



NAV 3-3-2.1

NORMA ADIF VÍA

SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA DE CARRILES. EJECUCIÓN Y RECEPCIÓN DE SOLDADURAS

4ª EDICIÓN: OCTUBRE 2024

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA

1.- OBJETO	6
2.- CAMPO DE APLICACIÓN	6
3.- DEFINICIÓN DE TÉRMINOS EMPLEADOS	6
4.- DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y CONDICIONES DEL PROCESO DE SOLDEO ALUMINOTÉRMICO	7
4.1.-DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SOLDEO ALUMINOTÉRMICO	7
4.2.-CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PROCESO DE SOLDEO ALUMINOTÉRMICO	8
4.2.1.-UBICACIÓN DE LAS SOLDADURAS	8
4.2.2.-MODALIDAD DE SOLDEO	8
4.2.3.-EQUIPO PARA EFECTUAR EL PROCESO DE SOLDEO	8
4.2.3.1.-Equipo de operarios.....	8
4.2.3.2.-Utensilios para el soldeo	9
4.3.-CONDICIONES DEL PROCESO DE SOLDEO ALUMINOTÉRMICO	10
4.3.1.-GEOMÉTRICAS	10
4.3.2.-CONDICIONES ATMOSFÉRICAS	10
4.3.3.-CONDICIONES DE LOS CARRILES A SOLDAR	10
4.3.3.1.-Secuencia de las soldaduras	11
4.3.4.-SOLDADURAS EN LA VÍA SIN JUNTAS	11
4.3.5.-INTERRUPCIÓN DE CIRCULACIÓN DE LOS TRENES	11
5.- PROCESO DE EJECUCIÓN DE LA SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA	11
5.1.-PREPARACIÓN DE LA CALA DE SOLDEO	11
5.1.1.-INSPECCIÓN DE LOS CARRILES.....	11
5.1.1.1.-Defectos de los carriles	12
5.1.1.2.-Eliminación de los defectos	12
5.1.2.-DIMENSIÓN DE LA CALA DE SOLDEO.....	12
5.1.2.1.-Medición de la cala.....	12
5.1.3.-CORTE DE LOS CARRILES Y LIMPIEZA DE SUS SECCIONES	13
5.1.4.-CONSTITUCIÓN Y AJUSTE DE LA CALA	13
5.1.4.1.-Alineación en planta	15
5.1.4.2.-Nivelación en alzado	16
5.2.-MOLDES PARA LA SOLDADURA Y SU COLOCACIÓN	17
5.3.-PRECALENTAMIENTO DE LOS EXTREMOS DE LOS CARRILES.....	21
5.3.1.-PRECALENTAMIENTO CON AIRE INDUCIDO/PROPANO	22
5.3.2.-PRECALENTAMIENTO CON OXÍGENO/PROPANO.....	23
5.4.-VERIFICACIÓN DEL CRISOL DE UN SOLO USO	24
5.5.-PREPARACIÓN DE LA CARGA ALUMINOTÉRMICA.....	25
5.6.-REALIZACIÓN DE LA COLADA	26
5.7.-OPERACIONES POSTERIORES A LA COLADA	27

5.7.1.-CONTAMINACIÓN DEL BALASTO	27
5.7.2.-RETIRADA DEL CRISOL	28
5.7.3.-RETIRADA DE LA CUBETA DE RECOGIDA DEL CORINDÓN (ESCORIA)	28
5.7.4.-RETIRADA DEL MOLDE.....	28
5.7.5.-DESBASTE DE LA SOLDADURA	29
5.7.6.-AMOLADO PRELIMINAR O DE DESBASTE	30
5.7.7.-ESMERILADO DE TERMINACIÓN	31
5.7.8.-REPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA VÍA Y NIVELACIÓN	31
5.7.9.-LIMPIEZA DEL RESALTO DE LA SOLDADURA	31
5.7.10.- CONSTANCIA DE REALIZACIÓN DE LA SOLDADURA.....	31
5.7.10.1.-Marca del soldador, Jefe del Equipo y leyenda de realización.....	31
5.7.10.2.-Comunicaciones referentes a la soldadura	32
5.7.11.- TENSIONES LONGITUDINALES	32
6.- COMPROBACIÓN DE LAS SOLDADURAS.....	32
6.1.-ASPECTO EXTERIOR. CLASIFICACIÓN DE LOS DEFECTOS EXTERIORES	33
6.2.-VERIFICACIÓN DE DEFECTOS OCASIONADOS EN LAS OPERACIONES DE SOLDEO.....	34
6.3.-FISURAS DE EJECUCIÓN EN LAS SOLDADURAS	35
6.3.1.-FISURA TRANSVERSAL DEL PERFIL (CÓDIGO 421)	35
6.3.2.-FISURA HORIZONTAL DEL ALMA (CÓDIGO 422).....	35
6.4.-COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA SOLDADURA.....	35
6.4.1.-MEDICIÓN EN VERTICAL	36
6.4.1.1.-Medición de la nivelación	36
6.4.1.2.-Medición de la planitud.....	38
6.4.1.3.-Tolerancias.....	39
6.4.2.-MEDICIÓN EN HORIZONTAL (ALINEACIÓN).....	40
7.- PUESTA EN SERVICIO DE LAS NUEVAS SOLDADURAS	41
7.1.-ENTRADA EN SERVICIO.....	41
7.2.-CONDICIONES PARA LA ENTRADA EN SERVICIO DE UNA SOLDADURA.....	41
8.- RECEPCIÓN Y GARANTÍA DE LAS SOLDADURAS.....	41
8.1.-RECEPCIÓN DE LAS SOLDADURAS.....	42
8.1.1.-INSPECCIÓN VISUAL.....	42
8.1.2.-CONTROL GEOMÉTRICO	42
8.1.3.-VERIFICACIÓN POR ULTRASONIDOS	42
8.2.-GARANTÍA DE LA SOLDADURA	43
9.- REPARACIÓN Y SUSTITUCIÓN DE SOLDADURAS	43
10.-CONTROL DE OPERARIOS DE SOLDADURA	43
11.-SEGURIDAD EN EL TRABAJO	44
12.-NORMATIVA DEROGADA.....	44
13.-DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR	44
14.-NORMATIVA DE REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA.....	44

