



NAV 3-3-2.1

NORMA ADIF VÍA

# SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA DE CARRILES. EJECUCIÓN Y RECEPCIÓN DE SOLDADURAS.

3ª EDICIÓN: JULIO 2018

Esta norma ha sido elaborada por el Grupo de Trabajo GT-200 del Comité de Normativa de Adif.

Existe la posibilidad de que algunos elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. Adif no es responsable de la correcta identificación de esos derechos.

Adif, 2018-Madrid. Todos los derechos reservados. ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER PUBLICADO, DISTRIBUIDO, COMUNICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF.

NORMA ADIF VÍA	ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS		
SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA DE CARRILES. EJECUCIÓN Y RECEPCIÓN DE SOLDADURAS	COMITÉ DE NORMATIVA		
NAV 3-3-2.1	3ª EDICIÓN	JULIO 2018	Pág. 1 de 39

### CONTROL DE CAMBIOS Y VERSIONES

Revisión		Modificaciones	Puntos Revisados
Nº	Fecha		
1	Junio 2018	Se introducen nuevas tolerancias en la comprobación de la geometría de la soldadura, en la medición vertical, según la velocidad sea menor o mayor o igual a 250 km/h	6.4.1
		Se deroga la norma NAV 7.3.7.1 de Calificación de vía, soldaduras aluminotérmicas	12
		Se incluyen fichas tipo de Inspección de soldaduras	Anejo 4

### EQUIPO REDACTOR

Grupo de Trabajo GT-200. Carril y Soldadura. ADIF

<p>Propuesto:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Grupo de trabajo GT-200 Fecha: 18 de junio de 2018</p>	<p>Aprobado:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">  <p style="text-align: center; font-weight: bold;">COMITÉ DE NORMATIVA</p> <p>Fecha: 20 julio 2018</p> </div> <p>Comité de Normativa Reunión de 20 de julio de 2018</p>
--	--

1.- OBJETO .....	5
2.- CAMPO DE APLICACIÓN .....	5
3.- DEFINICIÓN DE TÉRMINOS EMPLEADOS.....	5
4.- DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y CONDICIONES DEL PROCESO DE SOLDEO ALUMINOTÉRMICO .....	6
4.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SOLDEO ALUMINOTÉRMICO .....	6
4.2.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PROCESO DE SOLDEO ALUMINOTÉRMICO .....	6
4.2.1.- Ubicación de las soldaduras .....	6
4.2.2.- Modalidad de soldeo .....	6
4.2.3.- Equipo para efectuar el proceso de soldeo .....	6
4.3.- CONDICIONES DEL PROCESO DE SOLDEO ALUMINOTÉRMICO .....	7
4.3.1.- Geométricas.....	7
4.3.2.- Condiciones atmosféricas.....	8
4.3.3.- Condiciones de los carriles a soldar.....	8
4.3.4.- Soldaduras en la vía sin juntas .....	9
4.3.5.- Interrupción de circulación de los trenes .....	9
5.- PROCESO DE EJECUCIÓN DE LA SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA .....	9
5.1.- PREPARACIÓN DE LA CALA DE SOLDEO.....	9
5.1.1.- Inspección de los carriles.....	9
5.1.2.- Dimensión de la cala de soldeo.....	11
5.1.3.- Corte de los carriles y limpieza de sus secciones .....	11
5.1.4.- Constitución y ajuste de la cala .....	12
5.2.- MOLDES PARA LA SOLDADURA Y SU COLOCACIÓN .....	14
5.3.- PRECALENTAMIENTO DE LOS EXTREMOS DE LOS CARRILES .....	18
5.3.1.- Pre calentamiento con aire inducido/propano .....	18
5.3.2.- Pre calentamiento con oxígeno/propano .....	19
5.4.- VERIFICACIÓN DEL CRISOL DE UN SOLO USO .....	19
5.5.- PREPARACIÓN DE LA CARGA ALUMINOTÉRMICA .....	20
5.6.- REALIZACIÓN DE LA COLADA.....	21
5.7.- OPERACIONES POSTERIORES A LA COLADA .....	23
5.7.1.- Contaminación del balasto.....	23
5.7.2.- Retirada del crisol .....	23
5.7.3.- Retirada de la cubeta de recogida del corindón (escoria).....	24
5.7.4.- Retirada del molde.....	24
5.7.5.- Desbaste de la soldadura.....	25
5.7.6.- Amolado preliminar o de desbaste .....	26
5.7.7.- Esmerilado de terminación .....	26
5.7.8.- Reposición de los elementos de la vía y nivelación .....	27
5.7.9.- Limpieza del resalto de la soldadura .....	27
5.7.10.- Constancia de realización de la soldadura .....	27
5.7.11.- Tensiones longitudinales.....	27
6.- COMPROBACIÓN DE LAS SOLDADURAS .....	28
6.1.- ASPECTO EXTERIOR. CLASIFICACIÓN DE LOS DEFECTOS EXTERIORES.....	28

6.2.- VERIFICACIÓN DE DEFECTOS OCASIONADOS EN LAS OPERACIONES DE SOLDEO .....	29
6.3.- FISURAS DE EJECUCIÓN EN LAS SOLDADURAS.....	30
6.3.1.-Fisura transversal del perfil (código 421). .....	30
6.3.2.-Fisura horizontal del alma (código 422).....	30
6.4.- COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA SOLDADURA .....	30
6.4.1.-Medición en vertical .....	31
6.4.2.-Medición en horizontal (alineación).....	34
7.- PUESTA EN SERVICIO DE LAS NUEVAS SOLDADURAS .....	35
7.1.- ENTRADA EN SERVICIO .....	35
7.2.- CONDICIONES PARA LA ENTRADA EN SERVICIO DE UNA SOLDADURA .....	35
8.- RECEPCIÓN Y GARANTÍA DE LAS SOLDADURAS.....	35
8.1.- RECEPCIÓN DE LAS SOLDADURAS .....	35
8.1.1.-Inspección visual .....	36
8.1.2.-Control geométrico .....	36
8.1.3.-Verificación por ultrasonidos .....	36
8.2.- GARANTÍA DE LA SOLDADURA.....	36
9.- REPARACIÓN Y SUSTITUCIÓN DE SOLDADURAS .....	36
10.- CONTROL DE OPERARIOS DE SOLDADURA.....	37
11.- SEGURIDAD EN EL TRABAJO .....	37
12.- NORMATIVA DEROGADA .....	37
13.- DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR.....	37
14.- NORMATIVA DE REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA .....	38

ANEJO 1. MAPA DE TEMPERATURAS EXTREMAS DE AMBIENTE EN LA RED FERROVIARIA DE ADIF

ANEJO 2. PARTE DIARIO

ANEJO 3. RESUMEN MENSUAL DE SOLDADURAS

ANEJO 4. FICHAS DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS

## 1.- OBJETO

La presente Norma Adif tiene por objeto definir los procedimientos y las condiciones de trabajo a exigir para la ejecución de soldaduras aluminotérmicas en vía o taller, así como los criterios de recepción de las mismas.

## 2.- CAMPO DE APLICACIÓN

En este documento se definen los procedimientos aceptados por Adif para la ejecución de soldaduras aluminotérmicas, incluyendo los diferentes tipos de precalentamiento, las condiciones de los carriles y de la vía, y el estado final de las mismas, desde la recepción visual, a los condicionantes geométricos y la definición de los posibles defectos accesorios, que pueden ser asumidos en cada unidad ejecutada.

Son de aplicación para la unión de carriles Vignole, descritos en la UNE EN 13674-1, entre carriles de igual perfil (RN 45, 54 E1 y 60 E1) y grados de acero (R260 y R350).

## 3.- DEFINICIÓN DE TÉRMINOS EMPLEADOS

- Procedimiento de soldeo aluminotérmico. El soldeo aluminotérmico de dos carriles se verifica por fusión vertiendo un metal de aportación líquido, a alta temperatura en el interior de un molde refractario que rodea los extremos de los carriles. El metal de aportación se vierte una vez calentados los carriles y se funde por la reacción química de aluminio y de óxido de hierro pulverizados que, mediante un proceso de ignición reaccionan. Al terminar la reacción el hierro y la alúmina se encuentran en estado líquido, en forma de escoria o corindón. Sangrando el crisol por su piquera inferior, el líquido pasa a rellenar un molde y los huecos entre los carriles, depositándose primeramente el hierro y luego la escoria. Efectuada la soldadura, se cortan las partes sobrantes de la mazarota y se rehace la cabeza del carril de forma que su superficie de rodadura y su cara activa no presenten discontinuidades inaceptables entre el material laminado y el de aportación.
- Kit de soldadura. Todos los materiales y útiles fungibles necesarios para hacer una soldadura aluminotérmica se suministran formando un conjunto o kit de soldadura.

Estos kits están envasados dentro de cajas de cartón con sus bordes precintados mediante cinta adhesiva de color y con envoltura de material plástico, cerrada. Quedan excluidos de estos conjuntos el elemento de ignición de la carga y los componentes auxiliares para el soldeo.

- Rebaba. Partícula plana de material de soldeo situada en la superficie del carril adyacente al cordón y debida a los intersticios existente entre molde y carril.
- Defecto en el carril. Rotura, fisura o avería que se produce en el carril debido a defectos de fabricación o de utilización que pueden obligar a la retirada de cierto número de carriles o cupón de carril para conservar la vía.

Con el fin de unificar los métodos de identificación, de información, de clasificación y de estadística de los defectos de los carriles, todos ellos se recogen en un catálogo que corresponde a la traducción al español (3ª edición, Septiembre de 2002) del catálogo UIC de defectos de carriles (UIC 712 R, Enero 2002).

- Autoridad ferroviaria. Regulador ferroviario, o propietario de infraestructura ferroviaria o administrador responsable por delegación de la infraestructura ferroviaria. Siempre que la UNE-EN-14730 haga alusión a la autoridad ferroviaria, se sobreentenderá que se refiere al Administrador de Infraestructuras Ferroviarias.
- Suministrador del proceso. Empresa que facilita un proceso de soldeo aluminotérmico cumpliendo los requisitos de esta norma y habilitada por la autoridad ferroviaria para suministrar consumibles y herramientas necesarios para realizar soldaduras aluminotérmicas.

NORMA ADIF VÍA		ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS	
SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA DE CARRILES. EJECUCIÓN Y RECEPCIÓN DE SOLDADURAS		COMITÉ DE NORMATIVA	
NAV 3-3-2.1	3ª EDICIÓN	JULIO 2018	Pág. 5 de 39

## **4.- DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y CONDICIONES DEL PROCESO DE SOLDEO ALUMINOTÉRMICO**

### **4.1.- Descripción del proceso de soldeo aluminotérmico**

El soldeo aluminotérmico de dos carriles se basa en la fusión de sus extremos por la acción de un metal de aportación en estado líquido y a alta temperatura que da origen a una masa homogénea también fundida.

Los extremos de los carriles se encuentran envueltos por un molde refractario destinado a dar forma a esta masa hasta su solidificación y el metal de aportación se hace proceder del fenómeno, fuertemente exotérmico, consistente en la reducción de un óxido de hierro por el aluminio.

La mezcla de tales elementos pulverizados reacciona por ignición proporcionando hierro libre y óxido de aluminio - alúmina o corindón - ambos en estado líquido debido al calor desprendido durante el fenómeno.

Al óxido de hierro y al aluminio, se les añade ciertas ferroaleaciones constituyendo, su conjunto, la llamada "carga aluminotérmica" que reacciona dando lugar a un acero de grado y de características semejantes a las de aquel que integra los carriles a soldar, en lugar del hierro ocasionado primitivamente.

La carga aluminotérmica se hace reaccionar por ignición dentro de un crisol. Allí se retiene el acero fundido, originado a una temperatura de unos 2.000 °C, y se verifica la decantación del óxido de aluminio (corindón) que se separa del acero subiendo hasta su superficie - después de algunos segundos de finalizar la reacción y la ebullición correspondiente - debido a que su masa específica es notablemente inferior a la del citado acero, (3,97 y 7,80 respectivamente).

La sangría del crisol, por una piqueta de fondo, hace llegar el acero fundido al molde que envuelve los extremos de los carriles y provoca su fusión ocasionando la mezcla que, una vez solidificada y fría, asegura la unión de los carriles.

### **4.2.- Características técnicas del proceso de soldeo aluminotérmico**

#### **4.2.1.- Ubicación de las soldaduras**

La distancia mínima entre dos soldaduras aluminotérmicas, aluminotérmica y eléctrica o aluminotérmica viene determinada en las normas NAV 3-4-3.0 de montaje de vía y la NAV 7-1-3.4 de montaje de aparatos de vía.

#### **4.2.2.- Modalidad de soldeo**

Antes de provocar la reacción de la carga aluminotérmica en el crisol, es preciso realizar un precalentamiento de los extremos de los carriles a soldar, que puede llevarse a cabo mediante diferentes métodos. Adif utiliza exclusivamente el soldeo con precalentamiento corto, en adelante PC.

Esta modalidad de precalentamiento se lleva a cabo durante un tiempo que fija el fabricante de la misma, sin vigilar la temperatura alcanzada por los carriles (ver apartado 5.3).

La amplitud de la distancia entre los extremos de carril a soldar deberá ser tal que proporcione la cala definida por cada fabricante.

No se admitirá el procedimiento denominado "cala ancha".

#### **4.2.3.- Equipo para efectuar el proceso de soldeo**

##### **4.2.3.1.- Equipo de operarios**

El equipo de soldeo aluminotérmico debe estar constituido por un mínimo de dos operarios (el soldador habilitado y su ayudante habitual), aunque para los trabajos en vía que requieran movimiento de carriles, su número será el que se precise para los mismos, dependiendo de la longitud.

Solamente podrán efectuar operaciones de soldeo aluminotérmico para las instalaciones de Adif aquellos

operarios que estén en posesión de permiso otorgado por Adif para ejecutarlas, siempre que no se encuentre caducado o haya sido anulado.

El permiso puede ser inhabilitado para la Obra por el responsable de ella, cuando su actuación sea deficiente a su juicio, requiriendo otros operarios del Contratista. El citado responsable dará cuenta a Adif de la decisión adoptada, pasando ésta, a retirar la autorización de soldeo concedida, si procede.

Las Empresas encargadas de realizar soldaduras para Adif procederán a recepcionar los conjuntos de elementos para estos trabajos, según sus manuales de calidad. Antes de comenzar su trabajo, proporcionarán a Adif los certificados correspondientes a esos controles de vigilancia y los irán ampliando, conforme a las necesidades, antes de llevar a cabo nuevas soldaduras.

Adif hace recaer la responsabilidad de la calidad de la citada soldadura en el soldador, por lo que le considera Jefe del equipo. Su ayudante debe colaborar en el desempeño de la misión que le ha sido encomendada y su labor se considera importante para el funcionamiento del equipo por lo que es recomendable que no sea rotativo y preferible que esté autorizado aunque sea en el nivel básico, habilitación clase A, atendiendo a las prescripciones de la NAV 3-3-2.2.

#### 4.2.3.2.- Utensilios para el soldeo

Los moldes, las cargas y los útiles que se emplean para el soldeo son específicos de cada fabricante y suministrador de kits de soldadura aluminotérmica. Deberán estar a disposición del equipo y quedarán descritos en los manuales de procedimiento elaborados por los suministradores. No son intercambiables entre sí, cualquiera que sea la clase de circunstancia que se produzca. Tampoco son compatibles los equipos de precalentamiento ofrecidos por los distintos suministradores.

