traviesas de madera pueden ser químicas, físico-mecánicas o biológicas. Debido al avance en los métodos de impregnación los principales deterioros de las traviesas de madera en la actualidad son los de origen físico-mecánico. De entre éstos los más importantes se centran sobre la caja de asiento del carril y los alvéolos de los tirafondos.

Las fuerzas verticales provocan el hundimiento del carril o de las placas de apoyo de éste en las traviesas (mayores en las traviesas blandas que en las semiduras o duras), mientras que los esfuerzos transversales son los causantes

del deterioro de las paredes del cajead.

La acción conjunta de las sollicitaciones verticales y transversales deforma los alvéolos de los tirafondos, provocando una relajación de la fuerza de apriete, mayor con las sujeciones rígidas que llega a ser nula, que con las elásticas, debido a su recorrido elástico en funcionamiento.

Otros factores de deterioro físico-mecánicos menos importantes son los desgastes producidos entre el rozamiento entre el balasto y las caras inferior y lateral de las traviesas, la flexión debida al paso del material o los impactos por ejes descarrilados.

La aptitud que ofrece una traviesa de madera frente al punzonamiento está íntimamente relacionada con su resistencia a compresión, en dirección perpendicular a la fibra. En cuanto al deterioro de los alvéolos de las sujeciones, su resistencia viene dada por la fuerza de arranque

Tipo de madera	Compresión (kg/cm ²)		Arranque del tirafondo (kg)	
	ll fibra	l fibra	normal	lateral
Roble de Navarra	466,1	112,3	5.315	6.550
Roble de Galicia	448,8	159,3	5.800	7.030
Haya de Navarra	603,1	121,7	6.730	7.030
Eucalipto Huelva	463,9	161,7	6.830	8.200
Pinos				
Piñonero Huelva	563,1	100,8	5.350	5.830
Laricio Cazorla	389,0	62,6	4.350	3.800
Pinaster Cazorla	437,1	80,1	3.300	3.715
Pinaster Soria	371,3	92,1	3.660	4.600
Pinaster resinado Soria	431,1	69,7	5.030	5.030
Carrasco Levante	556,3	98,6	4.130	4.700
Silvestre Soria	469,9	56,3	3.830	5.030
Silvestre Pirineo	440,2	125,0	4.330	4.230

del tirafondo, tanto vertical como lateralmente. En el cuadro de la página anterior se recogen los valores característicos de dichos parámetros para las maderas utilizadas normalmente en España.

Como puede verse en dicho cuadro, las maderas de pino presentan unas características mediocres que se traducen en una escasa aptitud para soportar los esfuerzos derivados del tráfico, y consiguientemente en un rápido deterioro funcional.

1.1.3. Sujeciones

En las sujeciones rígidas a base de tirafondos (de bajo apriete que permite que el carril se desplace longitudinalmente por los cambios de temperatura, pudiendo producir inestabilidad de la vía), las vibraciones y la absorción de energía son de carácter acumulativo, lo que implica que las deformaciones sucesivas tengan un carácter remanente y progresivo produciéndose con relativa rapidez holguras que causan la pérdida en todo o en parte de las características funcionales de la sujeción.

Las sujeciones elásticas palián parcialmente dicha problemática, sufriendo más en la zona de las juntas que en el resto de la barra.

1.1.4. Balasto

Para poder cumplir sus funciones, el balasto debe poseer determinadas características referidas fundamentalmente a su naturaleza, granulometría, forma geométrica de sus componentes, resistencia al choque y al desgaste, así como frente a la helada.

Por lo que se refiere a la resistencia al choque y al desgaste, éstas van ligadas íntimamente a la naturaleza de la piedra. En este sentido las mejores características se obtienen empleando rocas de resistencia a la compresión simple elevada: basalto, granito, ofita, cuarcita. La utilización de piedra caliza, con resistencias en general entre 500 y 1.200 kg/cm², es desaconsejable, y tanto más conforme

menor sea esta resistencia, y mayores las solicitaciones del balasto en vía.

El empleo de piedra con bajas resistencias implica la molturación de la misma bajo los impactos de las traviesas, con la aparición de finos que tienden a aglomerarse en presencia de agua, con las consiguientes alteraciones de las características elásticas del lecho de balasto.

En cuanto al tamaño de las partículas, un balasto de grandes dimensiones da lugar a un mal apoyo de la cara inferior de las traviesas mientras que el tamaño mínimo viene dado por la disminución de la resistencia lateral con el tamaño de las partículas.

Asimismo el rápido desarrollo de la maquinaria pesada de vía ha obligado a acotar la granulometría y resistencia al choque y al desgaste del balasto para que las máquinas modernas puedan emplearse con su máxima eficiencia.

Por último y por lo que hace referencia a la forma, esta debe ser polidébrica con aristas vivas. Las formas lajosas dificultan el compactado del balasto por los bates, dando lugar a deformaciones plásticas de la banqueta.

Podemos tomar como indicador de las características de resistencia al choque y al desgaste la naturaleza silíceo caliza de la piedra y sintetizar las características de forma y dimensiones en el concepto de balasto bateable o balasto no bateable.

La existencia de balasto calizo es indicativa de una rápida degradación de la geometría de la vía.

La existencia de balasto no bateable es indicativa de la casi imposibilidad de restituir la geometría de la vía con maquinaria pesada de una forma eficiente y duradera.

1.1.5. Juntas

La existencia de juntas en la vía surge en el inicio del ferrocarril por dos motivos diferenciados: por una parte por la imposibilidad técnica de soldar los carriles y por otra por la necesidad de absorber las variaciones de longitud

producidas por las fluctuaciones de temperatura.

En un primer momento las posibilidades técnicas de laminación y transporte limitaron las barras procedentes de laminación (barras elementales) a longitudes menores de 12 m.

Sin embargo, y en un intento de disminuir el número de juntas existentes, por los problemas que éstas plantean y que más adelante analizaremos, las diversas Administraciones Públicas solicitaron de las acerías un aumento de la longitud en los carriles, pasándose sucesivamente a barras elementales de 12, 15, 18, 24, 36, 72 m, llegándose actualmente hasta 120 m. Igualmente, en vía, se procedió a la soldadura aluminotérmica de estas barras para obtener mayores longitudes.

La observación en vía de carriles de estas longitudes puso en evidencia el hecho de que la cala de la junta que era necesaria para absorber las dilataciones y contracciones de origen térmico no era proporcional a la longitud del carril. Por el contrario, la dilatación de los carriles en la vía no es libre sino que está coaccionada por el efecto de arrastre de las traviesas por parte de los carriles, a causa del apriete entre ambos a través de la sujeción y/o de los antideslizantes, al que se opone el lecho de balasto.

