



NAV 7-1-4.1

NORMA ADIF VÍA

# NEUTRALIZACIÓN Y HOMOGENEIZACIÓN DE TENSIONES DEL CARRIL EN LA VÍA SIN JUNTAS

3ª EDICIÓN: DICIEMBRE 2022

### **CONTROL DE CAMBIOS Y VERSIONES**

Revisión		Modificaciones	Puntos Revisados
Nº	Fecha		
1	ED2 ENERO 2020	Modificación Acta Neutralización, inclusión mapa Red Ferroviaria, adición de las condiciones de estabilización en función del tipo de línea.	Varios apartados
2	ED3 DICIEMBRE 2022	Revisión del texto de todo el documento	Todo el documento.
2	ED3 DICIEMBRE 2022	Introducción de nuevo capítulo 7 de "Técnicas para la medición de la temperatura de libre esfuerzo".	7
		Introducción de nuevo capítulo 8 de "Definiciones".	8
		Revisión de capítulo 9, de "Normativa de referencia".	9

### **EQUIPO REDACTOR**

Grupo de Trabajo GT-204. Montaje de Vía.

<p>Propone:</p>          <p>Grupo de trabajo GT-204 Fecha: 16 de diciembre de 2022</p>	<p>Aprueba:</p>          <p>Comité de Normativa Reunión de XX de XX de XXXX</p>
--	---

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

## PÁGINA

I.	1	
1.-	INTRODUCCIÓN.....	5
1.1.-	EXPOSICIÓN GENERAL .....	5
1.2.-	OBJETO DE LA NORMA .....	5
1.3.-	CAMPO DE APLICACIÓN .....	5
1.4.-	DOCUMENTACIÓN DEROGADA.....	5
2.-	NEUTRALIZACIÓN DE TENSIONES.....	6
2.1.-	REQUERIMIENTOS PARTICULARES .....	8
2.2.-	NECESIDADES DE LA NEUTRALIZACIÓN DE TENSIONES.....	9
2.3.-	TÉCNICAS DE NEUTRALIZACIÓN DE TENSIONES.....	10
3.-	OPERACIONES EN LA NEUTRALIZACIÓN .....	12
3.1.-	LONGITUD A LIBERAR.....	13
3.1.1.-	NEUTRALIZACIÓN CON TENSORES .....	13
3.1.2.-	NEUTRALIZACIÓN POR CALENTAMIENTO SOLAR .....	14
3.2.-	CONSTITUCIÓN DE LOS PUNTOS FIJOS.....	14
3.3.-	MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DE CARRIL .....	15
3.4.-	LIBERACIÓN Y HOMOGENEIZACIÓN EN LA NEUTRALIZACIÓN DE TENSIONES.....	15
3.5.-	NEUTRALIZACIÓN DE TENSIONES .....	17
3.5.1.-	NEUTRALIZACIÓN CON TENSORES .....	17
3.5.1.1.-	Trazado de marcas en carril y traviesa.....	18
3.5.1.2.-	Dimensionado de la cala central.....	18
3.5.1.3.-	Tensado de carril.....	19
3.5.2.-	NEUTRALIZACIÓN POR CALENTAMIENTO SOLAR .....	20
3.5.2.1.-	Consideraciones generales.....	20
3.5.2.2.-	Dimensionado de la cala central.....	20
3.6.-	APRIETE DE SUJECIONES.....	22
3.7.-	SOLDADURA DE LAS SEMIBARRAS.....	23
4.-	HOMOGENEIZACIÓN DE TENSIONES .....	23
4.1.-	CASOS EN LOS QUE SE HAN DE HOMOGENEIZAR LAS TENSIONES .....	24
4.2.-	PROCEDIMIENTO.....	24
4.2.1.-	HOMOGENEIZACIÓN EN TRAMOS CORTOS.....	24
4.2.2.-	HOMOGENEIZACIÓN EN TRAMOS LARGOS .....	25
4.2.3.-	HOMOGENEIZACIÓN CONTINUA .....	25
5.-	NEUTRALIZACIÓN DE TENSIONES EN DESVÍOS.....	26
5.1.-	ZONAS A NEUTRALIZAR EN DESVÍOS SOLDABLES .....	27
5.2.-	SECUENCIA DEL PROCESO.....	27
5.3.-	NEUTRALIZACIÓN DE ESCAPES .....	28
5.4.-	CONTROLES DURANTE EL PROCESO DE NEUTRALIZACIÓN .....	28
5.5.-	REGULACIÓN Y SOLDEO DE LAS AGUJAS.....	28
5.6.-	DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA EL DESCUADRE.....	29

5.7.-NEUTRALIZACIÓN EN UNA CABECERA COMPLETA .....	29
6.- REGULACIÓN DE LOS APARATOS DE DILATACIÓN .....	29
6.1.-REGULACIÓN, TOLERANCIAS Y CONTROL EN UN APARATO AD-M-54-200.....	30
7.- TÉCNICAS PARA LA MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DE LIBRE ESFUERZO .....	31
7.1.-ACTUACIONES DERIVADAS SEGÚN ESTADO .....	31
8.- DEFINICIONES .....	31
9.- NORMATIVA DE REFERENCIA .....	34
II.Anejo 1. MAPA DE TEMPERATURAS DE NEUTRALIZACIÓN .....	35
III.Anejo 2. FIGURAS.....	37

BORRADOR

## 1.-INTRODUCCIÓN

### 1.1.-EXPOSICIÓN GENERAL

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. Estas tensiones pueden ser de tracción o de compresión y, si su magnitud es excesiva, pueden llegar a romperlo o deformarlo, respectivamente.

También se producen alteraciones provocadas por el tráfico y la interacción rueda/carril y aquellas derivadas de actuaciones de mantenimiento que alteran el asentamiento y la estabilidad de la vía.

Por todo ello, es necesario llevar un control del estado tensional del carril (que puede estar sometido a esfuerzos de tracción o de compresión), con el fin de evitar problemas de deformaciones o de roturas, según se produzca la desviación del valor de la tensión.

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 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. En esta Norma, se contempla además la homogeneización como operación aislada, correctora de desequilibrios tensionales, con el objetivo de distribuirlas de un modo uniforme. Estos desequilibrios son debidos generalmente a la degradación, trabajos parciales de corrección y agresiones repetidas del material rodante. Ha de tenerse en cuenta que al homogeneizar se reducen los valores pico de las tensiones debidas a concentraciones puntuales en los carriles, tanto de compresión como de tracción.

### 1.2.-OBJETO DE LA NORMA

La Norma tiene como finalidad determinar las operaciones y requisitos necesarios para fijar y corregir los carriles de las vías sin juntas, provistas de sus aparatos adecuados, con el fin de homogeneizar sus tensiones y reducir sus valores extremos. Por tanto, contempla los procesos de **neutralización y homogeneización de tensiones longitudinales en el carril.**

### 1.3.-CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma se aplica en las vías de carril continuo y los aparatos que se instalen en ellas.

Se considera campo de aplicación de la norma, cualquier tramo de vía donde se pueda alterar el estado tensional del carril en barra larga soldada (BLS): sustitución de carril, traviesas, soldaduras, etc.

### 1.4.-DOCUMENTACIÓN DEROGADA

La presente Norma deroga el documento siguiente:

- NAV 7-1-4.1 "¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.". 2ª Edición. Enero 2009 + M1. Enero 2020.

## 2.-NEUTRALIZACIÓN DE TENSIONES

A fin de facilitar la comprensión de los procesos de trabajo que se exponen en el presente documento, resulta conveniente fijar los conceptos que a continuación se recogen.

**Temperatura de libre esfuerzo.** Con el calor, el carril continuo tiende a dilatarse produciendo esfuerzos longitudinales de compresión y, cuando está a baja temperatura, ocurre lo contrario, siendo éstos de tracción. Hay una temperatura intermedia a la cual la tensión longitudinal se anula y se conoce como temperatura de libre esfuerzo ( $t_e$ ). 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.** En una zona cualquiera, la media durante años de las temperaturas extremas del carril, máxima y mínima, incrementada en 5 °C, es la llamada temperatura de neutralización. Esta magnitud se obtiene experimentalmente midiendo la temperatura de un cupón de carril **a lo largo de años** en una zona (ver apartado 3.3), 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:

$$t_n = (t_{cMÁX} + t_{cMÍN})/2 + 5 \text{ °C}$$

Con el incremento de 5 °C se reduce el riesgo de pandeo del carril en relación con el de rotura, por ser esta última menos peligrosa y de fácil detección por los circuitos de señales. En la Red, las temperaturas de neutralización actuales se encuentran entre 24 °C y 37 °C.

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. Esto es debido a que la orografía del terreno también influye en su magnitud.

Como Anejo 1 a esta norma, se incluye un mapa de la Red Ferroviaria de Adif donde se han recogido las temperaturas de neutralización para cada tramo de línea.

En el interior de los **túneles** no se contempla neutralizar las tensiones del carril, aunque sí su homogeneización, sin embargo, para el carril instalado existe una temperatura de libre esfuerzo que inicialmente coincide con la que había en el interior del túnel en el momento de su fijación a las traviesas. Dicha temperatura de libre esfuerzo puede modificarse localmente por agresiones longitudinales causadas por el tráfico, a veces de modo importante.

**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.

**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.

Para vía en balasto, 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. Esta resistencia se adquiere con la circulación de los trenes, según una ley logarítmica, y se estima que con el paso de 500.000 t se logra la resistencia máxima. Con el paso de 100.000 t se alcanza un 90% de la misma, valor suficiente para neutralizar. Con maquinaria de estabilización dinámica de vía o con el compactado de la banqueta de balasto se acelera el proceso. Puede neutralizarse la vía con traviesas de hormigón, ya asentada, cuando hayan circulado 20.000 t después del estado de recepción o si se hace una estabilización dinámica.

**Dilatación y esfuerzos longitudinales en la barra larga soldada.** 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.

Al aumentar la temperatura del carril en  $\Delta t$  éste tiende a crecer en un  $\Delta L$ . 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  $\Delta L$ .

La deformación que hubiese experimentado un tramo de carril de longitud  $L$ , estando sin restricción alguna, cuando se aumenta su temperatura en un  $\Delta t$  es:

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

Por la ley de Hooke, la tensión  $\sigma$  necesaria para provocar la deformación  $\Delta L$  es:

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

De aquí se obtiene la expresión que determina la tensión longitudinal  $\sigma$  que produce el carril cuando varía su temperatura en un  $\Delta t$ :

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

**Zona de respiración.** 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 (AD)** que permiten que el carril dilate libremente.

Entre el extremo de la BLS y la parte de la misma donde la dilatación está totalmente restringida existe un tramo donde dicha limitación a las deformaciones longitudinales es sólo parcial. A este tramo se le conoce como **zona de respiración**.

La longitud  $Z$  de la zona de respiración depende de la **resistencia  $r$** , dada como **fuerza por unidad de longitud de vía** que las traviesas y balasto ejercen contra la deformación longitudinal del carril, y de las variaciones de su temperatura.

A continuación se expone su demostración. Si  $S$  es la sección del carril, la fuerza que éste ejerce al variar su temperatura en  $\Delta t$  es:

$$F = S \cdot \sigma = S \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

La fuerza total de la resistencia de la zona de respiración  $Z$  ha de igualar a la provocada por la variación de temperatura  $\Delta t$  en **ambos** carriles:

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

Por tanto, la longitud  $Z$  depende de la resistencia  $r$  de la vía y de las variaciones extremas de la temperatura del carril. Estas variaciones se consideran respecto a la que se denomina de libre esfuerzo que, si la vía está bien neutralizada, sería igual a la de neutralización.

En nuestra Red, las variaciones máximas de las temperaturas del carril respecto a la de libre esfuerzo son  $\Delta t_{abs}(t_c - t_N) \leq 47 \text{ °C}$  en vías bien neutralizadas. Ha de señalarse que esta magnitud es diferente según sea la climatología y depende de la amplitud del rango  $Rt_c$  de las temperaturas extremas del carril en ese lugar.

Sin tomar en consideración las tolerancias, la variación máxima de la temperatura del carril, respecto a la de libre esfuerzo y en vías bien neutralizadas, se produce con las mínimas extremas y es:

$$\Delta t_c = (Rt_c/2) + 5$$

En líneas con traviesa de hormigón la resistencia  $r$  es del orden de **10 kN/m**. El módulo de elasticidad del carril es  $207 \text{ kN/mm}^2$  y su coeficiente de dilatación es  $10,96 \text{ }\mu\text{m/m °C}$ . Con estas premisas, se obtienen las siguientes dimensiones aproximadas de las zonas de respiración en función de la variación máxima de su temperatura.

Variación máxima de la temperatura de carril  $\Delta t$

Carril	Sección	1 °C	35 °C	40 °C	45 °C
UIC 60 / 60 E1	7.686 mm <sup>2</sup>	3,5 m	122 m	140 m	157 m
UIC 54 / 54 E1	6.934 mm <sup>2</sup>	3,15 m	110 m	126 m	142 m
RN 45	5.705 mm <sup>2</sup>	2,6 m	91 m	104 m	117 m

Nota: El coeficiente de dilatación lineal  $\alpha$  (antes  $11,5 \text{ }\mu\text{m/m °C}$  y ahora  $10,96 \text{ }\mu\text{m/m °C}$ ) y el módulo de elasticidad  $E$  (antes  $2,10 \cdot 10^5 \text{ MPa}$  y ahora  $2,07 \cdot 10^5 \text{ MPa}$ ) son ligeramente diferentes a los de la norma de neutralización precedente.

## 2.1.-REQUERIMIENTOS PARTICULARES

**Al instalar la vía.** Es conveniente, para facilitar la neutralización, hacerlo con la temperatura de fijación por debajo o igual a la de neutralización. Como se verá más adelante, si esto no se cumple, será preciso añadir cupones de carril, por lo que la neutralización será más laboriosa.

Los desvíos soldables y las juntas aislantes encoladas no invalidan la característica de vía sin

juntas.

**Extremos de la BLS. Aparatos de dilatación.** 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 o a un desvío soldable, en cuyo caso es necesario incluir en el tratamiento de neutralización 80 m de la vía anterior. Cuando los carriles son de distinta sección, esta cantidad se aumenta a 120 m. Si la diferencia de peso es mayor de 12 kg/m es necesario intercalar un aparato de dilatación.

En vías con traviesas de madera, cuando el extremo de la barra larga haya de empotrarse con una topera, deberán colocarse cuatro antideslizantes de carril en cada una de las 25 traviesas más próximas a dicho extremo.

**Vía estabilizada.** Para alcanzar los estados previos de recepción y estado de recepción en vía sobre balasto, siempre será necesario realizar la estabilización sobre la red tipo A y sobre todas aquellas líneas del resto de la red donde la velocidad sea superior a 160km/h, siendo recomendable en las líneas donde la velocidad esté comprendida entre 120 y 160 km/h.

En caso de que no se disponga de estabilizador dinámico o este no esté disponible, cuando una vía esté en estado de recepción, podrá autorizarse una velocidad de 80 km/h, si no se hubieran neutralizado las tensiones de las barras largas. Efectuada la neutralización de tensiones y después de haber circulado 80.000 t sobre ella, si se hubiera compactado con maquinaria pesada, o 100.000 t en caso contrario, podrá autorizarse la velocidad normal de itinerario.

En caso de que no se disponga de estabilizador dinámico o este no esté disponible, cuando una vía esté en estado previo de recepción, podrá autorizarse una velocidad de hasta 60 km/h, en función de las características de la línea y siempre que la vía en estas condiciones cumpla con las tolerancias para niveles de alerta (AL) para velocidades inferiores a 80 km/h, según lo indicado en la norma NAV 3-0-5.2 "Parámetros de geometría de Vía".

Se prestará especial precaución a los efectos negativos que la estabilización pueda producir en obras de fábrica muy antiguas cuyo estado de conservación no sea óptimo conforme a la normativa de inspección y/o conservación de estructuras.

Las torceduras de carril y soldaduras con defectos angulares afectan notablemente a la estabilidad de la barra larga por lo que ha de cuidarse en especial su recepción, tanto en taller como en vía, así como su descarga y colocación.

**Traviesas de madera.** En nuestra Red, salvo vías en túnel, pasos a nivel, tramos metálicos, zonas entre andenes y en algunos aparatos de vía, no es frecuente instalar vía en barra larga sobre traviesas de madera. Cuando se ha de neutralizar, han de haber circulado previamente 100.000 toneladas después del estado de recepción.

**Pasos a nivel y puentes.** 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 (ver capítulo 2 y las NAV 3-2-5.0, 3-3-5.3 y 3-5-1.0).

## 2.2.-NECESIDADES DE LA NEUTRALIZACIÓN DE TENSIONES

La neutralización es necesaria siempre que se monte vía y cuando se realicen trabajos de mantenimiento que modifiquen considerablemente el estado tensional de los mismos. Tras la realización de dichos trabajos, cuanto mayor sea la diferencia entre la temperatura del carril y la de neutralización de la zona, mayor será la alteración tensional producida.