Los kits de soldadura, tal y como están definidos en el punto 3, deben contener los siguientes elementos<sup>1</sup>:

- Una bolsa de plástico, herméticamente cerrada, con la carga aluminotérmica en forma de mezcla granular.
- Un tubo cerrado, conteniendo la boquilla de apertura automática del crisol aplicable a su piquera de fondo, e incluyendo un envase tubular con el material granular para sellar la unión entre el crisol y la citada boquilla (arena de titanio).
- Un envase de material plástico, cerrado herméticamente, conteniendo las piezas que constituyen el molde.

Estos moldes pueden ser de tamaño estándar o reducido. El tamaño reducido se emplea únicamente en desvíos cuando concurren dos hilos muy juntos y no permiten que se instale el de tamaño estándar, presentando modificaciones de tamaño sólo el molde interior.

- El crisol de un solo uso que podrá ir en un envase independiente.

La boquilla podrá presentarse incluida dentro del crisol de un solo uso.

El elemento de ignición de la carga aluminotérmica, deberá suministrarse obligatoriamente de forma separada al kit y no deberá almacenarse, en ningún caso, cerca de ella.

La pasta precisa para rejuntar los semimoldes entre sí y con los carriles a soldar, podrá suministrarse de forma separada del kit.

### 4.3.- Condiciones del proceso de soldeo aluminotérmico

#### 4.3.1.- Geométricas

Se podrá iniciar la ejecución de soldaduras aluminotérmicas en el momento que la Dirección de Obra haya dado el visto bueno al Estado Previo de Recepción (diferencia a C.C.C. definitiva -21 mm). Siempre con el

<sup>1</sup> Cada elemento contenido en el envase debe llevar una envoltura de material plástico herméticamente cerrado para evitar que se humedezca y deteriore cuando se corte o se raje la funda que envuelve la caja y para poder identificarlo inequívocamente mediante la leyenda impresa en dicha envoltura facilitando su utilización en otras soldaduras, si fuera preciso.

VOBO de la Dirección de Obra, el contratista podrá realizar la soldadura antes del estado previo de recepción. Para ello deberá presentar un sondeo de la geometría de vía en cada junta, 25 m a cada lado de la misma. Para poder realizar la soldadura, este tramo de vía debe cumplir las siguientes tolerancias:

- Nivelación longitudinal: variaciones de 5 mm cada 5 m.
- Alineación (flechado con cuerda de 20 m cada 5 m): En recta variaciones de 2 mm y en curva de 3 mm cada 5 m.

Además, en el caso de vía sobre balasto deberá haberse aportado al menos el 80% del hombro de balasto definitivo.

Para el caso de vías en explotación, las soldaduras deben ejecutarse con la vía en 2ª nivelación.

#### 4.3.2.- Condiciones atmosféricas

Las soldaduras aluminotérmicas no deben realizarse con lluvia, nieve, niebla densa, viento fuerte, ni cuando el frío pueda helar los moldes. El soldeo puede presentar peligro para los operarios en estas circunstancias y ocasionar defectos en las soldaduras.

Con lluvia solamente podrá soldarse en caso de necesidad absoluta y disponiendo las protecciones necesarias. Si fuera totalmente imprescindible efectuarlas, se protegerán de la acción del agua y de la nieve con una cubierta adecuada y se tendrá la seguridad de que no existe agua en el terreno, bajo la cala del soldeo, que pueda entrar en contacto con el metal fundido.

Además, el soldador queda obligado a respetar estrictamente las siguientes condiciones:

- Antes de la colada.- Secar y proteger de la humedad: el molde, el crisol y la cubeta de recogida de la escoria cuidando, además, de que la capa de arena que se extienda sobre ella se encuentre perfectamente seca.
- Durante la reacción de la carga y después de la colada.- Impedir el contacto de los productos fundidos - acero y escoria - con: el agua, la nieve y cualquier otra especie húmeda que pueda provocar su proyección. La cubeta de recogida de dicha escoria solamente puede retirarse después de la completa solidificación de ésta.

Las soldaduras deben realizarse a una temperatura media del carril comprendida entre 0 °C y +45 °C.

#### 4.3.3.- Condiciones de los carriles a soldar

La soldadura aluminotérmica se utiliza, en general, para unir carriles, ya sean nuevos, regenerados o usados, del mismo tipo de perfil y con igual grado de acero.

Como excepción se podrán soldar carriles de diferente grado de acero, teniendo en cuenta que para efectuar dicho soldeo se utilizará la carga correspondiente al acero de menor grado de ambos carriles, según lo establecido en la UNE-EN-13674-1, y que se extraiga en la tabla siguiente.

Grado	Rango de dureza (HBW)	Descripción	Marcado en relieve
R260	260 a 300	No aleado (C-Mn) Sin tratamiento térmico	— —
R350HT	350 a 390	No aleado (C-Mn) Con tratamiento térmico	— — —

Tabla 1. Clase de acero

Queda prohibido, en cualquier caso, soldar aquellos carriles usados que considera inútiles en la NAV 7.6.0-1.

Cuando el grado del acero de uno de los dos carriles a unir exija condiciones especiales, el soldeo debe

efectuarse siguiendo las mismas.

Antes de iniciarse los trabajos de corte y soldeo, deben determinarse las clases de acero con las que se está trabajando mediante las correspondientes marcas de laminación de los carriles.

#### 4.3.3.1.- Secuencia de las soldaduras

Cuando las barras que han de formar la vía sean inferiores a 54 m o el radio de curvatura sea inferior a 300 m, las soldaduras deberán hacerse alternativamente en cada hilo.

#### 4.3.4.- Soldaduras en la vía sin juntas

Se realizará conforme a la NAV 7-1-4.1 Neutralización y Homogeneización de Tensiones del Carril en la vía sin juntas. En el anejo 1, se encuentra el mapa de temperaturas extremas de ambiente en red ferroviaria de Adif extraída de dicha NAV.

La soldadura se llevará a cabo en las siguientes condiciones:

- Si la temperatura de libre esfuerzo es igual a la temperatura de neutralización  $\pm 5$  °C, se podrá soldar sin ninguna condición adicional.
- Si la temperatura de libre esfuerzo es igual a la temperatura de neutralización  $\pm 10$  °C, se llevará a cabo una homogenización posterior.
- Fuera de estos rangos de temperatura, deberá llevarse a cabo una neutralización posterior.

#### 4.3.5.- Interrupción de circulación de los trenes

Las operaciones para el soldeo aluminotérmico en vía deben iniciarse y terminarse en un solo intervalo de corte de circulación. A efectos de petición de intervalos de trabajo se podrá considerar, a modo de referencia, que el tiempo aproximado para la ejecución y enfriamiento de la soldadura es de 1 hora y 20 minutos, debiendo garantizarse que la temperatura del carril sea inferior a 300°C para reanudar las circulaciones.

### 5.- PROCESO DE EJECUCIÓN DE LA SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA

#### 5.1.- Preparación de la cala de soldeo

La preparación de la cala de soldeo exige una inspección previa y minuciosa de los carriles, especialmente en los extremos a soldar, con el fin de detectar los defectos que pudieran perjudicar o anular la vida útil de la soldadura que debe ser, como mínimo, la misma que la de los carriles que une.

##### 5.1.1.- Inspección de los carriles

Los extremos de los carriles deben examinarse cuidadosamente cerciorándose de que no existen defectos en ellos. El examen se llevará a cabo mediante una inspección visual de su superficie.

Esta inspección visual se realiza con ayuda de una linterna y un espejo con aumento superior a una vez y medio el tamaño del objeto, revisando la superficie del carril, incluyendo la cara inferior del patín, antes y después de limpiarla con cepillo metálico.

##### 5.1.1.1.- Defectos de los carriles

Además de lo indicado en el punto 4.3.3, las barras a soldar estarán libres de defectos, entendiendo como tales los recogidos en el "Catálogo de defectos de los carriles", 4ª edición UIC. Estos defectos se sintetizan en la tabla siguiente:

NORMA ADIF VÍA	ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS
SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA DE CARRILES. EJECUCIÓN Y RECEPCIÓN DE SOLDADURAS	COMITÉ DE NORMATIVA
NAV 3-3-2.1	3ª EDICIÓN
	JULIO 2018
	Pág. 9 de 39

Zona donde se produce el defecto	Tipo de defecto	Descripción
Cabeza	111 Fisura transversal progresiva de origen interno (mancha oval)	Imputable a la fabricación. Se presenta, también, en plena barra. Se desarrolla, generalmente, a partir de una raíz o de una fisura horizontal interna que crece hasta alcanzar la superficie de la cabeza. Entonces se hace visible, enseguida, en el alma y la rotura es inminente. La presencia de una fisura transversal inclinada, en la cabeza, indica la casi certeza de que el defecto es de esta naturaleza. Este grave defecto puede repetirse en un mismo carril y producir roturas múltiples en la barra.
	112 Fisura horizontal	Imputable a la fabricación. Comienza en el interior y se propaga paralelamente a la superficie de rodadura. Aparece una fisura en una o en las dos caras laterales de la cabeza que pueden ir acompañadas por otra a lo largo de la superficie de rodadura.
	113 Fisura vertical longitudinal	Imputable a la fabricación. Tiende a separar la cabeza en dos partes, progresivamente. Cuando llega a la superficie de rodadura se reconoce por una línea negra sobre ésta.
	121 Defectos de superficie	Imputable a la fabricación. Se presenta, también, en plena barra. Son poco visibles en origen. A lo largo de su evolución pueden presentar tres aspectos: Aguja.- Se desprenden capas de metal en la superficie alcanzando varios milímetros de profundidad. Canalón o surco.- En la superficie de rodadura se desprende una varilla con espesor de algunos milímetros y con longitud que puede alcanzar metros. Línea.- Defecto longitudinal filiforme de 2-3 milímetros de profundidad.
	125 Huellas de patinaje	Imputable al uso. Ver defecto 2251 y 2252.
	222 Escamadura	Imputable al uso. Comienza en la superficie y suele degenerar en fisuras de la cabeza. En estado avanzado puede desprenderse una parte del metal.
	223 Aplastamiento	Imputable al uso. Se observa un hundimiento en la superficie de rodadura y un ensanchamiento lateral de la misma.
	224 Desnivelación local de la superficie de rodadura	Imputable a la fabricación. Se presenta, también, en plena barra. Defecto poco frecuente. La superficie de rodadura presenta un hueco aislado pequeño que suele ir acompañado por un ensanchamiento de la cabeza.
	2251 y 2252 Huellas de patinaje	Imputable al uso. Se presenta, también, en plena barra. Se produce por patinaje simple o múltiple, respectivamente, de un eje motor. Puede evolucionar en dos formas: Longitudinalmente. Degenera, entonces, en una escamadura local. Transversalmente. Puede llegar a producir una fisura interna que se dirige hacia el alma.
Alma	2321 Fisura horizontal en acuerdo alma-cabeza	Se inicia en el extremo del carril y progresa paralelamente a la cabeza. Puede curvarse hacia arriba, hacia abajo o en ambas direcciones.
	2322 Fisura horizontal en acuerdo alma-patín	Se inicia en el extremo del carril y progresa paralelamente al patín curvándose, generalmente, hacia abajo y rompiéndolo, aunque puede curvarse hacia arriba provocando la rotura del carril.
	233 Fisura vertical longitudinal (rechupe)	Imputable a la fabricación. Se presenta, también, en plena barra. Excepcionalmente se observa una hinchazón en las dos caras del alma así como un hundimiento en la superficie de rodadura. Unido a otro defecto, puede provocar la rotura del carril.
	234 Corrosión	Imputable al uso. Se presenta, también, en plena barra. Se desprenden escamas de herrumbre del alma.
	235 Fisuración alrededor de los agujeros diferentes a los de embridado	Imputable al uso. Las fisuras se desarrollan siguiendo un ángulo de 45°, generalmente, pudiendo provocar la rotura del carril.
	239 Plegado	Imputable a la fabricación. Se presenta, también, en plena barra. Defecto poco frecuente que se manifiesta en forma de una línea abultada paralela al eje de laminado en una de las caras del alma o cerca de los acuerdos con la cabeza y con el patín. Puede afectar a todo el carril.
Patín	253 Fisura vertical longitudinal	Imputable a la fabricación. Se presenta, también, en plena barra. Presenta pequeñas líneas longitudinales situadas, generalmente, en el tercio medio de la cara inferior del patín. Acaban por romper, éste, bruscamente, especialmente en tiempo frío.
	254 Corrosión	Imputable al uso. Se presenta, también, en plena barra. Ver defecto 234.

**Tabla 2. Defectos del carril**

### 5.1.1.2.- Eliminación de los defectos.

Como notación general a las características de los defectos expuestos, se puede indicar que se eliminarán por corte los defectos siguientes:

- las muescas que presente el carril.
- las fisuras y comienzos de fisura.
- los taladros en el alma con rotura en estrella y cualquier otro que no pueda quedar totalmente fuera del molde de la soldadura, es decir, cuyo borde esté situado a menos de 50 milímetros del extremo del carril, con el fin de evitar fugas del acero de aportación.
- los defectos de superficie tipo 121, salvo el de aguja.
- los defectos 223 situados en el extremo del carril.
- zonas térmicamente afectadas por antiguas soldaduras.

Se eliminará con muela cualquier defecto en los últimos quince centímetros de los extremos de los carriles que pueda impedir o perjudicar el correcto asiento y ajuste del molde, tales como conexiones eléctricas, defectos leves de la superficie de rodadura del tipo 125, y otros.

### 5.1.2.- Dimensión de la cala de soldeo

Las superficies de los extremos de los carriles que determinan la cala deben ser paralelas entre sí y perpendiculares al eje longitudinal del carril.

La distancia más adecuada entre ellas, con la tolerancia correspondiente, para cada modalidad de soldeo, se designa como cala nominal y deberá indicarse en las bolsas y cajas que contienen los conjuntos para el soldeo, estando perfectamente definidas en los manuales de cada suministrador.

#### 5.1.2.1.- Medición de la cala

La cala se mide con flexómetro calibrado y acreditado, con su correspondiente sello y etiquetado en vigor, y su número de identificación como equipo de ensayo y medida (ESYM).

Se debe medir tanto en cabeza como en patín y la diferencia entre ambas medidas determina el índice del paralelismo de los cortes de los extremos y deben estar dentro de los límites de tolerancia de la cala nominal y permitida para el tipo de soldadura.

La tolerancia en el ancho de la cala no permite una falsa escuadra superior a 1 milímetro, sea en la cabeza del carril o en el patín.

La dimensión de la cala puede rectificarse por corte de los carriles si la temperatura ambiente es superior a la de neutralización de la zona. Por el contrario, si es inferior, deberán usarse tensores hidráulicos para deslizar los carriles hasta alcanzar la medida de la cala conveniente, según el procedimiento recogido en la NAV 7-1-4.1.

En la vía sin juntas, para la neutralización de tensiones y la modificación o reparación de una barra larga definitiva, que se realizará según lo indicado en la NAV 7-1-4.1, debe tenerse en cuenta el valor de la cala nominal facilitado por el suministrador.

### 5.1.3.- Corte de los carriles y limpieza de sus secciones

Para preparar los extremos de los carriles a soldar en vía, los cortes se realizarán siempre con disco abrasivo. El uso de sierra mecánica de carriles, se reserva exclusivamente a taller.

Los cortes se limpiarán cuidadosamente antes de medir la cala, mediante cepillo de alambre, a fin de eliminar cualquier rebaba, resto de óxido o de grasa, que pueda perjudicar a la calidad de la soldadura.