La constatación de estos hechos permitió aumentar la longitud de los carriles por encima de los 24 m, con aberturas máximas de cala totalmente admisibles incluso en vías dotadas de sujeciones rígidas, y fue el primer paso para el establecimiento del carril continuo soldado, una vez se pudo mejorar el apriete entre carril y traviesa con el desarrollo de las sujeciones elásticas y se desarrollaron procedimientos fiables de soldadura, tanto en parque como en vía.

La junta supone una discontinuidad en las características mecánicas de la vía. Para paliar en lo posible sus efectos los carriles contiguos a la junta se solidarizan a través de

unos cierres mecánicos, denominados bridas, cuya misión es unir sus extremos de forma que se comporten en lo posible como una viga continua, vertical y lateralmente, permitiendo a su vez los movimientos de dilatación y contracción del carril. O lo que es lo mismo, las juntas embriadas producen discontinuidades (que dependen de las características de las bridas y del apoyo del carril), tanto laterales como verticales en la vía, que causan impactos entre la rueda y el carril e influyen sobre la capacidad del vehículo para mantenerse encarrilado.

Las discontinuidades verticales generan fuerzas e irregularidades de onda larga a lo largo de la vía, por deformación del balasto y la plataforma. Y las laterales influyen sobre la estabilidad del vehículo y sobre el desgaste lateral, al ser de forma senoidal similar al de las frecuencias propias de los vehículos.

Estas bridas soportan esfuerzos importantes bajo el efecto de las deformaciones de flexión y los choques al paso de los trenes. Estos esfuerzos provocan desgastes localizados en su zona de transmisión que obligan a efectuar periódicamente diversas operaciones de conservación, de muy difícil mecanización.

En cualquier caso y a pesar de estas operaciones de conservación, las bridas llegan a tomar una deformación remanente que combinada con los desgastes citados tienen por efecto el clásico "golpe de martillo" al paso de los ejes cargados. El "golpe de martillo" produce, pues, varios efectos indeseables entre los que cabe destacar:

- Deformación de los extremos de los carriles y eventualmente su rotura.
- Desconsolidación de las sujeciones y del apoyo de las traviesas de junta con formación de zonas embarradas en plataformas arcillosas, a causa de las vibraciones conjugadas de los ejes y del carril.

Estos efectos implican un rápido deterioro de la zona de

junta con la consiguiente necesidad de incrementar los trabajos de conservación de las sujeciones, las traviesas y sus asientos, así como de los cables que conectan sus extremos para hacer posible la continuidad de las corrientes eléctricas, y en cualquier caso producen una depresión permanente en cada junta que disminuye notablemente la comodidad de la marcha y acentúa la fatiga del material, tanto de la propia vía como del rodante, actuando además como excitación periódica del movimiento de galope de los bogies.

Para paliar en lo posible estos efectos se han intentado diversas soluciones, con ventajas e inconvenientes cada una de ellas.

Por una parte se han diseñado bridas de sección variable para aumentar su inercia vertical. Incluso en algunos casos se han ensayado bridas que al ser apretadas inducen sobre los carriles tensiones de signo contrario a las que produce el tráfico.

Por otra parte se han ensayado distintas colocaciones de las traviesas de junta, buscando un mejor apoyo. Desde este punto de vista cabe hablar de juntas apoyadas/semi-apoyadas y suspendidas/semisuspendidas.

En las juntas apoyadas y semiapoyadas, la zona de la junta apoya sobre una o dos traviesas que le sirven de soporte. De esta forma se consigue una mayor resistencia a los desplazamientos transversales y verticales si bien su mayor rigidez implica a su vez un incremento de las cargas dinámicas. También su diferente separación al resto de las traviesas, y su mayor anchura puede dificultar el bateo bajo las mismas.

En las juntas suspendidas, la zona de la junta carece de apoyo sobre las traviesas, si bien se suele acortar su distancia en los colaterales de la junta, de forma tal que las dos traviesas de junta estén situadas bajo los extremos de las bridas, a las que se denominan juntas semisuspendidas,

que son las utilizadas normalmente en España. Estas disposiciones son más elásticas que las de las juntas apoyada y semiapoyada, siendo por tanto menores las cargas dinámicas que soportan. Sin embargo y a causa de su mayor elasticidad, se produce una fuerte flexión en los extremos de los carriles agravándose la "sensación de junta" en los viajeros y produciéndose una fatiga importante en los propios carriles y en las bridas.

Buscando evitar la utilización de carriles cortos en curva dada la diferente longitud de ambos hilos de carril, así como disminuir los efectos de las juntas sobre la marcha de los vehículos se ha evitado el disponer las juntas a escuadra, esto es concordantes o paralelas (situadas en el mismo plano perpendicular al eje de la vía), sobre ambos hilos, en las que los vehículos caen prácticamente en un bache a intervalos regulares generándose choques y sacudidas, para hacerlo de forma alternada en uno u otro hilo. Esta disposición de juntas alternada o a caballo (sistema interesante en curvas de radio reducido), que hace más fácil el movimiento de dilatación de los carriles, reduce el efecto de la baja inercia transversal de las juntas, evitando el movimiento de galope, además de duplicar el número de impactos, puede dar lugar sin embargo a una oscilación o giro de los vehículos alrededor de su eje longitudinal. Así en la SNCF se aplica $12 \pm 1,20$ en barras de 36 m, el sistema americano las sitúa en el punto medio de la barra opuesta, el Metro de París con diferencia igual al espacio entre traviesas y otros con un decalaje de medio bogie, aproximadamente de 1 m.

En ambos casos, las juntas pueden causar daños a la vía afectando negativamente sobre la marcha del vehículo y sobre su estabilidad frente al descarrilamiento.

En definitiva puede decirse que la presencia de juntas en la vía puede considerarse como un mal, necesario hasta hace unos años por razones técnicas, pero que en la actualidad no puede justificarse ni técnica ni económica-

mente salvo en líneas antiguas de poco tráfico, en razón de lo cual no pueda rentabilizarse la implantación de carril continuo soldado.

1.2. Problemas derivados del costo de conservación

Este tipo de vía con juntas exige un mantenimiento periódico, básicamente manual, en el que se multiplican todas las operaciones relacionadas con la conservación de sus juntas:

- Su nivelación, por bateo del balasto
- El engrase y el apretado de los tornillos de brida
- La comprobación y regulación de la abertura de las calas entre carriles
- La consolidación y el ajuste de la clavazón del carril a la traviesa
- La conservación de la cama (asiento inferior) de la traviesa
- La colocación y el ajuste de antideslizantes en el carril, etc.