A continuación se relacionan los casos en que debe efectuarse una medición del estado tensional del carril. En el apartado 7 se describen las técnicas disponibles para realizar dicha medición y en

el 7.1 las actuaciones a llevar a cabo en función de los resultados obtenidos:

- Sustitución de carril; por supuesto cuando es de forma continua o bien en trabajos de intercalado de cupones para reparaciones puntuales.
- Sustitución de traviesas.
- Trabajos que a criterio del responsable de mantenimiento puedan alterar la estabilidad de la vía y su nivel tensional (nivelación con maquinaria pesada, desguarnecidos, ripados, etc.)
- Si se han producido en las inmediaciones sucesos de deformaciones y/o roturas de carril.

También es recomendable realizar medición de tensiones en aquellos casos en los que:

- Los responsables de mantenimiento tengan sospechas de que se haya alterado o modificado la neutralización de vía.
- Transcurridos periodos máximos de **5 años** aunque no se hayan realizado trabajos, simplemente para tener controlado el estado tensional.

Las modificaciones del estado tensional de los carriles generadas por trabajos en vía dependen, en gran medida, de su grado de consolidación, de la magnitud y modo de la intervención, de las soldaduras, etc.

El grado de alteración tensional producido determina si se han de homogeneizar las tensiones longitudinales del carril o es preciso neutralizarlas.

En tramos donde los niveles de tensión longitudinal del carril son bajos puede obviarse el proceso de neutralización. Solamente se consideran los siguientes casos:

- En **túneles** de más de 60 m, si la temperatura de fijación o constitución de la barra larga fue de más de +3 °C (se excluyen los primeros 30 m desde las bocas del túnel, que se han de neutralizar como en el exterior).
- Cuando la vía del túnel esté sobre traviesas de madera, deben liberarse las tensiones hasta 36 m dentro del túnel. Se acudirá a la NAV 3-4-3.0 Montaje de vía en balasto para obra nueva, en caso necesario.
- En **desvíos** soldados a la barra larga de longitud inferior a 60 m siempre que se tomen las precauciones indicadas en el apartado 5.1

### 2.3.-TÉCNICAS DE 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.

La neutralización ha de hacerse, **necesariamente**, con la vía estabilizada (apartado 2.1), tendiendo este hecho a remarcar que los criterios para realizar las neutralizaciones están recogidos en los siguientes documentos:

- NAV 7-1-3.7 Montaje de vía. Consideraciones generales en actuaciones de mantenimiento, renovación y acondicionamiento.

- NAV 3-4-3.0 Montaje de vía en balasto para obra nueva.
- NAV 3-3-2.6 Soldadura eléctrica y neutralización de tensiones en carril.
- NAV 7-1-3.4 Montaje de aparatos de vía sobre balasto.

La vía ha de estar instalada correctamente, bien bateada y no podrá moverse ninguna traviesa. Éstas han de estar suficientemente estabilizadas para evitar la pérdida posterior de la homogeneidad de tensiones conseguida al neutralizar.

Se ha de prestar atención a los trabajos de vía, ya que es posible que éstos alteren el estado de neutralización de la misma.

Hay situaciones en las que **no es posible neutralizar** con ninguna técnica, en concreto:

- Cuando la temperatura del carril supera a la de neutralización.
- Cuando la temperatura del carril es inferior a 0 °C, ya que en esas condiciones no se permite soldar.

#### Tipos de neutralización en la Red

- **Por tracción de la barra larga provisional.**

Método en el que se estira el carril mediante gatos hidráulicos para alcanzar la longitud deseada. El proceso mediante soldadura eléctrica se especifica en la NAV 3-3-2.6.

- **Por calentamiento solar de los carriles.**

Método que aprovecha el calentamiento por radiación solar que experimenta el carril. Se ha de esperar a que su temperatura se aproxime suficientemente a la de neutralización, ya sea aumentando o reduciéndose. El nivel térmico alcanzado por el carril de modo natural siempre tiene su origen en el sol. Por ello, se considera de este tipo la realizada de modo natural, aunque fuese de noche o de día.

#### Características

##### **Neutralización por tracción**

- **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.

##### **Calentamiento solar**

- **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.

En general, es recomendable emplear el procedimiento de **neutralización por tracción** frente al de calentamiento solar debido a que, la variación de temperatura provocada por el sol no es un factor controlable y es variable en las distintas épocas del año; adicionalmente, el gradiente térmico varía en función del horario en el que se pretenda hacer la neutralización, siendo mucho mayor por la mañana hasta mediodía que a partir de ese momento, lo que puede alterar el resultado deseado con esta tarea.

En general, se utilizan ambos procedimientos dependiendo de las circunstancias. El modo más apropiado sería empezar aflojando la sujeción, colocar los rodillos y macear las barras. A partir de este instante, se utiliza el procedimiento solar si la temperatura del carril varía lentamente y está suficientemente próxima a la de neutralización, o los tensores si ésta es demasiado baja.

Conocer la evolución térmica del carril a lo largo de las 24 h del día y según época del año aporta importantes ventajas operativas para programar las neutralizaciones en cualquier área. En el 2006, Adif realizó un estudio en el que se obtuvieron gráficas de la evolución de la temperatura del carril para distintas condiciones meteorológicas.

### **3.-OPERACIONES EN LA NEUTRALIZACIÓN**

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 como con Calor).
- 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**

según impreso recogido en la Figura 3, que se cumplimentará por cada hilo.

**Tolerancia de las neutralizaciones.** Se establece en  $\pm 3$  °C la tolerancia del proceso de neutralización. Se evalúa por la diferencia entre la temperatura de libre esfuerzo y la de neutralización.

A nivel tensional, las estimaciones han de tener en cuenta el rango de temperatura del carril en la zona. A título de ejemplo, en una región donde dicho rango es de 82 °C y el error de una neutralización haya sido de +2 °C, el carril se encuentra con tensiones longitudinales más elevadas que en otra con 65 °C de rango donde se haya neutralizado con un error de +10 °C.

A pesar de esta consideración tensional, la tolerancia establecida de  $\pm 3$  °C ha de ser respetada, como regla de buena práctica, en todas las neutralizaciones de tensiones de carril.

### 3.1.-LONGITUD A LIBERAR

La longitud a liberar queda limitada por:

- El rozamiento entre carril y traviesas, considerado con los rodillos colocados entre ambos.
- La homogeneidad necesaria de la exposición al sol de las semibarras.
- Condiciones de trazado, singularmente en curva por la magnitud del radio.

No se han de neutralizar en una sola operación semibarras de carril soleadas y en sombra, salvo que la longitud de una de las zonas sea pequeña (menor de 36 metros). Por ejemplo: una parte situada en un terraplén soleado y otra en una trinchera en sombra.

Han de neutralizarse los dos hilos de la vía a la vez o uno inmediatamente a continuación del otro. De este modo se evitan desequilibrios tensionales en la vía, generados por las variaciones térmicas a lo largo del día, que pueden desestabilizarla bruscamente. En trabajos de mantenimiento sobre un solo hilo, donde sea preciso neutralizar, sólo se hará en el hilo afectado.

La longitud máxima establecida para las semibarras no debe incrementarse en ningún caso, ni aun cuando, en aquellos casos asimétricos, se dé que una de ellas pueda tener menor longitud.

#### 3.1.1.-Neutralización con tensores

La máxima longitud de las semibarras a neutralizar es:

- En recta y curvas de radio mayor de 1080 m: semibarras de 540 m.
- En curvas de radio R entre 500 y 1080m: semibarras de 0,5 R m.

La longitud mínima permitida para una semibarra es de 150 m.

En curvas con radio menor de 500 m se neutralizará por calentamiento solar, salvo que se disponga de piezas de guiado para ejecutar la operación mediante tensores. En este caso, necesariamente habrá de procederse a la neutralización de los hilos de forma consecutiva, actuando sobre el segundo (de inmediato) a la conclusión y total apriete del primero. La longitud máxima a liberar no conviene que exceda de los 150 m de semibarra.

Este uso cobra relevancia, asimismo, en alzados singulares, definidos por acuerdos cóncavos de radios inferiores a 4.000 m, a fin de contener la tendencia del carril a levantarse.

Al neutralizar con tracción se ha de disponer también de los medios precisos (barras de bola, gatos

de vía, etc.), para colocar de nuevo el carril en las cajas de las traviesas si éste se desplazara.

### 3.1.2.-Neutralización por calentamiento solar

Con esta técnica, la longitud máxima permitida es:

- En recta y en curvas de radio mayor de 1080 m: semibarras de 540 m
- En curvas de radio R entre 500 y 1080 m: semibarras de 0.5 R m
- En curvas de radio igual o menor de 500 m: semibarras de 250 m

Es fundamental respetar estas longitudes máximas sin alterar la dimensión de las semibarras. El hecho de hacerlo implica la necesidad de someter a las semibarras a esfuerzos de tracción mayores que, en muchos casos y con las herramientas y máquinas utilizadas, no es posible alcanzar, lo que implica un problema y una distribución poco homogénea de las tensiones en la barra neutralizada.

### 3.2.-CONSTITUCIÓN DE LOS PUNTOS FIJOS

Para facilitar la comprensión sobre cómo se constituyen los puntos fijos se recurre al croquis de la Figura 4. Cuando se neutraliza un tramo de carril ha de tenerse en consideración la homogeneidad tensional en la zona de unión con los dos tramos contiguos. Para ello se establece el recurso operativo de solape que se describe a continuación.

El tramo que ha de neutralizarse es el determinado por los puntos A y B situados sobre traviesas (Figura 4). En la traviesa número  $N_1$ , contada desde A hacia fuera del tramo, se afloja la sujeción. Éste constituye lo que se denomina punto fijo,  $PF_1$  en el croquis. Lo mismo se hace a partir del B para el otro punto fijo  $PF_2$ .

Para asegurar la fijación del carril fuera de la barra a neutralizar han de estar apretadas, como mínimo, un número  $N_2$  de traviesas más allá de los puntos fijos  $PF_1$  y  $PF_2$  y las  $N_1$  comprendidas entre A y  $PF_1$  por un lado y B y  $PF_2$  por el otro

Por las diferencias tensionales entre ambas técnicas de neutralización, los números de traviesas  $N_1$  y  $N_2$  también lo son. Para cada método, el número de traviesas  $N_1$  y  $N_2$  serán:

- Neutralización por Tensores:  
 $N_1 = 20$ .  
 $N_2 = 60$ .
- Neutralización por Calentamiento solar:  
 $N_1 = 10$ .  
 $N_2 = 30$ .

Como puede observarse, los llamados puntos fijos constituyen referencias de trabajo necesarias en la neutralización del carril. Con ellos queda determinado el solape de los tramos consecutivos en las operaciones de neutralización.

#### Neutralización por tensores

Cuando la neutralización se hace en curva, estos puntos han de quedar situados en la primera mitad de la transición de entrada y salida (con la excepción, citada en 3.1.1, para curvas de radio

inferior a 500 m).

La distancia del punto fijo a un aparato de dilatación debe ser superior a 40 m.

Por otro lado, ha de tenerse en cuenta que el punto fijo de un tramo inmediato a un aparato de dilatación ha de quedar, como máximo, a 60 m de dicho aparato de vía.

### **Neutralización por Calentamiento solar**

La distancia del punto fijo a un aparato de dilatación debe ser superior a 30 m.

### **3.3.-MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DE CARRIL**

Se medirá con termómetros validados por Adif y su manejo se hará siguiendo las instrucciones suministradas por el fabricante. Se ha de tener presente que en las medidas con sol se reduce la precisión cuando la temperatura del carril está variando, tanto más cuanto mayor sea el gradiente de la evolución. Sus magnitudes más elevadas se dan en cambios de sol y nubes con viento y en las mañanas de días soleados (ver último párrafo de 2.3).

Los termómetros de contacto han de colocarse en el alma del carril durante un tiempo mínimo, especificado por el fabricante, antes de tomar la lectura. Debe evitarse que reciban directamente la radiación solar, tanto el termómetro como la superficie del carril donde se coloque.

Los termómetros de cupón de carril son electrónicos. En ellos, la sonda de medida se encuentra centrada en el interior de la cabeza del carril en un taladro practicado al efecto. Para realizar la medida han de ser colocados en medio de la vía y paralelamente al carril cuya temperatura se desea medir. Son los más recomendables en cuanto a precisión. Sin embargo, son lentos en la operación y pesados para su traslado.

Los de infrarrojos necesitan precauciones especiales y buen conocimiento de la técnica para su manejo. Ello se debe a las diferencias puntuales de emisividad de la superficie del carril, muy baja en la zona de rodadura y elevada en el resto.

Los termómetros de cupón de carril y de infrarrojos se desaconsejan en los trabajos habituales de vía.

La evolución de la tecnología puede aportar termómetros para el carril, no recogidos en esta Norma, cuyas instrucciones de uso habrán de ser suministradas por el fabricante.

### **3.4.-LIBERACIÓN Y HOMOGENEIZACIÓN EN LA NEUTRALIZACIÓN DE TENSIONES**

Previamente a la operación de neutralización propiamente dicha se han de liberar las tensiones longitudinales del carril, homogeneizándolas en su valor cero.

#### **Liberación de tensiones.**

Para liberar tensiones en cualquier material o estructura se ha de efectuar un conjunto de acciones mecánicas (cortar, taladrar, aflojar sujeciones, macear, etc.) que las reduzcan a cero. Estas operaciones se orientan generalmente a la liberación de alguna de las tensiones existentes en el material. Aunque en el carril existen tensiones de distinta naturaleza, nuestra atención se centrará exclusivamente en las longitudinales generadas por las variaciones de su temperatura y por agresiones, localmente repetidas, del material rodante. Las restantes no serán consideradas en esta Norma.

Con la variación de su temperatura, los esfuerzos longitudinales en la barra larga soldada (BLS) se modifican a razón de unos 2,3 MPa/°C. Para liberar las tensiones de este tipo, presentes en un

tramo de carril, es necesario cortarlo, aflojar sujeciones, colocarlo sobre rodillos para disminuir el rozamiento y golpearlo lateralmente en la cabeza, con mazos de nailon o madera, para eliminar resistencias puntuales. Con estas operaciones, las tensiones se anulan a lo largo del tramo, por lo que también quedan homogeneizadas a un nivel de tensión cero.

En esta misma norma se verá también la homogeneización de tensiones en carril como una operación específica de mantenimiento.

### **Acciones para la liberación de tensiones en el carril.**

Para que el carril se relaje longitudinalmente es necesario, como ya se ha indicado más arriba, aflojar las sujeciones, colocar rodillos entre el carril y la traviesa y después golpearlo lateralmente para eliminar las resistencias puntuales.

- **Corte de carril**

Cuando se neutralizan tramos de vía en BLS ya instalados, se ha de cortar el carril. En ese caso, se ha de elegir el punto de corte en las proximidades de una soldadura. Si se ha de suplementar el carril, el cupón correspondiente no deberá tener una longitud inferior a 6 m (NAV 7-5-1.1). De este modo, las soldaduras en este entorno quedarán separadas en más de 5 metros.

- **Aflojado de las sujeciones**

Para evitar el pandeo del carril desclavado, se comenzará esta operación en la cala central avanzando hacia los puntos fijos. Se aflojan las sujeciones hasta la mitad del enroscado (en ciertos tipos de sujeción habrá de quitarse totalmente). En calentamiento solar, para que el carril se mantenga dentro del rango admisible de temperatura,  $t_n \pm 3$ , esta operación ha de realizarse simultáneamente en las cuatro semibarras. Por ello, es necesario disponer de un mayor número de máquinas motoclavadoras, no inferior a cuatro.

Si se aflojan las sujeciones con la temperatura del carril ascendiendo, se ha de vigilar el cierre de la cala central, por si fuera necesario situar las puntas de las semibarras cruzadas en vez de enfrentadas. De este modo se evitan las tensiones de compresión entre ambas, si entran en contacto, y se facilita el corte necesario.

- **Maceado del carril y colocación de rodillos (más piezas de guiado, en su caso)**

En primer lugar se retiran las placas elásticas de apoyo en donde se han de colocar los rodillos entre traviesas y carril. Estos han de ser de acero de 18 mm de diámetro y 20 cm de largo con bordes achaflanados. Se dispondrán perpendicularmente al carril.

Si son traviesas de madera, los rodillos serán de 14 cm de largo y con el mismo diámetro de 18 mm.

Para colocar los rodillos ha de levantarse el carril con gatos o palancas especiales, espaciándolos, a lo sumo, según se indica a continuación:

- RN 45 Cada 12 traviesas (unos 7 m de separación).
- UIC 54 / 54 E1 Cada 15 traviesas (unos 9 m de separación).
- UIC 60 / 60 E1 Cada 17 traviesas (unos 10 m de separación).

En el caso de curvas con radio inferior a 500 m que se vayan a neutralizar mediante el empleo de tensores, será necesaria la utilización de piezas de guiado. Éstas se dispondrán siempre en traviesas en las que no se hayan colocado rodillos.

Los golpes se darán alternativamente a uno y otro lado de la cabeza en puntos separados por 5 traviesas. Se partirá desde el punto de corte, llegando al final del tramo, y volviendo de nuevo al origen. Han de utilizarse al menos dos mazos por semibarra. Ya colocado el carril sobre los rodillos, se empezará a golpearlo lateralmente en su cabeza.

