



Juntas y sujeciones

Ferrocarriles
Grado en Ingeniería Civil

Luigi dell'Olio
Borja Alonso Oreña
José Luis Moura Berodia

Este tema se publica bajo Licencia:
Creative Commons BY-NC-SA 4.0.



Índice

- Sujeciones
- Juntas
- La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

Índice

- **Sujeciones**
- Juntas
- La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

Sujeciones

- Se llaman **sujeciones** a los elementos que **fijan el carril asegurando una posición estable del carril sobre las traviesas.**
- En el caso particular de las traviesas de hormigón armado como éstas se calculan para un período de servicio relativamente largo (del orden de los 40-50 años), se busca Fijación-Larga duración.

- **Funciones:**

- Mantener unidos el carril y la traviesa
- Absorber y transmitir cargas
- Mantener el ancho de vía
- Evitar vuelco del carril
- Proporcionar aislamiento eléctrico



Sujeciones

- En los tramos de vía en recta, actúan sobre el carril, además de los esfuerzos verticales de las ruedas de locomotoras y vagones, esfuerzos laterales horizontales provocados por el movimiento de lazo de los ejes.
- En las curvas, como complemento a esto, surgen otros esfuerzos como consecuencia de la aplicación sobre el hilo exterior de carril de las pestañas de las ruedas.
- Durante el frenado y el arranque de los trenes actúan sobre el carril esfuerzos longitudinales.
- Surgen, asimismo, en el carril esfuerzos interiores longitudinales motivados por el cambio de temperatura.
- **El mantenimiento de los carriles y traviesas en su posición prevista bajo la acción de todos los esfuerzos mencionados depende, ante todo, de la capacidad de las fijaciones de carril para la absorción de estos esfuerzos y para su transmisión a la zona bajo carril.**

Sujeciones

- El problema de las fijaciones de carril consiste, no tanto en el hallazgo de la solución técnica posible, que en principio satisfaga la exigencia anteriormente apuntada, como en que ésta alcance el fin deseado con los **menores gastos de primer establecimiento y de explotación**, entre los cuales existe una relación inversa.
- Las fijaciones **son las piezas más numerosas de la superestructura de la vía**. Por lo tanto, la sencillez de la tecnología de su fabricación también entra dentro de las exigencias de primer orden.
- En cuanto a las traviesas de hormigón armado:
 - En lo referente a la fijación de carriles a ellas, tienen una serie de peculiaridades determinadas por las propiedades físicas del hormigón armado, como material de construcción.
 - La considerable conductibilidad eléctrica de las traviesas de hormigón armado obliga a confeccionar **aislamientos eléctricos especiales** en cada una de las traviesas.
 - La alta rigidez del hormigón armado exige, para asegurar la transmisión sin golpes a las traviesas de los esfuerzos dinámicos, transmitidos por los carriles y procedentes del material rodante, la **colocación de placas o forros elásticos amortiguadores entre el patín del carril y la traviesa**.

Sujeciones

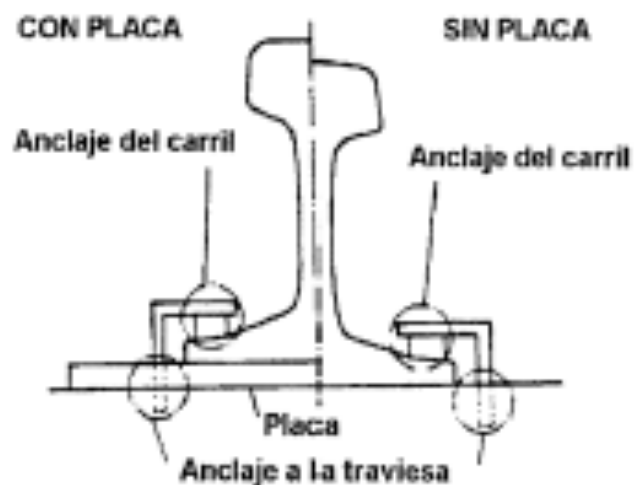
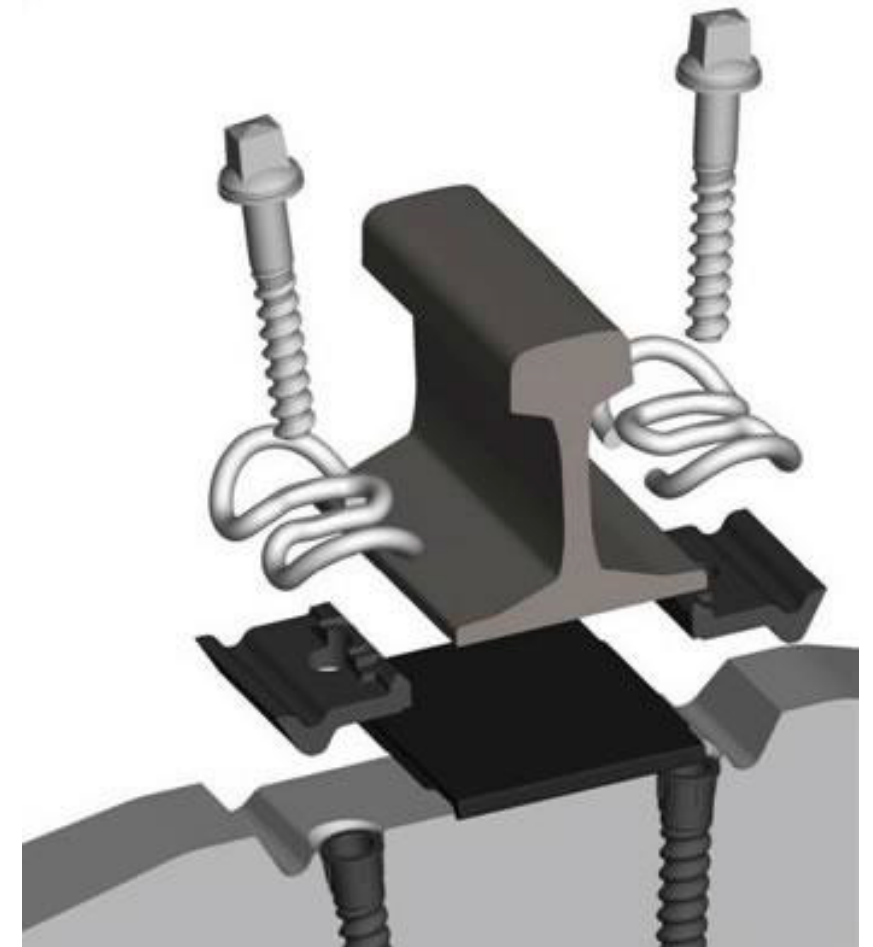
- Con carácter general **el diseño y fabricación de las sujeciones deberá:**
 1. Asegurar fiablemente la estabilidad proyectada de la posición de los carriles (respecto al ancho de vía, del peralte y la ausencia de caminamiento) bajo la acción sobre estos de todos los esfuerzos que surjan bajo las ruedas del material rodante y al cambio de temperaturas.
 2. Ser suficientemente elástica tanto en dirección vertical, como horizontal y reducir lo menos posible el esfuerzo de apriete bajo carga.
 3. Asegurar una colocación sencilla y precisa de los carriles en la vía de ancho normal; admitir la nivelación de la vía no sólo en la época estival, sino, también, en la invernal; prever la posibilidad del sobreancho de la vía conforme a las normas establecidas, así como la colocación de carriles con patines de distinto ancho sin que sea necesaria la variación de medidas de las traviesas de hormigón armado o del sistema de fijación.
 4. Permitir realizar con facilidad y rapidez el montaje y desmontaje de las parejas de carriles sin la utilización de complicados mecanismos. Es posibilidad interesante que sean susceptibles de colocación con maquinaria de vía de alto rendimiento.

Sujeciones

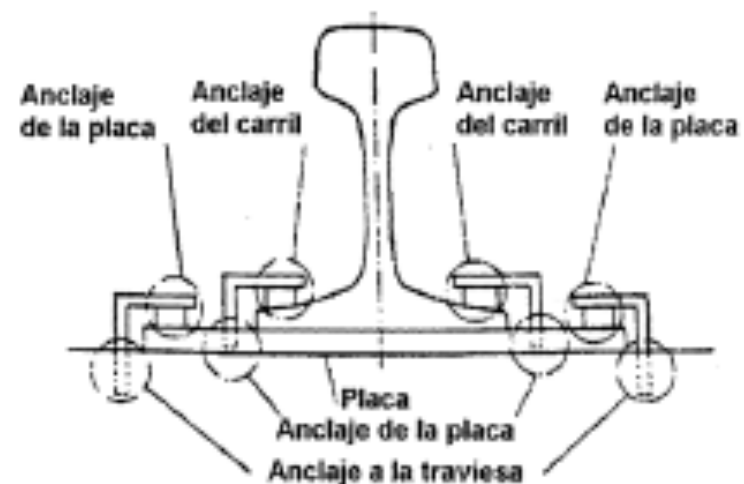
- Con carácter general **el diseño y fabricación de las sujeciones deberá:**
 5. Ser lo más sencilla posible por su construcción, tener un peso mínimo y un número mínimo de piezas. Todos estos elementos de fijación deberán admitir las formas más sencillas y baratas de fabricación, que satisfagan las exigencias de la producción en masa.
 6. Ser cómodas para la instalación sencilla y fiable del aislamiento eléctrico de circuitos de señalización de vía.
 7. Permitir el control sencillo y rápido del estado de la fijación, así como la sustitución de sus piezas defectuosas sin alterar la posición de las traviesas y sin el deterioro de éstas últimas.
 8. No exigir debilitamiento considerable de la sección transversal de la traviesa y no introducir dificultades de consideración en la tecnología de su fabricación.

Sujeciones

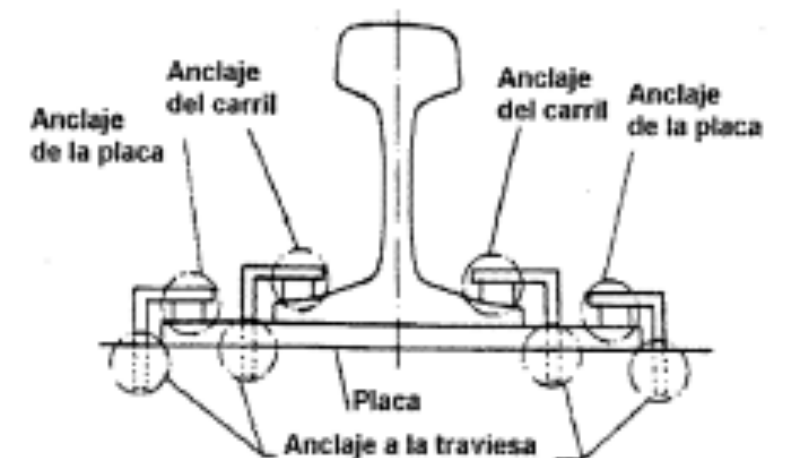
- Los elementos que constituyen una sujeción en general, son:
 - Elementos de anclaje a la traviesa
 - Placa de asiento
 - elementos de anclaje a la placa
 - elementos de anclaje de la placa
 - elementos de anclaje del carril
 - elementos elásticos, aislantes y de guía de carril



Sujeción directa



Sujeción indirecta



Sujeción mixta

Elementos: placa de asiento

- El elemento que sirve de enlace entre el carril (Patín) y la traviesa es la placa de asiento.
- **Funciones :**
 - Repartir la carga que transmite el carril a la traviesa sobre una superficie mayor
 - Colocar correctamente el carril proporcionando la inclinación y conservando el ancho de vía.
 - Evitar desplazamientos longitudinales del carril.
- Puede hacerse una clasificación de ellas según la naturaleza del material empleado en su realización:
 - **Metálicas:** Su función es repartir la carga que transmite el carril, a través del patín, a la traviesa, sobre una superficie de apoyo notablemente mayor. Simplemente aumentan la superficie de contacto con la traviesa. No hay deformación.
 - **Elásticas:** Pueden ser de caucho, material sintético o madera. Sus funciones son proporcionar elasticidad a la vía, amortiguar las vibraciones que el carril transmite a la traviesa y ayudar a impedir el desplazamiento longitudinal de los carriles.



Sujeciones

- Tipos:
 - Sujeciones rígidas clásicas.
 - Clavos elásticos.
 - Sujeciones elásticas de lámina o grapa.
 - Sujeciones elásticas de clip.
 - Sujeciones de apoyo, con el carril flotante.

Sujeciones rígidas en traviesas de madera

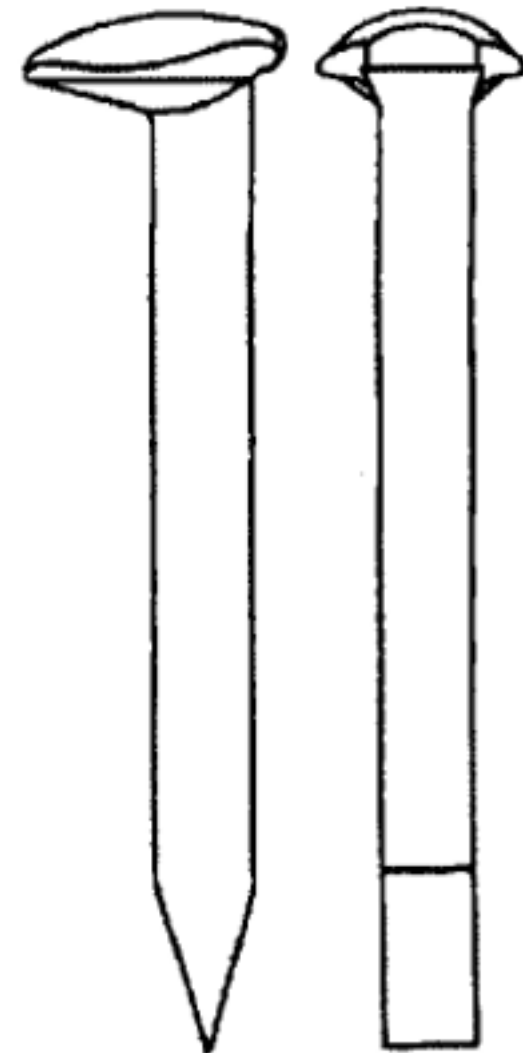
- **Escarpias**

- Usados desde los orígenes del ferrocarril ha sido el mas empleado en la casi totalidad de los ferrocarriles de EE.UU. y Canadá. Es un clavo de sección cuadrada u octogonal cuya cabeza se apoya sobre el patín del carril. Su longitud es del orden de 160 mm, su espesor de 15 a 18 mm y su peso de 250 a 400 g. Son de acero y se colocan a martillazos, en orificios preparados previamente y taladrados con un diámetro igual a $2/3$ del espesor de la escarpia.

- La fuerza de sujeción es proporcionada por el rozamiento de la parte clavada con la madera. Pero con el paso de las cargas esta fuerza, esta presión de la cabeza de la escarpia sobre el patín del carril, va decreciendo hasta desaparecer completamente.

- Existen varias causas que motivan este desapretado. Por un lado, la existencia de esfuerzos transversales sobre la cabeza del carril, que tienden a volcarlo y que son soportados por las escarpias interiores.

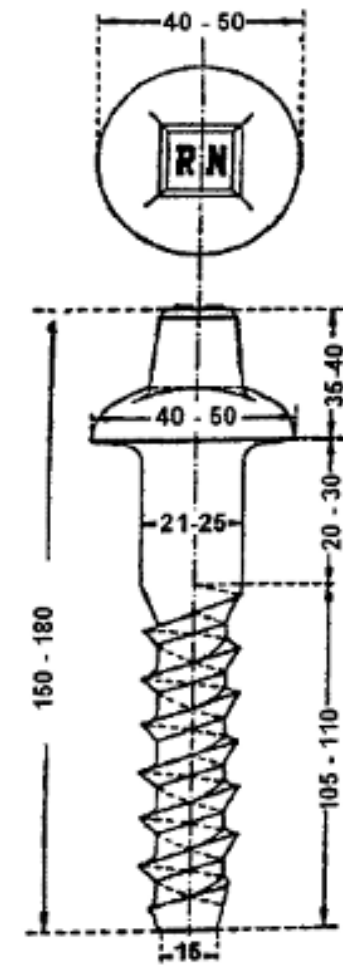
- Otra causa es que bajo el peso de la rueda, la traviesa situada bajo ella se hunde ligeramente (función del grado del bateo), al desaparecer la carga, el carril se levanta y tira hacia arriba de la traviesa que es pesada, lo que motiva que se afloje paulatinamente la sujeción.