Tales problemas se traducen en una geometría deficiente de la vía casi permanente y en un desgaste rápido de los elementos que forman las juntas y repercuten en la limitación de la velocidad de circulación y en una falta de confort en la rodadura, menor cuanto menores sean las longitudes de los carriles. Es decir: se efectúan gastos fuertes para continuar manteniendo igual tipo de vía y con los mismos inconvenientes que tenía, solución que aboca en sustituirla, más o menos rápidamente, por otro tipo que tenga menores gastos de mantenimiento como es la vía sin junta; si bien ha de tenerse en cuenta que tal solución ha de conllevar una inversión razonable que, además, debe quedar compensada por menores cargas de mantenimiento que permitan amortizarla.

En este sentido, en el cuadro siguiente se recogen los cos-

tos de conservación en RENFE por km y año para vía soldada con traviesa monobloque, vía soldada con traviesa RS y vía con juntas con traviesa de madera, en porcentaje sobre el costo correspondiente a una vía soldada con traviesa monobloque de la 1ª categoría.

Categoría de la línea	Costos de conservación de vía porcentuales por km y año		
	Vía sin juntas		Vía con juntas
	Traviesa monobloque con sujeción Skl-1	Traviesa bibloque RS con sujeción RN	Traviesa de madera con placa de asiento y tirafondos
1ra.	100	111	170
2da.	67	75	113
3ra.	51	56	85
4ta.	35	39	57

(Fuentes:

- Dirección de Organización: Operaciones a realizar por kilómetro de vía, según tipo de superestructura y categoría de línea.
- Dirección de Planificación y Control de Gestión: Jefatura de Presupuestos. Valor hora estándar.
- Gabinete de Abastecimientos y Almacenes. Material de Vía. Precios estándar 1.987).

Como puede verse el costo de conservación de la vía con juntas es entre 50 % y un 70 % mayor que el correspondiente a una vía soldada con traviesas de hormigón de análoga categoría.

2.- Descripción de soluciones

La solución a los problemas planteados por la vía con juntas pasa lógicamente por la supresión de sus causas.

En este sentido, y desde el punto de vista puramente técnico la solución óptima consiste en la renovación de los tramos de vía con juntas mediante la implantación de vía soldada sobre traviesa monobloque con sujeción elástica y balasto sílfceo (en puntos singulares se podrá emplear traviesa de madera dura y sujeción elástica indirecta).

Sin embargo, el costo de esta solución es muy alto, por lo que las condiciones de explotación deben garantizar su rentabilidad. Por ello, debemos estudiar posibles alternativas que si bien no serán tan buenas desde el punto de vista técnico, sí deben ser suficientes para las condiciones de explotación de la línea, presentando un menor costo.

En cualquier caso, deberemos tender a buscar la total supresión de las juntas, por ser éste uno de los elementos más nocivos en la vía, como hemos visto.

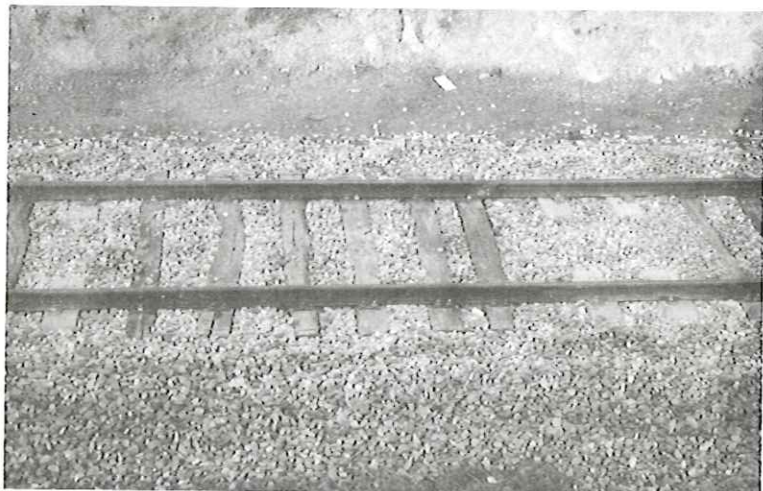
No obstante esto no será siempre posible sin acometer, en la mayoría de los casos, trabajos de envergadura. En este sentido, debemos recordar las condiciones que deben cumplirse para el establecimiento del carril continuo soldado:

- Plataforma estable.
- Perfil de balasto completo, no contaminado, cumpliendo las prescripciones de la "Especificación para el suministro de balasto".
- Imposibilidad de deslizamiento longitudinal y transversal entre carril y traviesa, lo cual implica la existencia de sujeciones elásticas correctamente ancladas a las traviesas (o un gran número de antideslizantes), para lo que éstas deberán estar en buenas condiciones y muy especialmente en la zona de anclaje de la sujeción.
- Limitación de radios en planta para garantizar la estabilidad de la vía frente al pandeo.

A este respecto hay que indicar que la resistencia lateral de las traviesas de madera asentadas sobre balasto es aproximadamente el 60 % de las de hormigón, lo que en teoría significa que en una vía sin juntas con traviesas de madera la temperatura de pandeo es 10 °C inferior a la de una vía con traviesas de hormigón.

Otra solución sería la renovación de la vía, mediante la reutilización de la superestructura de la vía (carriles, traviesas, sujeciones y aparatos de vía), procedentes de las renovaciones de las líneas principales, en su adaptación a las nuevas condiciones de tráfico respecto a las que fueron diseñadas (aumento de velocidad, carga por eje o carga total), las que en España se realizaron con traviesas de hormigón bloque tipo RS con sujeción RN, instalando sujeción P2 procedente de levante, o mejor aún la nueva sujeción elástica J2.

Para aumentar la resistencia lateral de una vía asentada sobre traviesas de madera, puede aplicarse cualquiera de las siguientes opciones:



Intercalación de durmientes

- 1) Sustituir parte de las traviesas (las más dañadas) por otras de hormigón (rehabilitación progresiva) o de madera más pesada (o de mayor dimensión).
- 2) Incrementar el número de traviesas por km
- 3) Instalar placas antipandeo en las traviesas.
- 4) Aumentar la temperatura de liberación de tensiones (puede conllevar al crecimiento porcentual de grietas en el carril por fatiga y al crecimiento de los defectos más pequeños).