En el caso de líneas electrificadas deberán adoptarse las disposiciones reglamentarias para asegurar la continuidad del circuito de retorno antes de dar un corte a los carriles.

### 5.1.4.- Constitución y ajuste de la cala

El ajuste de la cala y las operaciones de alineación, tienen como finalidad colocar correctamente los extremos de los carriles, en planta y en alzado, antes de continuar con las operaciones del soldeo.

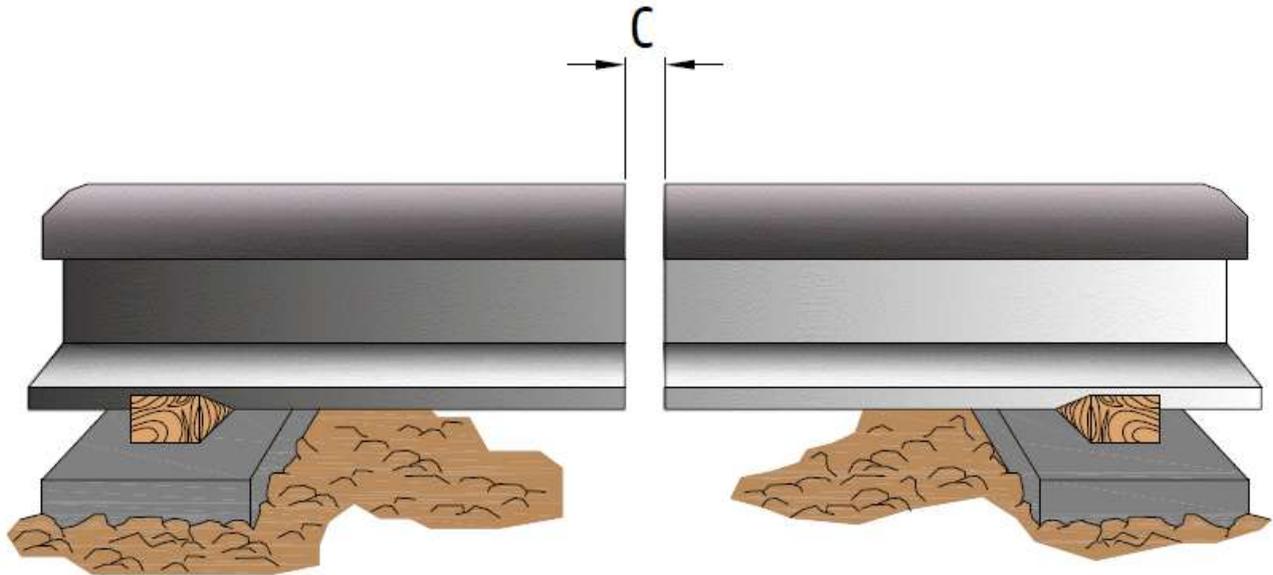


Figura 1. Esquema de cala

Se efectuará mediante caballetes y una regla de sección rectangular (1.000x40x10mm), tratada y rectificada. También se emplean otros dispositivos que permiten modificar la posición de los carriles, como reglas de alineación, crics, trípodes y cuñas de madera. Se prohíbe el empleo de cuñas metálicas para evitar dañar el carril. Durante las operaciones de ajuste debe evitarse cualquier acción que pueda deteriorar los carriles, así como golpearlos con martillos, mazos de acero, bates o barras.

Previamente a cualquier operación destinada a formar la cala de soldeo es necesario apartar de la vía todo tipo de vehículos que circulen por ella hasta 10 metros de la citada cala y prohibir el apoyo de elementos o personas sobre los carriles a soldar en esa longitud.

Despejada la vía, el soldador quitará las sujeciones de carriles de las dos traviesas de junta, protegiendo los taladros de las traviesas que quedan liberados; aflojará las sujeciones de las cinco traviesas situadas a ambos lados de ellas, y procederá a alinear en planta y alzado los carriles, utilizando los caballetes y asegurándolos con cuñas de madera.

Aparte de estas operaciones, debe tenerse en cuenta:

- La descubierta de vía que se precise hacer en el balasto y los movimientos de las traviesas se limitarán a lo estrictamente necesario para poder colocar el molde en su posición correcta.
- En caso de ser necesario, se realizará el desguarnecido imprescindible de balasto, a ambos lados de la cala, para dejar pasar los tensores de abrir y cerrar vía.
- Deben retirarse, provisionalmente, los elementos de caucho o de material plástico de asiento de los carriles, o pertenecientes a las sujeciones, situados en aquellas traviesas inmediatas a la cala de soldeo para evitar su deterioro por calentamiento excesivo o por salpicaduras del material fundido.

Las traviesas solamente deben moverse de su posición cuando sea imprescindible hacerlo. En ese caso, se trasladarán retirando el balasto situado por encima del nivel de su cara inferior, y será necesario efectuar un bateo posterior.

### 5.1.4.1.- Alineación en planta

Los carriles se alinearán en planta por la cara activa de sus cabezas, al menos en una longitud de un metro, cualquiera que sea el trazado de la vía, y a continuación, a nivel del acuerdo del alma con el patín, para dar igual inclinación a sus cabezas.

La operación se realizará elevando ambos carriles con los caballetes de alineación disponibles para esta operación, e introduciendo cuñas de madera entre el patín y la traviesa donde descansa el carril, a cada lado de la junta a soldar, y comprobando su alineación con ayuda de la regla descrita en el apartado 5.1.4..

Cuando sea necesario, la operación se facilitará mediante tensores de abrir y cerrar vía que garantizarán la posición de los carriles a soldar. Antes de retirarlos, la soldadura deberá tener una temperatura inferior a 300 °C

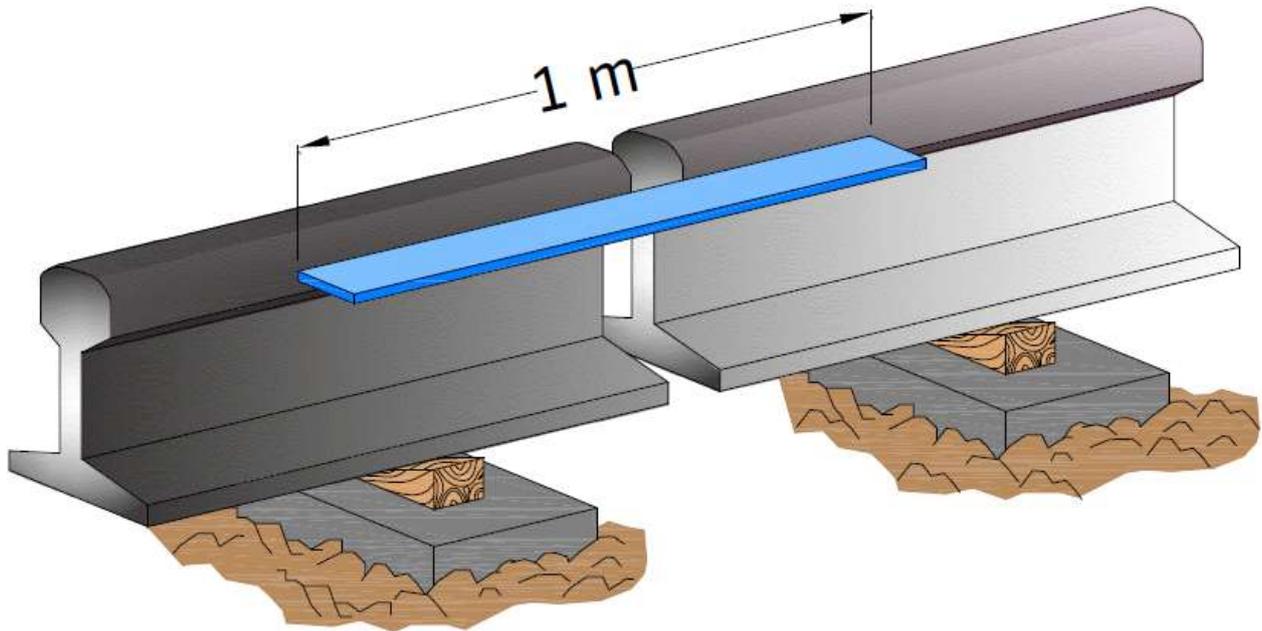


Figura 2. Esquema de alineación

### 5.1.4.2.- Nivelación en alzado

Los carriles deberán ajustarse en alzado de forma que, después del esmerilado definitivo, la unión de sus superficies de rodadura quede ligeramente apuntada hacia arriba.

El soldador debe tener claro conocimiento sobre la herramienta que utilice en el desbaste y la contracción del propio material. Es necesario que vigile la exactitud del ajuste de las primeras soldaduras de un trabajo para efectuar las correcciones necesarias en las siguientes.

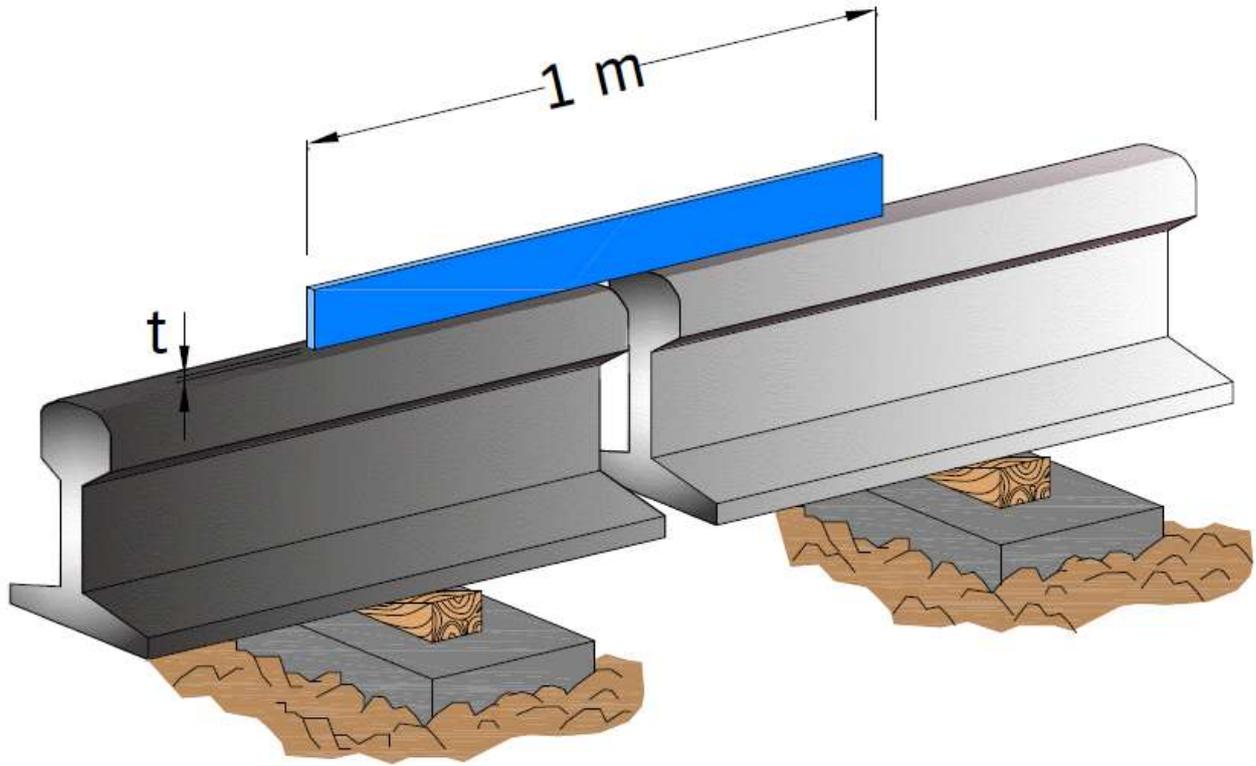


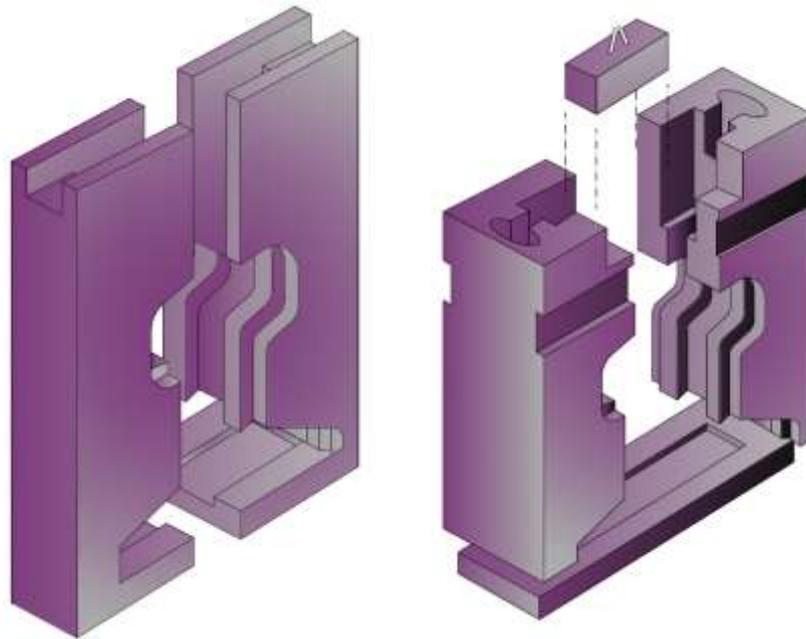
Figura 3. Esquema de nivelación

## 5.2.- Moldes para la soldadura y su colocación

La realización de una soldadura implica la existencia de un molde prefabricado que encierre los extremos de los carriles, cuyas funciones son las siguientes:

- Hacer de cámara de combustión en el precalentamiento de los carriles.
- Recibir el metal de aportación para la soldadura, en estado líquido, desde el crisol.
- Facilitar la distribución de este metal en la cala de soldeo.
- Dar forma a la masa fundida que ocasiona el metal de aportación con los extremos de los carriles.

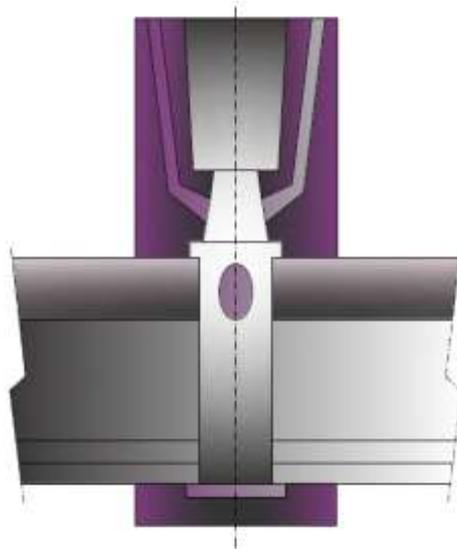
El conjunto se compone de dos semimoldes, pudiendo ser completos o necesitar de una placa inferior y una pieza superior de obturación, dependiendo del suministrador.



**Figura 4. Esquema de moldes para soldadura aluminotérmica**

El molde se colocará de forma que el plano transversal de simetría de su cámara de precalentamiento coincida con el plano medio de la cala de soldeo, una vez realizada la alineación en planta y en alzado de los extremos de los carriles.

Ambos planos deberán ser prácticamente perpendiculares al eje longitudinal de dichos carriles. Esta posición debe comprobarse nuevamente al terminar la operación de precalentamiento, antes de poner en ignición la carga aluminotérmica.