I.Anejo 1. PARTE DIARIO	46
II.Anejo 2. RESUMEN MENSUAL DE SOLDADURAS	49
III.Anejo 3. FICHAS DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS	51

BORRADOR

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV.
Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.

1.-OBJETO

La presente Norma tiene por objeto definir los fundamentos 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, en las líneas gestionadas por Adif y Adif AV (en adelante Adif).

2.-CAMPO DE APLICACIÓN

Son de aplicación para la unión de carriles Vignole, descritos en las UNE-EN 13674-1 y la UNE-EN 13674-4, entre carriles de igual perfil (45E3, 54 E1 y 60 E1) y grados de acero (R260 y R350HT).

3.-DEFINICIÓN DE TÉRMINOS EMPLEADOS

- **Fundamento del soldeo aluminotérmico.** El soldeo aluminotérmico de dos carriles se verifica por fusión vertiendo un metal de aportación líquido, de las mismas características que el acero base de los extremos a soldar, a alta temperatura, en el interior de un molde refractario que envuelve los extremos de los carriles. El metal de aportación se vierte, una vez calentados los carriles para eliminar restos de humedad existentes, 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 piqueta inferior, el acero 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 presenten una continuidad en la interacción rueda-carril 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 adecuadamente herméticos y han de haber obtenido el visto bueno de Adif. Quedan excluidos de estos conjuntos el elemento de ignición de la carga y los componentes auxiliares para el soldeo. Los crisoles de un solo uso pueden ser suministrados en un mismo conjunto con el kit o de forma individualizada a éste.
- **Rebaba.** Partícula plana de material de soldeo situada en la superficie del carril adyacente al cordón y debida a los intersticios existentes entre molde y carril.
- **Defecto en el carril.** Rotura, fisura o avería que se produce en el carril debido a defectos de fabricación, agresiones externas durante su uso o de utilización, que pueden obligar a su retirada.
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 el catálogo UIC de defectos de carriles.
- **Autoridad ferroviaria.** Regulador ferroviario, propietario de infraestructura ferroviaria o administrador responsable por delegación de la infraestructura ferroviaria. Siempre que la UNE-EN-14730-1 o la UNE-EN 14730-2 haga alusión a la Autoridad Ferroviaria, se sobreentenderá que se refiere al Administrador de Infraestructuras Ferroviarias.

- **Suministrador.** Persona jurídica responsable del suministro del producto ante Adif, ya sea fabricante o comercializador, que facilita un proceso de soldeo aluminotérmico cumpliendo los requisitos de la ET 03.360.155.0 de "Soldadura aluminotérmica" y que ha sido aceptada por la Autoridad Ferroviaria para suministrar las herramientas y consumibles necesarios para realizar soldaduras aluminotérmicas.
- **Contratista:** Empresa que soporta las responsabilidades administrativa, económica y jurídica de la ejecución de la soldadura.
- **Mazarota.** Depósito de metal fundido, resultante de la soldadura aluminotérmica, que conforma el exceso de metal que rebosa por encima del molde y que es necesario eliminar, que ayuda a perfilar la terminación correcta de la unión soldada.
- **Cortamazarota.** Equipo de corte usado para la eliminación de la mazarota en el proceso de soldadura aluminotérmica para la unión de dos carriles.

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. El metal de aportación procede 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.