Sujeciones rígidas en traviesas de madera

- **Tirafondo:**

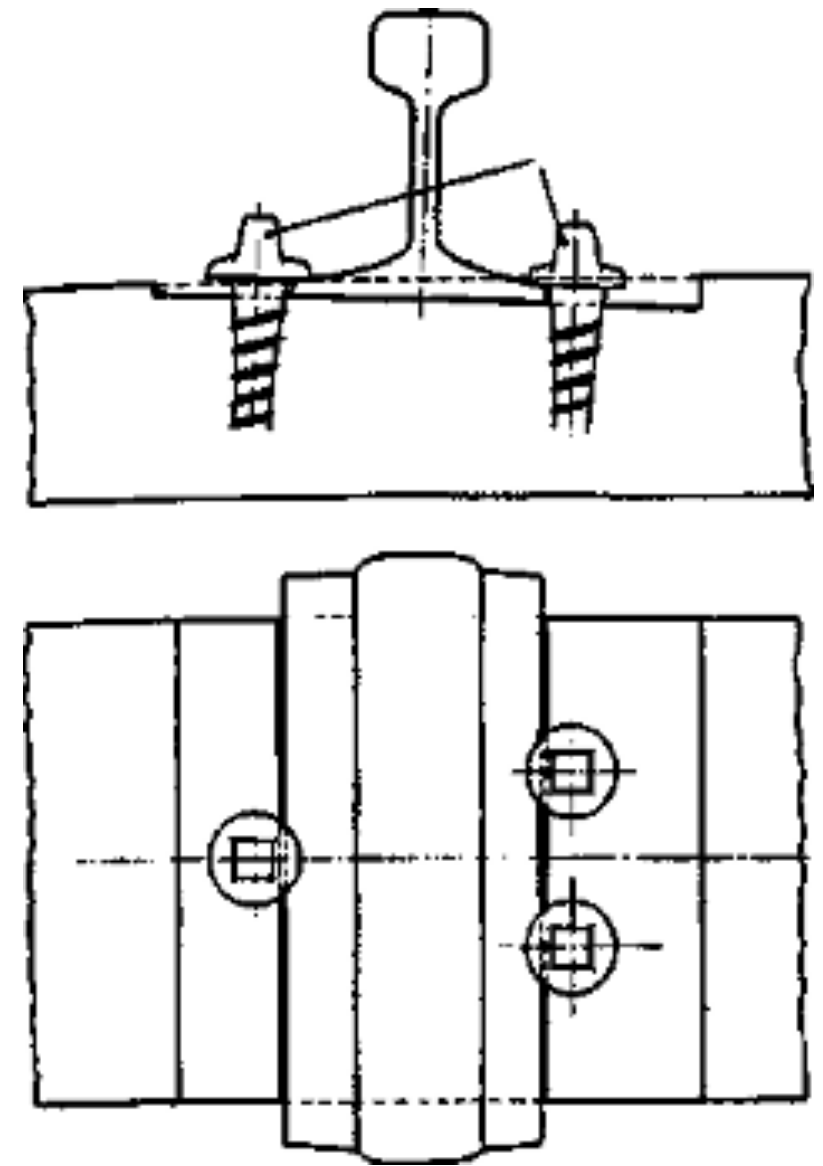
- Son tornillos de acero galvanizado, cónicos o cilíndricos cuya cabeza desborda ampliamente el espárrago para comprimir el patín. La cabeza termina en un prisma cuadrado o rectangular que se aloja en el cubo de la llave utilizada para atornillado a la traviesa.
- El filete del tornillo tiene por sección recta bien un triángulo escaleno cuyo lado superior es casi normal al eje del tirafondo, lo que hace a éste más resistente al arrancamiento.
- El diámetro del taladro practicado en la traviesa antes de la introducción del tirafondo tiene gran influencia en la resistencia al arrancamiento de éste. Dicho diámetro, igual a lo sumo al cuerpo del tirafondo, puede ser mayor en las maderas duras que en las blandas; la introducción se facilita en todo caso sumergiéndole previamente en grasa. Cuando la cabeza del tirafondo hace contacto con el patín del carril, no debe seguirse apretando pues basta una vuelta de más para destruir la fibra leñosa del interior y, por consiguiente, reducir en gran medida la resistencia al arrancamiento.



Sujeciones rígidas en traviesas de madera

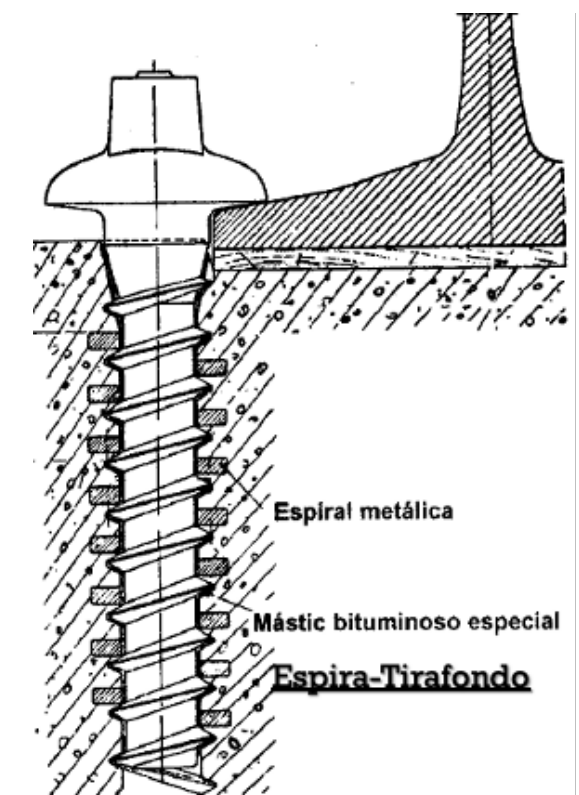
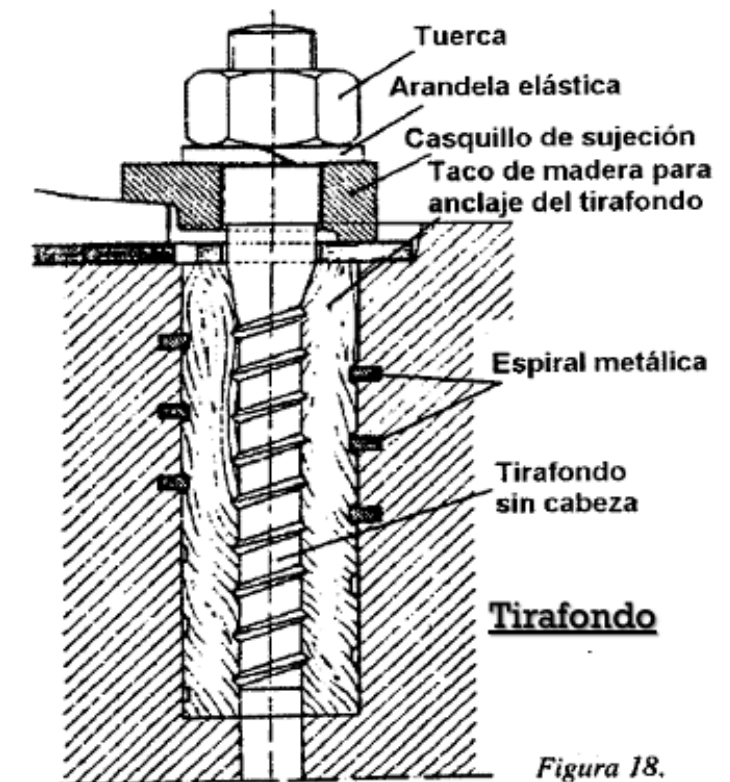
- **Tirafondo:**

- Para evitar que los obreros de la vía intenten colocar los tirafondos a golpe de martillo, sobre la cabeza de aquellos se disponen, en relieve, bien las iniciales de la red o una pequeña pirámide, que revelaría, por su aplastamiento, dicho intento.
- Los tirafondos resisten mejor que las escarpas a los esfuerzos en dirección de abajo a arriba ejercidos por el patín y se arrancan menos fácilmente por los que tienden a volcar el carril; su superioridad se acusa, sobre todo, en las maderas duras. Sin embargo, se estima que las escarpas debido a su sección cuadrada, son más eficaces que los tirafondos para mantener el ancho de vía.
- La resistencia al arranque de un tirafondo nuevo es alta debido a que el anclaje se hace mediante la rosca del tornillo en la hélice practicada en la madera y no como en la escarpia, simplemente por el rozamiento de la parte clavada en la madera.



Sujeciones rígidas en traviesas de hormigón

- La primera solución ideada consistió en utilizar los **tirafondos** empleados en la traviesa de madera, atornillados sobre espigas o bloques de madera embebidos en la masa de hormigón. Los bloques de madera embutidos en la traviesa de hormigón armado no dan, en general, buen resultado, porque no se puede realizar una unión rígida y duradera entre el hormigón y la madera, como consecuencia de la influencia sobre ésta de la humedad ambiental.
- Para mejorar esto, se ideó roscar la espiga de madera en una espiral metálica alojada en el hormigón.
- Mejor solución es la **espira-tirafondo**, que consiste en insertar en la masa de hormigón una espira metálica donde rosca el tirafondo. También puede realizarse mediante una vaina de fundición, fileteada en su interior y queda embebida en el hormigón en el momento de la construcción de la traviesa, pero esto es costoso y además exige una fabricación muy precisa.

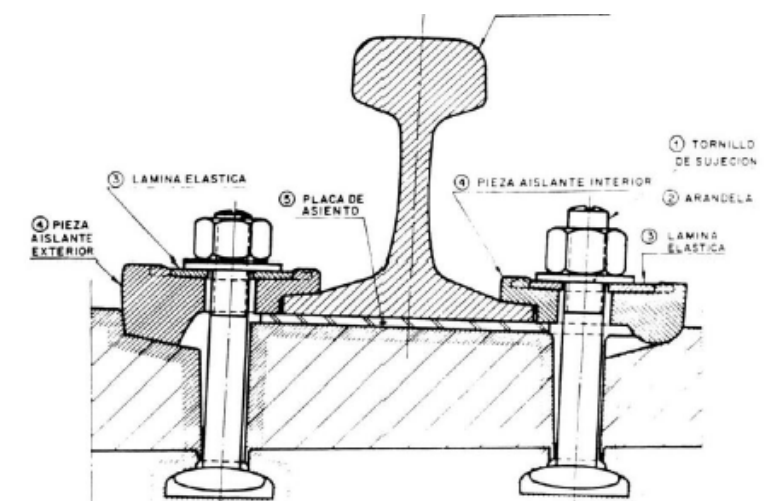
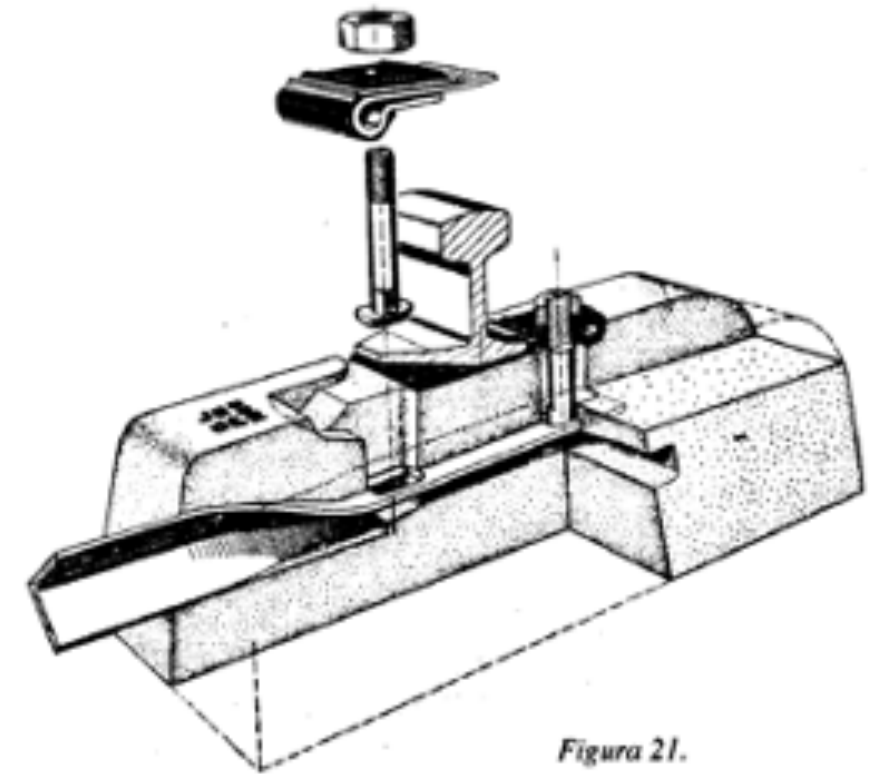


Sujeciones elásticas

- Se dice de aquélla en la que la fijación del carril a la traviesa se consigue por medio de un elemento que se deforma con las acciones que le transmite el carril y recupera su forma primitiva cuando cesan dichas acciones.
- Estamos hablando de esfuerzos verticales de abajo a arriba. El elemento elástico se dispone, en el caso de vía sin placa, de forma que fija elásticamente el carril a la traviesa.
- En función de los elementos elásticos entre carril y traviesa actuando uno en sentido vertical ascendente y el otro descendente se denomina elástica o doblemente elástica, etc.
- Pueden agruparse en dos grandes tipos:
 - De lámina o grapa
 - De clip

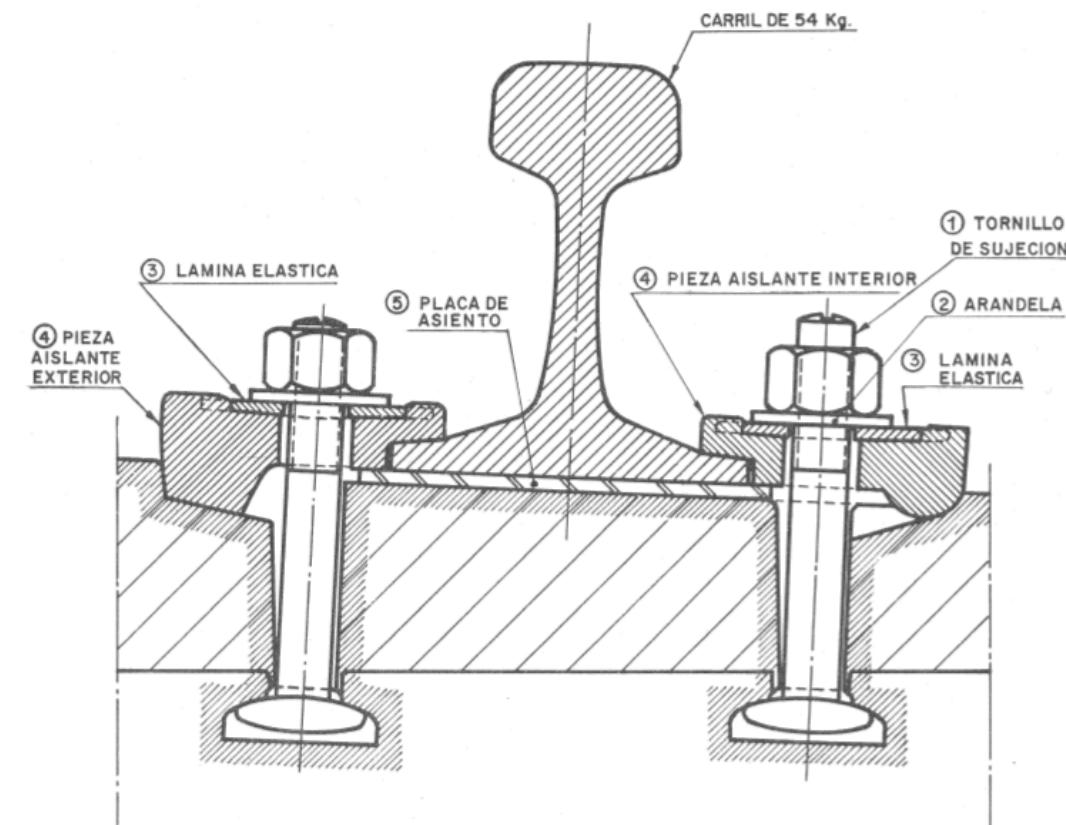
Sujeciones elásticas de grapa

- Fijan el carril no por la cabeza de un tirafondo, sino por una grapa aplicada sobre el patín del carril mediante una tuerca roscada a un perno constituido por la prolongación de la espiga del tirafondo que no tiene la cabeza ensanchada usual. Esta solución presenta, además, la ventaja de permitir el empleo de una misma traviesa para carriles de diferente anchura del patín, pues basta jugar con las dimensiones de la grapa.
- Se componen fundamentalmente de:
 - Grapa o placa
 - Tornillo
 - Sector de caucho
 - Placa de caucho
- Los reapretados siguen siendo necesarios, lo que sucede es que ahora lo que se desplaza es la tuerca. El hecho de que se mantengan necesarios estos periódicos aprietes para corregir el aplastamiento progresivo de la placa de asiento elástica, hace que esto no sea una solución definitiva.