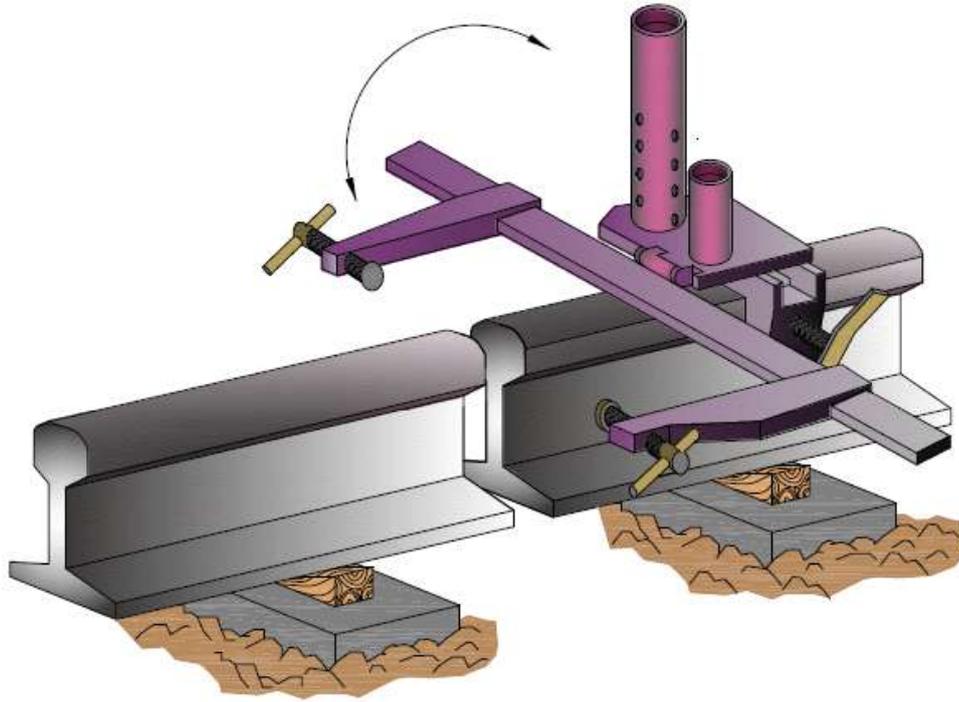


**Figura 5. Posicionamiento del molde respecto de los carriles**

Teniendo en cuenta las tolerancias admitidas para carriles y moldes, puede ser necesario adaptar éstos al perfil de los carriles rectificando sus mitades por limado o, si el exceso del molde no es muy fuerte, por frote contra el carril. Después de esta operación las mitades del molde deben acoplar perfectamente mediante ligera compresión de una contra otra.

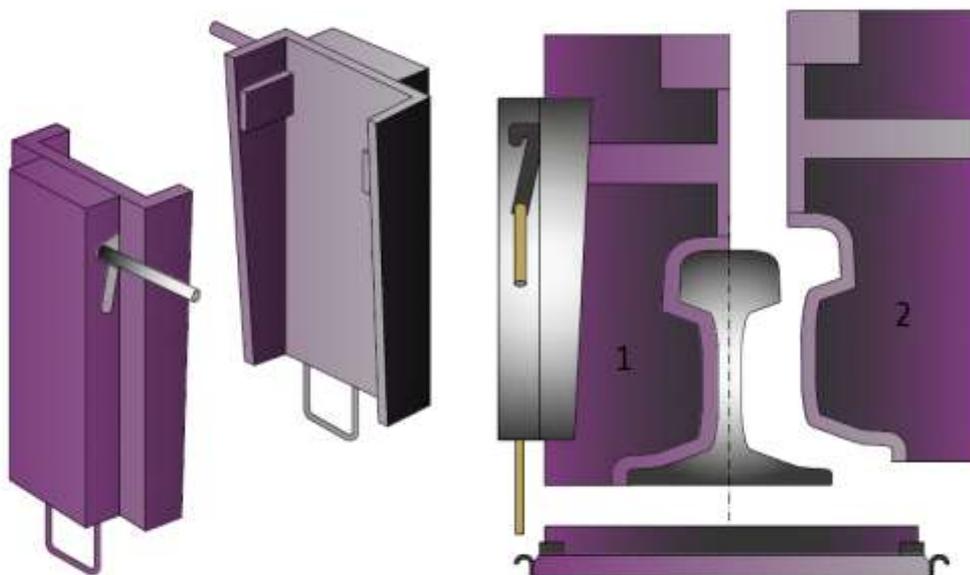
Esta colocación del molde se llevará a cabo con una prensa portadora que queda sujeta a la cabeza de los carriles y que se situará correctamente, con relación a la cala de soldeo, mediante una galga de medida. La

prensa poseerá dos brazos con movimientos independientes que permitirán colocar en su posición uno de los semimoldes y retenerlo en ella por apretado del tornillo del brazo de ese lado hasta la colocación del otro semimolde.



**Figura 6. Ejemplo de prensa portadora**

Es preciso colocar una semiplaca portamolde sobre la cara lateral del semimolde para que el tornillo de sujeción no lo dañe. A continuación se dispondrá el otro semimolde, y si se ha seguido el proceso debidamente, ambos deben ajustar perfectamente, entre sí y con los carriles. Comprobado dicho ajuste, se comprimen ligeramente, apretándolos con la prensa, lo que bastará para garantizar una buena adaptación entre ellos y con los carriles. Se prohíbe ejercer una presión excesiva que pueda dañar los semimoldes.



**Figura 7. Ejemplo de portamolde y posicionamiento de molde**

Realizado este apriete, los extremos de los carriles deben verse por el agujero de la cámara central del

molde prefabricado y por sus pipas laterales.

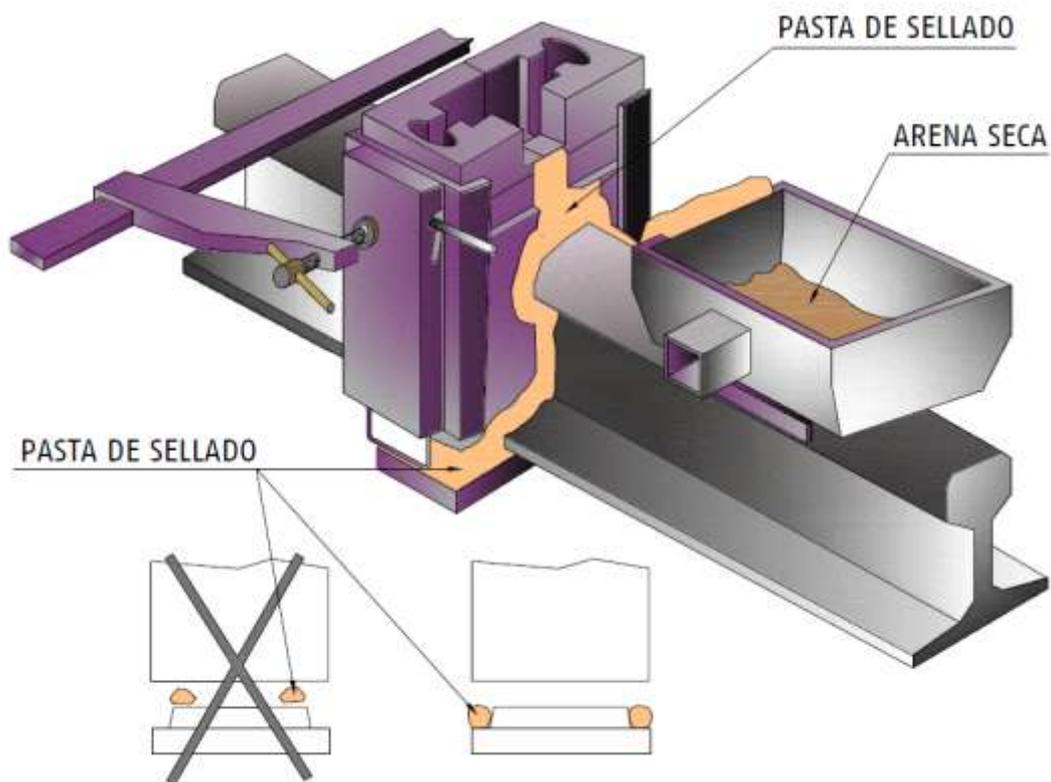
La colocación se completa situando la pieza refractaria inferior (placa de fondo) del molde bajo los patines de los carriles, encajándola en los talones de los semimoldes, burleteando su perímetro y comprimiéndola contra estos patines mediante la pieza base de la placa portamolde, por giro de las manivelas de tensión de esta placa, en el caso de que el conjunto esté formado por tres piezas. Si el conjunto solo se compone de dos piezas, se apretará directamente.

Se procede, después, a sellar la unión de los semimoldes y todo el perímetro de contacto de estos con los carriles, para asegurar la estanqueidad del conjunto. No debe emplearse demasiada pasta ya que su exceso perjudica al resalto de la soldadura.

Debe prestarse especial atención durante la operación de sellado a:

- Contornear perfectamente el perfil del carril
- Colocar un cordón de pasta refractaria entre el molde y la cubeta de escoria
- Verificar que los orificios de salida del molde están totalmente libres
- Cuando las holguras entre semimoldes o entre éstos y los carriles son grandes, es conveniente rellenarlas con un sellado refractario suplementario.
- Como operación final y para no contaminar el balasto, se colocan una o dos cubetas de recogida del corindón (escoria) sobrante de la reacción aluminotérmica. El apoyo de esta, o de estas cubetas, sobre el molde, se sella con un cordón de pasta al tiempo que se dispone, sobre ellas, una capa de arena totalmente seca para recibir dicho corindón.
- Debe procurarse que bajo ninguna circunstancia, caiga pasta de sellado en el interior de la cámara del molde.

Antes de colocar el molde en su posición, el soldador está obligado a inspeccionar todos sus orificios y a limpiarlos en caso de obstrucción, aunque sea parcial.



**Figura 8. Esquema de preparación del molde**

### 5.3.- Precalentamiento de los extremos de los carriles

La operación se lleva a cabo quemando una mezcla de aire o de gas y de combustible, en las proporciones que dictamine el suministrador, en el interior de la cámara formada por los carriles y por el molde, mediante un quemador que se sitúa en su posición adecuada (altura y distancia). Una vez colocado debe quedar perfectamente centrado en la intersección del plano de simetría del carril con el plano medio de la cala y a la altura, sobre la superficie de rodadura del carril, que requiera la modalidad de soldeo a emplear.

Las mezclas a utilizar serán:

- Aire inducido + propano
- Oxígeno + propano.

Adicionalmente se podrá emplear cualquier otra mezcla homologada por ADIF.

El precalentamiento tiene las siguientes finalidades:

- Aportar al soldeo unas calorías complementarias a las liberadas por la reacción aluminotérmica.
- Secar el molde, su rejuntado, sus diferentes componentes e, incluso, los propios carriles.
- Regular el enfriamiento de la soldadura.
- Comprobar la eficacia del sellado del molde y su consecuente estanqueidad. Cuando la llama del quemador escapa por algún punto de su perímetro, el rejuntado es defectuoso y ha de corregirse, suplementándolo o modificándolo.

El precalentamiento debe realizarse evitando cualquier deterioro en los moldes, y debe ser sensiblemente igual en los extremos de ambos carriles para lo cual es fundamental la correcta posición del quemador. Este se colocará directamente sobre los moldes en las cavidades laterales al efecto con lo que se garantizará su correcta posición axial y longitudinal.

El precalentamiento debe durar el tiempo necesario, señalado por cada fabricante, para que los extremos de los carriles no se enfríen durante el lapso que media entre su finalización y el comienzo de la sangría del acero de aportación, evitando que adquieran una temperatura inadecuada para la unión homogénea de los dos aceros.

Se debe comprobar, antes de iniciar el precalentamiento, que se cuenta con los consumibles en cantidad suficiente para no interrumpir el proceso por falta de alguno de ellos. Por ello, es imprescindible contar con un caudal de propano que garantice una presión constante.

Terminada la operación de precalentamiento debe colocarse rápidamente, según los tiempos indicados en el manual del suministrador, la pieza de obturación de la cámara del molde.

El sistema de precalentamiento tiene las siguientes secuencias:

- Abrir lenta y completamente la alimentación de propano y la de oxígeno si procede
- Verificar en el manómetro las presiones.
- Encender la mezcla con el encendedor
- Comprobar la llama (centrada y color y continuidad de flujo)
- Colocar el tapón obturador sobre el molde, cerca de las llamas
- Controlar el tiempo señalado por cada fabricante.

#### 5.3.1.- Precalentamiento con aire inducido/propano

La operación se realiza, exclusivamente, con molde prefabricado y durante un tiempo fijado por el fabricante o suministrador, sin controlar la temperatura alcanzada por los extremos a soldar, el final de dicho tiempo se debe controlar mediante cronómetro por el soldador.

Queda prohibido valerse de otros útiles que los preconizados por el suministrador.



Figura 9. Ejemplo de equipo de precalentamiento con aire inducido / propano

### 5.3.2.- Precalentamiento con oxígeno/propano

De características similares en cuanto a tiempos y características del método con aire inducido, este precalentamiento favorece la calidad metalúrgica de la soldadura aunque presenta dificultades a la hora de su ejecución que debe realizarse por personal cualificado que respete escrupulosamente todos los tiempos y pautas marcadas en los manuales del fabricante.



Figura 10. Equipo de precalentamiento con oxígeno / propano

### 5.4.- Verificación del crisol de un solo uso

La reacción de la carga aluminotérmica se provoca por ignición dentro de un recipiente de forma tronco-cónica llamado crisol. Este elemento es para un solo uso y se elabora en material refractario, semejante al empleado para hacer los moldes, aglomerado por una resina. Se usa directamente y no necesita ningún tipo de preparación. Los crisoles van provistos además de una tapa hecha del mismo material refractario, con objeto de evitar salpicaduras del metal fundido a los operarios.



**Figura 11. Crisol de un solo uso.**

Para la seguridad del soldador y la calidad de la soldadura, es imprescindible controlar:

- que el crisol ha sido almacenado dentro de su embalaje de origen.
- el aspecto del crisol (sin grietas, sin rastro de arena)
- que el crisol ha sido almacenado de pie, en sitio seco y no presenta humedad
- que el orificio de vaciado no está obturado.
- la fecha de fabricación o caducidad del crisol, que deberá ir en relieve.

En caso de que no se produzca el destape automático de la boquilla, el acero en fusión sale por una válvula de seguridad.

Siempre que se trabaje con este tipo de material es necesario utilizar el útil diseñado para ello, por lo que se prohíbe retirar el crisol manualmente.

### **5.5.- Preparación de la carga aluminotérmica**

Como primera parte de la operación, el soldador está obligado a comprobar que la leyenda de la bolsa que contiene la carga, corresponde a: la modalidad del soldeo a realizar, clase de acero de los carriles, tipo de perfil, etc. Además debe coincidir con la leyenda y codificación de la caja exterior del kit.

La parte fusible que permite el destape automático se coloca durante la fabricación del crisol o bien se prepara en vía, dependiendo del fabricante. Termina, inferiormente, en una piqueta de sangría que se cierra mediante una boquilla de destape automático, cuya parte superior de desagüe se funde al entrar en contacto con el acero líquido de aportación.