Tomando como base de trabajo las directrices marcadas por Cannon⁽²⁾, antes de proceder a la rehabilitación de la vía, se deben considerar los siguientes datos:

- a) Características del balasto: anchura de hombro de banqueta y altura bajo traviesa, así como su granulometría y estado.
- b) Traviesas: estado y características de las existentes, así como condiciones requeridas y cantidad mínima necesaria después de la rehabilitación.
- c) Sujeciones: situación y características de las existentes, condiciones requeridas y sustitución de las inaceptables.
- d) Antideslizantes y placas antipandeo: tipos y estado



Vía rehabilitada

de las existentes y de las a emplear

f) Geometría de la vía: requisitos generales de nivelación/alineación.

g) Bateado y compactado/apisonado: antes y después de la rehabilitación.

h) Soldadura aluminotérmica: nivelación de la cabeza, hundimientos, salientes, picos, escalones e inclinaciones en las zonas de soldadura.

i) Desgaste de carril: límites aceptables (vertical, lateral y total de la cabeza, así como las del alma y patín).

j) Estado de los taladros de los extremos del carril (diámetros, distancia a sus extremos y fisuración)

k) Defectos de carril: exámenes visuales y mediante ultrasonidos, antes de la rehabilitación.

En este sentido son posibles las siguientes soluciones, en función de las características de la vía existente y teniendo en cuenta las condiciones para el establecimiento de la vía con juntas que hemos citado:

- Rehabilitar la vía, implantando barra soldada con aprovechamiento del máximo posible de los elementos existentes en el momento de la ejecución, siempre y cuando el tipo de traviesas, su peso, el balasto y el tipo de sujeciones lo permitan.

- Rehabilitación progresiva de la vía.

- Rehabilitar la vía, suprimiendo el máximo posible de juntas intermedias, garantizando la funcionalidad y mejorando las características dinámicas de las juntas restantes, con aprovechamiento casi total de los elementos existentes en la actualidad.

Esta última es aplicable a los tramos de vía que no cumplen las condiciones básicas para el establecimiento de vía sin juntas, esto es: balasto de calidad y bateable, si los materiales de vía están muy degradados, si existe gran número de curvas de radio reducido en las que no se puede instalar barra larga soldada con traviesas de madera, etc.

2.1 Rehabilitación de la vía soldada con aprovechamiento del máximo posible de los elementos existentes en el momento de su ejecución

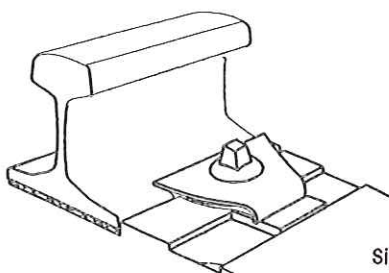
Esta solución implica aprovechar la mayor parte del carril y traviesas existentes, sustituyendo la sujeción rígida por otra elástica y soldando aluminotérmicamente (o eléctricamente) las barras de 24, 33, 36 o 72 m entre sí para constituir el carril largo soldado.

En este sentido debe tenerse en cuenta que no es posible soldar las barras torcidas, fuertemente achafanadas, ni las que tengan desconchados o huellas importantes de patinaje.

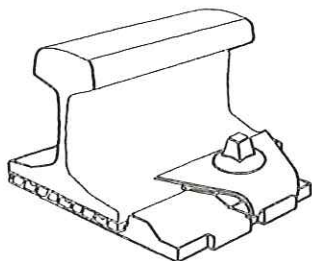
En cualquier caso, en general, y dado el estado de los carriles en la zona de la junta será preciso proceder al despunte de las barras, corrido de las mismas y adición de nuevo carril para compensar las partes suprimidas.

En cuanto a la implantación de sujeciones elásticas, las soluciones más convenientes teniendo en cuenta los condicionantes existentes derivados de las características del resto de los componentes de la superestructura, el precio, la facilidad de colocación, experiencia existente en su empleo por otras Administraciones y las experiencias en España, creemos que son las proporcionadas por:

- La sujeción francesa Nabla, con placa metálica de asiento en curva y directamente, con tan sólo la interposición de una placa elástica en recta, siempre y cuando la madera tenga la dureza necesaria para evitar el hundimiento del apoyo del carril en la misma (con mecanización o cajeado de la traviesa para la instalación de los elementos de apoyo carril/sujeción).

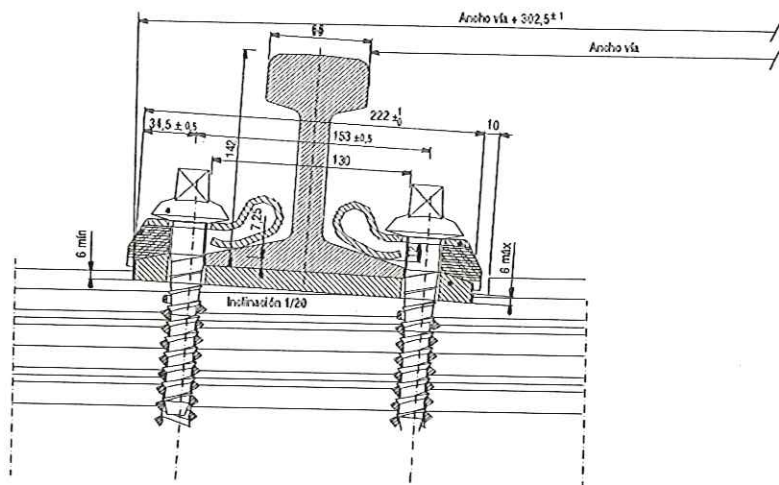


Sin placa de asiento



Con placa de asiento

- La sujeción G-4, desarrollada, en su día, por RENFE con la colaboración de las empresas Tranosa y Mondragón y la ingeniería Tifsa, en base al aprovechamiento integral de las placas metálicas de asiento y de los tirafondos útiles.



Así, para proceder a la colocación de la sujeción Nabla en las traviesas existentes tanto en recta como en curva será preciso sacarlas de la vía, recajearlas, estaquillarlas y colocar espirales metálicas tipo Vortok para traviesas de madera, redistribuyéndolas posteriormente, y en la G-4 únicamente retirar los tirafondos, colocar espirales metálicas tipo Vortok en los taladros (como mínimo uno en cada lado del carril, formando una V entre las líneas directrices de los taladros de ambos carriles, a fin de evitar su desplazamiento mediante giro de la traviesa en servicio), instalar una pieza plástica que garantice la altura de la cabeza del tirafondo respecto al patín del carril y evite el giro de la sujeción y sobre ella la pieza metálica elástica de la sujeción, introduciendo de nuevo el tirafondo. Al no desconsolidar la vía, esta operación puede hacerse en cualquier época del año, con el personal propio de mantenimiento de vía.

- Otra alternativa para las sujeciones, utilizada en madera dura, semidura o blanda sería la utilización del clip Pandrol gaugelock.