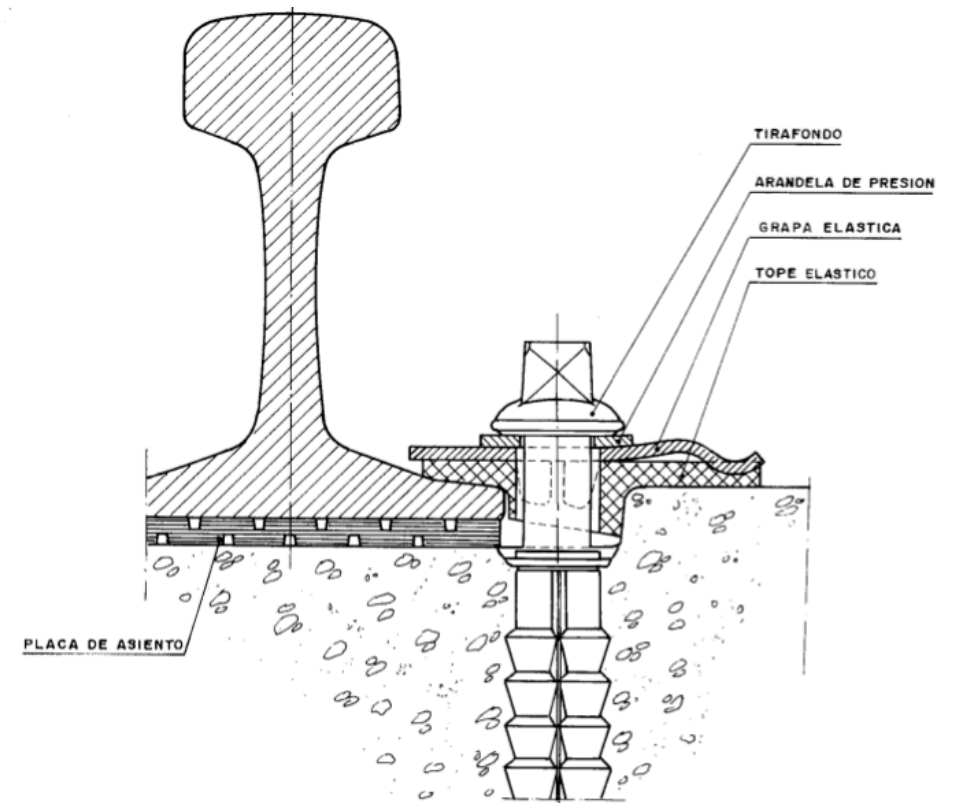
Sujeciones elásticas de grapa

- La sujeción **P-2** se desarrolló en España para sustituir a la sujeción RN.
- Esta solución resuelve el problema del aislamiento, incluso en condiciones atmosféricas desfavorables, y anula, casi por completo, la variación del ancho de vía que ocasiona la sujeción RN.
- La sujeción P-2 está compuesta por dos tornillos de fijación a la traviesa que transmiten su presión al patín del carril por medio de unas arandelas, unas láminas elásticas y unas piezas aislantes, interior y exterior.
- Las principales desventajas de la sujeción P-2 frente a la RN son los siguientes:
 - Pérdida de elasticidad por repetición de esfuerzos verticales y posterior rotura de las grapas aislantes.
 - Más sensibilidad a la acción del fuego.
 - Precio de fabricación más elevado.



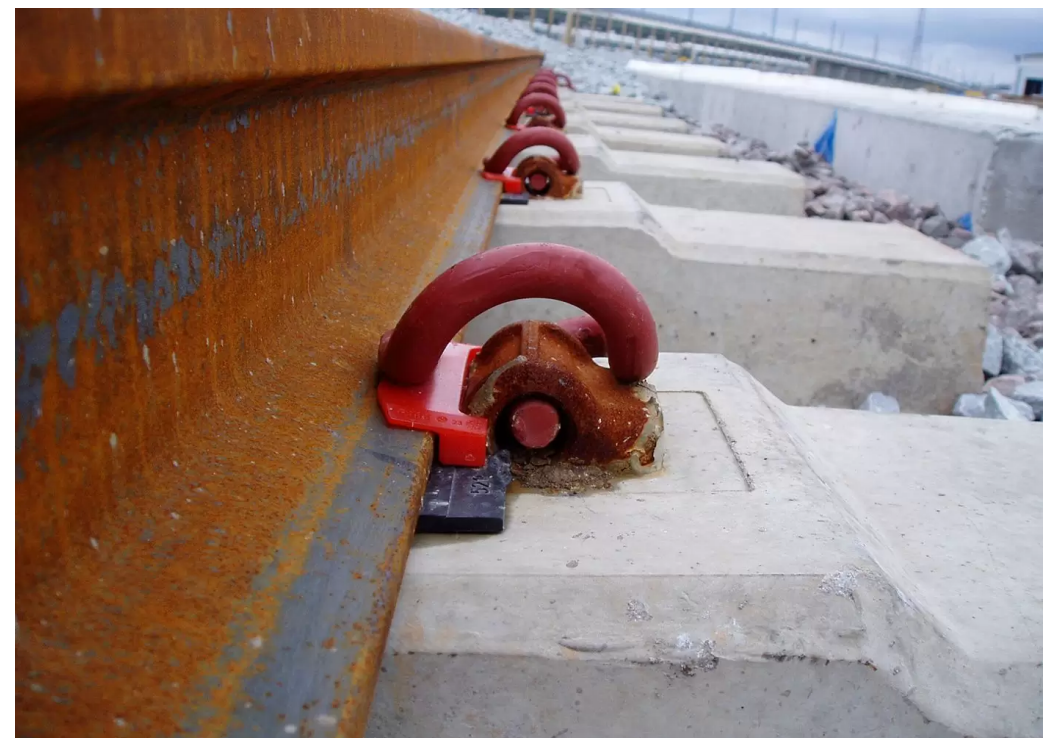
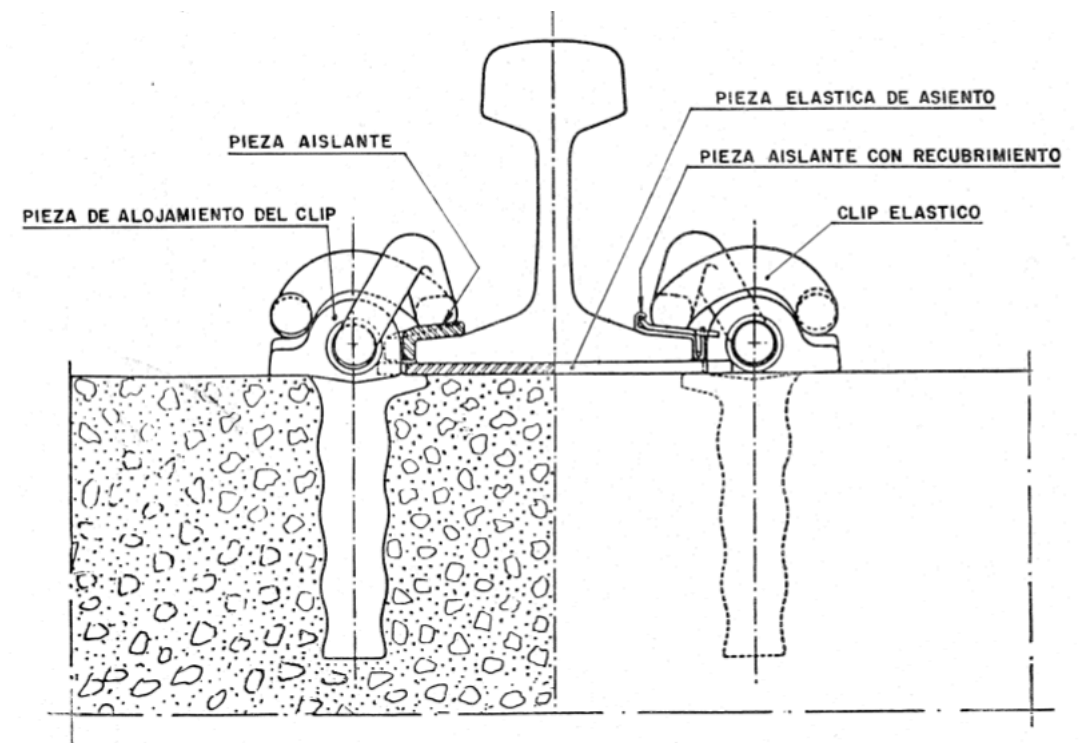
Sujeciones elásticas de grapa

- La sujeción **J-2** se trata de una evolución de la sujeción P-2. Consiste en evitar el eventual contacto de la placa metálica con la pieza de plástico mediante la interposición de escalones de apoyo sobre la cara superior de la pieza.
- La sujeción **Nabla** se desarrolló en Francia para sustituir a la sujeción RN. Se utiliza en las líneas del TGV.
- El diseño de la sujeción NABLA resuelve las deficiencias apuntadas en la RN:
 - Solventa el aislamiento eléctrico de los hilo de la vía.
 - Anula las variaciones de ancho de vía.
 - Proporciona, al carril, una unión elástica más sencilla y eficaz como consecuencia de la sustitución de la grapa por una lámina doblemente elástica.
 - Simplifica el apretado de la lámina.



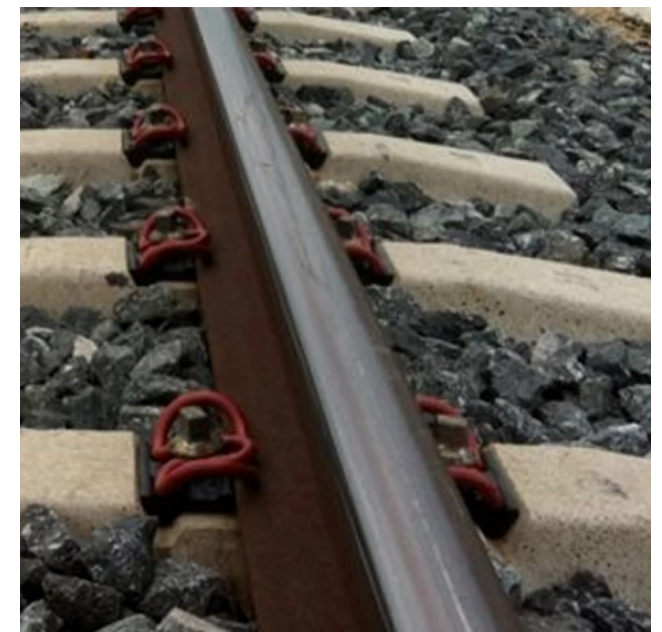
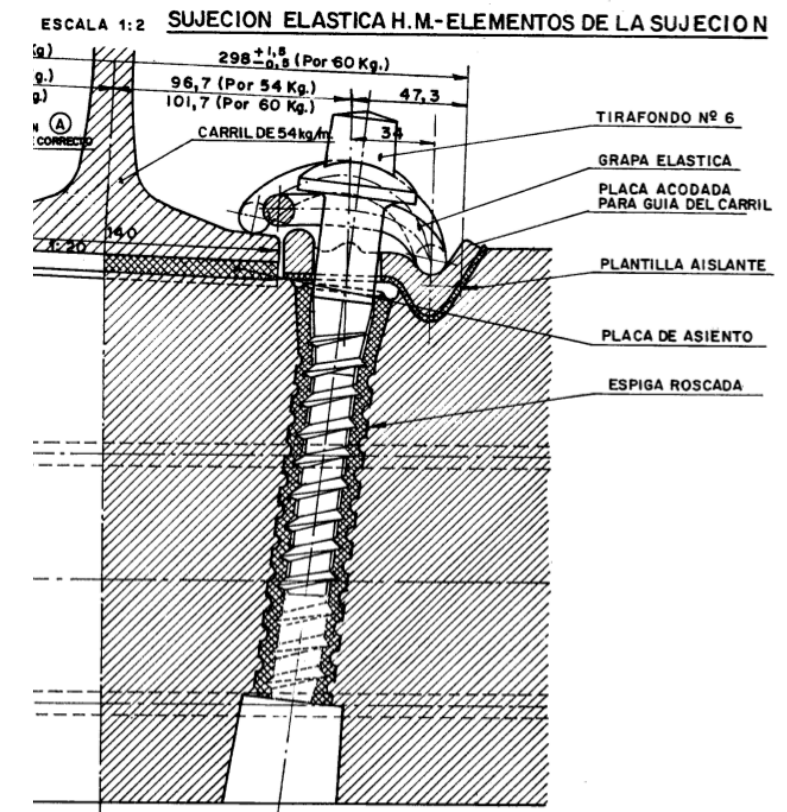
Sujeciones elásticas de clip

- Las sujeciones de clip tienen como ventaja principal su ausencia de mantenimiento. Sin embargo, cualquier defecto de construcción, un desgaste excesivo del material o la pérdida de sus condiciones elásticas llevan a la necesidad de reemplazarlas.
- Una sujeción muy extendida ha sido la sujeción **PANDROL**. La característica fundamental de esta sujeción es que no incluyen elemento roscado de apriete alguno, lo que disminuye mucho los requerimientos de mantenimiento del sistema.
- Puede ir montada sobre todo tipo de traviesas.
- La principal ventaja de la sujeción consiste en la sencillez de su montaje y desmontaje. Como consecuencia, no se precisa personal especializado para estas operaciones, reduciendo el coste de la mano de obra empleado en esta tarea, así como en la de mantenimiento.
- Dada la robustez de la sujeción, su vida es prácticamente igual a la vida media del carril.

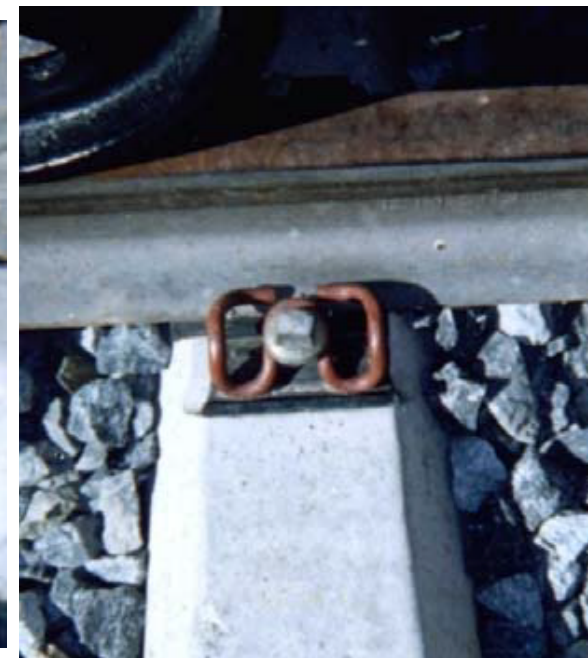


Sujeciones elásticas de clip

- La sujeción **HM-Vossloh** es de origen alemán. Existen varias versiones distintas, siendo la **SKL-12** por ejemplo la empleada para traviesas de madera. En España en Alta Velocidad se emplea la SKL-1. La sujeción Vossloh es ampliamente utilizada en todo el mundo y se identifica por su característico clip.
- La sujeción SKL-1 se fabrica para ser colocada en las traviesas monobloque de hormigón en sus dos variantes: para carril de 54 kilos y para carril de 60 kilos.
- Los clips HM tienen una forma que recuerda a la letra griega épsilon.
- El conjunto proporciona una correcta curva de apriete-deformación, de la grapa, para el funcionamiento de la sujeción y un buen aislamiento de los hilos de la vía.
- El apriete del carril se debe al trabajo de flexión o a torsión del clip. Esta tensión se consigue por medio del apriete del tirafondo.