**Figura 12. Vertido de la carga homogénea sobre el crisol**

La bolsa debe estar perfectamente cerrada y sin deterioros por golpes o trazas de humedad y, antes de utilizar su contenido, la carga debe homogeneizarse convenientemente, apretándola varias veces con la mano, y removerla en un recipiente limpio y seco. Esta operación se verifica siempre inmediatamente antes de verter la carga en el crisol.

Efectuadas estas operaciones y una vez obturada la piqueta del crisol desechable, si es necesario, la carga se vierte dentro de él.

Queda prohibido suplementar las cargas de soldadura con material procedente de otras cargas o con cualquier otro elemento extraño. No mezclar nunca elementos de dos kits destinados a perfiles y/o durezas diferentes. No usar jamás una bolsa rota o incompleta.

### **5.6.- Realización de la colada**

Terminada la operación de precalentamiento, el soldador corta la alimentación de propano, desbloquea la placa de apoyo y retira el quemador cuidando de no deteriorar las paredes internas de los moldes. Comprueba visualmente la correcta posición del molde, por la coincidencia de su plano transversal con el plano medio de la cala, y la postura de ésta. En este tiempo se permite que los gases acumulados en la cámara formada por el molde se liberen a la atmósfera, evitando la posterior aparición de poros o inclusiones gaseosas. No tiene que haber más pérdida de tiempo entre el final del precalentamiento y la colada, las operaciones tienen que encadenarse sin demora.



**Figura 13. Realización de la colada**

Después, coloca y ajusta en su lugar el obturador de la cámara de precalentamiento, encajándolo ligeramente para evitar que se levante por el empuje del acero de aportación que sube hasta él. A continuación, sitúa el crisol desechable y lo encaja en la parte superior del molde después de ajustar el obturador, como queda indicado, produciendo la reacción de la carga mediante un elemento de ignición que se enciende por contacto con la pared interna del crisol desechable. El elemento de ignición no debe penetrar excesivamente ya que si se hunde demasiado dentro de la carga el tiempo de destape puede variar invalidando incluso la soldadura si es inferior a 17 segundos. En ese momento pone en marcha el cronómetro que servirá para tomar los tiempos necesarios para realizar cada operación.

El crisol se coloca directamente sobre el molde tras el proceso de precalentamiento en el eje longitudinal y transversal del mismo. La colocación debe hacerse suavemente, sin dejar caer el crisol en su alojamiento, sino llevándolo hasta su lugar, ya que el impacto puede desalinearse el carril y/o dañar los elementos del molde o el propio crisol. Su posición de colada se ajusta de manera que coincida con el eje de simetría de dicho molde y de modo que, al sangrarlo, el metal de aportación caiga sobre el obturador de la cámara de precalentamiento del molde.

La reacción puede considerarse finalizada cuando disminuyen notablemente los humos desprendidos y cesan las vibraciones del crisol. Tras esta operación se puede retirar el crisol, utilizando para ello la horquilla destinada para este fin. El tiempo transcurrido en esta operación varía dependiendo del fabricante debiéndose cumplir los siguientes criterios de aceptación:

TIEMPOS DE REACCIÓN	CRITERIO ACEPTACIÓN
De 18 a 26 segundos	Buena
De 15 a 18 segundos	Aceptable
De 26 a 30 segundos	
< 15 segundos	Rechazar
> 30 segundos	

**Tabla 3. Criterios de aceptación según tiempos de reacción**

Transcurrido el tiempo necesario para que se decante el corindón, se abre, por fusión, el desagüe del crisol y comienza la sangría a través de su piquera de fondo. El tiempo se medirá para cada colada y será indicativo de la bondad de las características metalúrgicas de la soldadura.

El relleno de la cala de soldeo se produce con el acero de aportación. El acero asciende hasta unos 15 o 20 milímetros por encima de la superficie de rodadura de los carriles y, terminado dicho relleno, continúa fluyendo el corindón o escoria, cuyo exceso se recoge en la cubeta prevista para ello.

Después de la colada no debe producirse ningún tipo de ebullición ni de borboteo, dentro del molde.

Finalizada la reacción de la carga y transcurrido el tiempo necesario para producir la decantación del corindón, comienza la sangría del crisol, evitándose cualquier acción manual.



Figura 14. Decantación del corindón

## 5.7.- Operaciones posteriores a la colada

Estas operaciones tienen como finalidad terminar la soldadura con la perfección requerida y retirar los útiles que han servido para realizarla, sin daño de los operarios, sin ocasionar desperfectos en ella, ni contaminar el balasto.

### 5.7.1.- Contaminación del balasto

Todas las operaciones de soldeo y especialmente las que se efectúan después de la colada deben llevarse a cabo sin contaminar el balasto. Para evitarlo, se dispone una cubeta bajo el molde ("pala de dos mangos"), destinada a recoger los restos del molde roto, una vez terminada la colada, evitando dejar caer ninguno fuera de ella.

### 5.7.2.- Retirada del crisol

Finalizada la colada, se retira el crisol de un solo uso, utilizando la horquilla diseñada por el suministrador y destinada para este fin.



**Figura 15. Retirada del crisol**

### 5.7.3.- Retirada de la cubeta de recogida del corindón (escoria)

La cubeta se retira una vez iniciada la solidificación del acero de aportación y cuando la escoria recogida, en ella, se encuentra totalmente en estado sólido. El corindón caliente puede explosionar, proyectándose, en contacto con el agua, o con elementos húmedos, por lo que la capa de arena que cubre el fondo de la cubeta debe estar totalmente seca. Solamente el soldador, o su ayudante, están capacitados para retirar esta cubeta y al hacerlo, deben llevar pantalla visual de protección o gafas especiales de vidrio incoloro. No se debe colocar o vaciar sobre suelos húmedos o helados, ni sobre traviesas (especialmente de madera).

### 5.7.4.- Retirada del molde

A continuación se retira la prensa de sujeción del molde, en un intervalo de acuerdo con el tiempo que marque la modalidad de soldeo, para permitir el comienzo de la solidificación de la soldadura y una vez comprobado que el material está suficientemente solidificado (no debe fluir ni borbotear) de conformidad con las indicaciones del suministrador. Se procede al desmoldeo quitando las placas portamolde y rompiendo los semimoldes con ayuda de un cortamazarotas. Posteriormente, la mazarota será retirada con maza. Los restos serán recogidos y retirados de la plataforma.

Es preciso tener en cuenta que:

- Para carril de grado R350 está prohibido desmoldar la parte baja de los moldes.
- No girar nunca la parte superior del molde con el acero en estado líquido.

Los tiempos aproximados para esta operación serán los indicados por cada suministrador.



Figura 16. Rotura del molde con cortamazarotas.



Figura 17. Retirada de la mazarota con maza.

### 5.7.5.- Desbaste de la soldadura

Una vez eliminado el molde se procede al desbaste de la soldadura retirando la mazarota cuando está todavía caliente, al rojo oscuro. Los restos se recogen en pala y se vierten fuera del balasto.

Ya solidificado el metal por completo, se limpia la unión con cepillo de alambre para eliminar la arena que hubiera podido adherirse. Queda prohibido utilizar chorro de aire para este fin.

Se procede, a continuación, al desbaste, antes del enfriamiento de la soldadura. Debe efectuarse con cortamazarotas (máquina automática de desbarbado). Cuando el reglaje de los carriles se haya realizado con ayuda de crics o de caballetes, debe mantenerse su altura con la ayuda de las cuñas de madera contiguas a la soldadura para evitar que la soldadura llegue a rehundirse.

La secuencia del desbaste debe realizarse según el orden:

Las pipas de la mazarota (apéndices laterales) pueden suprimirse en caliente y previamente al desbaste si están unidas al cordón de la cabeza del carril comenzando por la cara activa.

Cuando están unidas, solamente, al cordón del patín, se rompen en frío, después de haber hecho unas entalladuras, en caliente, con esta finalidad. En cualquier caso, es obligatorio el uso de una radial eléctrica provista de disco de corte con un diámetro mínimo de 230 milímetros que permite cortar la base de las pipas.

La pipa debe quedar a una altura entre los 2 y 12 milímetros por encima del cordón de soldadura.

En cualquier caso, está prohibido el corte completo de las pipas con tajadera y maza o el uso de palancas por el riesgo existente de provocar agrietamiento y arranque de material.

Los tiempos aproximados de espera para esta operación serán los indicados por cada suministrador.

El método para efectuar la eliminación de la mazarota puede variar de unos suministradores a otros.

En estas operaciones se deberá de disponer previamente de los elementos necesarios para la prevención de cualquier incendio al margen de la vía.

### 5.7.6.- Amolado preliminar o de desbaste

El esmerilado de desbaste consiste en limitar el sobreespesor dejado después del corte con cortamazarotas y devolver la vía a la circulación, en espera del esmerilado final que se hace en frío.

Una vez terminado el amolado preliminar, en las vías principales no debe subsistir más que una pequeña desigualdad del metal de aportación sobre la superficie de rodadura y en la cara activa de sus carriles, inferior a 0,5 milímetros.

La puesta en servicio de la soldadura, incluyendo los trenes de trabajos y la retirada de tensores, si ha sido necesario utilizarlos, es posible siempre que se respete un tiempo mínimo de 50 minutos.



Figura 18. Amolado

En estas operaciones se deberá de disponer previamente de los elementos necesarios para la prevención de cualquier incendio al margen de la vía.

### 5.7.7.- Esmerilado de terminación

Tiene como finalidad restablecer el perfil en la cabeza del carril con la mayor perfección posible, especialmente en la superficie de rodadura y en la cara activa. Debe realizarse con muela de esmeril cuando la soldadura se ha enfriado hasta la temperatura ambiente y entre él y el amolado preliminar debe dejarse pasar una o dos circulaciones con la soldadura todavía caliente o realizarlo, mejor, al día siguiente.

Normalmente abarca unos 10/20 centímetros a cada lado de la soldadura si al realizarla se han observado las prescripciones que han sido indicadas. La longitud máxima afectada por la muela abrasiva será de 600 mm en alzado y 500 en planta, distancia que no es necesario que sea simétrica respecto al eje de la soldadura. La operación comprende la eliminación de cualquier rebaba, caso de existir.

Debe redondearse cualquier corte dado a los apéndices de la mazarota y los ángulos vivos procedentes del amolado anterior o del esmerilado, así como suprimir cualquier entalladura a lo largo del patín. El sobrante de la soldadura en los extremos de las alas del patín debe suprimirse siempre, usando la radial, para cerciorarse de que su unión con el metal base carece de fisuras.

Realizadas estas operaciones, el aspecto exterior de la soldadura debe quedar sin ningún ángulo vivo.

En estas operaciones se deberá de disponer previamente de los elementos necesarios para la prevención de cualquier incendio al margen de la vía.

NORMA ADIF VÍA		ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS	
SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA DE CARRILES. EJECUCIÓN Y RECEPCIÓN DE SOLDADURAS		COMITÉ DE NORMATIVA	
NAV 3-3-2.1	3ª EDICIÓN	JULIO 2018	Pág. 26 de 39

### 5.7.8.- Reposición de los elementos de la vía y nivelación

Terminada la soldadura se procede a colocar los carriles en su posición inicial, a reponer las sujeciones quitadas, a apretar correctamente el resto de ellas con su correspondiente par de apriete, a consolidar el balasto bajo las traviesas que se hubieran movido y a recomponer y perfilar la banqueta de balasto dejando la vía en condiciones de prestar un servicio semejante al que desempeñaba antes de efectuar dicha soldadura.

Si la soldadura se realiza en una junta la cual ha existido durante más de 24 horas se procederá a su nivelación.

### 5.7.9.- Limpieza del resalto de la soldadura

Es imprescindible efectuar una limpieza cuidadosa del resalto de la soldadura, comprendida la parte bajo el patín, a fin de poder verificar, visualmente, la calidad de ésta. Para llevarla a cabo, se pica con martillo la arena adherida y se realiza la limpieza total del cordón por frote con cepillo metálico, o con buril, de forma que no quede rastros de arena, rebabas, ni ángulos vivos procedentes del amolado.

### 5.7.10.- Constancia de realización de la soldadura

#### 5.7.10.1.- Marca del soldador, Jefe del Equipo, y leyenda de realización

Obligatoriamente, todas las soldaduras deben llevar la marca del soldador que las ha realizado, bien haya sido en taller o en vía.

La marca debe tener caracteres de 8 a 10 milímetros de altura indicando:

- Leyenda punzonada, en la cara exterior de la cabeza del carril y a la derecha de la soldadura, comprendiendo:
  - Número del mes de realización, del 01 al 12.
  - Las dos últimas cifras del año de realización.
- La designación del soldador. Irá formada por: dos letras – correspondientes a su Empresa y otras indicativas del propio soldador. Esta designación es exclusiva de cada soldador, con la particularidad de que no se repiten en ningún caso las siglas para dos soldadores distintos.

#### 5.7.10.2.- Comunicaciones referentes a la soldadura

Terminado el trabajo, el soldador rellenará el parte diario adjunto en los Anexos, incluyendo todos los datos relacionados y consignando cualquier eventualidad que pudiera eliminar la soldadura.

Realizará:

- el original, para el representante de Adif responsable de la Obra
- una copia para la Empresa contratista

Cuando alguna observación pueda invalidar la soldadura, el representante de Adif la revisará y calificará a la mayor brevedad posible dando cuenta, por escrito, al soldador si está presente, o bien a través de su Empresa, de la decisión adoptada.

El representante de Adif facilitará a su superior inmediato el original para que los datos sean incluidos en la aplicación informática Gestión de Soldaduras que se encuentra en intranet de Adif.

### 5.7.11.- Tensiones longitudinales

Cuando se realiza una soldadura aluminotérmica, se generan una serie de tensiones longitudinales residuales en el carril que están reacionadas con la alta temperatura generada durante el proceso de soldeo. Posteriormente y una vez enfriada la soldadura el carril se retrae unos 4 mm, por lo que es necesario realizar una operación de homogeneización de 50 m a cada lado de la soldadura.

El proceso de homogeneización se describe en la NAV 7.1.4.1.

## 6.- COMPROBACIÓN DE LAS SOLDADURAS

Se indican a continuación las verificaciones a efectuar en una soldadura para comprobar su calidad.

Es de observar que la comprobación de una soldadura implica, de forma imprescindible, que se encuentre totalmente finalizada, incluso con la leyenda de terminación y con la marca del soldador que la realizó y que su resalto esté perfectamente limpio.

### 6.1.- Aspecto exterior. Clasificación de los defectos exteriores

Los defectos exteriores que presentan las soldaduras suelen ser debidos a una realización deficiente de las operaciones de soldeo o, con menor frecuencia, a taras de los elementos empleados en él.