La cantidad de calor generado depende del óxido de hierro utilizado, que reacciona con el aluminio según las fórmulas:

- $3/2 \text{ FeO} + \text{Al} = 3/2 \text{ Fe} + 1/2 \text{ Al}_2 \text{ O}_3 + 440,5 \text{ kJ} (105,23 \text{ kcal})$
- $1/2 \text{ Fe}_2 \text{ O}_3 + \text{Al} = \text{Fe} + 1/2 \text{ Al}_2 \text{ O}_3 + 426,2 \text{ kJ} (101,81 \text{ kcal})$
- $3/8 \text{ Fe}_3 \text{ O}_4 + \text{Al} = 9/8 \text{ Fe} + 1/2 \text{ Al}_2 \text{ O}_3 + 418,3 \text{ kJ} (99,92 \text{ kcal})$

Al óxido de hierro y al aluminio, que han de dar lugar a estas reacciones, se les añade ciertas ferroaleaciones constituyendo, su conjunto, la llamada "carga aluminotérmica" que reacciona dando lugar a un acero de calidad 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 (de 3,97 y 7,80 g/cm³ respectivamente).

La sangría del crisol, por una piquera 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 a considerar entre dos soldaduras aluminotérmicas, dos soldaduras eléctricas, aluminotérmica y eléctrica o aluminotérmica/eléctrica y extremo de carril viene determinada en las normas NAV 3-4-3.0 "Montaje de vía en balasto para obra nueva", NAV 7-1-3.4 "Montaje de aparatos de vía sobre balasto" y NAV 7-1-3.7 "Montaje de vía. Consideraciones generales en actuaciones de mantenimiento, renovación y acondicionamiento".

En casos excepcionales de reutilización de materiales de segundo uso, y previa petición a la Dirección Técnica de Adif por los responsables de la obra, se autorizará con carácter excepcional que estas longitudes puedan ser alteradas.

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", salvo casos excepcionales y siempre con el visto bueno de la Dirección Técnica de Adif.

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.

Solamente podrán efectuar operaciones de soldeo aluminotérmico para las instalaciones de Adif aquellos operarios que estén en posesión de permiso de soldadura otorgado por Adif para ejecutarlas, siempre que no se encuentre caducado o haya sido revocado de forma temporal o definitiva. El permiso habilita, en cada caso, las actividades que puede desarrollar el soldador.

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 norma NAV 3-3-2.2.

El permiso de soldadura 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 éste a analizar la conveniencia de la suspensión de la autorización de soldeo concedida, si procede.

4.2.3.2.-UTENSILIOS PARA EL SOLDEO

Las Empresas encargadas de realizar soldaduras para Adif procederán a recepcionar los conjuntos de elementos para cada trabajo, según sus manuales de calidad. Igualmente, es necesario que se solicite a Adif la recepción de los correspondientes lotes en función de la ET 03.360.155.0 de "Soldadura Aluminotérmica", antes de su puesta en obra. De esta forma, antes de comenzar su trabajo, proporcionarán a Adif los certificados correspondientes a todos los controles de vigilancia necesarios de cada lote para su recepción. En caso de que se produzca o detecte alguna anomalía en los kits ya recepcionados, que correspondan a un lote determinado, la empresa contratista tiene obligación de comunicárselo a Adif para que éste proceda a su análisis y determine las acciones a realizar conforme a las necesidades, antes de volver a ejecutar nuevas soldaduras.

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 elementos¹:

- Una bolsa de plástico, herméticamente cerrada, que contenga la carga aluminotérmica en forma de mezcla granular. La carga también podrá suministrarse contenida en el crisol de un solo uso.
- Los moldes de material refractario que estarán envasados de forma hermética y adecuada para garantizar su protección frente a agentes externos (sol, humedad, etc.)
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.
- El crisol de un solo uso en un envase independiente, que deberá aportar las coberturas necesarias para limitar las proyecciones.
- La pasta de sellado moldeable para rejuntar los semimoldes entre sí y evitar fugas de material fundido durante el proceso de soldadura, que podría suministrarse de forma independiente.
- El encendedor automático, autorizado por Adif, que permita al soldador desencadenar la reacción química de forma segura y precisa. En caso de usarse bengalas de encendido para este cometido, deberán suministrarse obligatoriamente de forma separada al kit y no deberán almacenarse, en ningún caso, cerca de la carga aluminotérmica.

¹ 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.

4.3.-CONDICIONES DEL PROCESO DE SOLDEO ALUMINOTÉRMICO

4.3.1.-Geométricas

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

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.

4.3.2.-Condiciones atmosféricas

Para la ejecución de las soldaduras aluminotérmicas se recomienda estar dentro de un intervalo de temperatura ambiente entre +5°C y +30°C, y podrá ampliarse el intervalo desde los 0°C, si fuera preciso. Las soldaduras 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 de las protecciones necesarias. Si fuera totalmente imprescindible efectuar las soldaduras, 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 otro elemento húmedo 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 se consideran inútiles en la NAV 7-1-3.9.