Sujeciones elásticas de clip



Uso de sujeciones en España

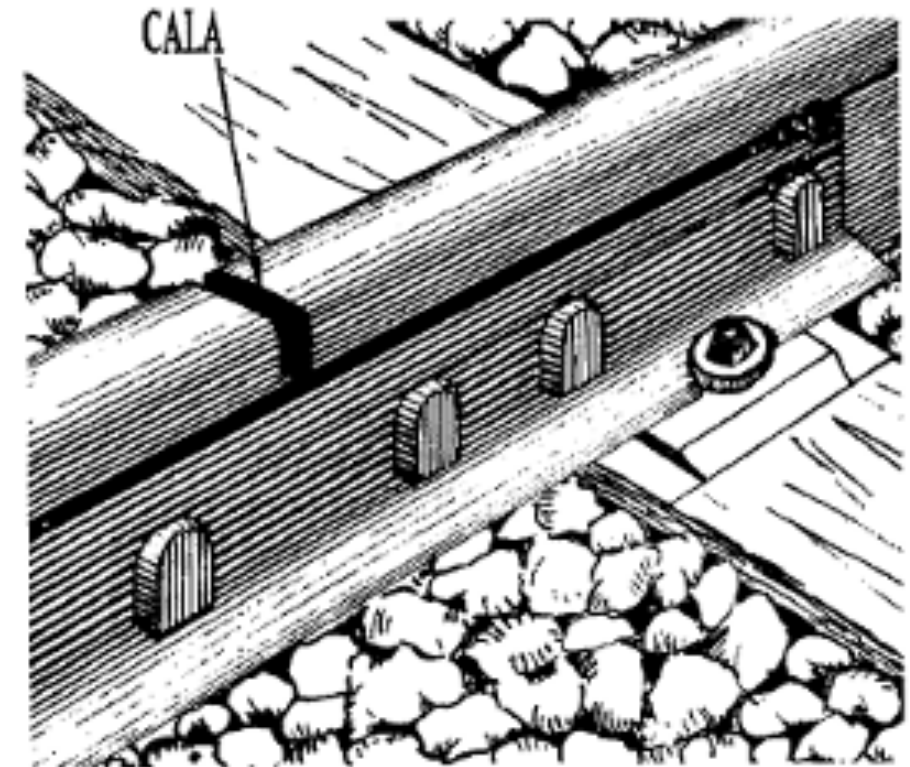
	SUJECIONES
≤ 140 km/h	<ul style="list-style-type: none">▪ En B.L.S.: Directa elástica tipo Vossloh SKL-1 Directa elástica J2. Indirecta SKL-12 o G-4.▪ En vía con juntas: Directa rígida: tirafondos.
160 km/h	Directa elástica tipo Vossloh SKL-1. Directa elástica J2. Indirecta SKL-12 o G-4.
200 km/h	Directa elástica tipo Vossloh SKL-1. Indirecta SKL-12 o G-4.
200-300 km/h	Directa elástica tipo Vossloh SKL-1.
350 km/h	Directa elástica tipo Vossloh SKL-1 de alta elasticidad.

Índice

- Sujeciones
- **Juntas**
- La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

Juntas

- La unión de dos carriles entre sí se denomina **junta**.
- Se realiza mediante unas piezas metálicas, que sirven de unión, llamadas **bridas**.
- Se denomina **cala** la pequeña separación que queda entre dos carriles consecutivos.
- Debido a los efectos dinámicos **son los puntos débiles de la vía**. La causa es que la rigidez de la vía en la zona de la junta es discontinua, puesto que existe una variación brusca del momento de inercia disponible.

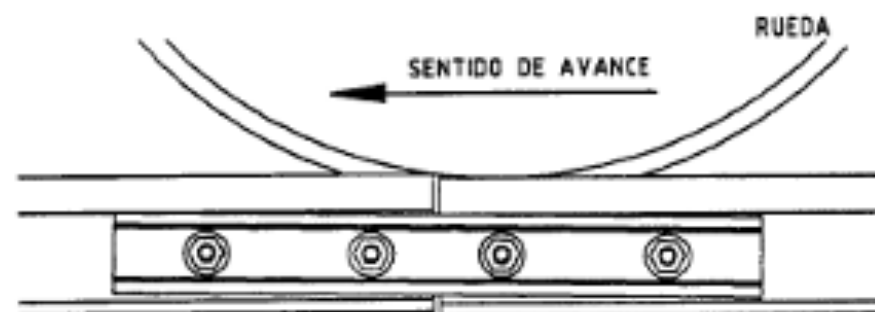


Juntas

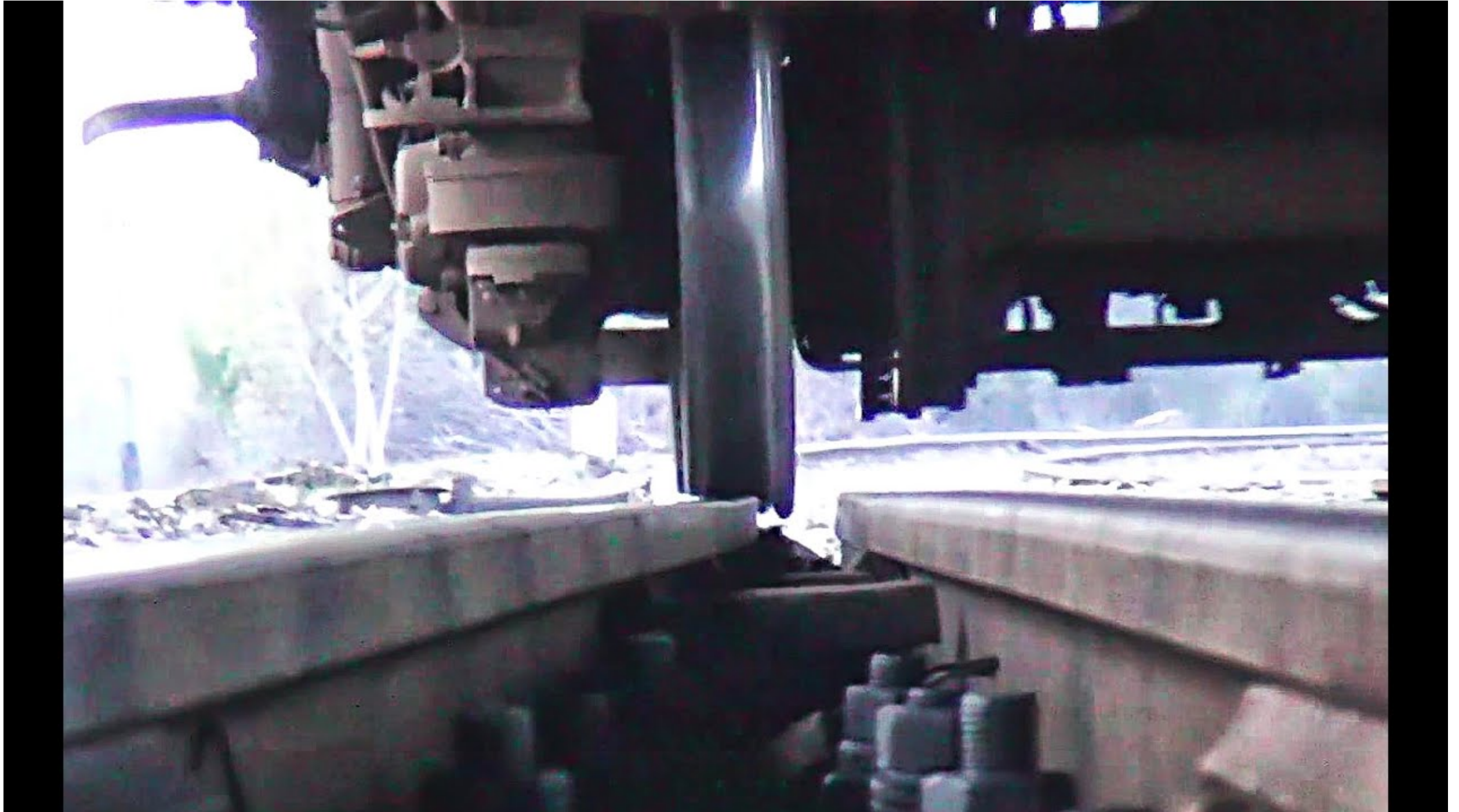
- La misión de las juntas es **facilitar la dilatación del carril debida a las variaciones de la temperatura** ambiente. Estas variaciones de temperatura, así como la longitud máxima admisible de la cala, predeterminan la longitud de los carriles, que es de todas formas limitada, su longitud, por las exigencias de su laminación. La discontinuidad es pues, un hecho, y en ella, en la junta, ha de procurarse que:
 - Los carriles sean solidarios, que se comporten como una viga continua.
 - Presente una resistencia a la deformación, lo más idéntica posible a la de los carriles.
 - Estén impedidos los movimientos verticales o laterales de los extremos de los carriles (de uno con respecto al otro), permitiendo por contra el movimiento longitudinal, el debido a la dilatación (por ello el agujero del carril ha de ser de mayor diámetro que el del tornillo de unión de las bridas).

Juntas

- Cuando un eje llega a la proximidad de la junta, el extremo del carril tiende a doblarse como una viga en voladizo y, tal como se observa en la figura inferior, provoca un impacto al paso de las ruedas cuyos efectos son:
 - Aumentar la resistencia a la tracción de los trenes.
 - Coadyuvar al corrimiento longitudinal de los carriles.
 - Producir el machacado del balasto.
 - Imponer al carril flexiones y deformaciones que pueden llegar a ser permanentes.
 - Falta de confort por incomodidad en la rodadura y fatiga del material rodante.



Juntas

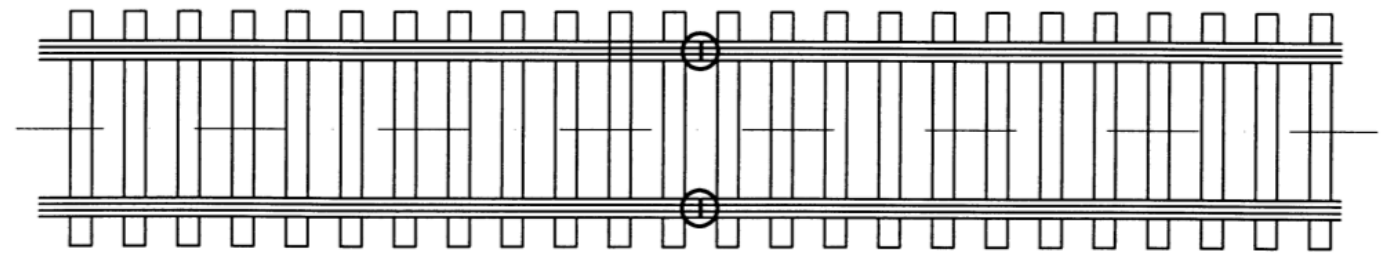


Posición

- Respecto a la posición relativa en un carril respecto al otro, pueden ser concordantes (o a escuadra) y alternadas.

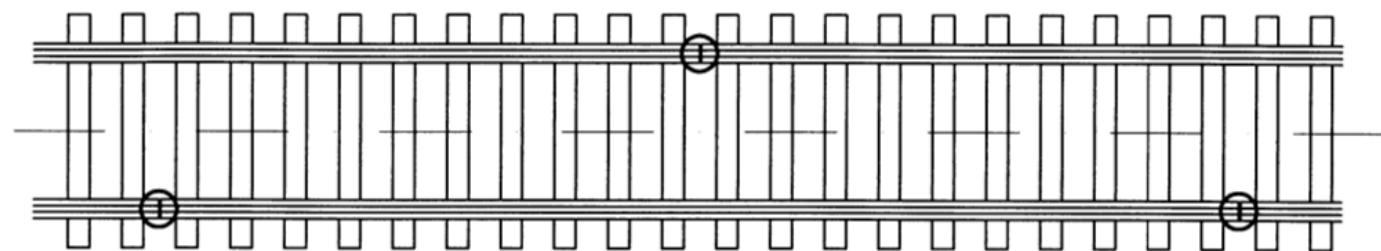
- Concordantes o “a escuadra”:

- Menos ruido
- Problemas en las curvas



- Alternadas

- Más ruido
- Mayor estabilidad



Posición

- En cuanto a su posición relativa respecto a las traviesas pueden ser:
 - **Apoyada- Unión sobre traviesa:** Los impactos que ésta recibe, por flexión del extremo del carril, la hacen bascular sobre su asiento, el balasto se enrarece debajo de la traviesa y al quedar ésta falsamente apoyada, la junta se hace peligrosa.
 - **Suspendida o al aire entre traviesas contiguas.** A estas traviesas se les llama traviesas de junta y suelen ponerse más próximas entre sí que el resto, las llamadas intermedias. Este tipo de junta es la utilizada por la mayoría de las administraciones ferroviarias y entre ellas por Adif. Es más elástica y evita el efecto yunque de la anterior.