También será conveniente, en general, sanear el balasto en la zona adyacente a la antigua junta y completar el perfil de la banqueta para garantizar la estabilidad de la vía frente a los cambios de temperatura. En este sentido, lógicamente deberá procederse también a una liberación de tensiones.

Por otra parte debemos hacer notar que las operaciones citadas suponen la desconsolidación de la vía por lo que deberán guardarse las precauciones habituales en estos casos.

De las consideraciones anteriores se desprende que para poder efectuar este tipo de rehabilitación de vía deben concurrir las circunstancias siguientes:

- Buen estado general de los materiales de vía existentes, y en particular de los carriles y traviesas.
- Barras elementales de la mayor longitud posible, a fin de

limitar el número total de soldaduras aluminotérmicas (o eléctricas mediante chisporroteo "in situ") a efectuar; así como la proximidad de estas soldaduras entre sí (fijar la distancia mínima en el apoyo del cupón de carril en, al menos, 4 traviesas consecutivas).

- Número suficiente de antideslizantes (anclas de vía), para garantizar la estabilidad frente al pandeo

2.1.1 Consideraciones comunes a las soluciones de rehabilitación

Con respecto a estos procedimientos de rehabilitación de vía (no trata el tema de rehabilitación progresiva), y en especial si no se sanearon mediante corte los extremos de los carriles, Cannon (2), hace diversas observaciones significativas, a saber:

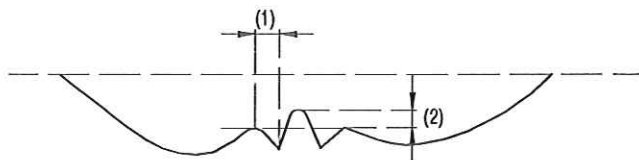
Respecto a las soldaduras:

- Correr los carriles o cortarlos para conseguir la cala de soldadura.

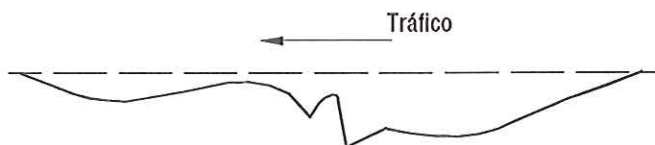
- Como en la ejecución de la soldadura aluminotérmica existe la posibilidad de interacción entre la concentración de tensiones asociadas con la soldadura y los taladros contiguos existentes en el carril, para no reducir la resistencia a la fatiga de la soldadura y los taladros, o lo que es lo mismo, para que no haya efectos de interacción, hay que garantizar que la distancia entre el borde del cuello de soldadura y el punto más próximo del taladro, sea mayor de 30 mm.

- Debido a la presencia de inclinaciones y hundimientos laterales del extremo del carril, la geometría local de la soldadura aluminotérmica de conversión difiere de la que normalmente se encuentra en la vía con carriles largos soldados, siendo sus principales características:

- Soldadura típica de conversión (en forma de "W").
- Soldadura de conversión a saltos.



- (1) Inclinación del extremo del carril.
(2) Pico de la soldadura



- Aumentando la profundidad de la inclinación de la soldadura desde 0 a 1-6 mm, se reduce la duración útil prevista de la soldadura en aproximadamente un factor 10, y debido a que los soldadores no tienen control sobre este problema, se debe fijar dicho valor en menos de 1mm, a ser posible cero.
- Debido al efecto poderoso de la inclinación del extremo del carril, la vida útil no es especialmente sensible a los valles y crestas de longitudes de onda relativamente largas.
Los pasos por recorridos en rampa reducen bastante significativamente la vida de la soldadura.
Las crestas de soldadura por encima del nivel de referencia del carril, tienen un efecto similar a los pasos por recorrido en rampa.
- Aceptando los criterios anteriores, la fiabilidad de la sol-

dadura debería ser similar a la que se encuentra normalmente en la vía convencional con barra larga soldada.

Respecto a la nivelación longitudinal:

- En vía con barra larga soldada, la desviación estándar máxima de nivelación es aproximadamente 0,50 a 1,00 mm menor que para la vía con juntas, para unas mismas prestaciones (velocidad, aceleración sin compensar, cargas, etc).

- Una vía bateada durante su conversión en vía sin juntas puede reducir su desviación estándar máxima en el plano vertical, hasta en 2 mm, manteniéndose durante un largo período de tiempo; esto es, su geometría puede ser comparable a la de una vía convencional.

Respecto de los trabajos:

- El enderezado de las juntas, antes de la soldadura no supone ventaja alguna (las soldaduras se convierten en soldaduras hundidas, si se parte de juntas hundidas).

- Es bueno para mantener la calidad, el bateado de las traviesas de junta, una vez soldadas.

- Apisonar (compactar el balasto) después de la conversión produce mejor calidad, si se hace de inmediato. Un retraso de 4 meses tiene poco efecto en el resultado final.

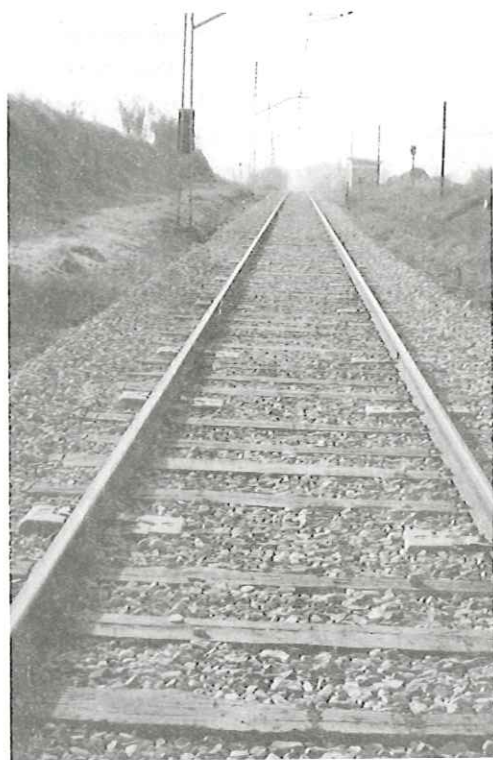
2.2 Rehabilitación progresiva de la vía

Cuando no todas las traviesas estén en buen estado, pero sí una gran parte de ellas, puede aplicarse esta alternativa, basada en los criterios fijados en el *Rapport ORE DT 180 (AZ 46)* ⁽⁵⁾ e implantación con éxito en la SNCF; es la que, en la Dirección Técnica de Mantenimiento de Infraestructura de Líneas Convencionales de Adif (España) se ha denominado “Rehabilitación progresiva de la vía”.