En estos mazos, al menos **su zona de impacto ha de ser de madera o nailon**. La masa con que se golpea el carril ha de ser igual o mayor de 5 kg. A esta operación se le llama maceado. Golpear el carril con acero está **totalmente contraindicado** debido al daño que le puede ocasionar, tanto en su superficie como en su interior.

El maceado del carril se concluye cuando se inicie el apriete de las sujeciones a las traviesas. La liberación de tensiones del carril es una parte necesaria en su neutralización, como se expone más adelante en esta Norma.

### 3.5.-NEUTRALIZACIÓN DE TENSIONES

#### 3.5.1.-Neutralización con tensores

Este procedimiento consiste en estirar las semibarras con tensores hidráulicos hasta que alcancen la longitud que tendrían a la temperatura de neutralización. Si el carril está totalmente libre, la tracción a aplicar es independiente de la longitud de la barra; sólo es función de la naturaleza del acero del carril y de su sección. En la práctica, y para longitudes que no excedan a las indicadas en el apartado 3.1, se pueden aplicar las siguientes expresiones:

- Carril RN 45:  $F_T = 1,326 \Delta t$ .
- Carril UIC 54 / 54 E1:  $F_T = 1,610 \Delta t$ .
- Carril UIC 60 / 60 E1:  $F_T = 1,780 \Delta t$ .

en las que:

$F_T$  es la fuerza de tracción, en toneladas, que se ha de realizar. Su magnitud se obtiene mediante la expresión:  $F_T = S E \alpha \Delta t$ .

$\Delta t$  es la diferencia entre la temperatura de neutralización y la que tiene el carril en ese momento.

En la Figura 5 se indican los valores de  $F_T$  para distintos  $\Delta t$  y según el tipo de carril.

La temperatura de neutralización más alta en la Red es de 37 °C. La mínima permitida para soldar es de +0 °C. Con estos datos se deduce que la dilatación máxima a aplicar sería la correspondiente a un incremento desde 0 a 37 °C, es decir de 37 °C. Por tanto, la fuerza máxima precisa para los tensores de ámbito general será la siguiente:

- Carril RN 45:  $F_T = 1,326 \times 37 = 49,1 \text{ t} = 481 \text{ KN}$ .
- Carril UIC 54 / 54 E1:  $F_T = 1,610 \times 37 = 59,6 \text{ t} = 584 \text{ KN}$ .
- Carril UIC 60 / 60 E1:  $F_T = 1,780 \times 37 = 65,9 \text{ t} = 645 \text{ KN}$ .

Con tensores que alcancen 70 t se cubrirían todas las circunstancias posibles.

En regiones donde la temperatura de neutralización sea inferior de 37 °C, las prestaciones de los cilindros hidráulicos pueden ser inferiores. Así, en zonas en las que dicha temperatura es de 27 °C, el carril UIC 54 requiere, sin rozamientos  $1,610 \times 27 = 43,5 \text{ t}$ . En ellas sería adecuado la utilización de tensores de 50 t.

Para lograr una correcta neutralización con esta técnica, es necesario que el alargamiento sea uniforme en toda la barra. Dicha homogeneidad se ha de comprobar mediante marcas distribuidas en el carril como se indica en el apartado siguiente.

#### **3.5.1.1.-TRAZADO DE MARCAS EN CARRIL Y TRAVIESA**

Al terminar de macear el carril y medir su temperatura, se trazan en el patín marcas transversales al carril cada 50 m medidos con cinta métrica y partiendo desde los puntos A y B y hacia la cala.

Las marcas en el carril que quedan sobre alguna traviesa se prolongan sobre ésta. En caso de no ser así, se marca de nuevo una traza en el patín a la altura de la traviesa más próxima, prolongándola también del mismo modo.

Las marcas han de ser nítidas y visibles ya que con ellas se ha de controlar, cada 50 m, la variación de longitud del carril respecto a la traviesa.

Generalmente, las marcas sobre un fondo de tiza blanca cumplen suficientemente su objetivo.

Las marcas se numeran de modo que las número 1 queden a 50 m de A o B. Se anotará con la letra **U** la última marca, que es la más próxima a la cala. Esto se hará en ambas semibarras.

Se trazan las marcas simultáneamente en el patín y en la traviesa. Se ha de utilizar un rotulador de trazo bien visible de 0,15 a 0,20 mm de ancho.

Para evitar confusiones, no han de hacerse dobles marcas (por ejemplo de la situación inicial y de la final).

#### **3.5.1.2.-DIMENSIONADO DE LA CALA CENTRAL**

En general, ha de procurarse que las dos semibarras a liberar, separadas por la cala central, tengan la misma longitud, si bien no es preceptivo.

Para formar la cala central debe aprovecharse una soldadura. Si no fuese posible, se cortará la barra provisional con disco abrasivo en el centro del tramo a neutralizar.

Se autoriza el empleo de soplete, si ello es imprescindible. En ese caso han de sanearse las puntas de las semibarras con disco abrasivo.

Tan pronto se haya maceado el carril, se mide su temperatura. Si coincide con la de neutralización, con la tolerancia admitida de  $\pm 3$  °C, se cortará la punta de una de las semibarras para obtener la cala de soldadura necesaria según procedimiento empleado (ver NAV 3-3-2.1). Se ha de soldar inmediatamente y se apretará la sujeción según se indica en el apartado 3.6.

La **temperatura de libre esfuerzo** de la barra al soldarla ha de coincidir con la de neutralización de la zona, considerada con su tolerancia. También puede explicarse diciendo que la longitud de las barras, cuando quedan soldadas, es la misma que tendrían si su temperatura fuese la de neutralización y estuviesen en estado de libertad.

Si la temperatura de las barras es inferior a la de neutralización, siempre considerada con su tolerancia, la dimensión de la cala central se determina con la expresión:

$$C = (10,96 \cdot \Delta t \cdot L_T / 1000) + s$$

en la que:

**C**= Cala central en mm que se ha de tener antes de tensar las semibarras.

$\Delta t = (t_n - t_c)$  Diferencia entre la temperatura de neutralización de la zona y la del carril en °C. Siempre es positiva, ya que la neutralización sólo puede hacerse cuando la del carril es inferior.

$L_T$  = Suma de las longitudes de las dos semibarras en metros.

$s$  = Cala de soldeo en mm, según procedimiento empleado (Ver NAV 3-3-2.1).

10,96 = Coeficiente de dilatación del acero de carril ( $\alpha$ ) medido en  $\mu\text{m}/^\circ\text{C m}$ .

El término  $(10,96 \cdot \Delta t \cdot L_T / 1000)$  de la fórmula es la dilatación teórica del conjunto de las dos semibarras si aumentase su temperatura hasta alcanzar la de neutralización.

Se ha de cortar de una de las semibarras la diferencia entre la cala  $C$  calculada y la separación real en dicho momento.

Si la separación real es mayor que la  $C$  calculada, es necesario soldar un cupón de la longitud mínima que determine el tipo de línea. En la planificación ha de tenerse en cuenta este tipo normal de eventualidades que alargan la ejecución.

### 3.5.1.3. - TENSADO DE CARRIL

Terminado el marcado del carril y el dimensionado de la cala  $C$ , se aplica tracción de una a otra semibarra hasta que alcancen la longitud que tendrían a la temperatura de neutralización. Para ello se utilizan tensores hidráulicos validados en Adif para esta aplicación.

Se situarán en la cala aprisionando los extremos de las dos semibarras a neutralizar.

El funcionamiento de los tensores se controla mediante el alargamiento que experimenta el carril, en lugar de hacerse por medida de la fuerza aplicada. El cálculo se realiza mediante la expresión:

$$\Delta L = 10,96 \cdot 10^{-3} \cdot L \cdot (t_n - t_c)$$

en donde  $\Delta L$  se obtiene en mm,  $t_c$  es la temperatura de partida del carril y  $L$  son las cotas de 50 m, 100 m, 150 m, etc. desde A o B a las marcas 1, 2, 3. y U y las de AC y BC de las semibarras, según se indica en las Figuras 4, 6, 7 y 8.

Esto explica que los tensores no precisen manómetros para la medida de fuerzas o de la presión del aceite. Sin embargo, **se recomienda** su incorporación como testigo de funcionamiento.

La dilatación de cada una de las cotas se determina con las tablas de las Figuras 6, 7 y 8.

Las tolerancias que se admiten en el recorrido de las marcas de carril cada 50 metros son:

- En la primera marca: +3, -1 mm.
- En la diferencia entre dos marcas consecutivas:  $\pm 2$  mm.
- El alargamiento total, suma de los provocados en las dos semibarras, se ha de ajustar a la temperatura de neutralización considerada con su tolerancia de  $\pm 3$  °C.

Nota. En la exposición realizada ha de apreciarse que en ningún momento ha sido preciso medir la fuerza o tensión que se ejerce con los gatos hidráulicos. Recuérdese que entre las deformaciones que aparecen al tensar el carril, las variaciones de la temperatura que las producirían y las tensiones aplicadas existe una relación proporcional. Así, una variación de 1 °C se corresponde con una deformación de 10,96  $\mu\text{m}/\text{m}$  y con un incremento de la tensión de 2,269 MPa.

Por este motivo, dichas variaciones pueden ser tratadas como equivalentes y expresar cualquiera

de ellas como evaluación de las otras. En el proceso descrito se ha utilizado la dilatación de las barras como parámetro de control del esfuerzo y de la diferencia de temperatura que se desea.

Finalmente, se ha de cumplimentar por cada hilo el Acta de Neutralización de la Figura 3, en la que se anotarán datos y referencias de la operación. Este parte constituye la certificación de la neutralización realizada.

### 3.5.2.-Neutralización por calentamiento solar

#### 3.5.2.1.-CONSIDERACIONES GENERALES

En primer lugar, como ya se ha descrito de modo general (apartados 3.1 y 3.2), se determina la longitud a neutralizar y se constituyen los puntos fijos. A continuación se liberan las tensiones longitudinales.

Para obtener una homogeneización final de tensiones en el carril, su temperatura ha de ser la misma, por lo que han de evitarse zonas al sol y en sombra, al mismo tiempo, a lo largo de ambas semibarras.

El método consiste en esperar a que el carril alcance la temperatura de neutralización de la zona. Los momentos más propicios se dan cuando la variación de la temperatura del carril es muy lenta. Se ha de señalar que, en días soleados, en las primeras horas de la mañana, especialmente en vías con orientación N-S, dicha variación es importante y resulta impracticable esta técnica con una cierta garantía.

Aprovechar el calentamiento solar del carril cuando su temperatura está descendiendo es una solución. Así, tras la puesta del sol, considerada también la noche, la estabilidad de la temperatura del carril es más elevada. Un buen conocimiento de la evolución térmica del carril en cualquier zona potencia la aplicación de esta técnica. Así, es fácilmente constatable las oportunidades que ofrecen las noches de verano para su aplicación y el empleo posterior de la técnica de tensores si el nivel de temperatura del carril resulta insuficiente.

Preparada la cala necesaria y, habiendo alcanzado el carril la temperatura de neutralización con la tolerancia admitida, se procederá a la fijación y soldeo de las semibarras. En este proceso, también ha de prestarse atención al sentido de la evolución de la temperatura del carril para mejorar la calidad de la neutralización del mismo.

#### 3.5.2.2.-DIMENSIONADO DE LA CALA CENTRAL

Ha de recordarse en este punto que debe considerarse la evolución de la temperatura del carril, su signo y velocidad. Esta técnica se desaconseja cuando la variación de la temperatura del carril no es lenta; situación que se presenta en mañanas soleadas y en días de viento durante las alternancias entre sol y nublado.

A modo de **ejemplo**, en las gráficas de la Figura 9 se representa la evolución diurna de la temperatura de carril y de ambiente obtenidas de mediciones realizadas en el Centro Tecnológico de Vía (CTV) de Valladolid. Se tomaron sobre tres cupones de carril en orientaciones geográficas diferentes un día del mes de julio, soleado, con brisa y poco caluroso.

- Obsérvese que a más velocidad del aire se tiene una mayor aproximación de la temperatura del carril  $t_c$  a la del ambiente  $t_a$ . Lo mismo ocurre en días nublados. Por ello, en ambos casos, la variación a lo largo del día de la temperatura del carril  $t_c$  es más suave.
- Sin embargo, si la velocidad del viento fuese nula, la temperatura del carril se incrementaría notablemente respecto a la de ambiente. Por ello, su variación a lo largo del día sería aún mayor que la representada en las gráficas.

- Desde el punto de vista de la orientación geográfica, con la dirección E-0 la temperatura del carril sufre en verano variaciones más suaves.

Tan pronto se alcance la temperatura de neutralización, o unos grados antes, dependiendo de la lentitud de la variación térmica, se comienza el proceso. En cada hilo de la vía, se ha de cortar la punta de una de las semibarras en la cantidad adecuada para dejar la cala como señala el procedimiento de soldadura de la NAV correspondiente.

Si la separación real entre las semibarras es excesivamente grande, se ha de soldar un cupón de carril cuyo tamaño mínimo depende de la vía.

De hecho, por cálculo, se puede conocer anticipadamente cuanto dilatará o contraerá el carril: para ello se macean las semibarras tan pronto se han colocado los rodillos y se utiliza la siguiente fórmula:

$$\delta = (10,96 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta t) \cdot L_T$$

en la que

$\delta$  = Dilatación total de las dos semibarras en milímetros. Si es negativa, las barras se contraerán y la cala central se hará mayor.

$\Delta t = (t_n - t_c)$  Diferencia entre la temperatura de neutralización de la zona y la del carril en °C.

$L_T$  = Suma de las longitudes de las dos semibarras en metros.

$10,96 \cdot 10^{-3}$  = Coeficiente de dilatación del acero de carril ( $\alpha$ ) en mm/m °C.

La longitud de carril a cortar se determina por la siguiente fórmula:

$$\delta_L = s + \delta C_a$$

en la que:

$C_a$  = Separación, o cala, en el momento de tomar la temperatura; puede ser negativa (caso de estar cruzadas las dos puntas de las semibarras).

$s$  = cala de soldeo, según el procedimiento empleado.

Si  $\delta_L < 0$ , es necesario añadir un cupón a una de las semibarras.

La distancia mínima entre dos soldaduras aluminotérmicas, aluminotérmica y eléctrica o aluminotérmica y extremo de carril viene determinada en las normas NAV 3-4-3.0 Montaje de vía en balasto para obra nueva, NAV 7-1-3.4 Montaje de aparatos de vía sobre balasto y NAV 7-1-3.7 Montaje de vía. Consideraciones generales en actuaciones de mantenimiento, renovación y acondicionamiento.

**Observación.** Hasta que el carril no alcance una temperatura muy próxima a la de neutralización, no conviene cortar la semibarra. Si es necesario, se debe efectuar un corte provisional unos 12 mm menor que la longitud calculada  $\delta_L$ .

En la práctica, no siempre resulta exacta la fórmula aplicada, ya que el coeficiente de dilatación industrialmente utilizado es una aproximación a un valor intermedio dentro del rango de temperaturas en las que se autoriza neutralizar.

Finalmente, se ha de cumplimentar por cada hilo el Acta de Neutralización de la Figura 3, en la que se anotarán datos y referencias de la operación. Este parte constituye la **certificación de la**

neutralización realizada.

### 3.6.-APRIETE DE SUJECIONES

El apretado de sujeciones presenta peculiaridades propias de cada tipo de neutralización debido a las diferencias de magnitud, signo y distribución de las tensiones que en ese momento hay en el carril. Por ello se describen a continuación separadamente.

**A.- Neutralización por tensores.** Se comienza a apretar la sujeción de las semibarras tan pronto se termina el tensado de carriles. La operación es simultánea con el soldeo de la cala central, de acuerdo con las siguientes prescripciones. Es común a ambas técnicas realizar simultáneamente la soldadura y el apriete de las sujeciones de su entorno.

- Se retiran los rodillos y se reponen las placas retiradas. Se realiza desde la cala central hacia los puntos fijos.
- Se aprietan las sujeciones de cada semibarra a partir de la traviesa treinta, contando desde la cala a razón de una traviesa de cada tres.
- Veinte minutos después de soldar, se aprietan las 60 traviesas del entorno de la cala central.
- Una vez apretadas estas 60 traviesas, y una de cada tres en un mínimo de 30 metros a cada lado, se pueden retirar los tensores.
- Se concluye apretando la sujeción del resto de las traviesas.

Si se ha recurrido a la utilización de piezas de guiado, las traviesas correspondientes serán las últimas en recibir el apretado de las sujeciones (previa retirada de las citadas piezas de guiado).

Hasta que no esté apretada la sujeción en una de cada tres traviesas consecutivas en todas las semibarras, no se puede autorizar el paso de ninguna circulación, ni máquinas, ni trenes de trabajo.

**B.- Calentamiento solar.** Tan pronto se alcance la temperatura de neutralización y sin esperar a que se termine de dimensionar la cala central, se comienza a apretar la sujeción de las semibarras a neutralizar, según se indica a continuación.