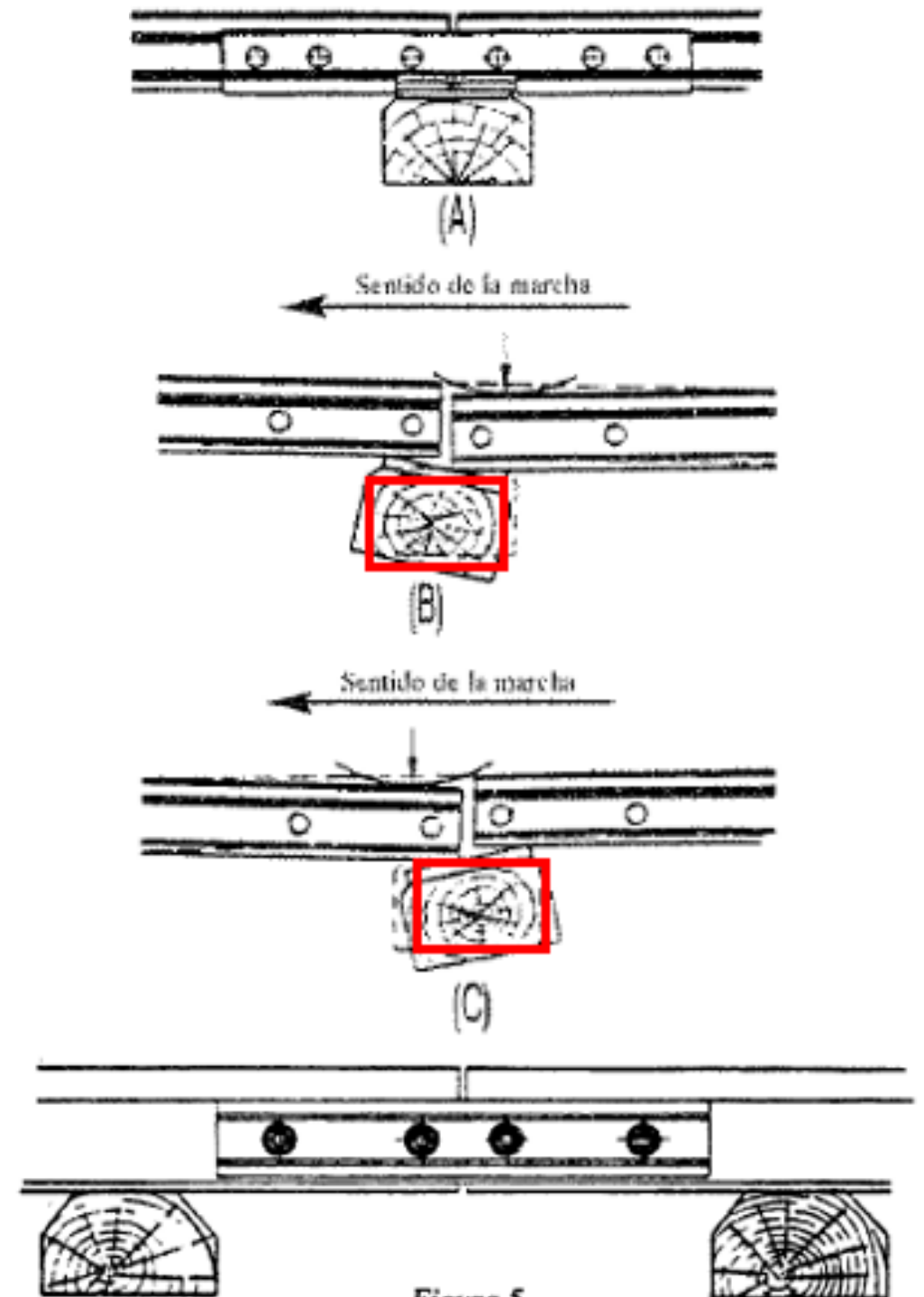
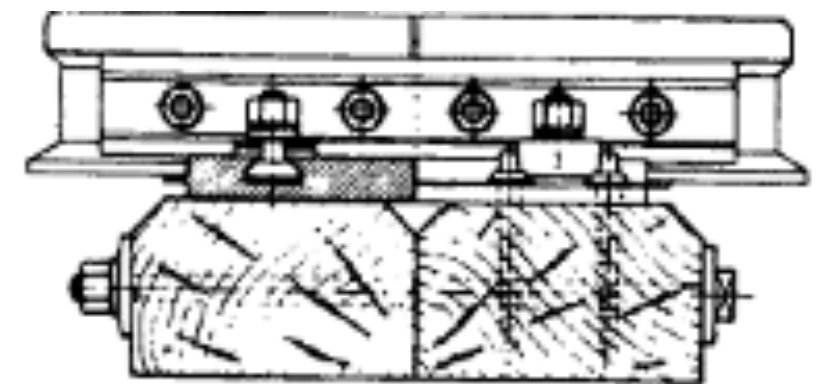
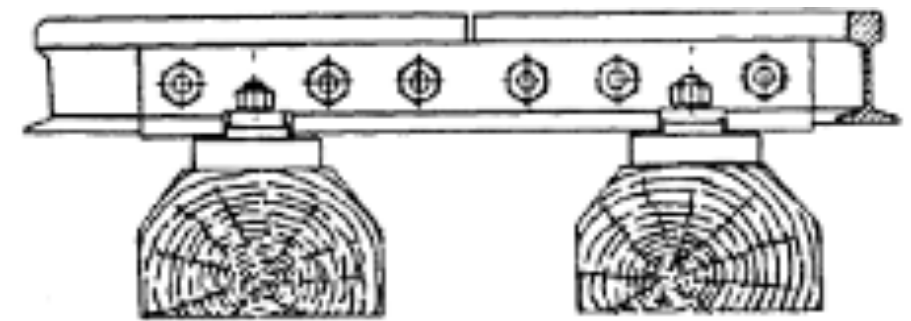


Figura 5

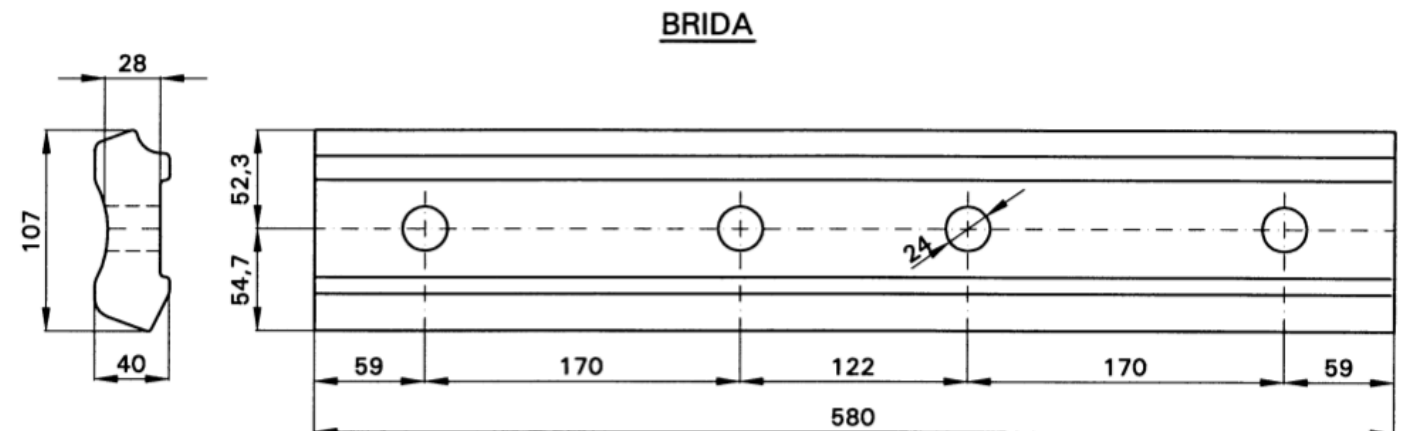
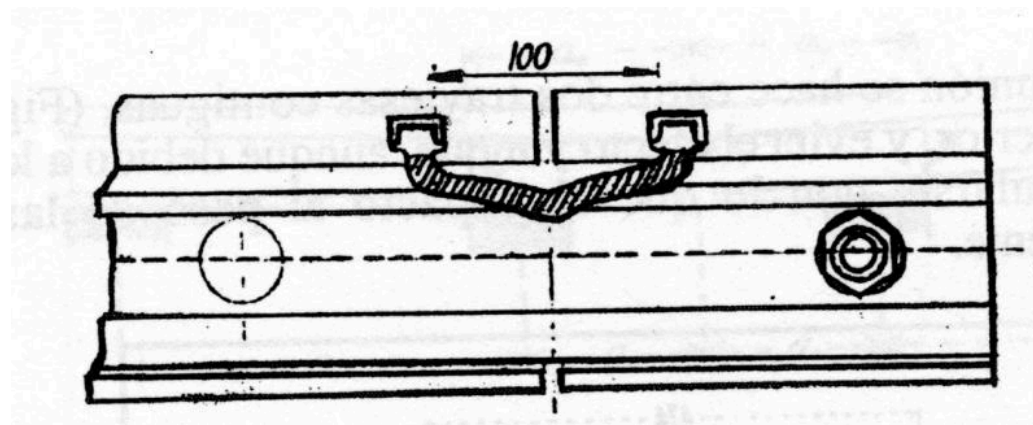
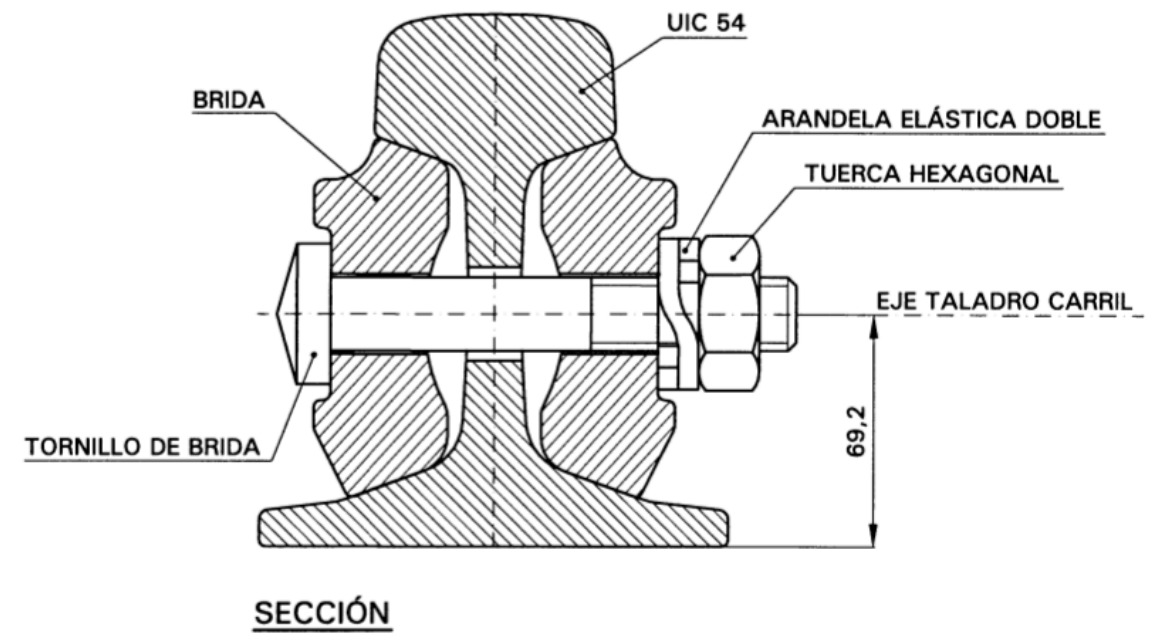
Posición

- En cuanto a su posición relativa respecto a las traviesas pueden ser:
 - **Semisuspendida:** cuando la longitud de la brida es tal que alcanza las traviesas de junta. A esta disposición de la junta, se ha llegado en el intento de aumentar la resistencia de las juntas suspendidas. (Con determinado tipo de bridas puede utilizarse además contra el corrimiento de los carriles). Hay que tener precaución de que la separación permita el bateo.
 - Una variante de esta es la llamada **junta semiapoyada** sobre traviesas yuxtapuestas, es decir, es una junta apoyada sobre dos traviesas en vez de sobre una. Se unen dos traviesas con pasadores obteniéndose una sola traviesa de gran anchura con lo que se evita en parte el efecto descrito en la junta apoyada y se facilita el bateo.



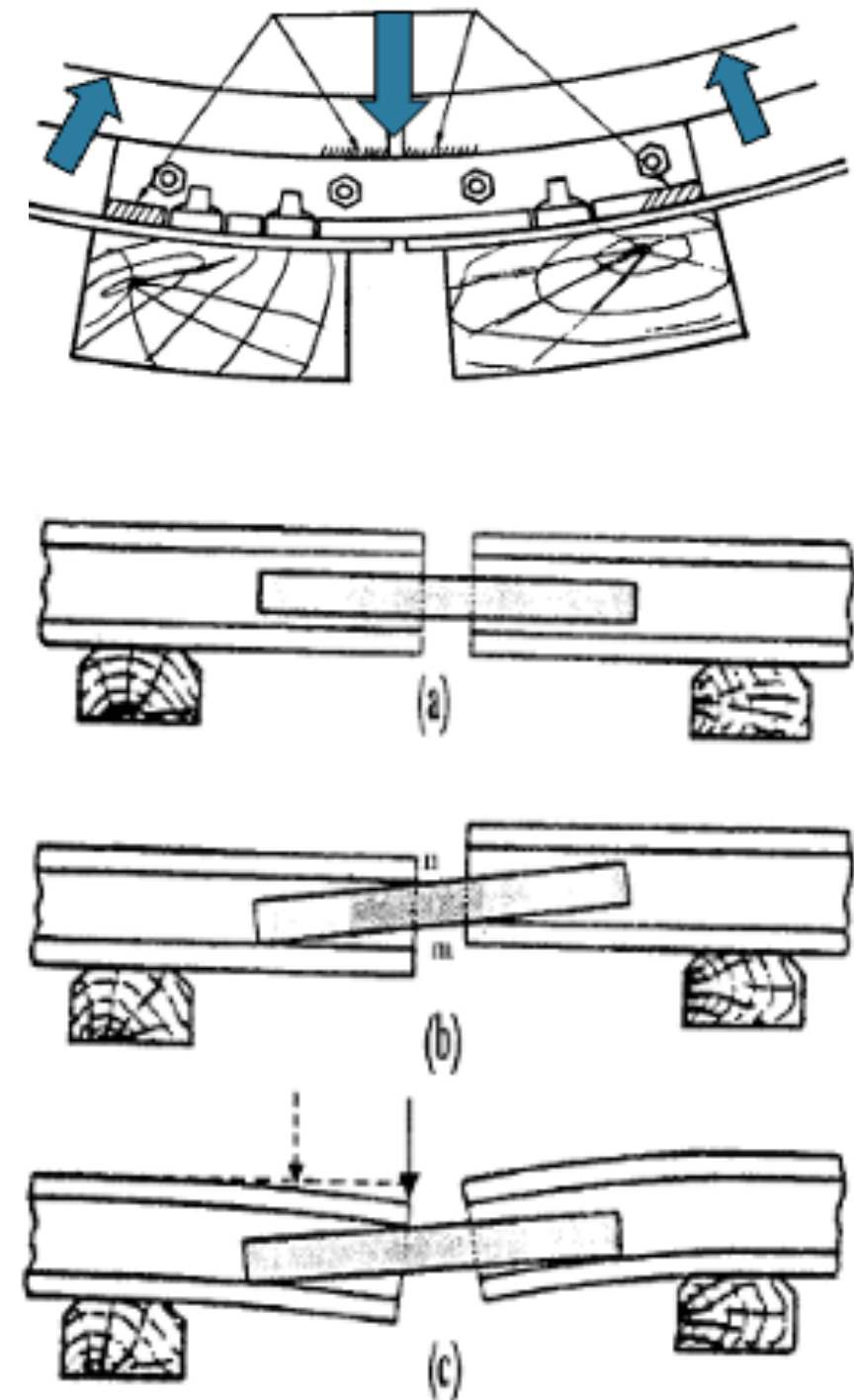
Partes

- Bridas
- Tornillos
- Conexiones de junta



Bridas

- La función de las bridas es unir los extremos de dos carriles consecutivos, de forma que sus ejes longitudinales coincidan y quede inmovilizada su posición tanto en el plano horizontal como en el vertical.
- Soportan esfuerzos importantes: cuando un eje llega próximo a la junta, el extremo del carril tiende a flexionarse como una viga en voladizo, pero esta flexión está impedida por la presencia de la brida, que recibe una carga hacia la mitad de su longitud y la transmite a los patines de los dos carriles a través de los extremos de la brida.
- La brida debe estar ajustada entre la cabeza y el patín del carril. Al ser el esfuerzo a transmitir paralelo al eje vertical del carril, es evidente que la cabeza del carril debe presentar en los planos inclinados situados en la parte inferior, la menor inclinación posible, respecto a la horizontal, al menos desde este punto de vista. Pero hay otro efecto en contraposición: el desgaste de las juntas.

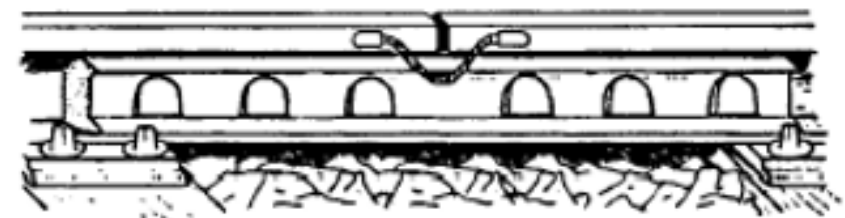


Bridas

- Bajo la acción de las flexiones y de los choques que se presentan en las juntas, se producen movimientos relativos entre el carril y la brida, por lo que resulta un desgaste que afecta sobre todo a las zonas de transmisión de esfuerzos.
- Como norma general, la unión se asegura mediante tornillos que atraviesan el carril y las propias bridas. En los casos en que no interesa taladrar el carril (embridado provisional de muy corta duración) o no hay tiempo para ello (embridado de emergencia) el aseguramiento de la unión se realiza mediante unas piezas en forma de “C”, con tornillo de apriete, que, pasando por debajo del carril, abrazan la pareja de bridas.
- Los aspectos que constituyen una debilidad en estos elementos pueden sintetizarse en los siguientes puntos:
 - Aparición de fisuras en la brida, singularmente a partir de sus taladros.
 - Desapriete de los tornillos o deformación de éstos, alcanzando en casos extremos la rotura.
 - Pérdida de aislamiento en aquéllas que han de cumplir dicha misión.