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 de "Neutralización y homogeneización de tensiones del carril en la vía sin juntas", en cuyo anejo 1, se encuentra el mapa de temperaturas extremas de ambiente en red ferroviaria de Adif.

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. En casos excepcionales se podría autorizar el paso de trenes en un lapso inferior de tiempo, pero implantando limitaciones temporales de velocidad (LTV) reguladas conforme a los procedimientos vigentes en Adif y sin haber realizado sobre la soldadura el esmerilado de terminación, para no dañar su geometría.

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 media 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 apartado 4.3.3, las barras a soldar estarán libres de defectos, entendiéndose como tales los recogidos en el “Catálogo de defectos de los carriles” de UIC.

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 en la parte mecanizada de la aguja.
- Los defectos 223 situados en el extremo del carril.
- Zonas térmicamente afectadas por antiguas soldaduras. Se considera como zona afectada por el calor a la comprendida entre el borde de la soldadura y aproximadamente unos 3,5 cm a cada lado de la misma.

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. Se admitirá el uso de soplete en casos excepcionales y, posteriormente, se sanearán los bordes con tronzadora para que sean lo más limpios y perpendiculares posibles al eje de rodadura del carril.

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, según esté recogido en los procedimientos específicos de Adif.

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.

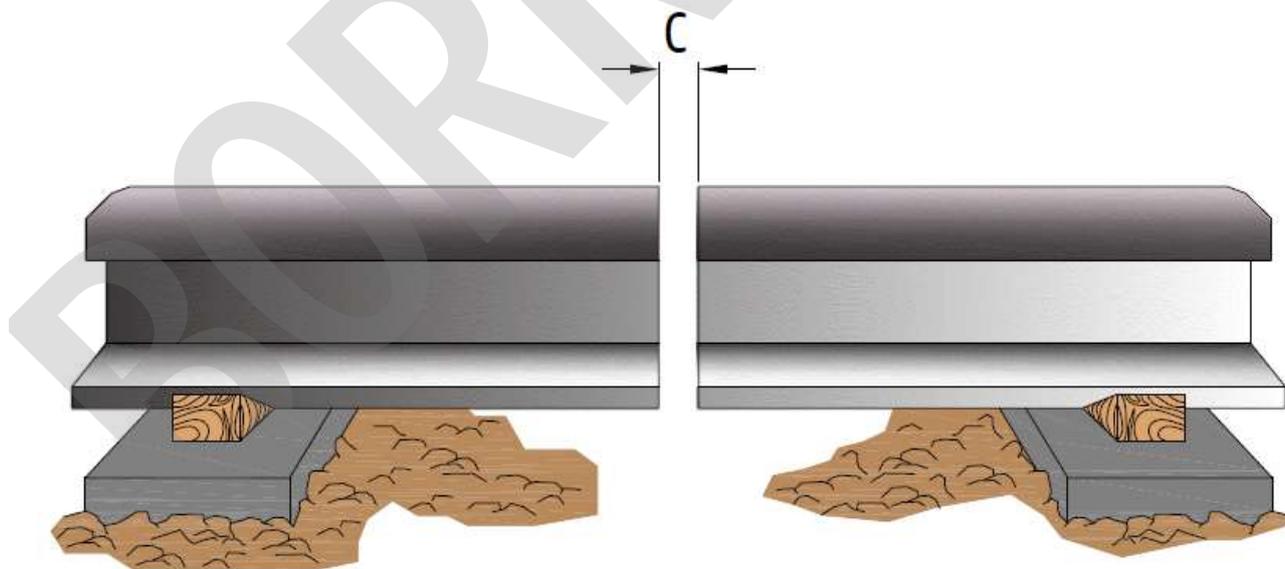


Figura 1. Esquema de cala.

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, 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