- Se quitan los rodillos y se reponen las placas de asiento. Se empieza desde la cala central siguiendo hacia los puntos fijos.
- Se aprietan las sujeciones de cada semibarra a partir de la traviesa quince, numerada desde la cala, y a razón de una traviesa de cada dos. Si el incremento de temperatura es rápido y la vía está en curva conviene apretar 10 traviesas seguidas y luego una de cada tres.
- Ya se ha indicado que si la temperatura del carril está variando rápidamente es difícil neutralizar con precisión las tensiones longitudinales del carril por los métodos recogidos en esta.
- Si la variación de la temperatura del carril no es suficientemente lenta, aparecen errores importantes en la neutralización debidos a:
  - La pérdida de precisión en la medición de la temperatura del carril.
  - Las variaciones de longitud de las semibarras dificultan las operaciones relacionadas con la determinación de la cala de soldadura, siendo estas mayores con semibarras más largas.

Por dichos motivos, es inviable en estas condiciones realizar el proceso con una buena precisión.

- Veinte minutos después de efectuar la soldadura se aprietan las 30 traviesas colindantes.
- Se concluye apretando la sujeción del resto de las traviesas.

**Motoclavadoras.** Para los dos tipos de neutralización se ha de tener un mínimo de 4 clavadoras, dos para cada semibarra. Han de estar dotadas de medición de par de apriete y con limitador de par ajustable, debiendo contar con la validación de Adif.

Tras concluirse la ejecución de estas etapas de soldadura de las semibarras y de apriete de las sujeciones, queda finalizada la neutralización.

### 3.7.-SOLDADURA DE LAS SEMIBARRAS

La soldadura de carriles es un proceso que, dada su especialidad tecnológica, requiere un tratamiento particular. Por ello, los procedimientos de actuación se describen en la NAV 3-3-2.1 Soldadura aluminotérmica de carriles. Ejecución y recepción de soldadura.

En el caso de la neutralización por tensores, estos no han de retirarse hasta pasada media hora de la soldadura y cuando se hayan apretado todas las sujeciones.

La retracción producida en la soldadura aluminotérmica exige que, producido su enfriamiento, se homogeneicen los importantes niveles de tensión que en ellas se generan.

Es básico recordar que queda prohibido terminantemente realizar trabajos de neutralización asociados a intercalado de cupones de forma que se esté traccionando el carril sobre una soldadura aluminotérmica recién hecha y sin haber transcurrido el tiempo mínimo de consolidación que debe ser superior a 2 horas. En caso de ser necesario realizar una neutralización asociada a un cupón, la soldadura de neutralización ha de realizarse siempre en las mismas condiciones que si se tratara de un carril continuo, esperando el tiempo necesario hasta que el material de aportación alcance las características mecánicas y metalúrgicas del acero al carbono del carril.

Caso especial es el de las soldaduras eléctricas por chisporroteo realizadas en vía con cabezas de soldadura cuyas características están ya recogidas en la NAV 3-3-2.6 Soldadura eléctrica y neutralización de tensiones en carril.

### 4.-HOMOGENEIZACIÓN DE TENSIONES

La homogeneización de tensiones es una operación cuyo objetivo es distribuir uniformemente las tensiones longitudinales existentes en el carril. Dentro de un tramo homogeneizado, la tensión longitudinal es la misma en cualquier punto, no existiendo picos tensionales, por haber sido repartidos a lo largo del tramo. Con esta distribución homogénea, la variación de la temperatura del carril modifica en la misma magnitud el nivel de tensión en todos los puntos del tramo. Por ello se conserva dicha homogeneidad.

Recuérdese que el **estado tensional** de una BLS viene determinado por su **temperatura de libre esfuerzo**, cuya diferencia con la de neutralización permite evaluarlo. En un tramo homogeneizado la temperatura de libre esfuerzo es idéntica en todos sus puntos al tener todos ellos el mismo nivel de tensión. Recuérdese igualmente que ésta es **constante** aunque varíe la temperatura del carril, ya que es independiente de ella y solo depende de las condiciones de su instalación.

La falta de homogeneidad de la distribución de tensiones en el carril tiene su origen en diferentes causas, como haber montado la vía sin neutralización, levantes de carril, soldaduras de carril, agresión excesiva del tráfico, agresiones repetidas puntualmente, etc.

**En resumen**, la homogeneización de tensiones tiene como objetivo distribuirlas uniformemente en el tramo intervenido para reducir sus valores extremos y eliminar los desequilibrios puntuales.

#### 4.1.-CASOS EN LOS QUE SE HAN DE HOMOGENEIZAR LAS TENSIONES

De modo general, la homogeneización de tensiones ha de realizarse en operaciones puntuales de mantenimiento del carril donde se modifique la distribución original de dichas tensiones, ya sea por corte o por solicitaciones mecánicas sobre el mismo. Han de ser destacadas también las agresiones continuas de la circulación en los mismos tramos de vía, lo que altera significativamente dicha distribución tensional. Concretamente se realizará, al menos, en los siguientes casos:

- En toda soldadura de carril.
- En la sustitución de un cupón de carril.
- En la neutralización por tracción si, habiendo tramos de 50 m seguidos y fuera de tolerancia, la suma algebraica de los errores (o incluyendo tramos contiguos), está dentro de la tolerancia de 2 mm cada 50 m. En ese caso se admite homogeneizar toda la barra (o una semibarra) como corrección de una neutralización.
- Tramos en los que se conozca la presencia repetida de agresiones de la circulación, especialmente por frenadas y tracción, en estaciones y proximidad a señales.
- Cuando se realice depuración manual de balasto.
- Trabajos de mantenimiento donde se rectifique la alineación o nivelación.
- Trabajos de mantenimiento donde las condiciones meteorológicas modifiquen notablemente la temperatura del carril.

La homogeneización no debe afectar a las zonas de respiración.

#### 4.2.-PROCEDIMIENTO

La homogeneización de una barra larga de carril, o de un tramo de la misma, se realiza aflojando las sujeciones de toda la longitud a tratar, colocando rodillos bajo las traviesas (no es necesario colocar los rodillos si la longitud de la barra es menor de 60 m) y maceando el carril, como se describe al neutralizar. Aquí, no han de hacerse marcas en el carril ni realizar soldaduras. La homogeneización de tensiones se concluye con el apretado de las sujeciones.

En el caso de curvas de radio inferior a 500 m, es conveniente la colocación de piezas de guiado a la vez que se quitan las sujeciones, para evitar el movimiento transversal del carril.

El objetivo del maceado, como ya se indicó en la neutralización de tensiones, es eliminar las resistencias puntuales para distribuir las tensiones homogéneamente en el carril.

##### 4.2.1.-Homogeneización en tramos cortos

En este punto se contemplan las sustituciones de cupones (inferiores a 18 m) y cualquier soldadura de carril. Estas dos operaciones, dada su incidencia en la pérdida de la homogeneidad de la tensión longitudinal en el carril, así como las retracciones que en el proceso de la soldadura aluminotérmica se producen, requieren una particular atención.

Se ha de señalar que, en ensayos realizados por Adif en 2005 y 2006, se obtuvieron contracciones en distintos tipos de soldaduras, comprendidas entre 2,5 y 3 mm., siendo estas magnitudes muy elevadas desde un punto de vista tensional (a modo de ejemplo, recuérdese que una variación de 3.000 micras en un tramo de 10 m representa una fuerza adicional de 48,6 t en un carril de 60 kg).

Por todo ello, en estos trabajos es preciso hacer la homogeneización de tensiones. Se ejecutará cuando la soldadura haya alcanzado el mismo nivel térmico que el resto del carril. Esta situación se alcanza **transcurridas unas cuatro horas** si el viento se encuentra en absoluto reposo.

- **Soldadura.** Para reducir las tensiones producidas por las retracciones, se han de aflojar las sujeciones en un tramo de 100 m, centrado en la soldadura realizada cuando ésta se haya enfriado.
- **Sustitución de cupones.** Se homogeneizará un tramo constituido por el cupón instalado y 50 m a cada lado del mismo. Esto representa una longitud de 100 m más la longitud del cupón. (Ensayos realizados en el 2006 por Adif han permitido evaluar en 4,5 mm la retracción experimentada por el conjunto de ambas soldaduras cuando la segunda se realiza 30 minutos tras el inicio de la primera).
- **Otras causas.** En otras normas de vía se indica la longitud del tramo a homogeneizar debido a causas diversas. En todos los casos será igual o mayor que la dimensión indicada aquí.

Como en la neutralización, no se permitirá el paso de ninguna circulación, incluso máquinas y trenes de trabajo, hasta que no estén apretadas una de cada tres traviesas consecutivas.

Esta operación ha de hacerse según indica la norma de ejecución de soldaduras aluminotérmicas en vía (NAV 3-3-2.1).

#### 4.2.2.-Homogeneización en tramos largos

Este caso se presenta cuando se producen agresiones longitudinales del tráfico localmente repetidas en un mismo tramo. En estas zonas de frenado o de tracción de la circulación aparecen acumulaciones de tensiones longitudinales que pueden alcanzar magnitudes importantes. Se producen, consecutivamente, tensiones de signos opuestos. Un ejemplo sería un tramo de frenado en el que descienden las composiciones para entrar en estación. Al principio del mismo los carriles son traccionados. De manera simultánea, las tensiones de compresión se acumulan sobre la zona final.

La homogeneización en estas condiciones requiere que la operación cubra al mismo tiempo la parte en tracción del carril con la sometida a compresión. Esto supondrá la realización de la redistribución de tensiones en tramos de longitud relativamente elevada dado el tamaño de las composiciones, en particular las de gran poder de frenado como son las de Cercanías. Esto exigirá precauciones particulares en su ejecución, especialmente en curvas, o bien se procederá a una neutralización. El modo de ejecución es similar al que se realiza en tramos cortos salvo que es necesaria la utilización de rodillos en el maceado y de piezas de guiado, en su caso.

#### 4.2.3.-Homogeneización continua

Este tipo de homogeneización está destinada a ser realizada en tramos relativamente largos con objeto de optimizar, con eficiencia, su ejecución.

Cuando se han de homogeneizar las tensiones en un tramo de carril relativamente largo, es aconsejable realizarlo de modo continuo en lugar del método tradicional discreto.

El método de homogeneización continua consiste en utilizar dos motoclavadoras simultáneamente, avanzando una tras otra y manteniendo una separación entre ellas de unos 50 a 80 m. Con la primera se aflojan las sujeciones mientras que con la segunda, de par de apriete controlado, se van apretando de nuevo. Mientras la pareja de motoclavadoras avanza por el carril se macea éste, acentuándose la actuación a pocos metros de la primera máquina.

Se ha de destacar que este proceso de homogeneización continua sólo puede realizarse **sobre una vía estabilizada**.

Las experiencias realizadas aconsejan utilizar dos motoclavadoras, con control del par de apriete, operando simultáneamente en lugar de la segunda máquina. Esto se explica por la menor velocidad de la operación de apriete.

El proceso puede ser ampliado a la homogeneización simultánea de ambos carriles, utilizando cuatro o seis motoclavadoras y un agente maceando uno y otro carril.

Solamente se puede homogeneizar el carril de modo continuo cuando éste se encuentra a una temperatura relativamente baja en relación a la de neutralización.

En carriles que no fueron neutralizados en su día no puede utilizarse esta técnica de homogeneización ya que su estado tensional es impredecible.

Una **homogeneización de tensiones no supe la neutralización** no realizada. Recuérdese que al homogeneizar se distribuyen las tensiones longitudinales de modo que las que alcanzan valores absolutos más elevados, de tracción o compresión, quedan reducidas a un valor medio uniforme. Si la neutralización no fue nunca realizada en ese tramo, la distribución de tensiones no asegura que el nivel de las mismas sea el adecuado.

**Homogeneización continua en curvas.** En esta situación se ha de **homogeneizar individualmente** cada uno de los carriles. Siendo  $t_n$  la temperatura de neutralización vemos a continuación las consideraciones particulares para los distintos radios de curva:

- En rectas y curvas de radio mayores de 1.000 m, la separación entre ambas motoclavadoras ha de mantenerse por debajo de 80 m. La temperatura del carril debe estar entre ( $t_n - 20$ ) y ( $t_n + 5$ ).
- En curvas de radio comprendido entre 500 y 1.000 m, la separación entre las motoclavadoras ha de mantenerse por debajo de 50 m. La temperatura del carril debe estar entre ( $t_n - 15$ ) y ( $t_n + 0$ ).
- En curvas de radio inferiores a 500 m, la separación ha de mantenerse por debajo de 40 m y ha de cuidarse que la temperatura del carril se encuentre entre ( $t_n - 10$ ) y ( $t_n + 0$ ), salvo que en la actuación se empleen piezas de guiado (ver apartado 3.1.1).

## 5.-NEUTRALIZACIÓN DE TENSIONES EN DESVÍOS

Actualmente existen en nuestra red los siguientes tipos de desvíos: A, B, C, V, P o AV. Sus principales diferencias funcionales residen en la velocidad máxima admisible para las circulaciones por vías directa y desviada.

Estos aparatos introducen una discontinuidad tensional en las vías en BLS, por lo que requieren un tratamiento particular para cada tipo de desvío. Los tipos A y B3 no admiten la soldadura de los corazones del cruzamiento a la barra larga soldada por lo que han de intercalarse aparatos de dilatación para liberarlos de las tensiones longitudinales que se generan en las mismas. Por otro lado, los desvíos tipo B1, C, V, P y AV se unen a la barra larga directamente por soldadura por lo que no es necesario intercalar aparatos de dilatación.

No es necesario neutralizar tensiones en los desvíos tipo A y tipo B que no sean soldables a la barra larga; sin embargo se deben tomar las siguientes precauciones:

- Los tramos de vía en barra larga contiguos al desvío han de neutralizarse de modo convencional en un tramo no inferior a 100 m.
- La instalación del desvío ha de hacerse con la temperatura del carril entre  $t_n - 10$  °C y  $t_n + 20$  °C.
- Han de tomarse las mismas precauciones cuando el desvío se ensambla directamente en la vía. La fijación de sus carriles y demás elementos se hará a las temperaturas indicadas en

los párrafos anteriores.

- Estarán colocadas todas las placas antipandeo.
- Dado el elevado rango de temperatura permitida, la instalación por calentamiento solar no resulta complicada con una buena planificación donde se eviten horas de rápida variación térmica.

Los desvíos no soldables contiguos a una barra larga deben ser protegidos con aparatos de dilatación.

### 5.1.-ZONAS A NEUTRALIZAR EN DESVÍOS SOLDABLES

Los desvíos, una vez instalados en vía, mantienen la continuidad tensional de la BLS. Por ello, se consideran elementos fijos y la neutralización habrá de hacerse en las zonas siguientes:

- La inmediatamente posterior al talón del cruzamiento.
- La anterior a la junta de la contraaguja.

Cuando se trata de desvíos con una longitud superior a 50 metros (caso de los de radio 1.500 m o más), será procedente realizar una redistribución de las tensiones en la zona intermedia entre cambio y cruzamiento, operación que no será necesaria en desvíos cortos, dada la poca longitud de las barras en ese área.

Tratándose de escapes, ocurre lo mismo si están constituidos por desvíos cortos, instalados sobre vías cuya separación entre ejes raramente supera los 4 metros y en los que, por lo tanto, la separación entre los cruzamientos es mínima, no siendo necesario actuar sobre la zona intermedia del escape.

Si el escape está formado por dos desvíos de mayor longitud (de radio 1.500 m o más), se crea una zona intermedia más larga y según sea esta longitud, será necesario proceder a su neutralización o al menos a la redistribución de tensiones en ella.

En los desvíos con corazón de punta móvil elástica, es necesario incluir en la neutralización de tensiones los carriles situados enfrente del corazón. En este caso, si se utilizan tensores, el alargamiento debe realizarse tirando desde el final del desvío hasta la contraaguja.

### 5.2.-SECUENCIA DEL PROCESO

Alcanzada en la zona de trabajo la temperatura de neutralización por alguno de los métodos expuestos en el apartado 2.3, se procede de la siguiente manera (Figura 10):

- Se comprueba que las juntas de contraaguja se encuentran a escuadra y se materializan referencias para observar el comportamiento de este parámetro.
- Se llevan a cabo todas las soldaduras interiores del aparato, siguiendo el orden establecido en la normativa vigente (Figuras 11 y 12), según que el carrilaje intermedio del desvío esté formado por un cupón único o por varios. Se dejarán sin soldar los talones de las agujas.
- Se realiza la soldadura de los 6 puntos F (ver Figuras anteriores) que unen el desvío a la barra larga.
- Comprobado que todo el desvío se encuentra apretado correctamente, se inicia el proceso de neutralización propiamente dicho:
  - Se actúa sobre la parte posterior del aparato, es decir, la que sigue al talón del cruzamiento por vía general.
  - En segundo lugar se procede de igual forma en la parte anterior a la junta de la

- contraaguja.
- Por último se repite la operación en el talón de la vía desviada.

En cada una de estas tres fases el corte del carril se deberá hacer a una distancia de 36 metros (en todo caso nunca inferior a 18 metros) y proceder simultáneamente sobre los dos hilos.

Terminada la operación será necesario repartir las tensiones que hayan podido quedar entre los talones de las contraaguja y los del cruzamiento, para lo que se aflojarán las sujeciones en esa zona (incluidos los contracarriles) volviéndolas a apretar después de golpearlas con las mazas reglamentarias.