Se trata de unir las ventajas de las técnicas de la American Railways Engineer Association, AREA, (utilización de sujeciones rígidas sobre madera, con antideslizantes de carril) y de las UIC (utilización de traviesas de hormigón con sujeción elástica) para el establecimiento de la vía soldada. Consiste en el aprovechamiento de carriles y traviesas de madera útiles o regenerables “in situ” existentes (cualquier material que pueda realizar sus funciones otros dos o tres años no debe levantarse), sustituyendo el resto: el carril, por otro regenerado en taller o “in situ” de la misma tipología, y las traviesas por otras de hormigón, bloques de poca altura, dotadas de sujeción elástica con alta capacidad de apriete, con lo que se consigue, en base a una distribución adecuada de las mismas, entre las de madera útiles, según radios de las curvas, soldar el carril mediante procedimiento aluminotérmico (o eléctrico por chisporroteo “in situ”), para conseguir la vía continua sin juntas.

Han de tratarse como mínimo una de cada dos a cinco traviesas, tal y como se desarrollará posteriormente, bien por la utilización de antideslizantes en ambas caras, o por la sustitución de la traviesa antigua por una de hormigón, si bien en las curvas de radios pequeños es necesaria la sustitución de su totalidad, e incluso disminuir el espaciamiento entre las mismas, para aumentar la resistencia a los desplazamientos transversales de la vía.

También puede optarse por el montaje de la sujeción G-4,



Vía rehabilitada



Intercalación de durmientes

al menos en la mitad de las traviesas de madera, disminuyendo el número de antideslizantes.

Previamente a la ejecución del soldeo aluminotérmico, se determinan los despuntes necesarios de cada barra elemental, que deberán ser marcados con pintura indeleble. Realizados los despuntes y soldadas las barras provisionales se deberá efectuar la liberación de tensiones mediante tracción aplicada al carril, y longitudes máximas de 160 m, si no se emplean rodillos para facilitar el deslizamiento del carril, pudiéndose alargar estas longitudes, en caso de emplearse los mismos, según radios, hasta un máximo de:

1.000 m para $R < 1.000$ m

600 m para $1.000 \geq R > 800$ m

400 m para $800 \text{ m} > R$

Una vez calculadas y determinadas las zonas de anclaje (puntos fijos), se realizará el correcto apretado de su sujeción, montando los correspondientes antideslizantes (anclas de vía) en las traviesas de madera existentes.

Esta zona de anclaje se constituirá a partir de la junta adyacente a la barra larga soldada.

En las zonas donde se conserven, por su buen estado, las traviesas de madera, inmediatamente después de realizada la neutralización, se colocarán cuatro antideslizantes por traviesa, siguiendo la siguiente distribución:

- 1 traviesa de cada 2 en los primeros 100 m, de la barra larga soldada.
- 1 traviesa de cada 3 en la zona central.

Las operaciones, se completan, en su caso, mediante la compactación del balasto no bateable existente, en formación de subcapa de balasto, así como la aportación de balasto sílceo bateable mecánicamente en los 15-20 cm situados bajo la cara inferior de la traviesa, y los tratamientos de infraestructura de carácter puntual mínimos imprescindibles para garantizar la seguridad y un adecuado saneamiento.

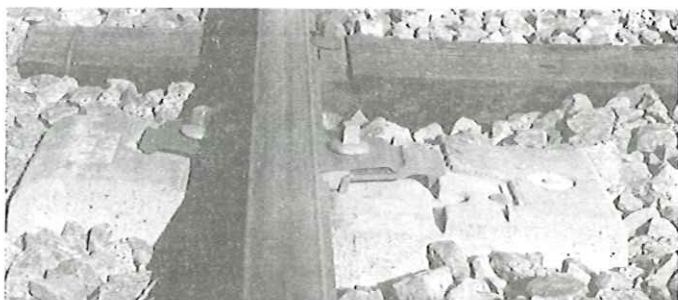
El levante de la vía con maquinaria pesada, previamente marcado por los responsables del trabajo, se realizará en varias pasadas. En la primera, se deberá obtener una subida de 7 cm, reduciendo la presión de los bates a 7 bares a fin de no mezclar el balasto existente con el de nueva aportación.

Antes del corrido de carriles y en el plazo lo más próximo posible a esta operación, se deberá dejar la vía 2 cm por debajo de la rasante definitiva, para después de finalizada la operación de sustitución de traviesas, proceder a la última etapa del levante, limitándola a un máximo de 2 cm sobre la rasante definitiva.

En las zonas donde la plataforma carezca de amplitud necesaria para conseguir el perfil transversal de banqueta prescrito, se colocarán muretes formados con traviesas de madera procedentes del levante de vía, o con piezas prefabricadas de hormigón en forma de L, para contener la banqueta. Igualmente, en las zonas donde es previsible se deteriore dicho perfil transversal de balasto (pasos inferiores, pasos viciosos, etc...) se instalarán protecciones guardabalasto.

Posteriormente, en las operaciones de Mantenimiento se deberán seguir sustituyendo los materiales que por su uso pasen a ser inútiles, hasta conseguir en el tiempo la renovación completa de las traviesas de madera, por las de nueva tecnología, con mejores prestaciones y mayor vida útil.

La base de esta aplicación está en la utilización de la traviesa BR-94 de RENFE (que podría adaptarse a cualquier ancho de vía con sólo acortar la riostra), válida, en España, para carriles UIC-54 y RN-45 (traviesa bloque, diseñada en el año 94, para su intercalación con traviesas de madera de sección transversal $24 \times 14 \text{ cm}^2$, dotada de sujeción elástica Nabla y anclaje SV-Plastirail), o la PB-91 (válida además para los anchos de vía de 1668 y 1435 mm).



Durmiente H⁰A⁰ con sujeción Nabla

Es una traviesa de dos bloques, con una rigidez vertical similar a las de madera y con una altura del mismo orden. A igualdad de peso con respecto a una monobloque, se obtiene una mayor resistencia al ripado por tener dos caras activas. Una riostra de gran inercia vertical une dichos bloques, garantizando su diseño el que no apoye en el balasto.

La sujeción elástica está contrapeada sobre la traviesa, para garantizar una buena unión entre ellas a efectos de resistencia a desplazamientos longitudinales y transversales de la vía soldada, si se instala en la cantidad media teórica que se describirá mas adelante.