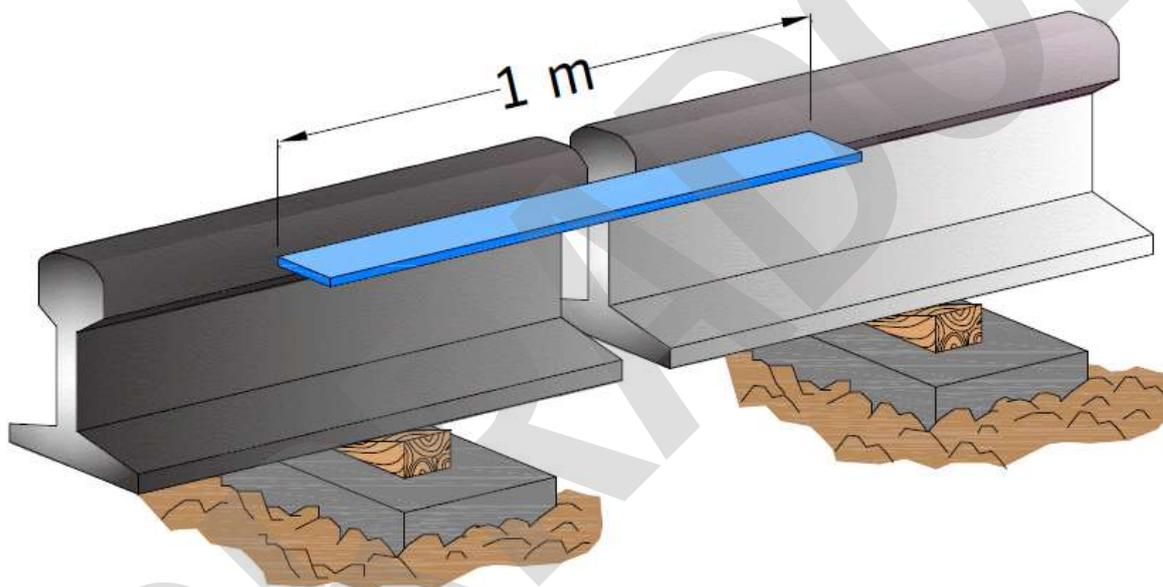


Figura 2. Esquema de alineación.

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.

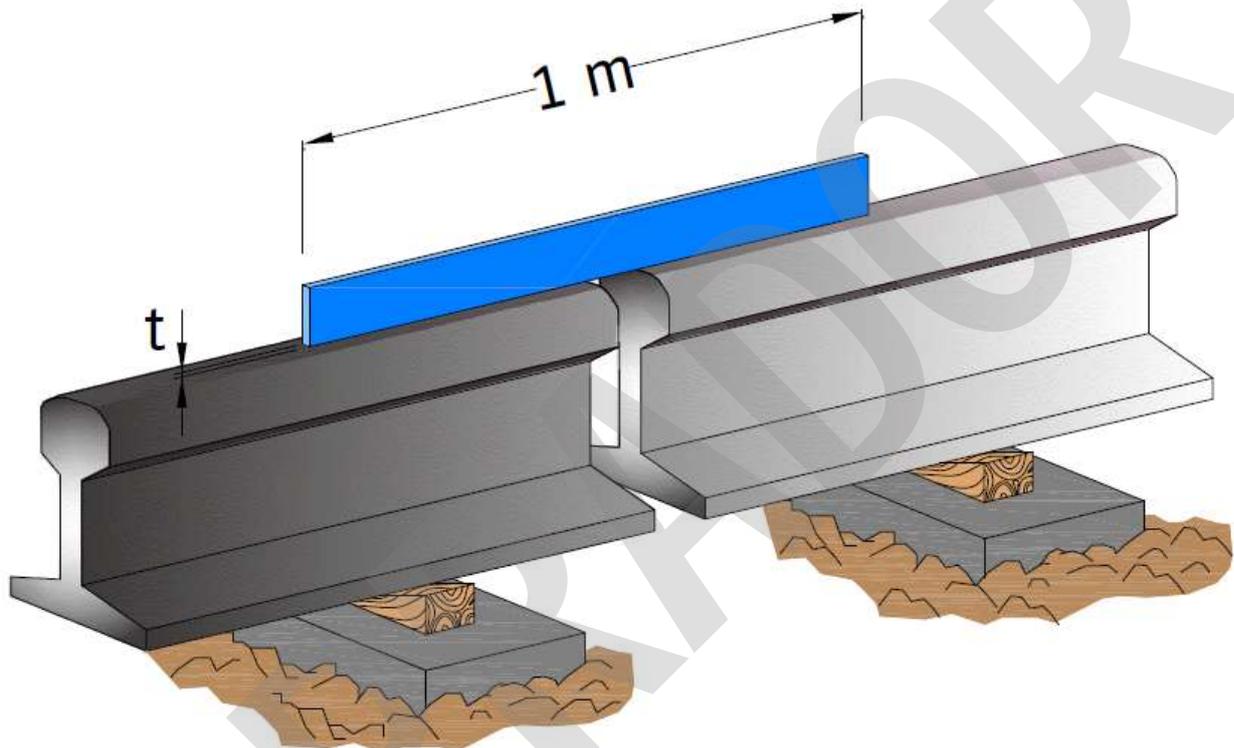


Figura 3. Esquema de nivelación.

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.