Nota.- Cuando la rama de la vía desviada no esté soldada, será necesario colocar antideslizantes en 30 metros a razón de cuatro por traviesa a partir del final del desvío, no debiendo existir en esa zona juntas de carril.

### **5.3.-NEUTRALIZACIÓN DE ESCAPES**

Además de lo indicado en el apartado 5.2, tratándose de escapes (sin olvidar que tanto la zona del cambio como la del corazón en ambos desvíos deben mantenerse firmemente apretadas) y después de haber realizado las soldaduras en cada uno de los aparatos, la secuencia será la siguiente (Figura 13):

- Si la entrevía existente permite que la longitud de desviada entre los corazones sea suficientemente amplia, se procede a neutralizar tensiones en la prolongación de ambas contraaguja curvas. Si la longitud de éstas no permite la neutralización, bastará con redistribuir las tensiones mediante aflojado y apretado posterior de las sujeciones.
- Se efectúa la neutralización en la vía general de uno de los desvíos, empezando por la zona posterior al cruzamiento y continuando por la anterior a las juntas de contraaguja.
- Se repite la operación en el mismo orden en el segundo desvío.
- Por último se actúa en cada uno de los desvíos como ya se indicó anteriormente, entre el talón de la contraaguja recta y el del cruzamiento.

### **5.4.-CONTROLES DURANTE EL PROCESO DE NEUTRALIZACIÓN**

El control de la neutralización ha de hacerse durante la ejecución de estos trabajos verificando especialmente los siguientes:

- El carril está suficientemente libre de rozamientos. Para ello se comprobará que la sujeción esté completamente suelta, que el carril no hace contacto en ningún punto con las traviesas y que los rodillos estén bien colocados.
- El maceado del carril es suficiente para liberar el carril.
- La medida de la temperatura se hace correctamente.
- El soldeo es correcto tanto en reglaje como en ejecución.
- El encargado de la neutralización ha cumplimentado por cada hilo el Acta correspondiente (Figura 14).

### **5.5.-REGULACIÓN Y SOLDEO DE LAS AGUJAS**

Finalizado el proceso, se procede al calibrado de las agujas y a soldar los talones de las mismas, calibrando y regulando posteriormente los cerrojos.

Durante el montaje y soldeo de la aguja se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las agujas han de soldarse una vez terminadas todas las soldaduras interiores del desvío.
- No deben variar los elementos de protección del descuadre: horquilla y muñón.
- Prever la contracción de la aguja durante las operaciones de soldeo (unos 2 mm, según el procedimiento que se utilice).
- Acoplar correctamente la aguja a su contraaguja durante toda la operación de soldeo.
- Colocar con precisión la aguja y su contraaguja; es decir: una vez soldada la aguja, los granetazos de la contraaguja y su aguja quedarán a escuadra, tal y como puede verse en las Figuras del apartado siguiente. Se admite una tolerancia de  $\pm 2$  mm.

### **5.6.-DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA EL DESCUADRE**

Para evitar que los desplazamientos longitudinales de las agujas obstaculicen el funcionamiento del cerrojo de uñas, se ha dotado a los desvíos tipo C, V, P y AV de un dispositivo que controla dichos movimientos. Se compone, como indica la Figura 15, de dos piezas: una horquilla fijada a la contraaguja y un muñón unido a la aguja.

La colocación de la horquilla y muñón y el reglaje de las agujas y contraagujas se realiza en fábrica conforme se indica en las Figuras 16 (desvío en alineación recta) y 17 (desvío en alineación curva).

### **5.7.-NEUTRALIZACIÓN EN UNA CABECERA COMPLETA**

Todo lo expuesto anteriormente es válido para el caso de un desvío o un escape aislado. Normalmente, en las cabeceras de estaciones, la proximidad de los distintos aparatos no permite disponer entre ellos de las distancias mínimas de 100 m para realizar la operación tal y como se ha descrito.

Por ello deberá considerarse la cabecera de la estación como un conjunto.

Si la longitud de la barra entre dos desvíos consecutivos es tal que, con temperaturas superiores a la de neutralización más 12° C se calcula un alargamiento con tensores hidráulicos superior a 3 mm, habrá que neutralizar las tensiones de la misma manteniendo apretadas las sujeciones de los dos desvíos.

En caso contrario será suficiente una homogeneización.

## **6.-REGULACIÓN DE LOS APARATOS DE DILATACIÓN**

Para liberar las tensiones longitudinales en un punto determinado de la barra larga soldada en servicio, se instala en él un aparato de vía conocido como Aparato de Dilatación. Este constituye una junta especial que, para reducir hasta cero el nivel de la tensión longitudinal del carril, permite importantes desplazamientos de los extremos de las barras confluyentes en el dispositivo.

El objetivo de los aparatos de dilatación es la protección de un tramo de vía, o de cualquier instalación de la misma, contra las tensiones longitudinales que se generan en la barra larga soldada.

La regulación de estos dispositivos tiene por objeto ajustarlos de tal modo que, a la temperatura de neutralización de la zona, el dispositivo se encuentre en la posición media del recorrido que le caracteriza.

Se ha de instalar un aparato de dilatación en los casos siguientes:

- Existencia de tensiones longitudinales de carril excesivas (puentes metálicos de longitud mayor de 20 m, grandes puentes hiperestáticos con balasto, etc.).
- Desvíos o travesías tipo A que no pueden soportar las tensiones longitudinales generadas por la barra larga soldada.
- Confluencia de vías en barra corta con otra en barra larga.

Existen dos tipos de A.D.:

- Tipo A para carriles UIC 54 / 54 E1 o UIC 60 / 60 E1.
- Tipo Martinet (a extinguir).

A modo de ejemplo, en el siguiente apartado, se incluye el procedimiento a seguir para un aparato tipo A destinado a proteger desvíos o travesías no soldables a la BLS.

El A.D. Martinet, de prestaciones notablemente inferiores a los tipo A, ha sido excluido de esta Norma, por ser un dispositivo a extinguir.

### 6.1.-REGULACIÓN, TOLERANCIAS Y CONTROL EN UN APARATO AD-M-54-200

Al efectuar la instalación en vía de este aparato es necesario hacer una regulación de sus dos agujas. Para ello se utilizará la siguiente fórmula:

$$a = \pm 0,02 (t_c - 20)^2$$

dónde:

**a** = distancia en mm de la punta de la aguja al punto cero. El punto "cero" está marcado, en fábrica, con granete, en el borde no activo de la cabeza de la contraaguja. Se considera positivo cuando la punta de la aguja rebasa dicho punto cero y negativo en el caso contrario (Figura 18).

**t<sub>c</sub>**= temperatura del carril en °C

La distancia **a** en función de las temperaturas del carril puede verse en la Figura 19.

El procedimiento operativo implica las consideraciones que a continuación se recogen:

- Una vez alcanzado el estado de recepción, se suelda a la barra larga el talón de las agujas y el de sus contraagujas. A continuación se hace el reglaje definitivo para lo que se usa la fórmula arriba indicada.
- En primera instalación, inmediatamente después de la soldadura, se admite una tolerancia de  $\pm 10$  mm. La aceptación se hará si está dentro de tolerancia. Las comprobaciones posteriores han de efectuarse en primavera y otoño. En ambos casos la distancia de la punta de cada aguja al punto cero debe ser menor de 50 mm. Además se ha de comprobar que:
  - En primavera. La punta de cada aguja no sobrepasa la marca de granete del punto cero en una cota mayor de la indicada en la fórmula anterior +10 mm. Es decir, la indicada en la Figura 19 incrementada en 10 mm.
  - En otoño. La punta de cada aguja no se retrasa del granete del punto cero en longitud mayor de la indicada en la fórmula anterior +10 mm.

## 7.-TÉCNICAS PARA LA MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DE LIBRE ESFUERZO

Para determinar el valor tensional de la vía existen diferentes métodos:

- Métodos destructivos.- Corte de carril.
- Métodos no destructivos.- Medición del valor:
  - Flexrail.
  - Otros equipos comercializados en el mercado, siempre que estén expresamente aceptados por el área técnica responsable de ADIF.

El requisito fundamental para el uso de Flexrail es medir con el carril en tracción y eso no se puede conocer a priori, por lo que se recomienda medir en épocas frías. De forma específica y para asegurar un buen estado tensional de la zona de medida, se debe realizar el proceso con una temperatura de carril inferior en 10°C o más, respecto a la de neutralización.

De todos ellos, el más utilizado por Adif, por razones económicas y de consumo de recursos humanos y materiales, es el Flexrail cuyo manejo está recogido en su manual de uso, así como en los procedimientos de mantenimiento vigentes.

La comparación de los valores de la Temperatura de libre esfuerzo y de la Temperatura de neutralización nos permite determinar actuaciones preventivas que minimicen las consecuencias desencadenadas por diferencias importantes entre ambos registros.

### 7.1.-ACTUACIONES DERIVADAS SEGÚN ESTADO

Una vez obtenida la temperatura de libre esfuerzo (T<sub>le</sub>) del carril y a la vista de la diferencia con el valor de la de neutralización de la zona, que es conocida a través del mapa de temperaturas de neutralización, se pueden determinar las siguientes acciones correctivas:

- Si la diferencia es superior a los 10°C, es necesario realizar una NEUTRALIZACIÓN.
- Si el valor difiere entre 5°C y 10°C, hay que efectuar una HOMOGENEIZACIÓN CONTINUA.
- Si el valor está entre 0°C y 5°C no es obligatorio tomar ninguna medida, aunque sí hay que hacer un seguimiento por si ese valor se alterara en poco tiempo.

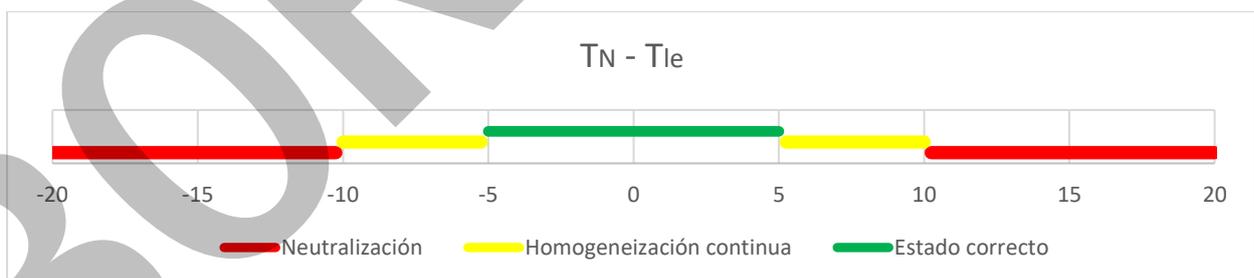


Figura 1. Propuesta de acciones correctivas

## 8.-DEFINICIONES

Se establecen las siguientes definiciones para los términos empleados en esta Norma.

**Aparato de dilatación, AD.**– Dispositivo de vía que, para liberar las tensiones longitudinales del carril, permite su deformación longitudinal manteniendo la continuidad en la rodadura.

**Barra de taller.**– Es la obtenida en taller o en parque por soldadura de varias barras elementales,

nuevas o regeneradas.

**Barra elemental.**– Es el carril obtenido directamente por laminación, sin ninguna soldadura ni corte. Su longitud ha ido aumentando notablemente en el transcurso de los años. En 2007, en Adif, se utilizaban barras elementales de hasta 90 m.

**Barra fijada o clavada.**– Se dice del tramo de carril continuo que ha sido apretado suficientemente. Se considera que, dentro de una operación continuada, esto se cumple si se fija una de cada tres traviesas. La provisionalidad de esta situación no ha de mantenerse si varía la temperatura del carril en más de 10 °C.

**Barra larga.**– Es la denominación genérica de la instalación del carril sin juntas de dilatación. Incluye tanto a la barra larga provisional como a la barra larga soldada (BLS).

**Barra larga provisional.**– Es la barra, formada por barras elementales soldadas, instalada en la vía y aún sin neutralizar sus tensiones.

**Barra larga soldada (BLS).**– Se denomina también barra larga definitiva. Es la comprendida entre dos aparatos de dilatación una vez efectuada la soldadura y neutralización de las barras largas provisionales que la constituyen.

**Cala.**– Separación entre los extremos de dos carriles consecutivos de un hilo de la vía, medida en milímetros por la parte exterior de sus cabezas.

**Cala central.**– Se da este nombre a la cala entre las dos semibarras donde va a realizarse la neutralización de tensiones.

**Cala nominal de soldadura o soldeo.**– Espacio que ha de dejarse, preceptivamente, entre los extremos de los dos carriles a soldar por aluminotermia, para quedar relleno por el material de aportación.

**Carga aluminotérmica.**– Preparado granular formado por aluminio, óxido de hierro y aditivos que, al reaccionar por ignición, constituye el metal de aportación para la formación de la soldadura aluminotérmica.

**Cupón de carril.**– Trozo de carril obtenido por corte de una barra elemental.

**Hilo director.**– Es el hilo que define la vía o sus aparatos.

**Hilos de los desvíos.**– Son líneas contiguas definidas por el borde activo de los carriles, agujas, contraagujas y corazón.

**Homogeneización de tensiones.**– Operación en la que se distribuyen uniformemente las tensiones longitudinales de la BLS para reducir sus valores extremos y desequilibrios puntuales.

**JCA.**– Junta de la contraaguja de un desvío. Por extensión, en planos, cálculos y replanteos, se llama también así al punto situado en el eje de la vía, normal a las dos juntas de contraaguja.

**Neutralización de tensiones.**– Operación mediante la cual se fija la barra larga a las traviesas después de homogeneizar sus tensiones y darle la longitud correspondiente a su temperatura de neutralización.

**Rango de temperatura de un carril.**– Es propio de cada zona. Es el intervalo de la temperatura del carril comprendido entre las temperaturas extremas que éste experimenta a lo largo de los años. Se ha de especificar mediante las temperaturas extremas. La amplitud de este intervalo se identificará mediante *Rt*.

**Resistencia a la deformación longitudinal de la vía,  $r$ .**– Es la fuerza que se opone a la variación de longitud de la vía. Depende del tipo de traviesas y del grado de consolidación de la vía. Con traviesas de hormigón su valor es del orden de 10 kN/m.

**Semibarra.**– Sólo a efectos de esta Norma, se entiende por semibarra el tramo de barra larga a neutralizar comprendido entre la cala central y uno de los puntos fijos que se marcan en sus extremos.

**Semicala del aparato de dilatación.**– Es la distancia existente entre la punta de cada aguja del aparato de dilatación y el punto medio de la contraaguja soporte.

**Temperatura ambiente,  $t_a$ .**– Es la temperatura del aire en el exterior, en zona de sombra y bien ventilada.

**Temperatura del carril,  $t_c$ .**– Es la temperatura que tiene la masa del carril en un momento determinado. Sometido a radiación solar se considera este parámetro como la que existe en el interior de su cabeza. Genéricamente, en estas condiciones su medida es menos precisa.

**Temperatura de fijación o constitución,  $t_f$ .**– Es la temperatura media a la que se han soldado y fijado en vía, las barras elementales que constituyen la barra larga provisional. Si el montaje de vía se ha hecho con barras de taller, es la temperatura media del carril durante la fijación definitiva de la barra. Sólo tiene sentido si esta operación se realiza sin interrupción, en otros casos se considerará indeterminada.

**Temperatura de libre esfuerzo,  $t_e$ .**– Es la temperatura del carril ya instalado en BLS a la cual las tensiones longitudinales del mismo alcanzan el valor de cero, es decir la BLS no está sometida a esfuerzos de compresión (temperatura elevada) ni de tracción (temperatura baja).

**Temperatura de neutralización,  $t_n$ .**– Es la temperatura a la que han de ser suprimidas las tensiones del carril en vía o a la que debiera ser fijado el carril para reducir el valor máximo de las tensiones longitudinales, tanto de compresión como de tracción. Es totalmente independiente de la instalación de la vía, únicamente depende de las condiciones meteorológicas extremas de la zona, sin embargo, su magnitud en cada punto geográfico establece un objetivo importante en la instalación del carril, desde el punto de vista de su estado tensional. Se toma como referencia el mapa de temperaturas incluido en Anejo 1, que es de obligado cumplimiento. Constituye el concepto con el que se determina la longitud que ha de alcanzar el carril a neutralizar. Se calcula en base a las temperaturas máximas y mínimas ambientales de una zona geográfica concreta, incrementada en 5°C para estar del lado de la seguridad y prevenir problemas de deformación de vía, que son más graves que las roturas de carril, y se calcula según la expresión:

$$t_n = \frac{t_{cMáx} + t_{cMín}}{2} + 5 \text{ °C}$$

siendo, para una zona y en años,  $t_{Máx}$  la temperatura máxima y  $t_{Mín}$  la mínima de cualquier carril expuesto a las condiciones meteorológicas.

Tensionalmente, este parámetro es el objetivo de la  $t_e$  en el proceso de neutralización de tensiones del carril.

**Tensado de carril.**– Es la operación a realizar con tensores hidráulicos para estirar el carril hasta que alcance una longitud igual a la que tomaría, en estado libre, a la temperatura de neutralización.