Continuidad del circuito eléctrico

- **En tracción eléctrica la continuidad del circuito de retorno no está asegurada en las juntas o no es de suficiente calidad**, por ello se realiza una conexión, entre dos carriles consecutivos, confeccionada a base de un cable de cobre con los terminales introducidos en manguitos de acero que se sueldan al carril por su parte exterior y a ambos lados de la junta. Si la conductividad sólo es necesaria por necesidades de señalización, se hace simplemente con alambres soldados.
- **Cuando se quiere tener aislamiento eléctrico**, en una sección transversal del carril, **para los circuitos de vía utilizados en señalización**, se utilizan juntas aislantes especiales. Éstas tienen:
 - forros aislantes que se colocan entre las bridas y el carril; (Brida/carril).
 - una sección transversal del carril, de material aislante que se coloca entre los dos carriles consecutivos; (carril/carril).
 - unos cilindros aislantes que se colocan alrededor de los bulones para que no se establezca contacto por el agujero practicado en el alma del carril. (bulones/brida/carril).



Clasificación

- Atendiendo al campo de aplicación de las juntas embridadas de carriles y a los distintos materiales de sus bridas, pueden distinguirse los tipos que a continuación se exponen:
- **Juntas no aislantes:** Se utilizan para dar continuidad a la vía, sin condicionamientos eléctricos. Son las siguientes:
 - **Junta ordinaria.-** Es el elemento para unir dos carriles que no precisan aislamiento eléctrico de ningún género. Consta de bridas metálicas de acero, tornillos de brida y elementos complementarios de fijación. Sus aplicaciones son: Vía con juntas y Embrido provisional en las fases transitorias de creación de barras largas soldadas (B.L.S.).
 - **Junta a tope.** Tiene por finalidad eliminar la cala que surge en una junta ordinaria. Para ello incorpora bridas más robustas, en las que se ha disminuido la distancia de los taladros respecto al eje central de la brida y tornillos de mayor diámetro y resistencia. Se fabrican para carril UIC 54 y tradicionalmente se aplican en: La unión de los carriles de conexión al corazón en los desvíos tipo B3 y Travesías tipo B incorporadas a vías con barra larga soldada.
 - **Junta “CE” de embrido rápido.-** Las bridas de acero quedan sujetas con una mordaza denominada prensa de apriete sin recurrir a los tornillos empleados en las juntas ordinarias. Se emplea cuando: No interesa taladrar el carril (embrido provisional) o No hay tiempo para ello (embrido de emergencia).

Clasificación

- Atendiendo al campo de aplicación de las juntas embridadas de carriles y a los distintos materiales de sus bridas, pueden distinguirse los tipos que a continuación se exponen:
- **Juntas aislantes:** Se utilizan para conseguir un aislamiento eléctrico longitudinal de los hilos del carril en los circuitos de vía. Se establece la distinción material y funcional entre aquéllas que llevan una cola de unión y aquéllas que carecen de ella.
 - **Junta aislantes no encoladas.**- Son las empleadas en vía tradicional con juntas y en los desvíos tipo A. En nuestra Red, dependiendo del material con el que estén fabricadas sus bridas, se distinguen: Junta de madera baquelizada. y Junta de fibra de vidrio.-
 - **Juntas aislantes encoladas.**- Son las utilizadas en vías con barra larga soldada. Atendiendo a su fabricación, se consideran:
 - Junta aislante encolada (JAE) en taller.- En su elaboración se dispone de los recursos de un taller especializado. Los elementos que la componen son: bridas metálicas de acero, tornillos de brida, elementos complementarios de fijación, elementos de aislamiento y pegado, y dos cupones de carril. Son de aplicación en los desvíos tipo B, C, V y P y en vía general con B.L.S.
 - Junta aislante encolada (JAE) in situ.- A diferencia de la anterior, se monta en la propia vía, empleando en su creación el carril existente.

Clasificación

		Carril	Sección	Brida
Juntas NO Aislantes	Ordinarias	42,5; RN 45; RN 45'; UIC 54; UIC 60		
	A Tope	UIC 54		
	Embridado rápido	42,5; RN 45; UIC 54; UIC 60		
Juntas Aislantes No encoladas	Madera Baquelizada	42,5; RN 45; RN 45'; UIC 54		
	Fibra de Vidrio	RN 45; RN 45'; UIC 54		
Juntas Aislantes Encoladas	En Taller	RN 45; UIC 54; UIC 60		
	In situ MT/ED	UIC 54; UIC 54 corta; UIC 60		

Ensayo Caminsan

- Las J.A.E., al paso de las circulaciones, van deteriorándose hasta llegar a perder su función de conseguir el aislamiento eléctrico en una sección transversal. **Juntas aislantes:** Se utilizan para conseguir un aislamiento eléctrico longitudinal de los hilos del carril en los circuitos de vía. Se establece la distinción material y funcional entre aquéllas que llevan una cola de unión y aquéllas que carecen de ella.
- CAMINSAN define las condiciones de un ensayo de laboratorio con cargas de magnitud y punto de aplicación tales que proporcionan flechas y momentos del mismo orden que los que experimenta la J.A.E. en servicio.
- Se diseñó un dispositivo según el esquema de la figura. La carga vertical es de 17,64 t (UIC-60); la luz entre apoyos de 64 cm; la carga longitudinal de ± 45 t; el número de ciclos de la carga vertical es de 3.000.000 (lo que representa el número de ejes que circulan sobre una J.A.E. en un período de cinco años de servicio en una línea de primera categoría de la Red Básica de Adif); el número de ciclos de la carga longitudinal es de 1.826.
- Este ensayo fue adoptado como ENSAYO DE HOMOLOGACIÓN DE LAS JUNTAS AISLANTES ENCOLADAS por RENFE.

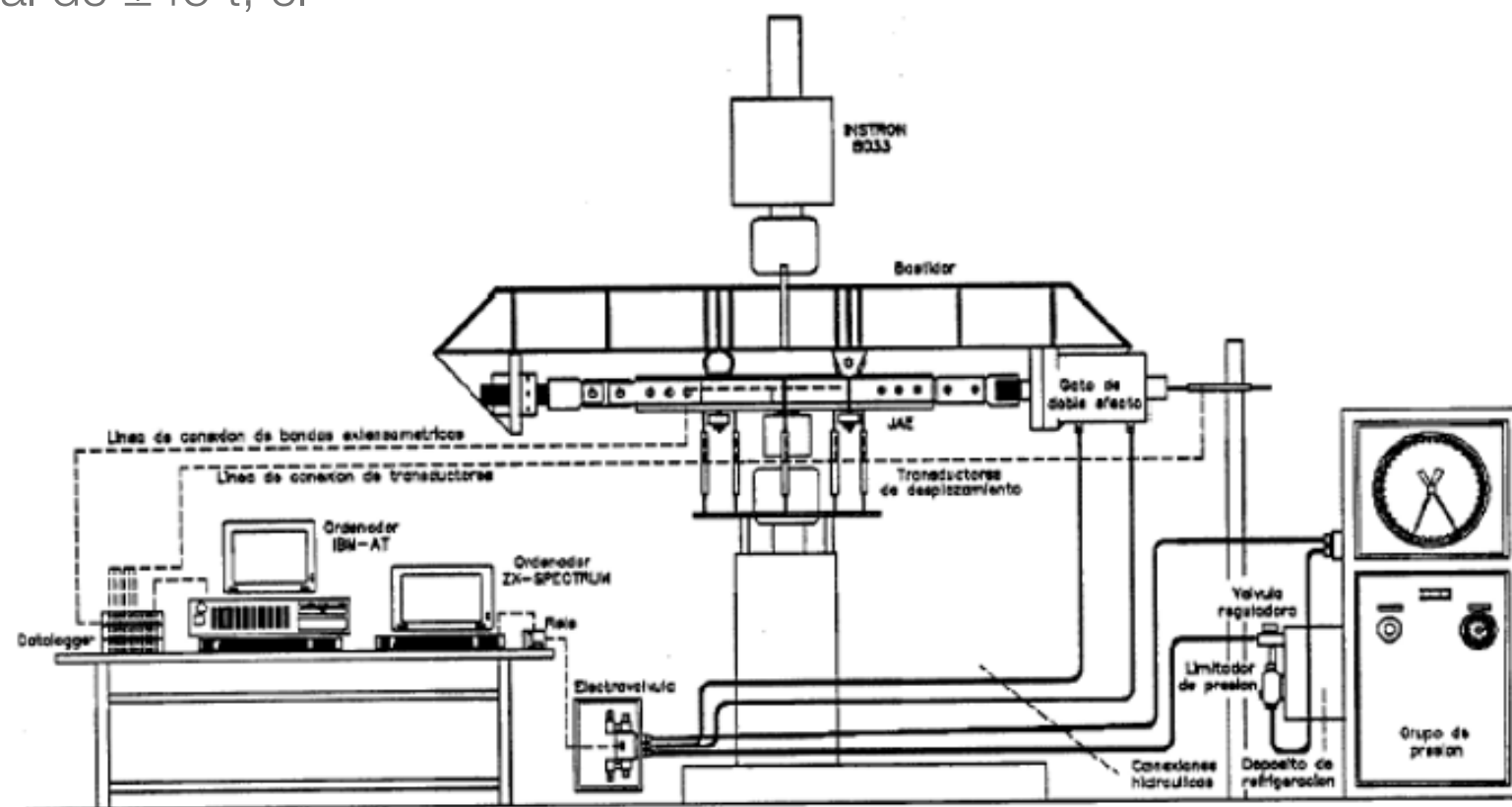


Figura 21. Ensayo CAMINSAN.

Índice

- Sujeciones
- Juntas
- **La vía sin juntas: Barra Larga Soldada**

La vía sin juntas: Barra Larga Soldada (BLS)

- Se han visto todos los inconvenientes de la existencia de juntas en la vía y cómo la brida no podía subsanarlas a pesar de los muchos progresos que su evolución permitió en esa dirección.
- La solución del problema es su eliminación, es decir, soldar los carriles (de longitud evidentemente limitada por el proceso de laminación y de transporte) entre sí, obteniéndose así la vía sin juntas o vía con barra larga soldada (BLS).
- Se genera así una vía cuyas barras, elementales o de taller, han sido soldadas para formar barras largas soldadas (BLS) de la mayor longitud posible, y que, teniendo los extremos unidos a aparatos de dilatación, no debe experimentar ningún movimiento en la parte central del carril provocado por los cambios de temperatura ambiente, cuando está debidamente montada.



La vía sin juntas: Barra Larga Soldada (BLS)

- La longitud soldada debe ser la mayor posible
- La vía debe ser lo más pesada posible (carriles pesados y traviesas de hormigón)
- La vía debe estar muy bien nivelada y alineada
- No debe haber curvas de radio inferior a 450 m (mínimo recomendable 800 m)
- Importancia del perfil del balasto: anguloso y de buena calidad
- Las sujeciones siempre deben apretar el carril, alta resistencia a torsión (sujeciones elásticas)

BLS: Conceptos previos

- En un principio se asumía que la cala forzosamente debía existir. Esta cala debía ser función de las temperaturas extremas del carril, con una cala máxima admisible de 20 mm (para evitar la magnitud del golpeteo al paso de las circulaciones en invierno) y no muy pequeña, para que no se elimine en tiempos calurosos y no se produzcan esfuerzos longitudinales que podrían acarrear la deformación de la vía.
- Bajo la **hipótesis de libre dilatación**, la variación que experimenta un carril de longitud L_0 viene dado por:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

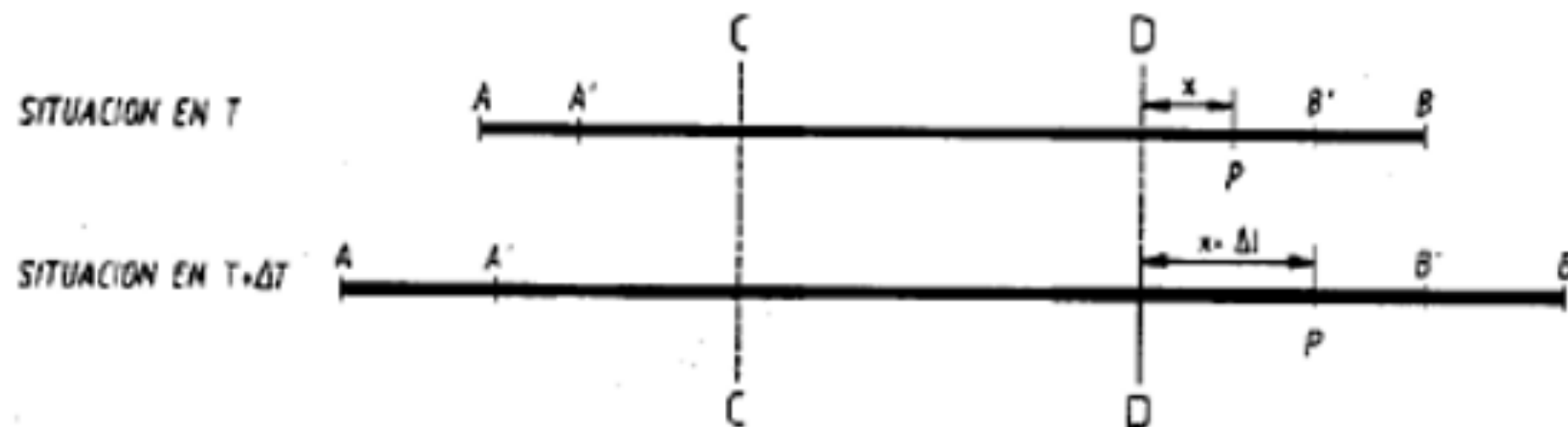
siendo $\alpha = 10,96 \cdot 10^{-6}$

- Ello supone que la longitud máxima del carril sería, en tiempo caluroso ($\Delta T = 100^\circ C$) y supuesto dilatación libre:

$$L - L_0 = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \rightarrow (L - L_0) = 0,02m \rightarrow L_0 \approx 18m$$

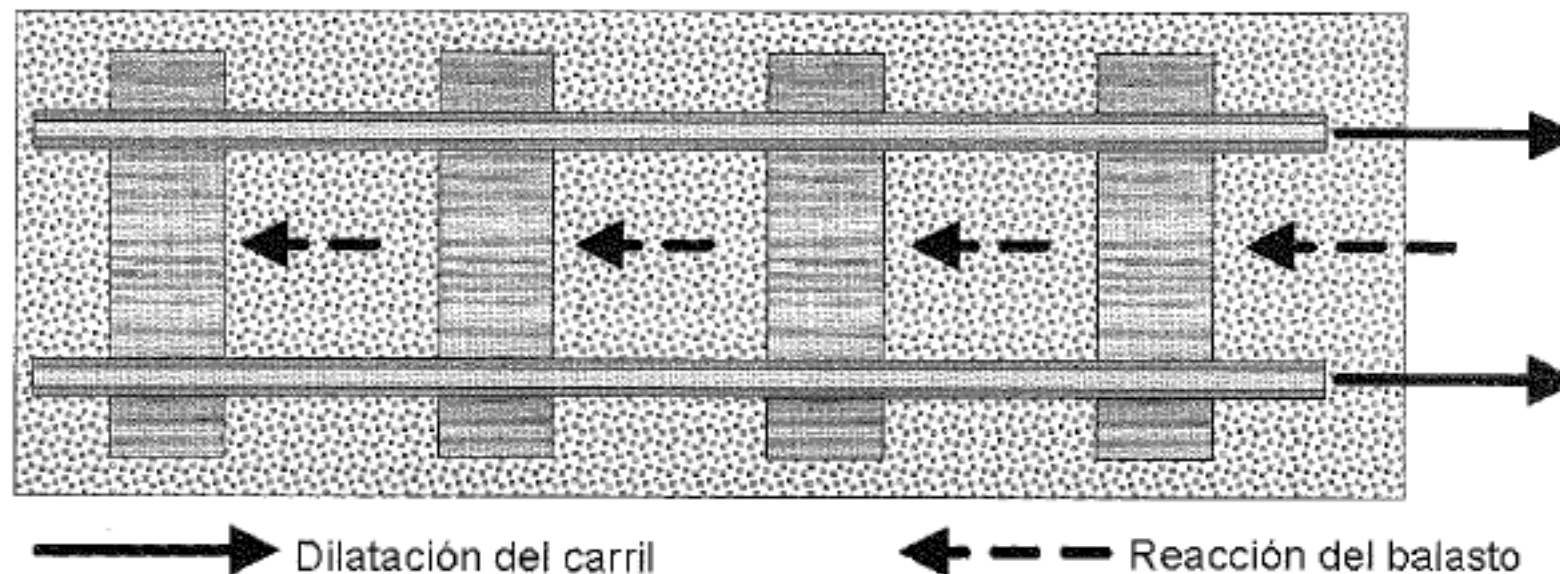
BLS: Dilatación restringida

- En base a lo anterior, si se aplica el concepto de una barra larga de, por ejemplo, 300 metros, las dilataciones que se obtendrían debieran estar en torno a los 34 cms.
- Sin embargo, la experiencia demuestra que, si se tiene el citado carril, de extremos A y B, si con pintura sobre él se señalan diversos puntos C, D,... y se refieren a piquetes exteriores, puede observarse que los puntos de una determinada zona central, entre C y D, no se han movido. Por contra, el punto A, el B, y en general el punto P de los extremos del carril, ocupa una posición más alejada del D que en su situación primitiva, si se llama x a la distancia DP, posteriormente, con el incremento de temperatura valdrá $x + \Delta x$, resultando unas dilataciones mucho menores.