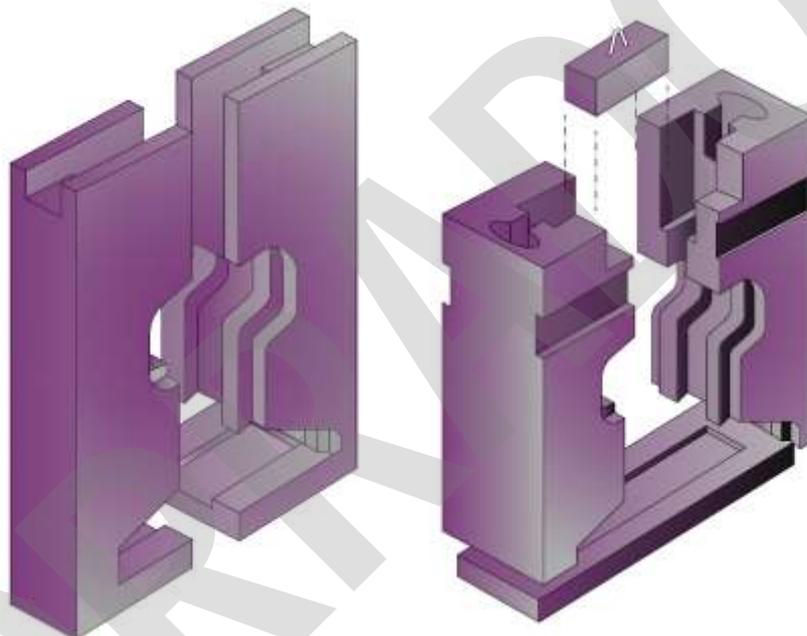


Figura 4. Esquema de moldes para soldadura aluminotérmica.

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.

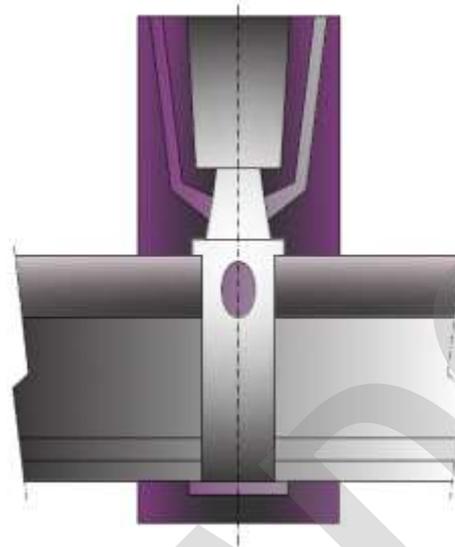


Figura 5. Posicionamiento del molde respecto de los carriles.

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.

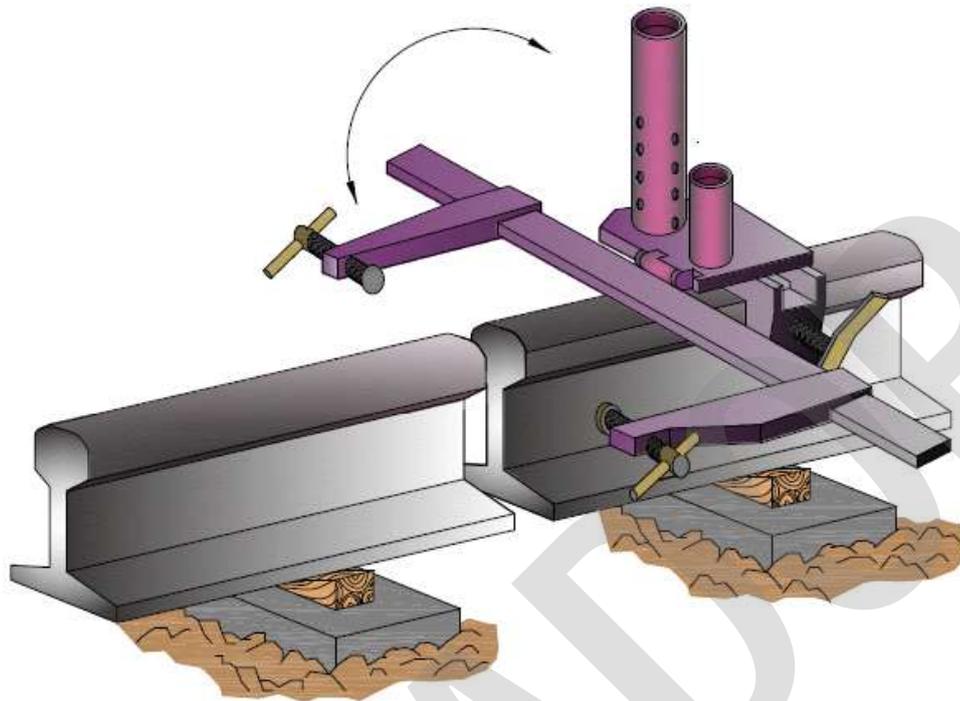


Figura 6. Ejemplo de prensa portadora.

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.