**Vía sin juntas.**– Vía cuyas barras elementales, o barras largas provisionales, han sido soldadas para

formar barras largas definitivas y que, teniendo sus extremos unidos generalmente a sendos aparatos de dilatación, no deben experimentar en su parte central ningún movimiento ocasionado por cambios de temperatura ambiente, cuando están debidamente montadas y neutralizadas tensionalmente.

**Zona de soldadura.**– Se denomina de este modo a la parte de carril que se extiende 10 cm a uno y otro lado del eje de la soldadura. Todo defecto que tenga lugar en esta zona se conceptúa como defecto de soldadura.

**Zona de respiración.**– Es el tramo de barra larga soldada, situado en su extremo, que puede experimentar movimiento de dilatación y contracción debidos a los cambios de temperatura.

## 9.-NORMATIVA DE REFERENCIA

En el contenido de esta norma se hace referencia a los documentos normativos que se citan a continuación.

En el caso de documentos referenciados sin edición y fecha se utilizará la última edición vigente; en el caso de normas citadas con versión exacta, se debe aplicar esta edición concreta.

En el caso de normas UNE EN que establezcan condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción, que sean transposición de normas EN cuya referencia haya sido publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea, será de aplicación la última versión comunicada por la Comisión y publicada en el DOUE.

- NAV 3-3-5.3. "*Aparatos de dilatación tipo A en puentes metálicos sin balasto con carril UIC 54*". 1ª Edición: Agosto 1993. Adif.
- NAV 3-5-1.0. "*Superestructura de la vía en puentes. La vía en puentes metálicos sin balasto de longitud menor o igual a 100 m. Carril UIC 54 sin A.D.*". 2ª Edición: Abril 1997. Adif.
- NAV 3-0-5.2. "*Parámetros de geometría de vía*". 1ª Edición: Julio 2020. Adif.
- NAV 7-1-3.7. "*Montaje de vía. Consideraciones generales en actuaciones de mantenimiento, renovación y acondicionamiento*". 1ª Edición: Febrero 2020 + Erratum: Julio 2022. Adif.
- NAV 3-4-3.0. "*Montaje de vía en balasto para obra nueva*". 1ª Edición: Julio 2015. Adif.
- NAV 3-3-2.6. "*Soldadura eléctrica y neutralización de tensiones en carril*". 1ª Edición: Enero 2021. Adif.
- NAV 7-1-3.4. "*Montaje de aparatos de vía sobre balasto*". 1ª Edición: Julio 2018 + M1: Enero 2021 + M2: Julio 2022. Adif.
- NAV 7-5-1.1. "*Conservación de la vía. Operaciones de conservación*". 1ª Edición: Diciembre 1994. Adif.
- NAV 3-2-5.0. "*Sujeciones de carriles. Sujeciones deslizantes sobre traviesas de madera*". 1ª Edición: Agosto 1993. Adif.
- NAV 3-3-2.1. "*Soldadura aluminotérmica de carriles. Ejecución y recepción de soldadura*". 3ª Edición: Julio 2018. Adif.

## II. Anejo 1. MAPA DE TEMPERATURAS DE NEUTRALIZACIÓN

BORRADOR

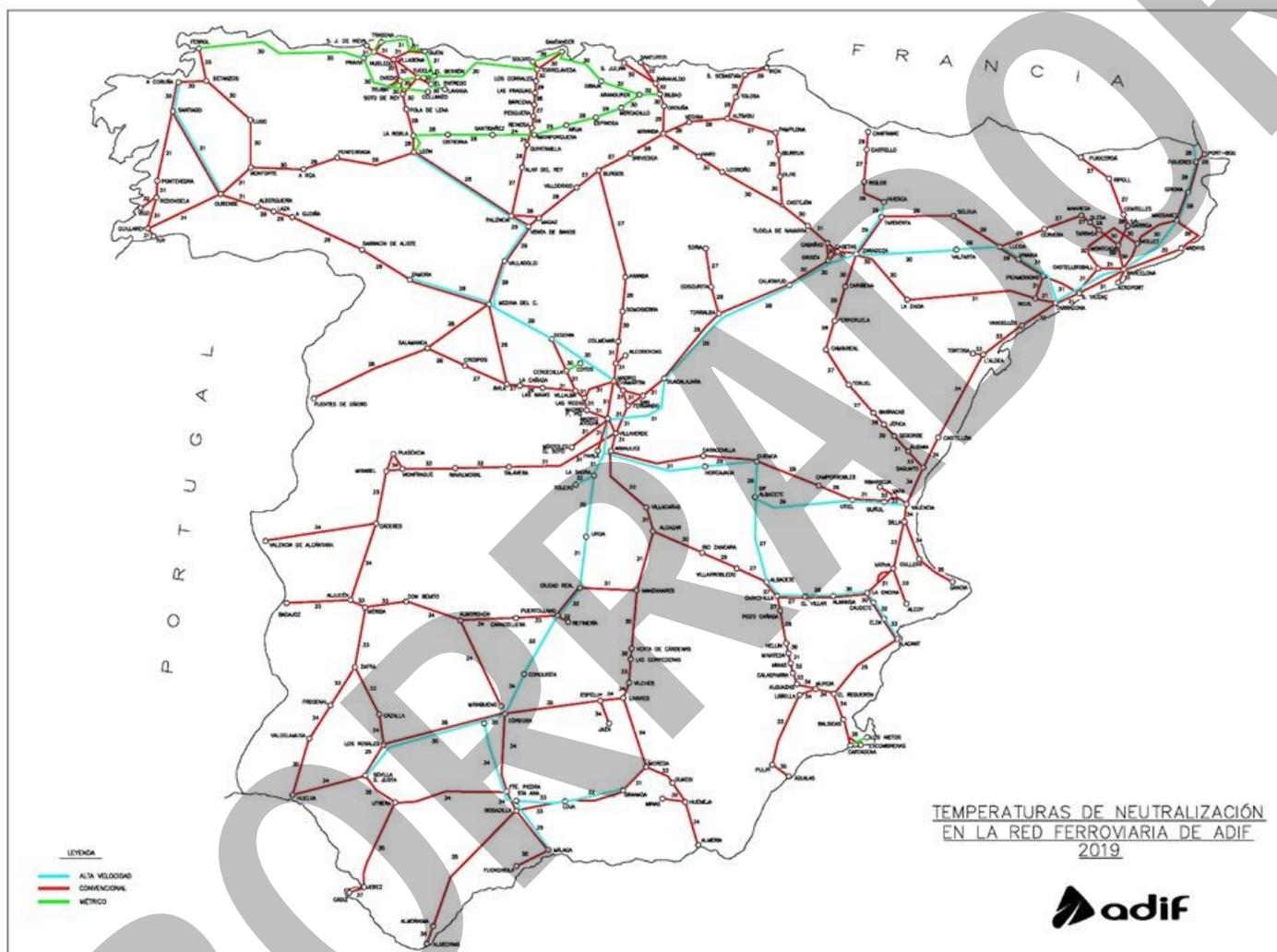


Figura 2. Mapa de temperaturas de neutralización.

### III. Anejo 2. FIGURAS

A continuación se incluyen las figuras referenciadas en la norma que ilustran dichas referencias.

BORRADOR

ACTA DE NEUTRALIZACIÓN

J.M. o G.M. _____	LÍNEA _____	ACTA Nº _____						
DISTRITO _____	TRAYECTO _____	TEMPERATURA DE NEUTRALIZACIÓN _____ °C						
VÍA _____ SITUACIÓN : DEL P.K. _____ AL P.K. _____								
<b>DATOS DE LA BARRA LARGA PROVISIONAL</b>								
PUNTO FIJO ANTERIOR   H.D. P.K. _____ H.I. P.K. _____	PUNTO FIJO POSTERIOR   H.D. P.K. _____ H.I. P.K. _____							
LONGITUD DE LA SEMIBARRA ANTERIOR   H.D. L <sub>1</sub> <sup>F</sup> _____ m H.I. L <sub>2</sub> <sup>F</sup> _____ m	CALA CENTRAL   H.D. P.K. _____ H.I. P.K. _____	LONGITUD DE LA SEMIBARRA POSTERIOR   H.D. L <sub>3</sub> <sup>F</sup> _____ m H.I. L <sub>4</sub> <sup>F</sup> _____ m						
<b>PROCEDIMIENTO DE NEUTRALIZACIÓN EMPLEADO (1)</b>								
POR CALENTAMIENTO SOLAR <input type="checkbox"/>		POR TRACCIÓN <input type="checkbox"/>						
TEMPERATURA DEL CARRIL DURANTE EL TRAZADO DE MARCAS: t <sub>c</sub> = _____ °C								
<b>DESPLAZAMIENTO DE LAS MARCAS (mm)</b>								
1. t <sub>c</sub> LIBRE LA BARRA SOBRE RODILLOS Y MACEADO: t <sub>c</sub> = _____ 2. t <sub>c</sub> AL INICIAR EL APRETADO DE LAS 40 TRAVIESAS: t <sub>1</sub> = _____ 3. t <sub>c</sub> AL TERMINAR EL APRETADO DE LAS 40 TRAVIESAS: t <sub>2</sub> = _____	SEMIBARRA ANTERIOR	SEMIBARRA POSTERIOR						
	HILO DERECHO	HILO IZQUIERDO	HILO DERECHO	HILO IZQUIERDO				
	RECORRIDO	DIFERENCIA	RECORRIDO	DIFERENCIA	RECORRIDO	DIFERENCIA	RECORRIDO	DIFERENCIA
	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
11								
12								
(2) D.E.	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	l <sub>4</sub>				
HILO DERECHO t <sub>10</sub> = t <sub>c</sub> + 91,24 x $\frac{l_1 + l_2}{L_1 + L_2}$ = _____		HILO IZQUIERDO t <sub>10</sub> = t <sub>c</sub> + 91,24 x $\frac{l_3 + l_4}{L_3 + L_4}$ = _____						

SE COMENZO A LAS \_\_\_\_\_ HORAS Y \_\_\_\_\_ MINUTOS  
 SE SOLDÓ A LAS \_\_\_\_\_ HORAS Y \_\_\_\_\_ MINUTOS  
 SE RESTABLECIÓ LA CIRCULACIÓN A LAS \_\_\_\_\_ HORAS Y \_\_\_\_\_ MINUTOS

Identificación y firma  
EL SOLDADOR

(1) MARCAR CON UNA "X" EL PROCEDIMIENTO EMPLEADO  
 (2) D.E. DILATACIÓN DE LOS EXTREMOS DE LA SEMIBARRA  
 OBSERVACIONES:

DILATACIÓN DE LOS PRIMEROS 50 m: S<sub>1</sub> = 0,548 (t<sub>h</sub> - t<sub>p</sub>) = \_\_\_\_\_ mm (  $\begin{matrix} +3mm \\ -1mm \end{matrix}$  )

DIFERENCIAS DE RECORRIDO ENTRE DOS MARCAS CONSECUTIVAS: Δ = 0,548 (t<sub>h</sub> - t<sub>p</sub>) = \_\_\_\_\_ mm ( ±2mm )

En \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

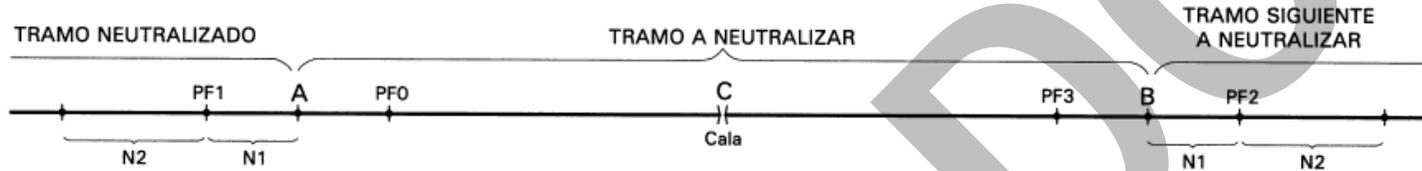
Vº Bº  
EL TÉCNICO DE VÍA ( Firma )

Conforme  
EL ENCARGADO DE LOS TRABAJOS (Nombre y Firma)

Figura 3. Acta de Neutralización.

**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 TRAVIESAS	
	N1	N2
POR TENSORES	20	60
POR CALENTAMIENTO SOLAR	10	30

**TENSADO: MARCAS DE COMPROBACIÓN**

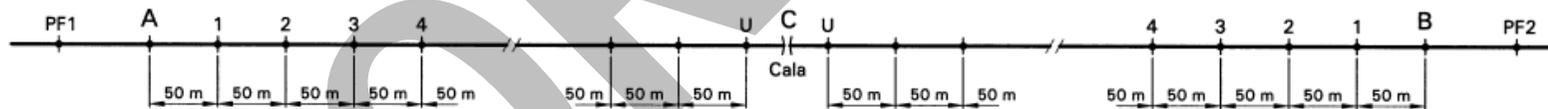


Figura 4. Puntos fijos y marcas de comprobación en la neutralización de tensiones.

### ESFUERZOS PARA LA NEUTRALIZACIÓN DE TENSIONES

t <sub>n</sub> - t <sub>c</sub>	CARRIL UIC 54 / 54 E 1	CARRIL UIC 54 / 60 E 1
1	1,6	1,8
2	3,2	3,6
3	4,8	5,3
4	6,4	7,1
5	8,0	8,9
6	9,6	10,7
7	11,2	12,5
8	12,8	14,2
9	14,4	16,0
10	16,1	17,8
11	17,7	19,6
12	19,3	21,4
13	20,9	23,1
14	22,5	24,9
15	24,1	26,7
16	25,7	28,5
17	27,3	30,2
18	28,9	32,0

t <sub>n</sub> - t <sub>c</sub>	CARRIL UIC 54 / 54 E 1	CARRIL UIC 54 / 60 E 1
19	30,5	33,8
20	32,1	35,6
21	33,7	37,4
22	35,3	39,1
23	36,9	40,9
24	38,5	42,7
25	40,1	44,5
26	41,7	46,3
27	43,3	48,0
28	44,9	49,8
29	46,6	51,6
30	48,2	53,4
31	49,8	55,2
32	51,4	56,9
33	53,0	58,7
34	54,6	60,5
35	56,2	62,3

ESFUERZOS DE NEUTRALIZACIÓN = E S α (t<sub>n</sub>-t<sub>c</sub>)

E = MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL ACERO = 2,07 x 10<sup>5</sup> MPa

S = SECCIÓN DE LA BARRA S<sub>54</sub>= 69,34 cm<sup>2</sup>, S<sub>60</sub>= 76,86 cm<sup>2</sup>

α = COEFICIENTE DE DILATACIÓN LINEAL DEL ACERO EN CARRILES = 10,96 μm/m °C

t<sub>n</sub>= TEMPERATURA DE NEUTRALIZACIÓN EN GRADOS CENTÍGRADOS

t<sub>c</sub>= TEMPERATURA DEL CARRIL EN GRADOS CENTÍGRADOS

Figura 5. Esfuerzos para la neutralización de tensiones en carriles 54E1 y 60E1.