BLS: Dilatación restringida

- La explicación de este fenómeno es que, de hecho, **no se tiene una libre dilatación sino una dilatación restringida**, la dilatación del carril se ve coartada por el rozamiento del balasto y las traviesas en el desplazamiento de éstas, debido a que están unidas al carril.



- El valor de esta fuerza de rozamiento (r) varía en función del tipo de traviesa:
 - 500 kg/m para traviesas de madera
 - 750 kg/m para traviesas de hormigón bloque
 - 1.000 kg/m para traviesas de hormigón monobloque y carril pesado

BLS: Dilatación restringida

- En la vía sin juntas los carriles están soldados y las variaciones de su longitud quedan totalmente bloqueadas, a excepción de los tramos donde se hayan instalado aparatos de dilatación. En su interior se generan esfuerzos longitudinales que ha de soportar la infraestructura de la vía a través de la sujeción del carril a las traviesas y, por rozamiento, de éstas con el balasto y del balasto con la explanación.
- Como se ha visto, al aumentar la temperatura del carril en ΔT éste tiende a crecer en un ΔL . Como la dilatación está restringida totalmente, el esfuerzo longitudinal que el acero ejerce es el mismo, pero de signo contrario, que el requerido para comprimirlo, produciendo la misma deformación $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$.
- Por la ley de Hooke, la tensión σ necesaria para provocar la deformación ΔL es:

$$\sigma = E \cdot \Delta L / L$$

- De aquí se obtiene la expresión que determina la tensión longitudinal σ que produce el carril cuando varía su temperatura en un Δt :

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

BLS: Dilatación restringida

- Asumiendo $E = 2,07 \cdot 10^5$ MPa (207 kN/mm²):

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta T \rightarrow \sigma = 2,07 \cdot 10^5 \cdot 10,96 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta T \rightarrow \sigma = 2268 \cdot \Delta T \text{ kN/m}^2$$

- Valor que, como puede observarse, es independiente de la longitud del carril. El diagrama de tensiones será el mostrado en la figura.

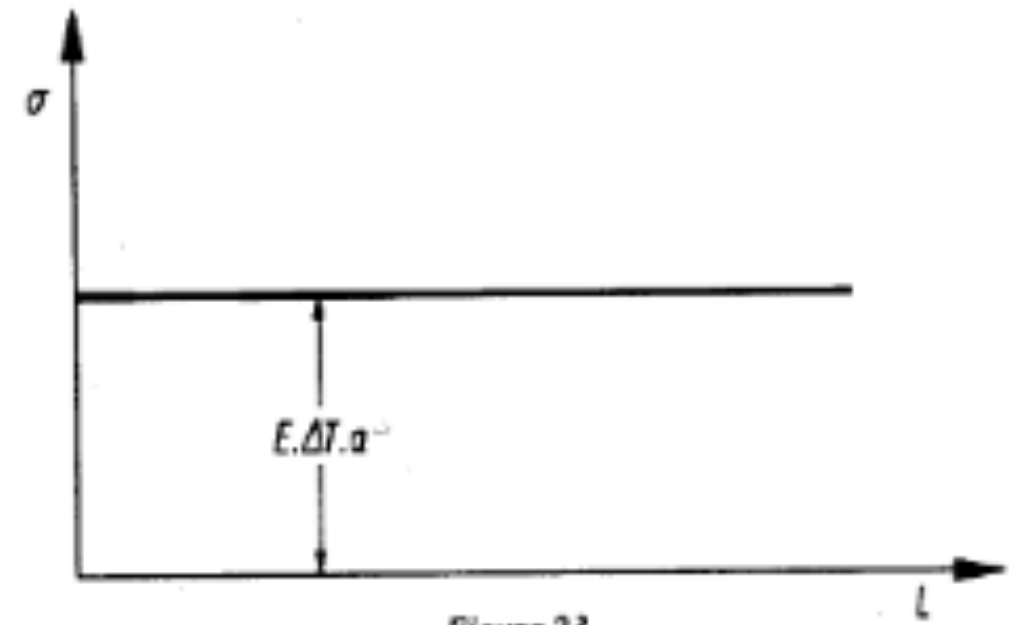
- Asumiendo un incremento de temperatura de 30°C:

$$\sigma = 2,27 \cdot \Delta T \rightarrow 2268 \cdot 30 = 68040 \text{ kN/m}^2$$

- Teniendo en cuenta que la superficie de un carril UIC-60 es de 7.686 mm²:

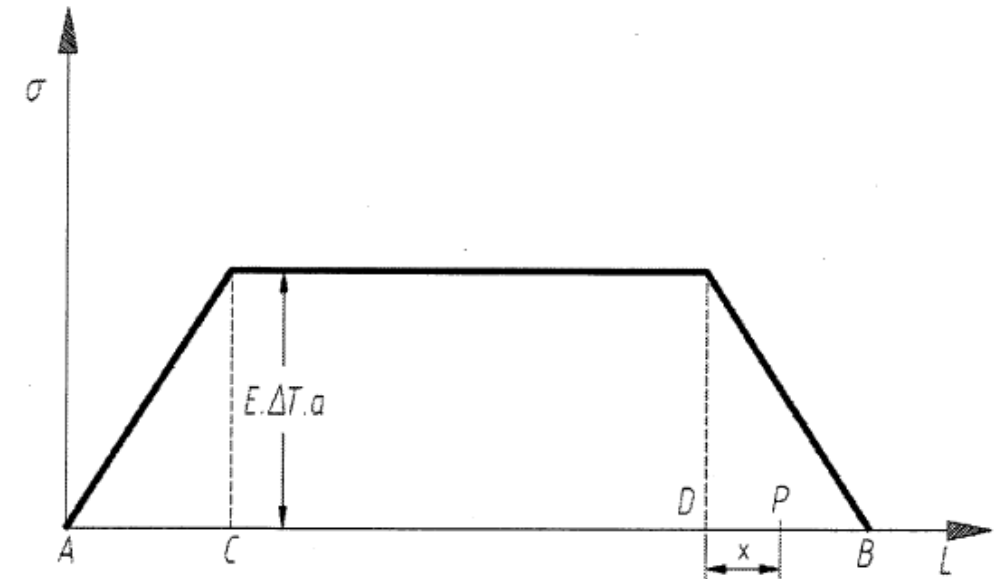
$$F = \sigma \cdot S \rightarrow F = 68040 \cdot 7686 \cdot 10^{-6} \rightarrow F = 523 \text{ kN} \approx 52,3 \text{ t}$$

- Que es el esfuerzo con el que el extremo del carril intenta desplazarse o valor con el que hemos bloqueado sus extremos para conseguir dilatación nula, con esta variación de temperatura, y que es evidentemente importante.



BLS: Dilatación restringida

- Sin embargo, los extremos del carril no están bloqueados, sino que están libres, pero la dilatación de la barra larga soldada está restringida por los rozamientos expuestos. Y como se ha visto anteriormente, el resultado experimentalmente comprobado es que hay dilatación nula en la parte central de la barra y restringida en las zonas AC y DB, en los extremos de la barra:



- En la parte central CD la tensión seguirá siendo: $\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta T$
- En los extremos AC y DB, lo que sucede es que el rozamiento no es suficiente para eliminar completamente las dilataciones, es decir, en las zonas extremas, mientras F sea superior a la suma de los esfuerzos que oponen las traviesas afectadas (r), habrá dilataciones que evidentemente serán restringidas. La longitud AC (o DB) se denomina **zona de respiración (Z)**:

$$Z \cdot r = 2 \cdot S \cdot \sigma$$

$$Z \cdot r = 2 \cdot S \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$Z = 2 \cdot S \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta T / r$$

LONGITUDES DE ZONAS DE RESPIRACIÓN CON TRAVIESAS DE HORMIGÓN EN VÍAS NEUTRALIZADAS

Carril	Sección	Variación máxima de la temperatura de carril Δt			
		1 °C	35 °C	40 °C	45 °C
UIC 60 / 60 E1	7.686 mm ²	3,5 m	122 m	140 m	157 m
UIC 54 / 54 E1	6.934 mm ²	3,15 m	110 m	126 m	142 m
RN 45	5.705 mm ²	2,6 m	91 m	104 m	117 m

BLS: Aparatos de dilatación

- En el diagrama de tensiones/deformaciones anterior, se trata ahora de calcular cuál ha sido el corrimiento de cualquier punto P, perteneciente a Z. Supuesta una disminución lineal en las tensiones en la zona de respiración.

$$\sigma(x) = \sigma \cdot \left(1 - \frac{x}{Z}\right) \rightarrow E \cdot \alpha \cdot \Delta T \cdot \left(1 - \frac{x}{Z}\right)$$

- La tensión liberada en cualquier punto x será por lo tanto:

$$\sigma_{lib} = \sigma - \sigma(x) \rightarrow E \cdot \alpha \cdot \Delta T - E \cdot \alpha \cdot \Delta T \cdot \left(1 - \frac{x}{Z}\right) \rightarrow E \cdot \alpha \cdot \Delta T \cdot \frac{x}{Z}$$

- Por lo tanto, la deformación será:

$$\sigma_{lib} = E \cdot \Delta L/L \rightarrow E \cdot dl/dx \rightarrow E \cdot \alpha \cdot \Delta T \cdot \frac{x}{Z} = E \cdot dl/dx$$

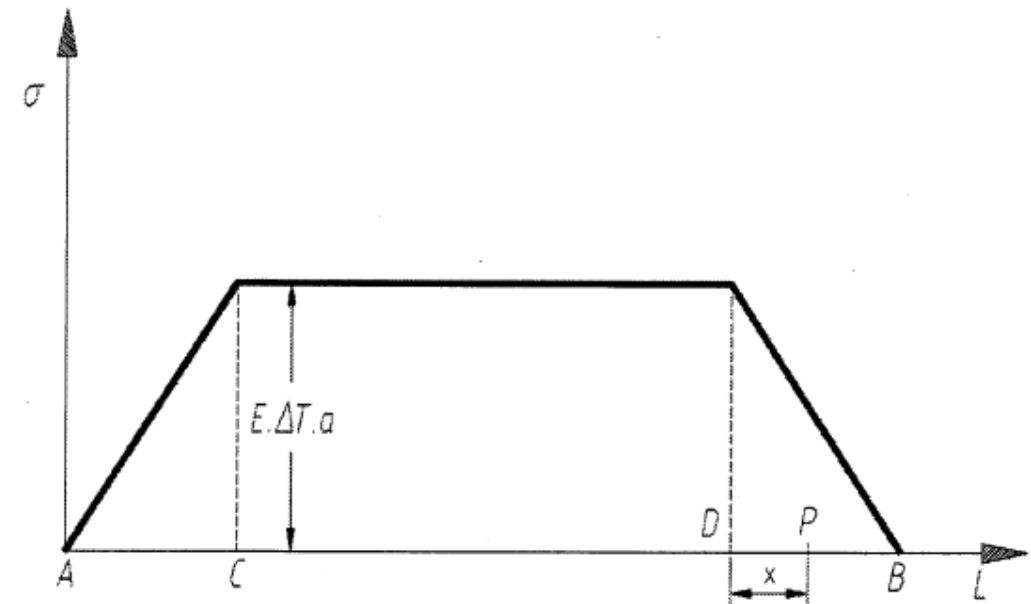
$$dl = \alpha \cdot \Delta T \cdot \frac{x}{Z} dx \rightarrow l = \int_0^x \alpha \cdot \Delta T \cdot \frac{x}{Z} dx \rightarrow l = \alpha \cdot \Delta T \cdot \frac{x^2}{2 \cdot Z}$$

- para $x = Z$ y carril UIC-60:

$$\Delta l = \alpha \cdot \Delta T \cdot \frac{Z}{2} \rightarrow \alpha \cdot \Delta T \cdot \frac{3,5 \cdot \Delta T}{2} \rightarrow \alpha \cdot \frac{3,5 \cdot \Delta T^2}{2}$$

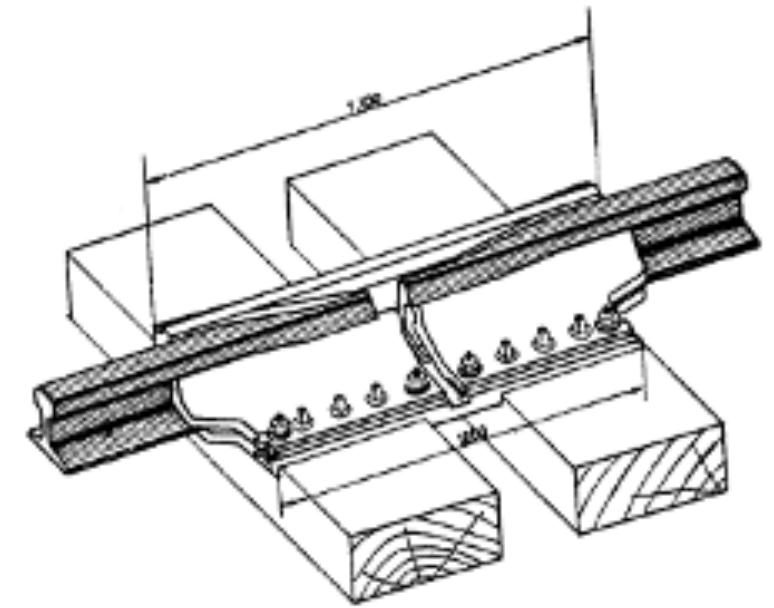
$$\Delta T = 30^\circ \rightarrow \Delta l = 17,26mm$$

$$\Delta T = 60^\circ \rightarrow \Delta l = 69,05mm$$



BLS: Aparatos de dilatación

- El extremo final de la barra larga soldada se encuentra sin tensión longitudinal. Por ello, se instalan en esos puntos unos dispositivos llamados **aparatos de dilatación** que permiten que el carril se dilate libremente.
- Como puede verse, los valores de dilatación obtenidos son pequeños. Estas longitudes son las que hay que absorber con el correspondiente aparato de dilatación. El utilizado en España es como el indicado en la figura, y que es capaz de absorber dilataciones de 180 mm.
- La unión de la vía sin juntas con otra formada por barras cortas o con un desvío no soldable debe hacerse intercalando un aparato de dilatación (AD). No es necesario colocarlo si la unión se hace a otra vía sin juntas



BLS: Neutralización de tensiones

- Cuando se encuentra instalado en vía, el carril continuo sufre la variación de su temperatura, estacionalmente y en cada día, por lo que se generan en su interior tensiones longitudinales importantes. Éstas son de tracción o compresión y, si su magnitud es excesiva, pueden llegar a romperlo o deformarlo (**pandeo** y movimientos laterales), respectivamente.
- Para reducir los valores extremos de dichas tensiones, el carril ha de instalarse de tal modo que a una temperatura intermedia, determinada para cada zona y denominada **temperatura de neutralización**, la tensión longitudinal se anule. La **neutralización** es la operación de instalación del carril en estas condiciones.
- En el proceso de neutralización de tensiones también se **homogeneiza su distribución en el carril**.