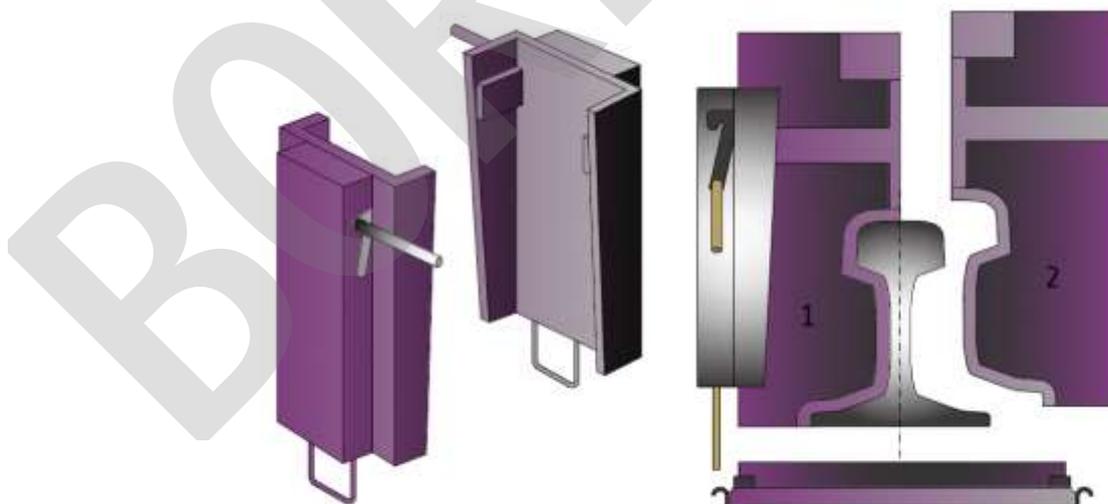


Figura 7. Ejemplo de portamolde y posicionamiento de molde.

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, burloteando 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.
- En ninguna circunstancia, puede caer 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.

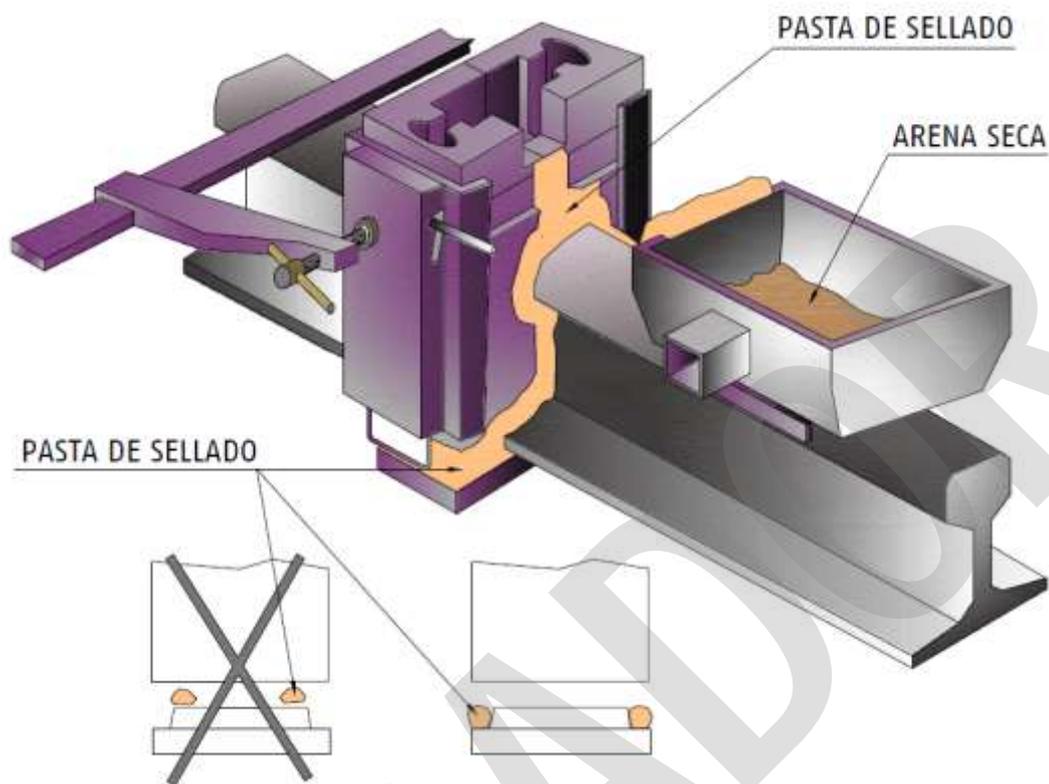


Figura 8. Esquema de preparación del molde.

5.3.-PRECALENTAMIENTO DE LOS EXTREMOS DE LOS CARRILES

Cada suministrador, de acuerdo con la ET 03.360.155.0 de "Soldadura aluminotérmica" de Adif, presentará su procedimiento de soldeo que, tras superar los ensayos y pruebas en vía pertinentes, quedará autorizado para su empleo en Adif. Cada procedimiento definirá un sistema de precalentamiento que puede ser:

- Aire inducido.
- Aire forzado.