En base al diseño de los topes plásticos aislantes situados bajo las láminas elásticas, para el aislamiento eléctrico, transmisión de esfuerzos y mantenimiento del ancho, en carril de 45 kg, se puede realizar su instalación para cualquier ancho de vía existente (y modificando las mismas, para cualquier otro tipo de carril), ya que con sólo cuatro piezas distintas, números 6 al 9, diferentemente coloreadas, para poder distinguirlas fácilmente en la vía, se consiguen anchos de vía desde el teórico a éste más 15 mm, con saltos cada 2,5 mm. Estas piezas vienen asociadas dos a dos, a saber: en un bloque deben ir unidos los colo-

res negro-verde-rojo o azul, pudiéndose colocar en el orden prefijado exterior-interior a la caja de la vía o en orden inverso. Esta es la pieza básica del diseño y del proceso de rehabilitación progresiva, ya que con ellas se puede ejecutar el corredor de ancho de vía, según se encuentren las traviesas de madera colaterales. Para instalarlas o cambiarlas no es necesario levantar completamente la sujeción de la traviesa.

La sustitución de traviesas de madera por las de hormigón, debe realizarse, según la N.R.V. 7-5-7.1 (4), siguiendo los criterios del cuadro de páginas 28 y 29.

A este respecto, cuando se sustituyan todas las traviesas, pueden ser también monobloque.

Nota: No se recomienda intercalar monobloque con madera (aunque algunas compañías lo han realizado) dada su diferente altura (dificultando su posterior bateo) y rigidez vertical (diferentes asentamientos diferenciales). Todas las traviesas de madera que permanezcan en la vía deben tener la sujeción en buen estado, para lo que habrá que consolidar las mismas, además del posible rectificado del ancho, bien mediante estaquillado de taladros y giro o desplazamiento de la placa o bien mediante espirales metálicas tipo Vortok. El corredor de ancho debe ser el mismo que tradicionalmente se emplea en los trabajos de mantenimiento sobre traviesas de madera, o sea, 6 mm, no debiendo existir más de 2 mm de diferencia entre dos traviesas contiguas.

El apretado de las sujeciones se debe realizar a mano o mediante clavadoras dotadas de limitador de par de apriete, debiéndose comprobar en este último caso durante el curso del trabajo, que no se ha desajustado.

El carril utilizado en España puede ser de 45 o 54 kg, siendo, en su montaje, sólo diferentes las piezas plásticas bajo las láminas elásticas (para carril de 54 kg, las números 4 y 5).

		R < 300	400 > R ≥ 300
Reglas básicas	Longitud de las barras	Vía con juntas 24 m > 24 m	B.L.S.
	Número mínimo de traviesas de hormigón	0 % Sustituir sólo las inútiles	100 % Todas
	Distancia entre traviesas (cm)	60	53
	Actuando a tajo seguido, como mínimo, deberán ser de madera con antideslizantes o de hormigón	/ 1 de cada 3	/
	Número máximo admisible de traviesas de madera seguidas sin antideslizantes	4	/
	Número máximo admisible de traviesas de madera seguidas	Sin límite	Ninguna
Reglas complementarias	De ellas deberán tratarse como mínimo, con antideslizantes y espirales Vortok	3 5 las centrales entre dos juntas (o ser de hormigón)	/
	Si tomando un número determinado seguido de traviesas, a saber...		
	si de ellas son de madera...	/	/
	deben llevar antideslizantes como mínimo...		
Otras consideraciones	Las tres traviesas laterales adyacentes a las juntas deberán ser de madera (2 de contrajunta con antideslizantes)	En los extremos se instalarán 12 traviesas de hormigón separadas 56 cm	

Cuadro resumen de tratamiento de traviesas en la ejecución de las rehabilitaciones progresivas de vía

450 > R ≥ 400	500 > R ≥ 450	1000 > R ≥ 500	2500 > R ≥ 1000	R ≥ 2500	100 últimos m de la B.L.S.
B.L.S.	B.L.S.	B.L.S.	B.L.S.	B.L.S.	B.L.S.
100 %	50 %	35 %	20 %	0 %	0 %
Todas	1 de cada 2	1 de cada 3	1 de cada 5	Sustituir sólo las inútiles	Sustituir sólo las inútiles
60	60	60	60	60	60
/	1 de cada 2	1 de cada 3	1 de cada 3	1 de cada 3	1 de cada 2
/	2	3	3	3	2
Ninguna	3	4	7	Sin límite	Sin límite
/	la central	una de las dos centrales	2	de cada 5 seguidas, una (o ser de hormigón)	de cada 4 seguidas, una (o ser de hormigón)
	5	8	9	10	6
/	4	7	8	-	-
	1	2	2	3 (o ser de hormigón)	3 (o ser de hormigón)
/	/	/	Si se tienen 6 seguidas de madera, una, como mínimo, llevará 4 antideslizantes y espirales Vortok	/	- Si A.D., R ≥ 2500 m - Si juntas múltiples en recta, 3 barras a escuadra de 18 m con antideslizantes en 2 de contrajunta y en las 3 centrales con espirales Vortok, si no son de hormigón

Ejemplos con H mínimo

500 > R ≥ 480:	HMHMHHHHMMHHMMHHMMHHMMHMHHMMHHMMHHMMHHMMHHMMHH
1000 > R ≥ 500:	MMHMHHMMHHMMHHMMHHMMHHMMHHMMHHMMHHMMHHMMHHMMHH
2500 > R ≥ 1000:	HMMMMMMHHMMHHMMHHMMHHMMHHMMHHMMHHMMHHMMHHMMHH
R ≥ 2500:	MM
100 m últimos:	MM

M: Madera M: Madera con antideslizantes MM: Madera con antideslizantes y Vortok (u hormigón) H: Hormigón

Cuando el carril existente de 45 kg agote su vida útil, puede sustituirse por otro de 54 kg, mediante la simple sustitución de dichas pieza plásticas, instalando la vía en su ancho nominal.

En los extremos de la barra larga soldada se deberá instalar, bien un aparato de dilatación, bien un dispositivo de juntas múltiples.