BLS: Neutralización de tensiones

- **Temperatura de libre esfuerzo.** Es la temperatura intermedia a la cual la tensión longitudinal se anula y se conoce como temperatura de libre esfuerzo (t_{le}). El valor de este parámetro es totalmente independiente de la temperatura que tiene el carril.
- La temperatura de libre esfuerzo de un segmento de carril viene determinada por su longitud exacta, dimensión que alcanzaría si estando libre se hallase a esa temperatura. Por ello, al estirarlo se aumenta el valor de este parámetro, ya que su mayor tamaño puede conseguirse, estando el carril tensionalmente libre, con un aumento de su temperatura.
- **Temperatura de neutralización.** Para una zona cualquiera, es la media durante años de las temperaturas extremas del carril, máxima y mínima, incrementada en 5 °C. Esta magnitud se obtiene experimentalmente midiendo la temperatura de un cupón de carril a lo largo de años en una zona, o bien, mediante cálculo a partir de las extremas de ambiente. Con el máximo de los veranos, y el mínimo de los inviernos, se obtendrá su valor mediante la expresión:

$$t_n = \frac{t_{oMax} + t_{oMin}}{2} + 5^{\circ}C$$

- En la Red, las temperaturas de neutralización actuales se encuentran entre 25 °C y 38 °C

BLS: Neutralización de tensiones

- Para que los esfuerzos longitudinales que se generan térmicamente en los carriles no sean excesivos, evitando así dañar la vía, se han de fijar éstos de tal modo que su temperatura de libre esfuerzo sea igual, o muy próxima, a la temperatura de neutralización de la zona.
- Obsérvese que la temperatura de neutralización depende de las condiciones climáticas del lugar y nunca de la instalación del carril. Por el contrario, la temperatura de libre esfuerzo depende del estado actual de la instalación del carril y es totalmente independiente de las condiciones climáticas de la zona. La diferencia entre ambas es un parámetro que cuantifica el estado tensional del carril, siendo más elevado cuanto mayor sea su valor.
- La temperatura de neutralización es un parámetro que no sólo varía de una a otra región sino de un punto a otro relativamente próximo. Por ello ha de ser considerado específico a nivel local. Ello es debido a que la orografía del terreno también influye en su magnitud.
- **Neutralizar un carril** es fijarlo con su longitud igual a la que tendría si su temperatura fuese la de neutralización y, al mismo tiempo, con sus tensiones longitudinales distribuidas homogéneamente.
- **Temperatura de fijación o de constitución** (t_f). Es la temperatura media a la que se han fijado, con soldaduras y el adecuado apriete de las sujeciones, las barras elementales para constituir la barra larga provisional. Si es vía montada con barras de taller, es la temperatura media del carril durante su fijación. En cualquier otro caso es indeterminada.

BLS: Neutralización de tensiones

- Actuaciones previas a la neutralización en la instalación de carriles:
 - En una primera fase se instalan las barras fijándolas a las traviesas y embridándolas unas con otras. En este momento puede restablecerse la circulación.
 - La siguiente etapa consiste en ajustar los pares de apriete de las sujeciones y realizar las soldaduras de las barras elementales a excepción de las calas centrales reservadas para las neutralizaciones.
 - Si las traviesas aún no estuviesen estabilizadas (por haber sido colocadas o movidas previamente o por sustitución del balasto) es necesario esperar que circulen 100 000 t para proceder a la neutralización de tensiones. A partir de ese momento podrá ser realizada.
- **Consideraciones importantes:**
 - Al instalar la vía. Es conveniente, para facilitar la neutralización, hacerlo con la temperatura de fijación por debajo o igual a la de neutralización.
 - Se **neutralizará la vía cuando esté suficientemente estabilizada**. Una vía está estabilizada cuando sus elementos obtienen la resistencia máxima a los esfuerzos exteriores que tienden a deformarla.
 - Los pasos a nivel y los puentes sin aparato de dilatación no han de quedar situados en la zona de respiración de la barra larga.

BLS: Neutralización de tensiones

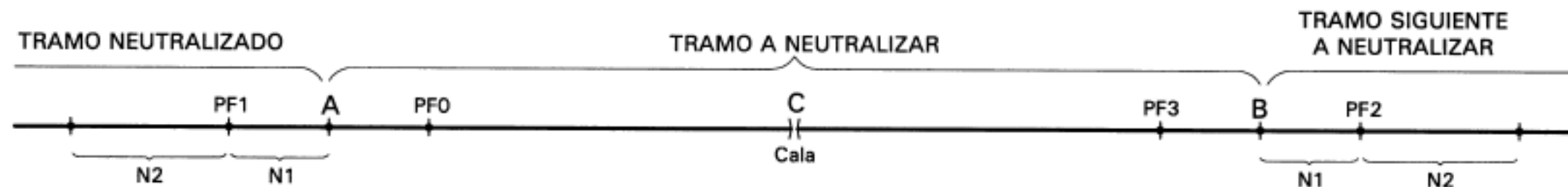
- La neutralización de tensiones en el carril instalado en la vía se realiza sobre las dos semibarras separadas por una cala central y con sus extremos constituidos por puntos fijos. Se soldarán cuando su longitud sea la que tendrían a la temperatura de neutralización, tamaño que se logra con distintas técnicas:
 - **Por tracción** de la barra larga provisional. Método en el que se estira el carril mediante gatos hidráulicos para alcanzar la longitud deseada.
 - Ventaja: Se puede hacer a cualquier temperatura del carril siempre que sea inferior a la de neutralización.
 - Inconveniente: Presenta dificultades de ejecución en las curvas de radio reducido.
 - **Por calentamiento solar** de los carriles. Aprovecha el calentamiento que por radiación solar experimenta el carril. Se ha de esperar a que su temperatura se aproxime suficientemente a la de neutralización, ya sea aumentando o reduciéndose.
 - Ventajas: No se necesitan aparatos especiales; Se puede realizar en curvas de radio reducido.
 - Inconvenientes: La medida de la temperatura del carril es poco precisa, cuando está calentándose, especialmente en mañanas soleadas. Se ha de conocer cómo evoluciona para elegir el momento idóneo para la operación; Puede significar importantes pérdidas de tiempo en espera de la temperatura adecuada.

BLS: Neutralización de tensiones

- El proceso de neutralización del carril consta de distintas operaciones siendo la mayoría de ellas comunes a las dos técnicas que se contemplan en esta Norma. La diferencia fundamental entre ambas reside en el modo de lograr la deformación del carril para que este adquiera la longitud adecuada. Las etapas que estas técnicas requieren son:
 - Elección de la longitud a liberar. (tanto para el procedimiento mediante Tracción (T) como con Calor (C))
 - Constitución de los puntos fijos (T y C)
 - Medición de la temperatura de carril (T y C)
 - Liberación y homogeneización de las tensiones (T y C)
 - Corte del carril, Aflojado de sujeciones, Maceado con carril sobre rodillos
 - Marcado de carril y traviesas (T únicamente)
 - Dimensionado de la cala central (T y C)
 - Tensado del carril (T)
 - Apriete de la sujeción (T y C)
 - Soldeo de las semibarras (T y C)
- Finalmente se anotarán los datos de la operación realizada para constituir el Acta de Neutralización

BLS: Neutralización de tensiones

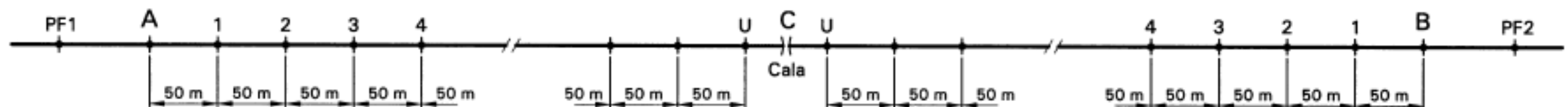
CONSTITUCIÓN DE LOS PUNTOS FIJOS



PF0 : Punto fijo del tramo precedente
 PF1 y PF2 : Puntos fijos del tramo a neutralizar
 PF3 : Punto fijo del tramo siguiente a neutralizar

NEUTRALIZACIÓN	Nº DE TRAVIASAS	
	N1	N2
POR TENSORES	20	60
POR CALENTAMIENTO SOLAR	10	30

TENSADO: MARCAS DE COMPROBACIÓN



BLS: Neutralización de tensiones



Soldadura de carriles

- Se denomina **barra elemental** a los carriles obtenidos directamente por laminación, 18 m es una longitud usual de los mismos.
- **Barras de taller** son las obtenidas por soldadura en taller o en parque, de varias barras elementales para ser luego transportadas al sitio de colocación de la obra, RENFE solía adoptar 288 m (16 x 18). En principio la longitud de estas barras de taller debiera ser lo más grande posible, pero viene limitada por el transporte.
- La unión de varias barras de taller, in situ, después de colocadas en obra, constituye la barra larga soldada.
- Existen varios procedimientos de soldadura; usualmente en taller se utiliza el procedimiento denominado **soldadura eléctrica** a tope y en la obra la **soldadura aluminotérmica**.

Soldadura de carriles

- Se denomina **barra elemental** a los carriles obtenidos directamente por laminación, 18 m es una longitud usual de los mismos.
- **Barras de taller** son las obtenidas por soldadura en taller o en parque, de varias barras elementales para ser luego transportadas al sitio de colocación de la obra, RENFE solía adoptar 288 m (16 x 18). En principio la longitud de estas barras de taller debiera ser lo más grande posible, pero viene limitada por el transporte.
- La unión de varias barras de taller, in situ, después de colocadas en obra, constituye la barra larga soldada.
- Existen varios procedimientos de soldadura; usualmente en taller se utiliza el procedimiento denominado **soldadura eléctrica** a tope y en la obra la **soldadura aluminotérmica**.

Soldadura de carriles

- **Soldadura aluminotérmica:**

La soldadura aluminotérmica es un proceso de oxidación exotérmico entre el aluminio y el óxido ferroso para producir hierro, enriquecido con aleantes especiales. Los extremos de los carriles se fusionan y se combinan con el material de aporte de la soldadura.

Características:

- Fácil de ejecutar
- Barato
- Aporte de material: el metal de aporte no tiene las mismas características que el acero de los carriles.
- Proceso manual, requiere unos 20 minutos por soldadura: 2-3 soldaduras/h
- Tensiones internas por diferente enfriamiento del alma respecto a la cabeza y el patín.

Soldadura de carriles

- **Soldadura aluminotérmica:**

- Proceso:

- Alinear los carriles y colocar el molde
- Precalentar los extremos de los carriles
- Rellenar el crisol
- Iniciar la reacción
- Destapar la parte inferior del crisol para eliminar el acero decantado y el material sobrante (10 segundos después de acabada la reacción)
- Enfriar la soldadura durante tres minutos
- Quitar moldes y desbarbar
- Esmerilar: esmeriladora de motor

Soldadura de carriles

- Soldadura aluminotérmica:



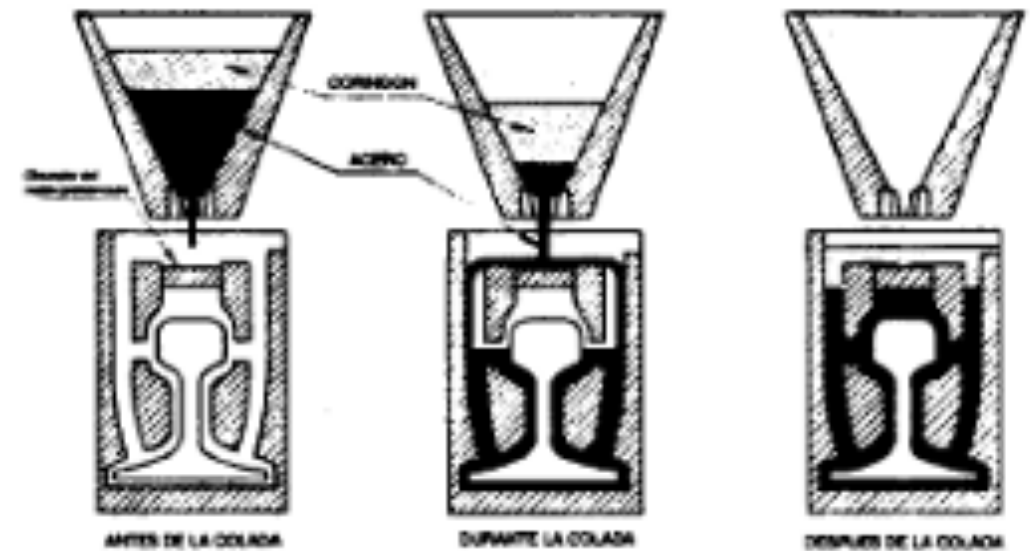
Reglaje



Colocación de los moldes



Vertido de colada



Esmerilado

Soldadura de carriles

- **Soldadura aluminotérmica:**



Soldadura de carriles

- **Soldadura eléctrica:**

La soldadura eléctrica a tope por resistencia se realiza tanto de forma estacionara como mediante maquinaria móvil. Es el propio material el que se calienta y se suelda mediante corriente eléctrica, por lo que la soldadura está compuesta por el mismo material del carril (no hay aporte de material).

- No hay aportación externa de material
- Control automatizado
- 6-10 soldaduras/h
- Se pierde 4 cm de carril por soldadura
- Maquinaria específica para realizarla en la propia obra
- Alto costo

Soldadura de carriles

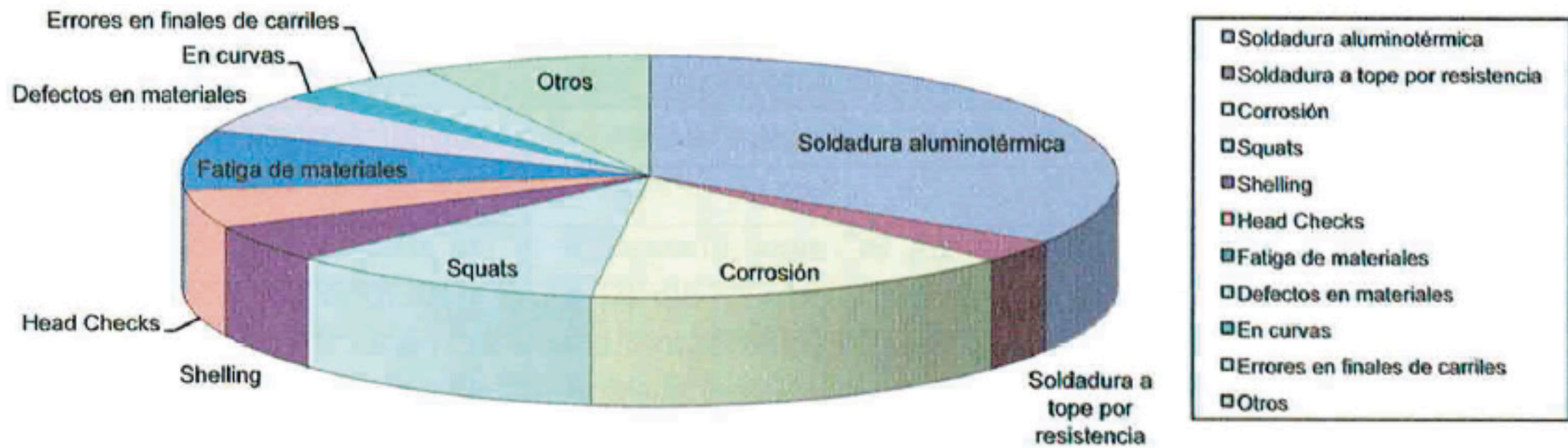
- **Soldadura eléctrica:**

- Proceso:

- Acercar los carriles
 - Alinear y nivelar
 - Corriente (35.000 A, 5 V)
 - Acercamiento progresivo
 - Contacto y recalque
 - Desbarbado basto y fino (cortafríos y esmerilado)

Soldadura de carriles

Roturas de carril 2004



Fuentes bibliográficas

- Díaz de Villegas, J.M. (2003) Ferrocarriles. Apuntes de clase. E.T.S. Ing. Caminos, Canales y Puertos Santander.
- García Álvarez, A. (2022) Manual de ferrocarriles. El sistema ferroviario español. Ed. Garceta.
- Lichtberger, B. (2011) Manual de vía. Infraestructura, superestructura, conservación, rentabilidad. Eurail Press.
- Villaronte Fernández-Villa, J.A. (2009) Ingeniería y Tecnología Ferroviaria – Tecnología de la vía. Delta Publicaciones.
- Adif: normativa técnica: <http://descargas.adif.es/ade/u18/GCN/NormativaTecnica.nsf>