De acuerdo con su ubicación respecto a la soldadura, los defectos exteriores pueden clasificarse en los siguientes grupos:

Ubicación respecto a la soldadura	Tipo de defecto	Observaciones
Unión del metal de aportación con el laminado	Fusión incompleta del perfil; escasez de acero de aportación en la cabeza del perfil; fisuras de retracción de la soldadura; fisuras producidas con la soldadura todavía en caliente; porosidades grandes o pequeñas; inclusiones de corindón o de arena; discontinuidades; etc.	Los defectos de este tipo invalidan la soldadura. Solamente son admisibles porosidades pequeñas o inclusiones, de arena o de corindón (escoria), en escasa cantidad.
Discontinuidades en la superficie de rodadura y en la cara activa del perfil, dentro de la zona fundida	Falta de metal de aportación; fisuras; entalladuras y marcas; arranques de material; porosidades grandes o pequeñas; inclusiones de corindón o de arena; etc.	La falta de acero de aportación invalida la soldadura. Los defectos restantes son admisibles cuando puedan eliminarse mediante un esmerilado de 0,2 milímetros de profundidad. En caso contrario, solamente puede admitirse alguno, aisladamente.
Defectos en el resalto, o cordón, de la soldadura	Entalladuras en el borde del patín; fisuras; porosidades grandes o pequeñas; inclusiones de corindón o de arena; etc.	Las fisuras invalidan las soldaduras. Se tolera una entalladura en el borde del patín que debe ser eliminada por amolado hasta 0,5 mm de profundidad. No puede hacerse lo mismo con el resto de los defectos que solo se admiten en pequeña cantidad.
Deformaciones permanentes del resalto de la soldadura por abolladura o por otras causas		Estos defectos invalidan la soldadura

**Tabla 4. Clasificación de los defectos exteriores**

Cuando una anomalía en las operaciones de soldeo, o debida a cualquier otra circunstancia, lleva al soldador a poner en duda la calidad de la soldadura, debe terminarla completamente, punzonar la marca de su equipo, subrayándola, consignar el defecto de ésta soldadura en su parte diario y comunicarlo urgentemente al responsable de la Obra, al Jefe de Distrito o Jefe de la base de mantenimiento correspondiente que procederá a embriar los carriles con "Ces" hasta comprobar si la soldadura debe continuar, o desecharse, en un plazo máximo de 10 días.

## 6.2.- Verificación de defectos ocasionados en las operaciones de soldeo

Se indican a continuación los principales defectos y sus causas.

Defectos	Causas
Falta de acero en la cabeza del perfil soldado	Carga aluminotérmica inadecuada. Cala demasiado grande, fuera de los límites de la modalidad. Fugas del acero de aportación por burleteado defectuoso del molde o por mal asiento de la pieza inferior del molde.
Rechupe en la cabeza del perfil soldado	Cortes sucios. Cortes oblicuos o no paralelos. Molde mal centrado. Precalentamiento insuficiente. Quemador alto o mal centrado. Sangría retrasada del crisol.
Fisura del alma en la unión del cordón	Fisura no detectada antes del soldeo. Corte de carril realizado con soplete desprovisto de guía. Corte de carril realizado con soplete en dos o más veces o con variación de presión.
Arranque de material	En la cabeza: Mazarota sin desbastar antes del rebarbado. Limpieza de arena después del desbaste. Desbaste con soldadura demasiado caliente. En el patín: Eliminación en frío de las columnas laterales de la mazarota, sin entallar en caliente.
Soldadura rehundida	Falta de ajuste de alineación, en alzado. Exceso en el desbaste.
Porosidades	Burbujas grandes, abiertas en la superficie: molde húmedo. Burbujas pequeñas, abiertas en la superficie, o manchitas negras circulares en la superficie de rodadura: crisol húmedo.
Inclusiones de corindón (escoria)	Ausencia del obturador del molde o colocación incorrecta. Crisol mal centrado. Sangría prematura del crisol. Carga aluminotérmica inadecuada.
Inclusiones de arena	Descuidos al colocar el molde. Golpe en el molde al retirar el quemador. Precalentamiento excesivo.
Fisuración en caliente	Retirada prematura de los tensores en las curvas de pequeño radio. Retirada prematura de los tensores en las soldaduras de la vía sin junta. Puesta en servicio prematura de la soldadura.

Tabla 5. Causas de los defectos de carril

### 6.3.- Fisuras de ejecución en las soldaduras

Las fisuras existentes pueden provenir de defectos de los extremos de los carriles que debieron haber sido eliminados antes de efectuar la soldadura (apartado 5.1.1). Caso de no haberlo hecho, ésta debe ser rechazada y sustituida.

Se indican, a continuación, las dos principales fisuras que provienen de soldaduras aluminotérmicas y que implican la sustitución de tales soldaduras. Su numeración y descripción corresponden al ya citado "Catálogo de defectos de los carriles".

#### 6.3.1.- Fisura transversal del perfil (código 421).

Este tipo de fisuras se desarrollan según una sección recta del perfil. Puede presentar los siguientes orígenes:

- Fisura del cordón de soldadura bajo el patín, que puede curvarse hacia arriba desarrollándose en forma inclinada en uno de los carriles unidos.
- Fisura situada en el plano vertical de la soldadura.
- Fisura situada en un plano vertical cercano a la soldadura.

La detección de las mismas se realizará por ultrasonido; o por observación visual cuando se manifiesta exteriormente.

La soldadura debe embridarse hasta su sustitución por un cupón según proceda.

#### 6.3.2.- Fisura horizontal del alma (código 422).

Normalmente, este tipo de fisuras se producen en carriles embridados con anterioridad cuyos taladros no fueron eliminados antes de hacer la soldadura. La fisura suele unir los taladros a ambos lados de la soldadura, rompiendo su cordón, y curvándose, frecuentemente, hacia el patín o hacia la cabeza del carril.

En soldaduras cuyos carriles no disponían de taladros las fisuras se producen a partir de una fisura vertical no detectada en uno de los extremos unidos y que no fue eliminada para la ejecución de la soldadura.

La detección de las mismas se realizará por ultrasonido; o por observación visual una vez manifestada exteriormente.

El carril debe vigilarse cuando la fisura se extienda, solo, a cada uno de los dos primeros taladros de los extremos. Debe embridarse con brida tipo "Ces", cuando se extiende más allá de estos taladros y eliminar el defecto en breve plazo colocando un cupón.

### 6.4.- Comprobación de la geometría de la soldadura

El soldador hará las comprobaciones de geometría tras la ejecución de la soldadura, estas se refieren a la calidad del ajuste de la alineación y nivelación de los carriles con el esmerilado de terminación; se relacionan, especialmente, con la continuidad de la cabeza del carril en planta y en perfil. Normalmente se llevan a cabo con ayuda de una regla de acero de 1 metro de longitud y por medio de galgas de medida o bien mediante reglas de inducción eléctrica.

Todos los equipos de seguimiento y medición deberán cumplir el procedimiento "MIN-PG-008. Control de los equipos de seguimiento y medición", para el control, verificación, calibración, validación al uso y mantenimiento de los citados equipos.

Las correcciones se realizarán por esmerilado. La zona amolada en nivelación y planitud para la terminación de la soldadura, no excederá de 300 milímetros de longitud a uno y a otro lado del plano de simetría de la soldadura (600 mm en total). La zona amolada en alineación para la terminación de la soldadura, no excederá de 250 milímetros de longitud a uno y a otro lado del plano de simetría de la soldadura (500 mm en total).

## 6.4.1.- Medición en vertical

### 6.4.1.1.- Medición de la nivelación

Al realizar la medición en vertical de las soldaduras con la regla de acero de 1m se podrá analizar:

- La soldadura está alta si la regla apoya en la parte central, quedando los extremos al aire.
- La soldadura está baja, si la regla apoya en los dos extremos o la regla apoya en un extremo y un punto intermedio, quedando un extremo al aire.

Estas situaciones podrán presentarse en los casos que a continuación se comentan:

- La soldadura está apuntada y la regla no descansa en los extremos de los carriles.

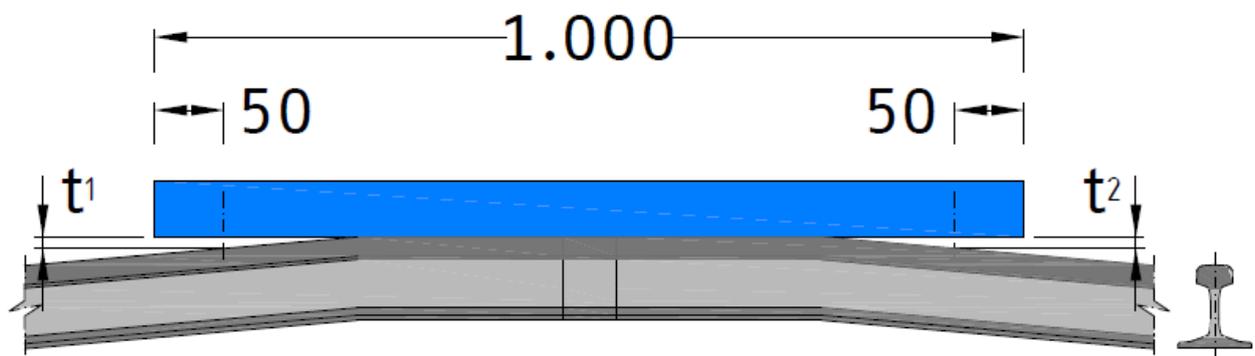


Figura 19. Esquema de obtención de valores t1 y t2.

En este caso la soldadura estaría alta y hay que efectuar las siguientes operaciones:

Primero calcular los valores de los extremos (t1 y t2) a 50 mm de cada extremo de la regla para hallar el valor de la flecha, si alguno de los valores de t1 y t2 están fuera de tolerancia se procede a su amolado.

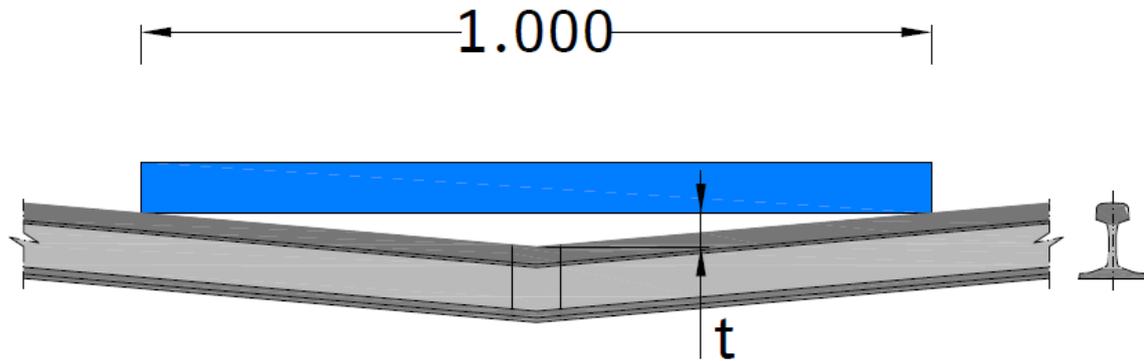
Posteriormente para conocer como está el centro de la soldadura (o medición) se aplica la fórmula correspondiente:

$$m = (t_1 + t_2) / 2$$

A continuación, comprobar que la soldadura está dentro de las tolerancias señaladas en el cuadro de la tabla 6. Si no es así, corregir por esmerilado.

Se recomienda que la terminación de la soldadura se deje con una elevación de 0,1 mm

- La regla descansa en ambos extremos.



**Figura 20. Esquema de obtención del valor t.**

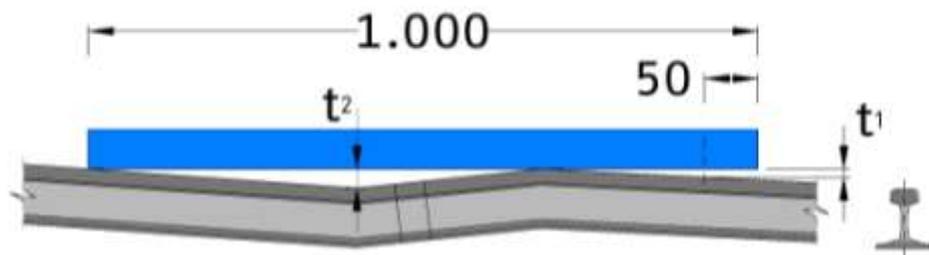
Esta situación indica que la soldadura está baja.

En este caso, el valor de la flecha se calcula midiendo en el punto intermedio con más separación entre el carril y la regla y calculando:

$$m = -t$$

Las soldaduras deberán estar dentro de las tolerancias señaladas en el cuadro de la tabla 6. Si no es así, deberán ser rechazadas, sin posibilidad de corrección por esmerilado. El soldador indicará en las observaciones del parte diario que la soldadura está baja y debe ser eliminada.

- La regla descansa en uno de los extremos pero no en el otro.



**Figura 21. Esquema de obtención del valor t.**

En este caso la soldadura puede tener una parte alta y otra baja.

Antes de realizar cualquier actuación en la soldadura, se debe tener en cuenta que cuando el valor absoluto medido en la zona intermedia es mayor que el obtenido en el extremo, la soldadura está baja y aplicaremos lo indicado en la figura 20. En caso contrario se repara por esmerilado,

Si se puede reparar debemos realizar las siguientes operaciones:

La flecha del extremo de la parte alta, se calcula midiendo a 50 mm de la punta de la regla y calculando:

$$m = t_1$$

En la zona intermedia el valor de la flecha se calcula midiendo en un punto intermedio entre los puntos de apoyo, donde descansa la regla y calculando

$$m = -t_2$$

Posteriormente el punto de la parte alta donde apoya la regla, se rebaja por esmerilado hasta que  $(-t_2)$  de como resultado "0".

Realizado lo anterior, ya se puede aplicar lo indicado en el caso de la figura 19. Dejando los valores resultantes dentro de las tolerancias señaladas en el cuadro de la tabla 6.

### 6.4.1.2.- Medición de la planitud

Una vez apoyada la regla de medida sobre la superficie del carril, deberá cumplirse:

- La galga de 0,15 milímetros no podrá pasar por ningún punto de la zona donde apoya la regla.
- La galga de 0,10 milímetros no podrá pasar en espacios superiores a 50 milímetros de longitud, donde apoya la regla.

La confrontación de las tolerancias geométricas incluye verificar que se cumplen, en todo momento, cualquiera de los valores mínimos de los parámetros de la vía que queden afectados.

Para la realización de esta medición y utilizando el resultado de la fórmula para soldaduras altas, se podrá calzar cada extremo de la regla con una galga del mismo valor para buscar la estabilidad de la regla durante la operación. Se deberá comprobar con la galga correspondiente que la soldadura está dentro de tolerancias señaladas anteriormente. Si no es así, corregir por esmerilado o rechazar.

### 6.4.1.3.- Tolerancias

Las soldaduras deberán estar dentro de las tolerancias señaladas en el siguiente cuadro, para cada caso. Si no es así, deberán ser corregidas por esmerilado o rechazadas.

Para velocidades menores de 250 km/h:

TOLERANCIA DE LA FLECHA (m) – MEDICIÓN DE NIVELACIÓN			
CATEGORÍA		CARRIL NUEVO	CARRIL USADO
Alto	Máximo	0,3	0,3
	Mínimo	0,1	0
Baja		0	-0,15
Planitud		-0,15	-0,15
Máxima Longitud Esmerilada		600	600

Para velocidades iguales o mayores de 250 km/h:

TOLERANCIA DE LA FLECHA (m) – MEDICIÓN DE NIVELACIÓN			
CATEGORÍA		CARRIL NUEVO	CARRIL USADO
Alto	Máximo	0,2	0,2
	Mínimo	0,1	0
Baja		0	-0,15
Planitud		-0,15	-0,15
Máxima Longitud Esmerilada		600	600

**Tabla 6. Tolerancias para la medición en vertical (en mm)**

### 6.4.2.- Medición en horizontal (alineación)

Es necesario medir la cara activa del carril y la alineación en patín.