Dispositivo de dilatación

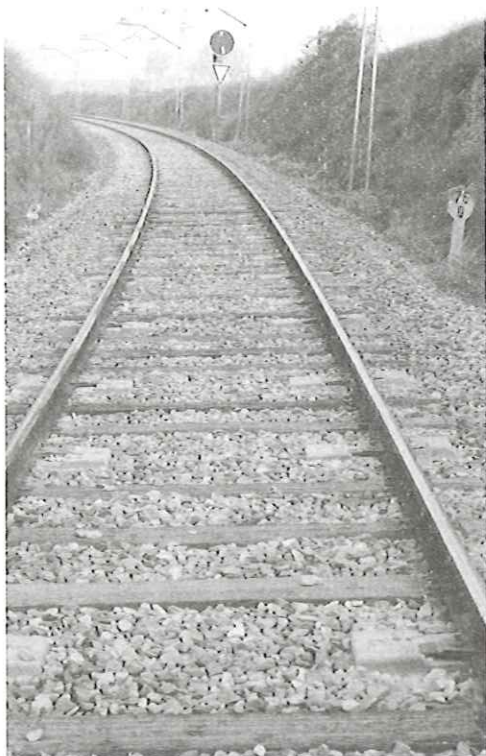
Este dispositivo de juntas múltiples se efectuará mediante tres barras de 18 m, en las que las traviesas podrán ser de hormigón o de madera, excepto las tres traviesas laterales adyacentes a cada lado de la junta que deberán ser de madera. En las tres traviesas centrales de cada una de estas barras, en el caso de ser de madera, se colocarán cuatro antideslizantes por traviesa.

Además de reglar correctamente la abertura de las cuatro juntas del dispositivo, que se dispondrán a escuadra, en la banqueta de balasto de los últimos 100 m de la barra larga soldada así como de las tres barras de 18 m se pondrá el perfil de balasto reforzado, debiendo estar situado

todo este tramo en una recta de al menos 150 m de longitud.

Antes de realizar la neutralización, las juntas adyacentes a la barra larga soldada se unirán provisionalmente a ésta mediante “Ces” (sistema de embridado que no necesita taladros en el carril), para que una vez realizadas las operaciones, pueda cortarse el carril extremo de la barra larga en una cantidad calculada y repartir su valor entre las cuatro juntas, embridándolas definitivamente.

En las uniones con los apoyos móviles de los tramos metálicos se dispondrán, de ser necesarios, los aparatos de dilatación que fije la normativa.



Vía en curva rehabilitada

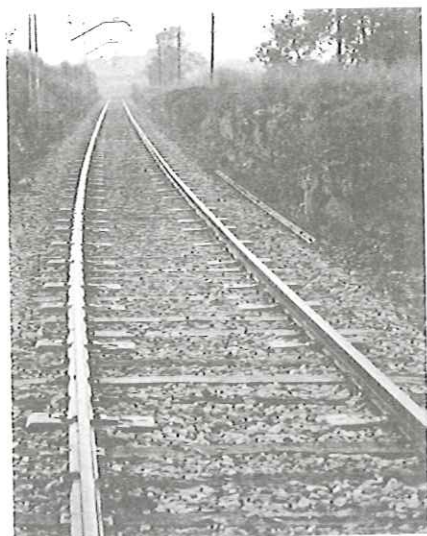
Para disminuir el desgaste del carril, se colocarán engrasadores en todas las curvas de radio reducido, según una distribución dada en función de dichos radios.

La aplicación de esta técnica puede realizarse bien como una operación completa (consolidación de la sujeción, sustitución de materiales inútiles y establecimiento de la barra larga consolidada), o progresivamente según las consignaciones anuales. Así se pueden ir sustituyendo las traviesas inútiles por las de hormigón, excepto las de junta y las dos de contrajunta, hasta que exista un número suficiente para poder acometer la soldadura en barras de hasta 72 m y posteriormente en barra larga mediante la neutralización de la vía, para continuar sustituyendo posteriormente, año tras año, la madera restante, según vaya agotándose su vida útil, para finalmente contar con una vía continua sobre traviesas de hormigón, momento en el cual, cambiando simplemente las piezas plásticas, puede adaptarse el ancho teórico de la vía. De esta forma la inversión se realiza progresivamente y a largo plazo, mediante las operaciones propias de mantenimiento.

Como inconvenientes a estas soluciones debemos indicar, las dificultades, una vez establecida la barra larga soldada, en la sustitución del carril y las traviesas. En el carril, debido a tener que cortar y soldar, así como neutralizar u homogeneizar tensiones en la vía. En las traviesas, al tener mayor canto (4 cm) y al no poder tener desguarnecido más de un cajón entre traviesas de cada cinco simultáneamente, con el fin de no desestabilizar el asiento de la vía, y al tener que compactarse el balasto bajo las traviesas inmediatamente después de la sustitución mediante bateadora mecánica manual.

Igualmente, al realizarse progresivamente, no podrán soldarse las curvas de radio menor a 450 m en ancho 1668 mm (180 m en ancho métrico), hasta que no estén sustituidas todas las traviesas con la densidad prescrita, lo que

obligará a levantar las de madera útiles, para su instalación en zonas con radios mayores. Como ventaja, en las curvas de radio menor a 300 m (90 m en ancho métrico), podrán soldarse las barras de carril a 72 m, cuando tengan como mínimo una de cada tres traviesas de hormigón o dotadas de antideslizantes, con la salvedad ya indicada de las tres colaterales a las juntas.



Vía en curva rehabilitada

Por otra parte, de no continuarse las operaciones de consolidación de la clavazón y sustitución de traviesas de madera, posteriormente a la constitución de la barra larga soldada, dado que la sujeción rígida de tirafondos, como ya hemos visto, no sigue los movimientos verticales del carril al paso de las circulaciones (produciendo el golpeteo constante de la cabeza de los tirafondos, y con ello el aflojado de la sujeción y el deterioro de los taladros de anclaje), puede llegarse, en los tramos con un alto número de traviesas de madera, al pandeo de la vía.

Bibliografía:

- (1) Mendoza Fernández, J.J., "*La rehabilitación progresiva de la vía*". Revista de Obras Públicas n^o 3327. Diciembre 1993.
- (2) Cannon, D.F., "*Low-Cost conversión of bolt track to continuously welded rail*". Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Transport. Vol 100, n^o 4. Londres, Noviembre 1993.
- (3) Rodríguez Bugarín, M., "*Líneas de débil tráfico*". Revista de Obras Públicas n^o 3347. Octubre 1995.
- (4) N.R.V. (Norma RENFE Vía) 7-5-7.1 *Trabajos en la vía. Conservación de la Vía. Rehabilitación progresiva de la vía*. Marzo 1995.
- (5) Rapport ORE DT 180 (AZ 46) de la Office de Recherches et D'Essais de L'Union Internationale des Chemins de Fer "*Aspectos técnicos de las soluciones de bajo coste para líneas de débil tráfico*".

ALAF

Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles

Associação Latinoamericana de Estradas de Ferro

Edición y producción gráfica: analog, Buenos Aires. analog@ba.net.

Impreso en el mes de julio de 2005.

TEMAS

DE DIVULGACION FERROVIARIA

ALAF

**ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE FERROCARRILES
ASSOCIAÇÃO LATINOAMERICANA DE ESTRADAS DE FERRO**