DEFORMACIÓN, EN mm, DEL CARRIL EN FUNCIÓN DE LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA ( $\alpha= 10,96 \mu\text{m}/\text{m} \text{ } ^\circ\text{C}$ )											
Longitud de las semibarras en metros											
50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
0,5	1,1	1,6	2,2	2,7	3,3	3,8	4,4	4,9	5,5	6,0	6,6
1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7	8,8	9,9	11,0	12,1	13,2
1,6	3,3	4,9	6,6	8,2	9,9	11,5	13,2	14,8	16,4	18,1	19,7
2,2	4,4	6,6	8,8	11,0	13,2	15,3	17,5	19,7	21,9	24,1	26,3
2,7	5,5	8,2	11,0	13,7	16,4	19,2	21,9	24,7	27,4	30,1	32,9
3,3	6,6	9,9	13,2	16,4	19,7	23,0	26,3	29,6	32,9	36,2	39,5
3,8	7,7	11,5	15,3	19,2	23,0	26,9	30,7	34,5	38,4	42,2	46,0
4,4	8,8	13,2	17,5	21,9	26,3	30,7	35,1	39,5	43,8	48,2	52,6
4,9	9,9	14,8	19,7	24,7	29,6	34,5	39,5	44,4	49,3	54,3	59,2
5,5	11,0	16,4	21,9	27,4	32,9	38,4	43,8	49,3	54,8	60,3	65,8
6,0	12,1	18,1	24,1	30,1	36,2	42,2	48,2	54,3	60,3	66,3	72,3
6,6	13,2	19,7	26,3	32,9	39,5	46,0	52,6	59,2	65,8	72,3	78,9
7,1	14,2	21,4	28,5	35,6	42,7	49,9	57,0	64,1	71,2	78,4	85,5
7,7	15,3	23,0	30,7	38,4	46,0	53,7	61,4	69,0	76,7	84,4	92,1
8,2	16,4	24,7	32,9	41,1	49,3	57,5	65,8	74,0	82,2	90,4	98,6
8,8	17,5	26,3	35,1	43,8	52,6	61,4	70,1	78,9	87,7	96,4	105,2
9,3	18,6	27,9	37,3	46,6	55,9	65,2	74,5	83,8	93,2	102,5	111,8
9,9	19,7	29,6	39,5	49,3	59,2	69,0	78,9	88,8	98,6	108,5	118,4
10,4	20,8	31,2	41,6	52,1	62,5	72,9	83,3	93,7	104,1	114,5	124,9
11,0	21,9	32,9	43,8	54,8	65,8	76,7	87,7	98,6	109,6	120,6	131,5
11,5	23,0	34,5	46,0	57,5	69,0	80,6	92,1	103,6	115,1	126,6	138,1
12,1	24,1	36,2	48,2	60,3	72,3	84,4	96,4	108,5	120,6	132,6	144,7
12,6	25,2	37,8	50,4	63,0	75,6	88,2	100,8	113,4	126,0	138,6	151,2
13,2	26,3	39,5	52,6	65,8	78,9	92,1	105,2	118,4	131,5	144,7	157,8
13,7	27,4	41,1	54,8	68,5	82,2	95,9	109,6	123,3	137,0	150,7	164,4
14,2	28,5	42,7	57,0	71,2	85,5	99,7	114,0	128,2	142,5	156,7	171,0
14,8	29,6	44,4	59,2	74,0	88,8	103,6	118,4	133,2	148,0	162,8	177,6
15,3	30,7	46,0	61,4	76,7	92,1	107,4	122,8	138,1	153,4	168,8	184,1
15,9	31,8	47,7	63,6	79,5	95,4	111,2	127,1	143,0	158,9	174,8	190,7
16,4	32,9	49,3	65,8	82,2	98,6	115,1	131,5	148,0	164,4	180,8	197,3
17,0	34,0	51,0	68,0	84,9	101,9	118,9	135,9	152,9	169,9	186,9	203,9
17,5	35,1	52,6	70,1	87,7	105,2	122,8	140,3	157,8	175,4	192,9	210,4
18,1	36,2	54,3	72,3	90,4	108,5	126,6	144,7	162,8	180,8	198,9	217,0
18,6	37,3	55,9	74,5	93,2	111,8	130,4	149,1	167,7	186,3	205,0	223,6
19,2	38,4	57,5	76,7	95,9	115,1	134,3	153,4	172,6	191,8	211,0	230,2

Figura 6. Deformación frente incremento de temperatura y longitud de semibarra.

DEFORMACIÓN, EN mm, DEL CARRIL EN FUNCIÓN DE LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA ( $\alpha = 10,96 \mu\text{m}/\text{m } ^\circ\text{C}$ )																									
	Longitud de las semibarras en metros																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
4	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1
5	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4
6	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,6
7	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9
8	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
9	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
10	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
11	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9	3,0
12	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	2,8	2,9	3,0	3,2	3,3
13	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	3,0	3,1	3,3	3,4	3,6
14	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8	2,9	3,1	3,2	3,4	3,5	3,7	3,8
15	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8	3,0	3,1	3,3	3,5	3,6	3,8	3,9	4,1
16	0,2	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8	3,0	3,2	3,3	3,5	3,7	3,9	4,0	4,2	4,4
17	0,2	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,5	3,7	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7
18	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,7	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9
19	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2
20	0,2	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,3	5,5
21	0,2	0,5	0,7	0,9	1,2	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,2	3,5	3,7	3,9	4,1	4,4	4,6	4,8	5,1	5,3	5,5	5,8
22	0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,1	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,5	5,8	6,0
23	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,0	4,3	4,5	4,8	5,0	5,3	5,5	5,8	6,0	6,3
24	0,3	0,5	0,8	1,1	1,3	1,6	1,8	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,4	3,7	3,9	4,2	4,5	4,7	5,0	5,3	5,5	5,8	6,0	6,3	6,6
25	0,3	0,5	0,8	1,1	1,4	1,6	1,9	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,8	4,1	4,4	4,7	4,9	5,2	5,5	5,8	6,0	6,3	6,6	6,9
26	0,3	0,6	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	4,8	5,1	5,4	5,7	6,0	6,3	6,6	6,8	7,1
27	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,8	4,1	4,4	4,7	5,0	5,3	5,6	5,9	6,2	6,5	6,8	7,1	7,4
28	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	4,9	5,2	5,5	5,8	6,1	6,4	6,8	7,1	7,4	7,7
29	0,3	0,6	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1	5,4	5,7	6,0	6,4	6,7	7,0	7,3	7,6	7,9
30	0,3	0,7	1,0	1,3	1,6	2,0	2,3	2,6	3,0	3,3	3,6	3,9	4,3	4,6	4,9	5,3	5,6	5,9	6,2	6,6	6,9	7,2	7,6	7,9	8,2
31	0,3	0,7	1,0	1,4	1,7	2,0	2,4	2,7	3,1	3,4	3,7	4,1	4,4	4,8	5,1	5,4	5,8	6,1	6,5	6,8	7,1	7,5	7,8	8,2	8,5
32	0,4	0,7	1,1	1,4	1,8	2,1	2,5	2,8	3,2	3,5	3,9	4,2	4,6	4,9	5,3	5,6	6,0	6,3	6,7	7,0	7,4	7,7	8,1	8,4	8,8
33	0,4	0,7	1,1	1,4	1,8	2,2	2,5	2,9	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,1	6,5	6,9	7,2	7,6	8,0	8,3	8,7	9,0
34	0,4	0,7	1,1	1,5	1,9	2,2	2,6	3,0	3,4	3,7	4,1	4,5	4,8	5,2	5,6	6,0	6,3	6,7	7,1	7,5	7,8	8,2	8,6	8,9	9,3
35	0,4	0,8	1,2	1,5	1,9	2,3	2,7	3,1	3,5	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,1	6,5	6,9	7,3	7,7	8,1	8,4	8,8	9,2	9,6

Figura 7. Deformación frente incremento de temperatura y longitud de semibarra.

DEFORMACIÓN, EN mm, DEL CARRIL EN FUNCIÓN DE LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA ( $\alpha = 10,96 \mu\text{m}/\text{m } ^\circ\text{C}$ )																								
	Longitud de las semibarras en metros																							
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1
3	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6
4	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1
5	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7
6	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2
7	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6	3,7	3,8
8	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3
9	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8
10	2,8	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,2	5,3	5,4
11	3,1	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,7	5,8	5,9
12	3,4	3,6	3,7	3,8	3,9	4,1	4,2	4,3	4,5	4,6	4,7	4,9	5,0	5,1	5,3	5,4	5,5	5,7	5,8	5,9	6,0	6,2	6,3	6,4
13	3,7	3,8	4,0	4,1	4,3	4,4	4,6	4,7	4,8	5,0	5,1	5,3	5,4	5,6	5,7	5,8	6,0	6,1	6,3	6,4	6,6	6,7	6,8	7,0
14	4,0	4,1	4,3	4,4	4,6	4,8	4,9	5,1	5,2	5,4	5,5	5,7	5,8	6,0	6,1	6,3	6,4	6,6	6,8	6,9	7,1	7,2	7,4	7,5
15	4,3	4,4	4,6	4,8	4,9	5,1	5,3	5,4	5,6	5,8	5,9	6,1	6,2	6,4	6,6	6,7	6,9	7,1	7,2	7,4	7,6	7,7	7,9	8,1
16	4,6	4,7	4,9	5,1	5,3	5,4	5,6	5,8	6,0	6,1	6,3	6,5	6,7	6,8	7,0	7,2	7,4	7,5	7,7	7,9	8,1	8,2	8,4	8,6
17	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,1	6,3	6,5	6,7	6,9	7,1	7,3	7,5	7,6	7,8	8,0	8,2	8,4	8,6	8,8	8,9	9,1
18	5,1	5,3	5,5	5,7	5,9	6,1	6,3	6,5	6,7	6,9	7,1	7,3	7,5	7,7	7,9	8,1	8,3	8,5	8,7	8,9	9,1	9,3	9,5	9,7
19	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,5	6,7	6,9	7,1	7,3	7,5	7,7	7,9	8,1	8,3	8,5	8,7	9,0	9,2	9,4	9,6	9,8	10,0	10,2
20	5,7	5,9	6,1	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,5	7,7	7,9	8,1	8,3	8,5	8,8	9,0	9,2	9,4	9,6	9,9	10,1	10,3	10,5	10,7
21	6,0	6,2	6,4	6,7	6,9	7,1	7,4	7,6	7,8	8,1	8,3	8,5	8,7	9,0	9,2	9,4	9,7	9,9	10,1	10,4	10,6	10,8	11,0	11,3
22	6,3	6,5	6,8	7,0	7,2	7,5	7,7	8,0	8,2	8,4	8,7	8,9	9,2	9,4	9,6	9,9	10,1	10,4	10,6	10,9	11,1	11,3	11,6	11,8
23	6,6	6,8	7,1	7,3	7,6	7,8	8,1	8,3	8,6	8,8	9,1	9,3	9,6	9,8	10,1	10,3	10,6	10,8	11,1	11,3	11,6	11,8	12,1	12,4
24	6,8	7,1	7,4	7,6	7,9	8,2	8,4	8,7	8,9	9,2	9,5	9,7	10,0	10,3	10,5	10,8	11,0	11,3	11,6	11,8	12,1	12,4	12,6	12,9
25	7,1	7,4	7,7	7,9	8,2	8,5	8,8	9,0	9,3	9,6	9,9	10,1	10,4	10,7	11,0	11,2	11,5	11,8	12,1	12,3	12,6	12,9	13,2	13,4
26	7,4	7,7	8,0	8,3	8,5	8,8	9,1	9,4	9,7	10,0	10,3	10,5	10,8	11,1	11,4	11,7	12,0	12,3	12,5	12,8	13,1	13,4	13,7	14,0
27	7,7	8,0	8,3	8,6	8,9	9,2	9,5	9,8	10,1	10,4	10,7	10,9	11,2	11,5	11,8	12,1	12,4	12,7	13,0	13,3	13,6	13,9	14,2	14,5
28	8,0	8,3	8,6	8,9	9,2	9,5	9,8	10,1	10,4	10,7	11,0	11,4	11,7	12,0	12,3	12,6	12,9	13,2	13,5	13,8	14,1	14,4	14,7	15,0
29	8,3	8,6	8,9	9,2	9,5	9,9	10,2	10,5	10,8	11,1	11,4	11,8	12,1	12,4	12,7	13,0	13,3	13,7	14,0	14,3	14,6	14,9	15,3	15,6
30	8,5	8,9	9,2	9,5	9,9	10,2	10,5	10,9	11,2	11,5	11,8	12,2	12,5	12,8	13,2	13,5	13,8	14,1	14,5	14,8	15,1	15,5	15,8	16,1
31	8,8	9,2	9,5	9,9	10,2	10,5	10,9	11,2	11,6	11,9	12,2	12,6	12,9	13,3	13,6	13,9	14,3	14,6	14,9	15,3	15,6	16,0	16,3	16,6
32	9,1	9,5	9,8	10,2	10,5	10,9	11,2	11,6	11,9	12,3	12,6	13,0	13,3	13,7	14,0	14,4	14,7	15,1	15,4	15,8	16,1	16,5	16,8	17,2
33	9,4	9,8	10,1	10,5	10,9	11,2	11,6	11,9	12,3	12,7	13,0	13,4	13,7	14,1	14,5	14,8	15,2	15,6	15,9	16,3	16,6	17,0	17,4	17,7
34	9,7	10,1	10,4	10,8	11,2	11,6	11,9	12,3	12,7	13,0	13,4	13,8	14,2	14,5	14,9	15,3	15,7	16,0	16,4	16,8	17,1	17,5	17,9	18,3
35	10,0	10,4	10,7	11,1	11,5	11,9	12,3	12,7	13,0	13,4	13,8	14,2	14,6	15,0	15,3	15,7	16,1	16,5	16,9	17,3	17,6	18,0	18,4	18,8

Figura 8. Deformación frente incremento de temperatura y longitud de semibarra.

## EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL CARRIL

**ENSAYO REALIZADO EN:**

- MES DE JULIO
- DÍA SOLEADO CON BRISA \*
- CTV DE VALLADOLID

$t_c$  : TEMPERATURA DEL CARRIL

$t_a$  : TEMPERATURA AMBIENTE

\* A mayor velocidad del viento la " $t_c$ " estará más próxima a " $t_a$ ", lo mismo ocurre si está nublado.

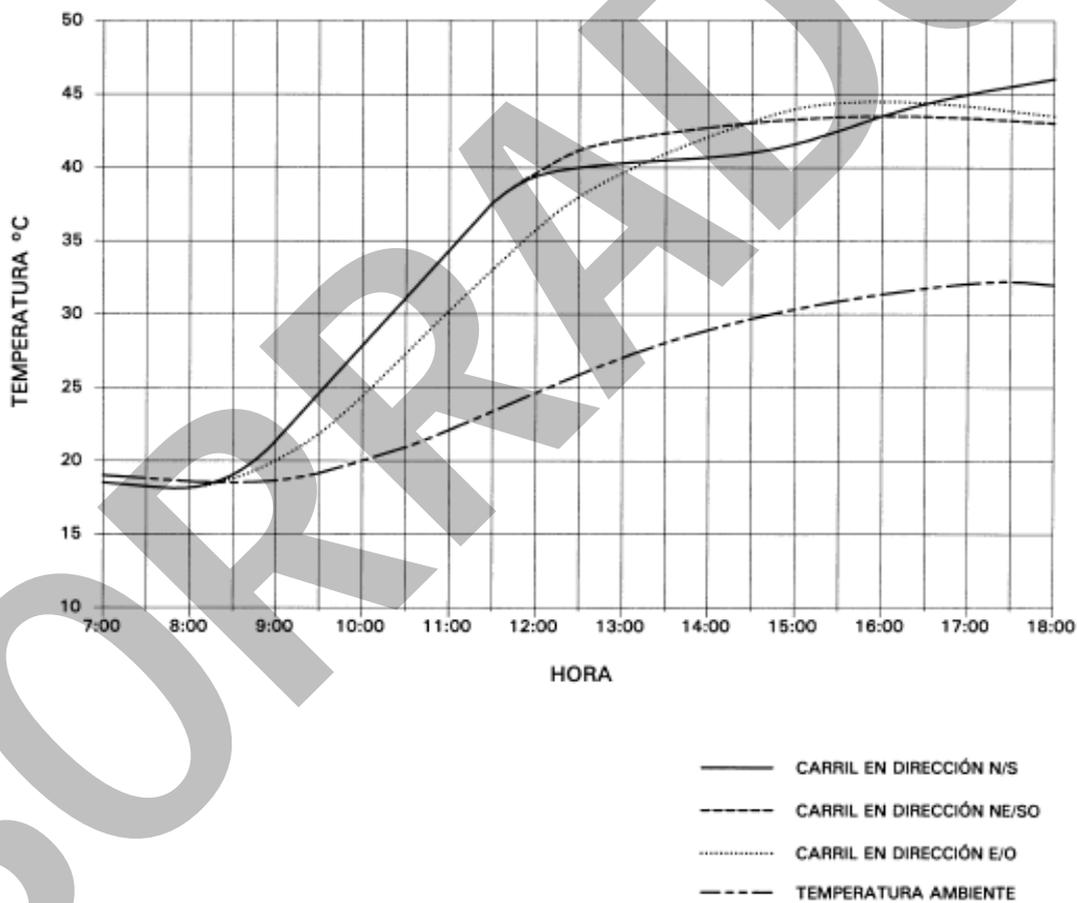


Figura 9. Evolución diaria de la temperatura del carril.

NEUTRALIZACIÓN DE TENSIONES  
EN UN DESVÍO

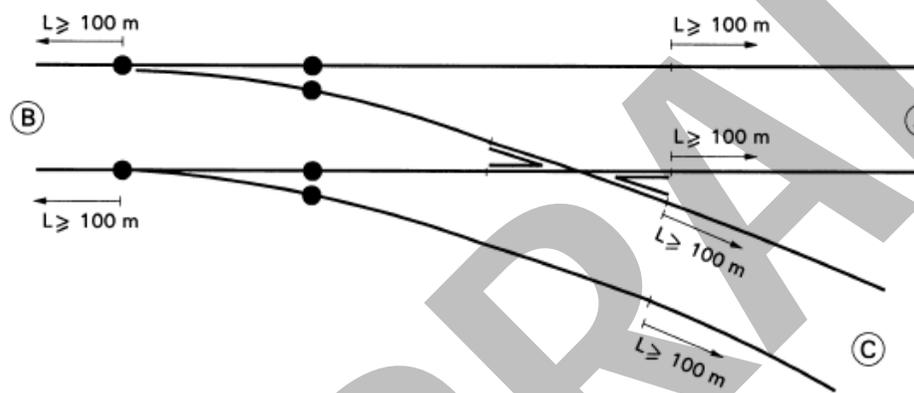


Figura 10. Neutralización de tensiones en un desvío.