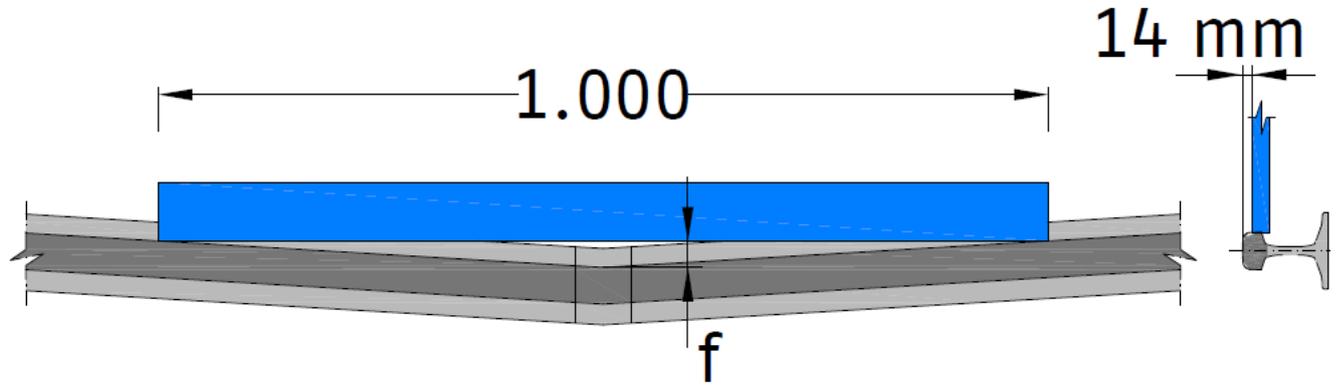


Figura 22. Esquema de obtención del valor f.

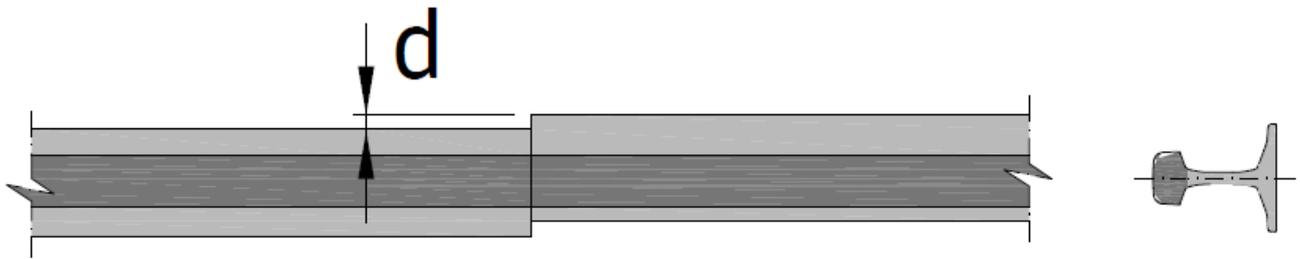


Figura 23. Esquema de obtención del valor d.

La cara activa se mide a 14 mm por debajo de la superficie de rodadura. Se admiten flechas "f" como las representadas en la figura 22, siempre que cumplan con las tolerancias del cuadro de la tabla 6. Si las flechas las obtenemos en los extremos, la regla no apoya sobre sus extremos, con lo cual se procede a su esmerilado hasta dejarla dentro de tolerancia, respetando los límites máximos de esmerilado.

En lo que se refiere al patín, el valor del escalón lateral "d" tampoco debe sobrepasar los límites establecidos en el cuadro adjunto.

MEDICIÓN DE ALINEACIÓN	
MEDIDA	TODO TIPO DE CARRIL
Máxima f	0,3
Mínima f	0
Escalón lateral en el patín (d)	≤ 1,5
Máxima longitud esmerilada	500

Tabla 7. Tolerancias para la medición en horizontal (en mm)

## 7.- PUESTA EN SERVICIO DE LAS NUEVAS SOLDADURAS

### 7.1.- Entrada en servicio

Se considera que una soldadura queda puesta en servicio cuando se hace pasar, sobre ella, una circulación.

En las soldaduras realizadas en la vía sin juntas, la soldadura se considera puesta en servicio cuando, aún sin pasar ninguna circulación sobre ella, queda sometida a un esfuerzo de tracción por la retirada de tensores, si es que ha sido necesario utilizarlos.

### 7.2.- Condiciones para la entrada en servicio de una soldadura

Las soldaduras pueden ponerse en servicio antes de su recepción provisional para no interrumpir la circulación de los trenes. La acción carece de significado en todo lo concerniente a la recepción.

Se prohíbe la puesta en servicio de una soldadura recién hecha que no cumpla las siguientes condiciones:

- El amolado preliminar debe estar acabado.
- El ancho de vía debe estar dentro de la tolerancia.
- El acero de aportación debe haber alcanzado, al menos, el 80% de sus características mecánicas. Se considera que ésta condición se cumple cuando la temperatura de la cabeza del carril, en el eje de la soldadura, ha descendido por debajo de 300 °C, control que se efectúa con tiza termocrómica o bien respetando los tiempos indicados por el suministrador.

Caso de que sea imprescindible dar paso a una circulación antes de que la soldadura se haya enfriado convenientemente o no esté terminado el amolado preliminar, se deberá asegurar el ancho de vía mediante tensores o la propia sujeción de las traviesas y la circulación deberá llevarse a cabo a paso de hombre. Finalmente, se verificará, una vez se encuentre totalmente fría, que el paso del tren no ha ocasionado ninguna fisura en ella.

A efectos de petición de intervalos de trabajo se podrá considerar, a modo de referencia, que el tiempo aproximado para la ejecución y enfriamiento de la soldadura es de 1 hora y 20 minutos.

Para trabajos en vía sin juntas, se aplicará lo recogido en la NAV 7-1-4.1 en lo referente a las condiciones ambientales.

## 8.- RECEPCIÓN Y GARANTÍA DE LAS SOLDADURAS

Antes de recepcionar las soldaduras efectuadas en un trabajo, el representante de Adif, responsable de él, determinará su calidad mediante la inspección del 100 % de las soldaduras.

En cualquier caso, es obligatorio el uso de reglas de inducción eléctrica para la recepción de las soldaduras ya que es la única forma de garantizar la trazabilidad de su geometría.

Tal y como se ha mencionado en el apartado 6.4, todos los equipos de seguimiento y medición deberán cumplir el procedimiento "MIN-PG-008" para el control, verificación, calibración, validación al uso y mantenimiento de los citados equipos.

### 8.1.- Recepción de las soldaduras

La recepción de las soldaduras es obligatorio que las realice un inspector de soldadura habilitado por Adif y constará de dos partes: inspección visual y control geométrico.

La recepción de la soldadura puede tener como resultado:

- Aceptada
- Rechazada

El resultado de la recepción lo determinan los apartados 6.1 y 6.2 y las tolerancias exigidas en los cuadros de las tablas 6 y 7 del apartado 6.3. de la presente norma.

NORMA ADIF VÍA	ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS		
SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA DE CARRILES. EJECUCIÓN Y RECEPCIÓN DE SOLDADURAS	COMITÉ DE NORMATIVA		
NAV 3-3-2.1	3ª EDICIÓN	JULIO 2018	Pág. 35 de 39

Se utilizará siempre el modelo del Anejo 2. Informe mensual de inspección de soldaduras, para informar de los resultados obtenidos, firmando el citado informe el mismo inspector que realizó la recepción.

En el Anejo 4 se adjuntan las fichas tipo para realizar la inspección visual, geométrica y por ultrasonidos que se podrán adaptar según sean las necesidades de cada caso.

A continuación se desglosan las dos partes de las que consta la recepción de las soldaduras:

### 8.1.1.- Inspección visual

Se realizara según el apartado 6.1 y 6.2.

### 8.1.2.- Control geométrico

Es obligatorio que la verificación de la calidad geométrica de la soldadura se realice con regla de inducción eléctrica acreditada por Adif (tolerancias admitidas de  $\pm 0,05$  mm).

Se medirán con la regla de inducción los dos perfiles, tanto en vertical en la zona de rodadura como en horizontal, en la cara activa del carril. Antes de medir se debe identificar la medida con datos como la línea, el PK, el hilo, nivelación y alineación.

### 8.1.3.- Verificación por ultrasonidos

Para conocer la idoneidad del estado interno de las soldaduras tras su ejecución es necesario efectuar un proceso de verificación mediante el empleo de la técnica de ultrasonidos sobre carril.

Actualmente las formas de realizar dicha verificación son:

- Manualmente mediante carro o "walking stick" con todos sus sensores activos, o bien con osciloscopio. La diferencia entre ambos sistemas está en los carros son capaces de medir simultáneamente con más sondas e inclinaciones que el osciloscopio, que sólo puede medir utilizando una sonda en cada medida individual.
- Vehículos de auscultación dotados de sistemas de medición de defectos internos de carril mediante ultrasonidos de múltiples sondas, que incluso podrían ser reforzados por el uso conjunto en dichos vehículos de sistemas manuales de medición.

Se podrá elegir entre estas opciones, el sistema que más interese para su utilización en función de las circunstancias, localización y disponibilidad, siempre y cuando se revise todo el contorno de la soldadura para su validación.

El proceso de verificación tendrá carácter obligatorio en cuanto a su realización en las líneas de la red de alta velocidad, y se recomienda su uso para el resto de líneas de la red.

El operador del equipo de ultrasonidos estará homologado en esta técnica.

## 8.2.- Garantía de la soldadura

Tras la recepción de la soldadura, la garantía de la misma es, como mínimo, de tres años.

## 9.- REPARACIÓN Y SUSTITUCIÓN DE SOLDADURAS

Queda prohibido efectuar ninguna clase de reparación en las soldaduras. Caso de detectarse alguna reparación, la soldadura será rechazada automáticamente, debiendo ser rehecha a cuenta de la Empresa contratista.

Toda soldadura defectuosa, se sustituirá, siempre que sea posible, por una sola soldadura aluminotérmica, normal o bien por la introducción de un cupón de la medida adecuada y la ejecución de dos soldaduras, de acuerdo con el defecto a eliminar. Si fuera necesario se dispondrá un cupón con la longitud mínima señalada en el apartado 4.2.1. Los cortes se realizarán, con tronzadora y disco abrasivo, cuidando su perpendicularidad al eje longitudinal de los carriles y siguiendo las prescripciones del apartado 5.1.3. Las soldaduras del cupón no se llevarán a cabo simultáneamente en ninguna ocasión. Los cupones deben

cortarse más largos del mínimo antes indicado con el fin de que el cupón levantado pueda utilizarse en otras ocasiones. La sustitución de una soldadura defectuosa por un cupón requiere la autorización de Adif.

Se prohíbe la alineación en alzado de los carriles por bateo del balasto bajo las traviesas y rectificar mediante prensas, máquinas pesadas o cualquier otro método aquellas soldaduras que hayan quedado rehundidas por el peligro de rotura que supone.

## 10.- CONTROL DE OPERARIOS DE SOLDADURA

La labor que desarrollen los soldadores, independientemente que sean de empresas de Contrata o de ADIF, queda reflejada en una base de datos informatizada y que está disponible a nivel de consulta a todos los usuarios de la red de Adif. Esta aplicación informática, controlada desde el departamento asignado por Adif, contiene el total de soldaduras realizadas por cada soldador y en conjunto por el total de cada empresa, además del resultado de la inspección asociada de las mismas. Esta información debe ser grabada por el responsable de Adif de la realización de los trabajos en dicha aplicación. De este resultado estadístico, derivan una serie de actuaciones que cierran el círculo del sistema de calidad de soldadura, que son:

- Carta de felicitación a la empresa y/o al soldador por una buena praxis.
- Carta de censura por mala ejecución. De ésta se distinguen tres parcelas, delimitadas por los porcentajes acumulados (%) sobre un número mínimo de 50 soldaduras inspeccionadas a cada operario:
  - Del 2 % al 5 % carta de censura.
  - Del 5 % al 7 % sanción de tres meses sin poder realizar trabajos de soldadura.
  - Más del 7 % sanción de seis meses sin soldar.
  - Si se acumulan porcentajes superiores al 7% dos años consecutivos ó 5 alternos, se deshabilitará al operario de forma definitiva.

Tras sufrir una sanción los operarios deben superar unas nuevas pruebas de reciclaje que inciden especialmente en los aspectos que motivaron su penalización.

## 11.- SEGURIDAD EN EL TRABAJO

Aparte de ir provistos de los elementos de seguridad personal para desempeñar su trabajo, los componentes del equipo de soldeo deben poseer los conocimientos necesarios para atender cualquier accidente que pueda presentarse y las previsiones adecuadas para poder evacuar las personas accidentadas y conocer los lugares donde pueden ser enviadas.

## 12.- NORMATIVA DEROGADA

La presente NAV deroga la siguiente normativa:

- NAV 3-3-2.1. Juntas de carriles.- Soldadura Aluminotérmica de carriles. Ejecución y recepción de soldaduras (2ª Ed. Julio 2015 – Erratum Julio 2016)
- NAV 7-3-7.1 Calificación de la Vía. Soldaduras Aluminotérmicas (2ª Ed. Marzo 1992)

## 13.- DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR

La presente NAV entrará en vigor en la fecha de su aprobación.

## 14.- NORMATIVA DE REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA

### NORMAS ADIF VÍA

- NAV 3-0-0.0. Carriles.- Barras elementales.
- NAV 3-0-2.0. Carriles.- Barras regeneradas.
- NAV 3-0-5.1. Carriles.- Auscultación mediante ultrasonidos.
- NAV 3-3-2.1 Soldadura aluminotérmica de carriles. Ejecución y recepción de soldaduras.
- NAV 3-3-2.2. Homologación de soldadores aluminotérmicos.
- NAV 3-3-2.3. Juntas de carriles.- Homologación de procesos de soldeo aluminotérmico.
- NAV 3-3-2.4. Juntas de carriles.- Recepción de conjuntos para soldeo aluminotérmico.
- NAV 3-4-2.1. Balasto.- Descubierta y reconstrucción de la banqueta en trabajos localizados de vía.
- NAV 7-1-4.1. Neutralización y homogeneización de tensiones del carril en la vía sin juntas.

### OTRA NORMAS

Las siguientes referencias documentales son indispensables para la aplicación de este documento. Para las referencias con fecha, es de aplicación exclusiva la citada. Para las que estén sin fechar, se aplica la última edición del documento (incluyendo anexos).

- ET 03.360.155.0. Soldadura Aluminotérmica de Carriles. Homologación de procesos de soldeo y recepción de lotes.
- Defectos de Carriles. Traducción del Catálogo UIC-712 "Rail defects". 4ª Edición, 2002.
- Ficha UIC 860-0: Especificaciones técnicas para el suministro de carriles.
- UNE-EN 14730-1:2018 Aplicaciones ferroviarias. Vía. Soldeo Aluminotérmico de los carriles. Parte 1: Aprobación del proceso de soldeo.
- UNE-EN 14730-2:2007 Aplicaciones ferroviarias. Vía. Soldeo Aluminotérmico de los carriles. Parte 2: Cualificación de soldadores por aluminotermia, aprobación de contratistas y aceptación de soldaduras.
- PNE-prEN 14730-1:2014 Railway applications-Track-Aluminotermic welding of rails- Part 1: Approval of welding processes.
- UNE-EN ISO 9712:2012 Ensayos no destructivos. Calificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos.
- UNE-EN 13674-1:2012+A1:2018 Aplicaciones ferroviarias. Vía. Carriles. Parte 1: Carriles Vignole de masa mayor o igual a 46 kg/m.
- PNE-EN ISO 6506-1:2014 Metallic materials-Brinell hardness test-Part1: Test method.
- PNE-EN ISO 6506-1:2014 Materiales metálicos. Ensayo de dureza Brinell. Parte 1: Método de ensayo
- UNE-EN ISO 6507-1:2006 Materiales metálicos. Ensayo de dureza Vickers. Parte 1: Método de ensayo (ISO 6507-1:2005) y ERRATUM: 2011.
- UNE-EN ISO 7500-1:2006 Materiales metálicos. Verificación de máquinas de ensayos uniaxiales estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza. (ISO 7500-1: 2004)

NORMA ADIF VÍA		ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS	
SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA DE CARRILES. EJECUCIÓN Y RECEPCIÓN DE SOLDADURAS		COMITÉ DE NORMATIVA	
NAV 3-3-2.1	3ª EDICIÓN	JULIO 2018	Pág. 38 de 39



- CIRTRA 2012. TOMO II Circulaciones y km-Tren por Tramos.
- MIN-PG-008. Control de los equipos de seguimiento y medición

**Comentarios:**

- Actualmente está en revisión la EN 13674-1:2011/prA1. Próximamente será sometida a encuesta.
- La UNE-EN ISO 9712:2012, sustituye y anula a la UNE-EN 473:2009.

NORMA ADIF VÍA	ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS		
SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA DE CARRILES. EJECUCIÓN Y RECEPCIÓN DE SOLDADURAS	COMITÉ DE NORMATIVA		
NAV 3-3-2.1	3ª EDICIÓN	JULIO 2018	Pág. 39 de 39

Esta norma ha sido elaborada por el Grupo de Trabajo GT-200 del Comité de Normativa de Adif.

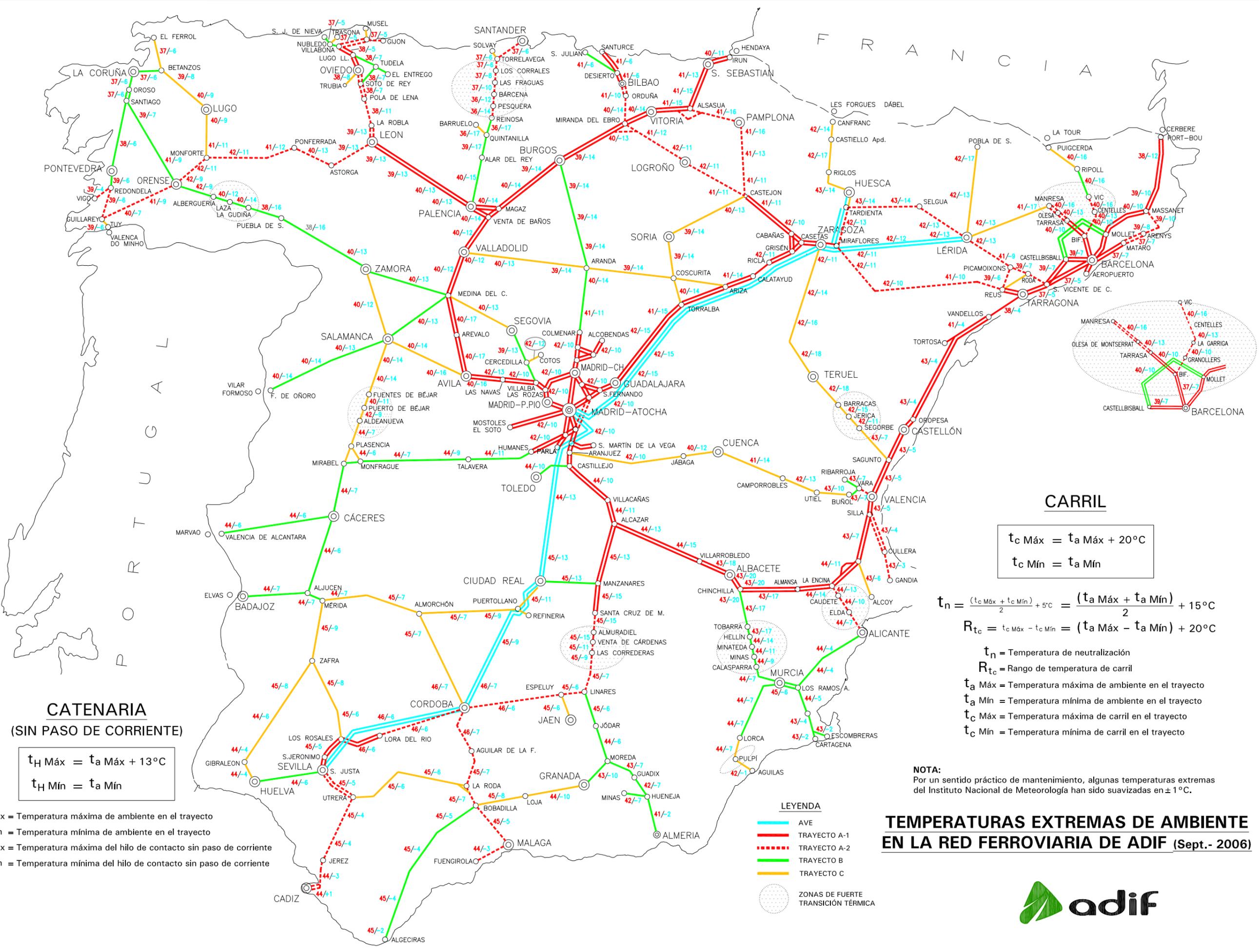
Existe la posibilidad de que algunos elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. Adif no es responsable de la correcta identificación de esos derechos.  
Adif, 2018-Madrid. Todos los derechos reservados. ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER PUBLICADO, DISTRIBUIDO, COMUNICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF.

---

## **ANEJO 1. MAPA DE TEMPERATURAS EXTREMAS DE AMBIENTE EN LA RED FERROVIARIA DE ADIF**

Esta norma ha sido elaborada por el Grupo de Trabajo GT-200 del Comité de Normativa de Adif. Existe la posibilidad de que algunos elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. Adif no es responsable de la correcta identificación de esos derechos. Adif, 2018-Madrid. Todos los derechos reservados. ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER PUBLICADO, DISTRIBUIDO, COMUNICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACION EXPRESA DEL COMITE DE NORMATIVA DE ADIF.

TEMP.DWG



**CATENARIA**  
(SIN PASO DE CORRIENTE)

$$t_H \text{ Máx} = t_a \text{ Máx} + 13^\circ\text{C}$$

$$t_H \text{ Mín} = t_a \text{ Mín}$$

- $t_a \text{ Máx}$  = Temperatura máxima de ambiente en el trayecto
- $t_a \text{ Mín}$  = Temperatura mínima de ambiente en el trayecto
- $t_H \text{ Máx}$  = Temperatura máxima del hilo de contacto sin paso de corriente
- $t_H \text{ Mín}$  = Temperatura mínima del hilo de contacto sin paso de corriente

**CARRIL**

$$t_c \text{ Máx} = t_a \text{ Máx} + 20^\circ\text{C}$$

$$t_c \text{ Mín} = t_a \text{ Mín}$$

$$t_n = \frac{(t_c \text{ Máx} + t_c \text{ Mín})}{2} + 5^\circ\text{C} = \frac{(t_a \text{ Máx} + t_a \text{ Mín})}{2} + 15^\circ\text{C}$$

$$R_{t_c} = t_c \text{ Máx} - t_c \text{ Mín} = (t_a \text{ Máx} - t_a \text{ Mín}) + 20^\circ\text{C}$$

- $t_n$  = Temperatura de neutralización
- $R_{t_c}$  = Rango de temperatura de carril
- $t_a \text{ Máx}$  = Temperatura máxima de ambiente en el trayecto
- $t_a \text{ Mín}$  = Temperatura mínima de ambiente en el trayecto
- $t_c \text{ Máx}$  = Temperatura máxima de carril en el trayecto
- $t_c \text{ Mín}$  = Temperatura mínima de carril en el trayecto

**NOTA:**  
Por un sentido práctico de mantenimiento, algunas temperaturas extremas del Instituto Nacional de Meteorología han sido suavizadas en  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

**TEMPERATURAS EXTREMAS DE AMBIENTE EN LA RED FERROVIARIA DE ADIF (Sept.- 2006)**

- LEYENDA**
- AVE
  - TRAYECTO A-1
  - TRAYECTO A-2
  - TRAYECTO B
  - TRAYECTO C
  - ZONAS DE FUERTE TRANSICIÓN TÉRMICA



Esta norma ha sido elaborada por el Grupo de Trabajo GT-200 del Comité de Normativa de Adif.

Existe la posibilidad de que algunos elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. Adif no es responsable de la correcta identificación de esos derechos.  
Adif, 2018-Madrid. Todos los derechos reservados. ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER PUBLICADO, DISTRIBUIDO, COMUNICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACION EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF.

---

## **ANEJO 2. PARTE DIARIO**



Con carácter general, se rellenarán todas las casillas. En aquellas que no proceda rellenarlas, se escribirá N.A. (No aplica)

SOLDADURA 1
SOLDADURA 3
SOLDADURA 5
SOLDADURA 7
SOLDADURA 9

SOLDADURA 2
SOLDADURA 4
SOLDADURA 5
SOLDADURA 8
SOLDADURA 10

**OBSERVACIONES:**

--

Esta norma ha sido elaborada por el Grupo de Trabajo GT-200 del Comité de Normativa de Adif.

Existe la posibilidad de que algunos elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. Adif no es responsable de la correcta identificación de esos derechos.  
Adif, 2018-Madrid. Todos los derechos reservados. ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER PUBLICADO, DISTRIBUIDO, COMUNICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACION EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF.

---

### **ANEJO 3. RESUMEN MENSUAL DE SOLDADURAS**



Esta norma ha sido elaborada por el Grupo de Trabajo GT-200 del Comité de Normativa de Adif.

Existe la posibilidad de que algunos elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. Adif no es responsable de la correcta identificación de esos derechos.  
Adif, 2018-Madrid. Todos los derechos reservados. ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER PUBLICADO, DISTRIBUIDO, COMUNICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF.

---

## **ANEJO 4. FICHAS DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS**

**DATOS DE LA SOLDADURA**

LÍNEA:	TRAMO:	FECHA:		
PK:	VÍA:	HILO:	CARRIL:	APARATO:
SOLDADOR:	EMPRESA:	TROQUEL:	Nº REGISTRO:	

**INSPECCIÓN VISUAL**

DISCONTINUIDADES:	FALTA DE FUSIÓN:	ESCAPE DE COLADA:	ALTURAS DE PIPAS:
ALINEACIÓN DEL CORODÓN:	FUSIÓN EN CABEZA:	INCLS. DE ESCORIA:	FISURACIÓN:
LIMPIEZA DEL CORDÓN:	ENTALLADURAS:	LÍQUIDOS PENETRANTES:	POROS:

OBSERVACIONES:

**RESULTADO INSPECCIÓN VISUAL:**

**INSPECCIÓN GEOMÉTRICA**

**TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS (NAV 3-3-2.1 3ª edición)**

		ALINEACIÓN VERTICAL				ALINEACIÓN HORIZONTAL	
		NUEVO		USADO		CUALQUIER TIPO DE CARRIL	
		V<250 KM/H	V≥250KM/H	V<250 KM/H	V≥250KM/H		
ALTA	Máximo	0,3	0,2	0,3	0,2	Máx abriendo vía	0,3
	Mínimo	0,1	0,1	0,1	0,1	Máx cerrando vía	0
PLANITUD		-0,15	-0,15	-0,15	-0,15	Escalón lateral patín	≤1,5
BAJA		0	-0,15	0	-0,15	Máx long esmerilada	500
Máx long esmerilada		600					

(ESPACIO PARA GRÁFICOS DE MEDICIÓN)

Regla de geometría utilizada:

Alineación vertical		Alineación horizontal		Planitud
Alta:	Baja:	Abriendo vía:	Cerrando vía:	

Observaciones:

**Resultado Inspección Geométrica:**

Inspeccionado		Revisado	
Nombre:		Nombre:	
Fecha:		Fecha:	
Firma:		Firma:	

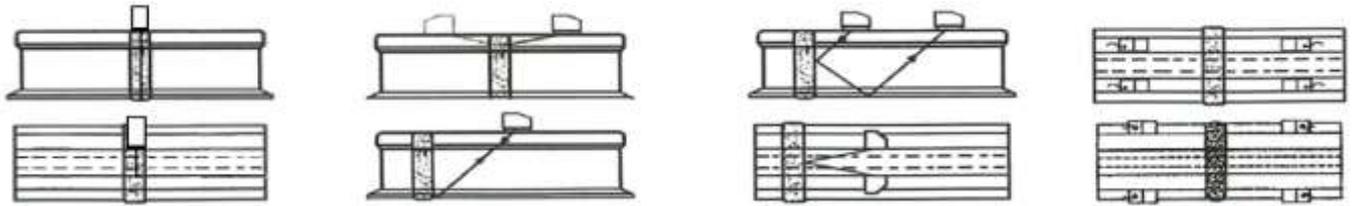
### DATOS DE LA SOLDADURA

LÍNEA:	TRAMO:	FECHA:	
PK:	VÍA:	HILO:	CARRIL:
SOLDADOR:	EMPRESA:	TROQUEL:	Nº REGISTRO:

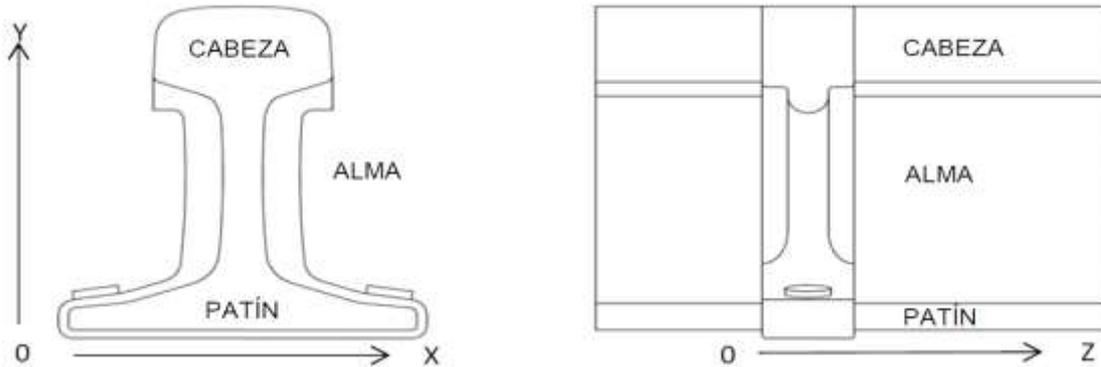
### EQUIPO Y CALIBRACIÓN

EQUIPO UTILIZADO EN LA INSPECCIÓN			Acoplante:	
Marca:	Modelo:	Referencia:	Calibración:	
Palpador	Referencia	Diámetro	Frecuencia	Tipo

### TIPO DE ENSAYO



### DEFECTOS Y LOCALIZACIÓN



Nº INDICACIÓN	LOCALIZACIÓN			DIMENSIÓN
	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	L (mm)
1				
2				
3				

Observaciones:	Imagen defecto:
----------------	-----------------

### Resultado Inspección Ultrasónica:

Inspeccionado	Revisado
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:
Firma:	Firma:

Esta norma ha sido elaborada por el Grupo de Trabajo GT-200 del Comité de Normativa de Adif.

Existe la posibilidad de que algunos elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. Adif no es responsable de la correcta identificación de esos derechos.

Adif, 2018-Madrid. Todos los derechos reservados. ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER PUBLICADO, DISTRIBUIDO, COMUNICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACION EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF.