SECUENCIA DE LAS SOLDADURAS EN DESVÍOS

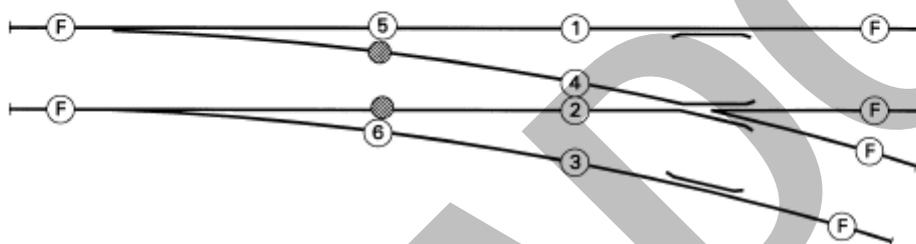
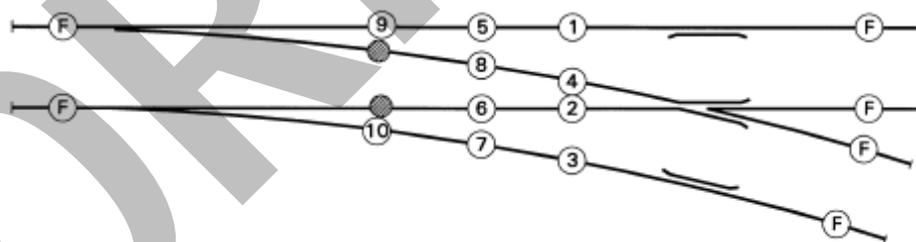


Figura 11. Secuencia de soldaduras en desvíos (carrilaje intermedio-un cupón).



- ① - SECUENCIA DE LAS SOLDADURAS INTEREDIAS.
- ⓕ - SOLDADURAS FINALES.
- - SOLDADURA DE LAS AGUJAS.

Figura 12. Secuencia de soldaduras en desvíos (carrilaje intermedio-varios cupones).

NEUTRALIZACIÓN DE TENSIONES  
EN UN ESCAPE

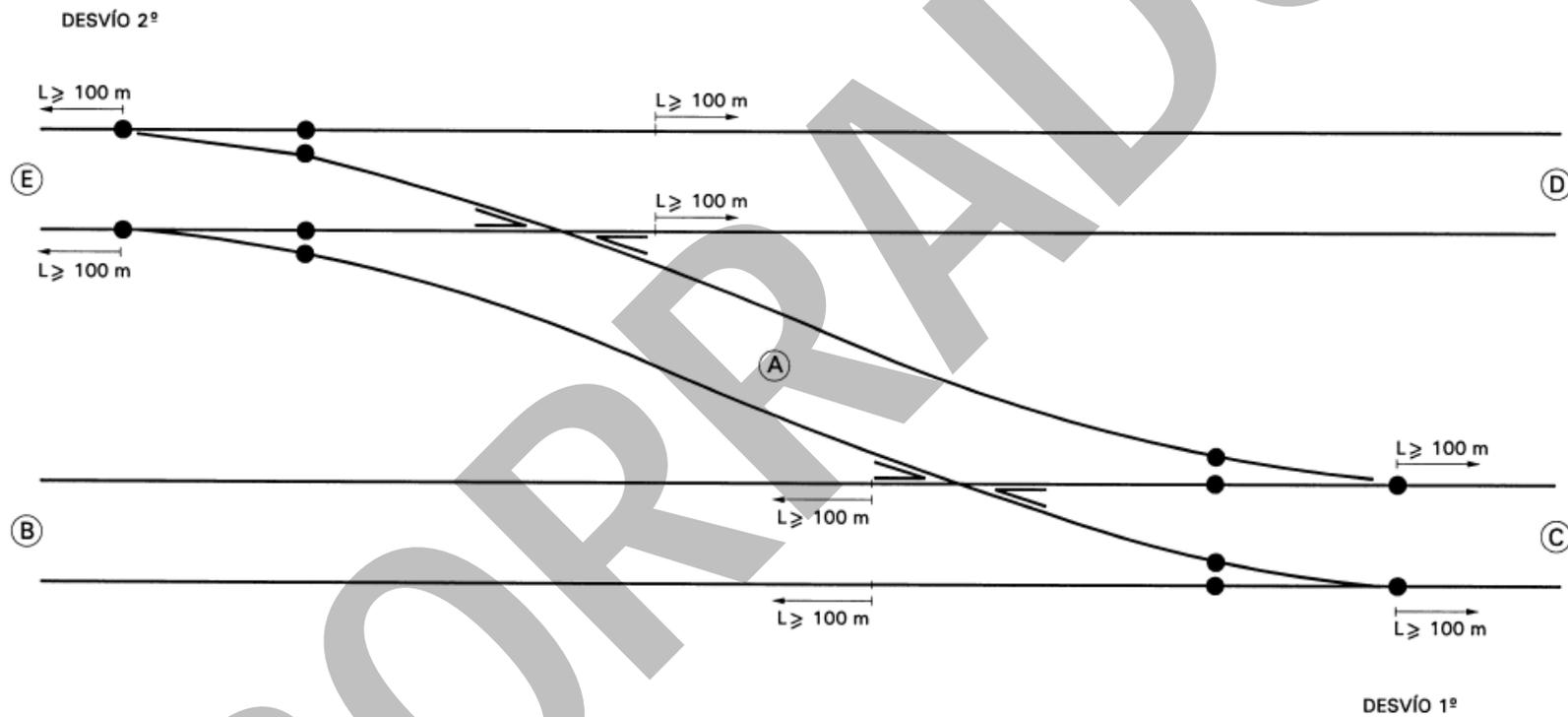


Figura 13. Neutralización de tensiones en un escape.

**ACTA DE NEUTRALIZACIÓN DE TENSIONES EN DESVÍOS**

JEFATURA O GERENCIA DE MANTENIMIENTO \_\_\_\_\_  
 DISTRITO \_\_\_\_\_  
 LÍNEA \_\_\_\_\_  
 ESTACIÓN O TRAYECTO \_\_\_\_\_, VÍA \_\_\_\_\_  
 DESVÍO Nº \_\_\_\_\_, P.K. JCA \_\_\_\_\_  
 TIPO Y MODELO DEL DESVÍO \_\_\_\_\_,  $t_n =$  \_\_\_\_\_ °C

	HILO Nº	LONGITUD	TEMPERATURA DEL CARRIL	ALARGAMIENTO	TEMPERATURA DE FIJACIÓN
VÍA DIRECTA:					
	1	_____	_____	_____	_____
	2	_____	_____	_____	_____
VÍA DESVIADA:					
	3	_____	_____	_____	_____
	4	_____	_____	_____	_____
TEMPERATURA DE NEUTRALIZACIÓN _____ °C					

En \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_  
 Vº Bº EL TÉCNICO DE VÍA (Firma)                      Conforme EL ENCARGADO DE LOS TRABAJOS (Nombre y Firma)

Figura 14. Acta de neutralización de tensiones en desvíos.

DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA EL DESCUADRE

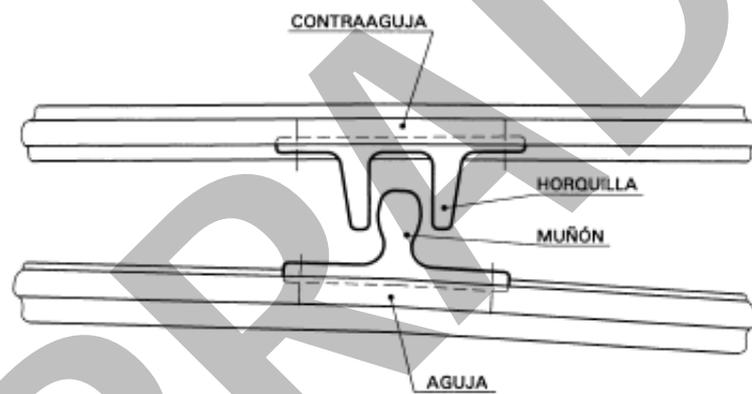


Figura 15. Dispositivo de protección contra el descuadre.

DESVÍOS EN RECTA. CAMBIO

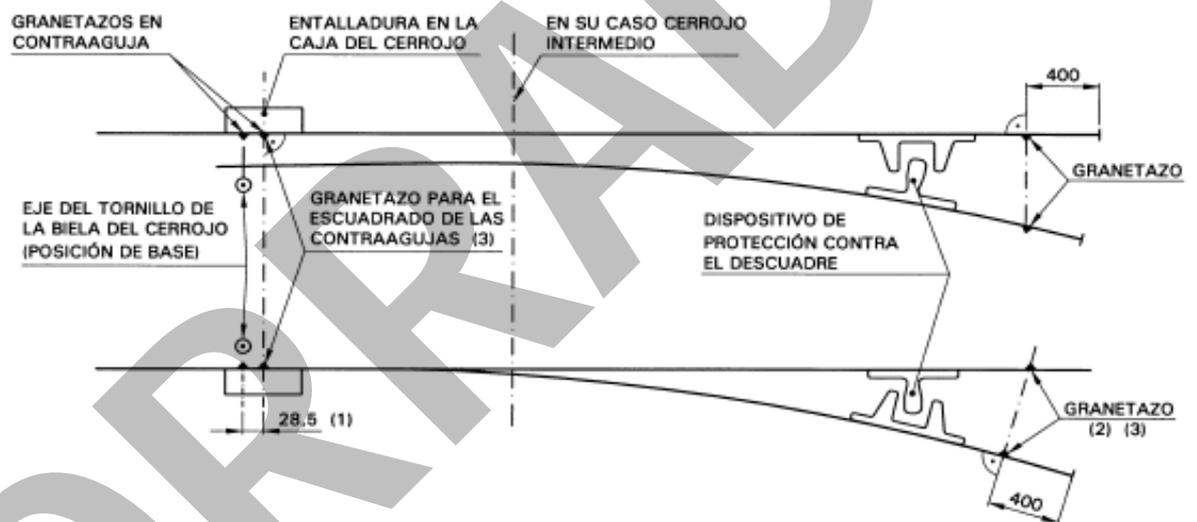


Figura 16. Reglaje de agujas y contraagujas (desvío en alineación recta).

DESVÍOS EN CURVA. CAMBIO

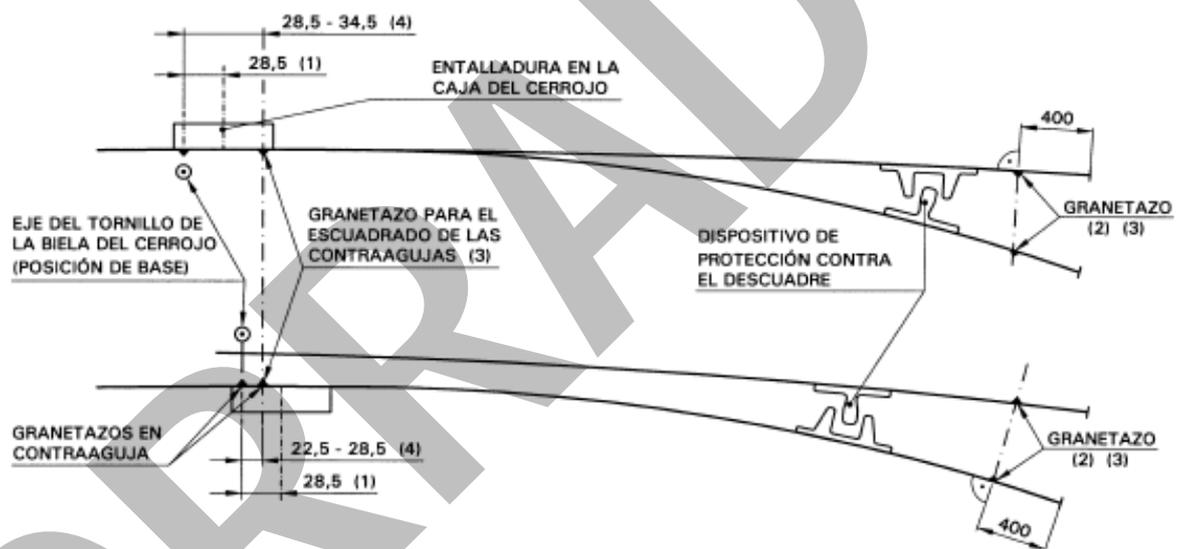


Figura 17. Reglaje de agujas y contraagujas (desvío en alineación curva).

**POSICIÓN Y MEDIDA DE REGULACIÓN  
DE UN APARATO DE DILATACIÓN TIPO A**

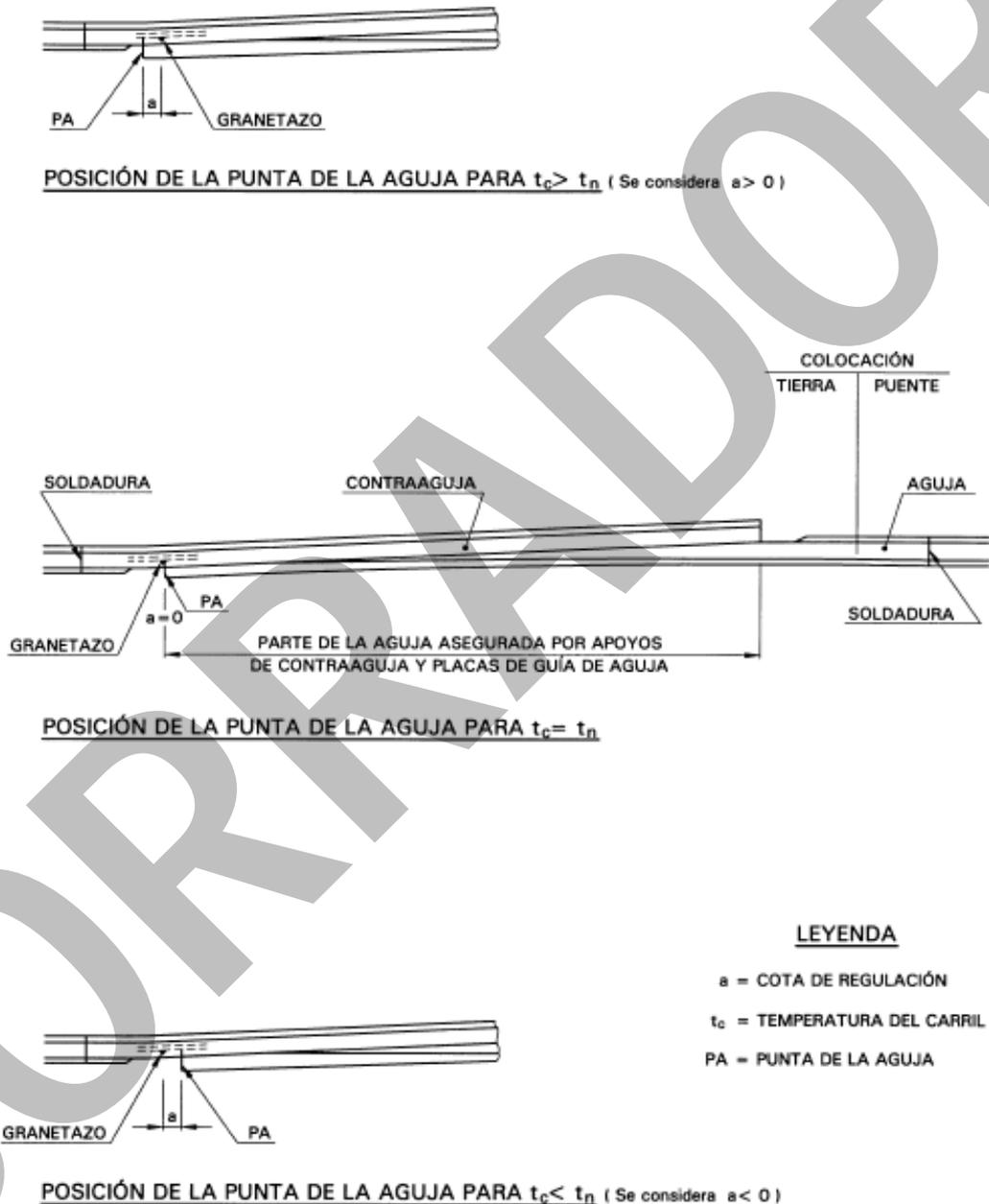


Figura 18. Posición de la punta de la aguja respecto del punto cero.

REGULACIÓN DE APARATOS DE DILATACIÓN TIPO A

$t_c$	a	$t_c$	a	$t_c$	a
-12	-20	15	-1	42	10
-11	-19	16	-0	43	11
-10	-18	17	-0	44	12
-9	-17	18	-0	45	13
-8	-16	19	-0	46	14
-7	-15	20	0	47	15
-6	-14	21	0	48	16
-5	-13	22	0	49	17
-4	-12	23	0	50	18
-3	-11	24	0	51	19
-2	-10	25	1	52	20
-1	-9	26	1	53	22
0	-8	27	1	54	23
1	-7	28	1	55	25
2	-6	29	2	56	26
3	-6	30	2	57	27
4	-5	31	2	58	29
5	-5	32	3	59	30
6	-4	33	3	60	32
7	-3	34	4	61	34
8	-3	35	5	62	35
9	-2	36	5	63	37
10	-2	37	6	64	39
11	-2	38	6	65	41
12	-1	39	7	66	42
13	-1	40	8	67	44
14	-1	41	9	68	46

" $t_c$ " en grados centígrados

"a" en milímetros

Figura 19. Distancia **a** en función de temperatura de carril.

BORRADOR