Las mezclas a utilizar serán:

- Aire inducido + propano.
- Oxígeno + propano.

Adicionalmente se podrá emplear cualquier otra mezcla utilizada en procesos validados 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 debe seguir las secuencias establecidas en el manual del procedimiento de soldadura de cada suministrador.

5.3.1.-Precalentamiento con aire inducido/propano

Este precalentamiento requiere el uso de una única bombona de propano suficientemente llena para toda la duración del precalentamiento y se ha de garantizar que se abastece al quemador con la presión específica que establece el manual del procedimiento y se cumplen los tiempos fijados en dicho documento.

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

Con un método similar al de aire inducido en cuanto a características y tiempos, este precalentamiento requiere del uso de sendas bombonas de oxígeno y propano y favorece la calidad metalúrgica de la soldadura, aunque presenta algunas peculiaridades 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. Ha de garantizarse la pureza del contenido de la botella de propano y, durante todo el tiempo de precalentamiento, se ha de controlar la presión de vapor y el caudal de los gases, que ha de mantenerse constante durante el mismo, realizando los reajustes precisos, especialmente en caso de disponer de menor contenido de gas propano en la botella y en períodos de tiempo frío. Es muy importante seguir fielmente el manual del procedimiento de trabajo 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 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. Ejemplo de 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.
- Que el crisol no esté dañado por ningún lado.
- La fecha de fabricación o caducidad del crisol, si procediese.

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. 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. Esta operación se verifica siempre inmediatamente antes de verter la carga en el crisol.

Efectuadas estas operaciones la carga se vierte dentro de él, si procede.

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 los gases según indique el manual del procedimiento del fabricante, 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. 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.

A continuación, se sitúa el crisol desechable y se encaja en la parte superior del molde, después de ajustar el tapón del molde, produciendo la reacción de la carga mediante un elemento de ignición adecuado recomendado por el suministrador del proceso. En ese momento se pone en marcha el cronómetro que servirá para tomar los tiempos necesarios para realizar cada operación.

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 2. Criterios de aceptación según tiempos de reacción.

Finalizada la reacción de la carga y transcurrido el tiempo necesario para que se produzca la decantación del corindón, se abre el desagüe del crisol de forma automática por fusión y comienza la sangría a través de su piquera de fondo, evitándose cualquier acción manual. 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.



Figura 14. Ejemplo de 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 ni alrededores.

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 o bandeja 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. Ejemplo de 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. Los restos se recogen mediante la pala de dos mangos 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.

Cuando el reglaje de los carriles se haya realizado con ayuda de caballetes, debe mantenerse su altura con la ayuda de las cuñas de madera contiguas a la soldadura, para evitar que ésta llegue a hundirse.

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 permita 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 disponer previamente de los elementos necesarios para la prevención de cualquier incendio al margen de la vía.

Tras todas las operaciones, será necesario que los elementos desechables y residuos del proceso de soldadura sean gestionados adecuadamente, en base a lo establecido en la legislación vigente en materia de residuos.

5.7.6.-Amolado preliminar o de desbaste

El esmerilado de desbaste consiste en limitar el sobreespesor dejado después del corte con cortamazarotas para poder 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 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 montada en equipos semiautomáticos (carro de esmerilado) o manuales (esmeril de carro) cuando la soldadura se ha enfriado hasta la temperatura ambiente. Siempre debe realizarse cuando las características de la vía se encuentren en estado de recepción.

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, en 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 disponer previamente de los elementos necesarios para la prevención de cualquier incendio al margen de la vía.

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 queden 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 cuatro dígitos siendo los dos primeros los identificativos de la empresa y los dos últimos, las siglas identificativas del soldador que le otorga Adif. Esta designación es exclusiva de cada soldador, con la particularidad de que las siglas no se repiten, en ningún caso, 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 Anejo 1, incluyendo todos los datos relacionados y consignando cualquier eventualidad que pudiera influir en la calidad de la soldadura.

El parte constará de:

- Un original, para el representante de Adif responsable de la Obra.
- Una copia para la Empresa contratista.

Cuando alguna observación pudiera 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 o de neutralización, ambas operaciones descritas 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 3. 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 esta 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 bridas de alta seguridad, 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 4. 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 solamente cuando la fisura se extienda a cada uno de los dos primeros taladros de los extremos. Debe embridarse con bridas de alta seguridad, cuando se extienda más allá de estos taladros y eliminar el defecto en breve plazo colocando un cupón.

6.4.-COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA SOLDADURA

Todas las soldaduras deben ser verificadas geoméricamente con regla de inducción eléctrica de forma que se permita su trazabilidad y quede registrado gráficamente su estado final.

Las reglas de acero se pueden utilizar como herramienta por aporte del soldador, pero esto no garantiza de forma absoluta que la geometría sea correcta, ya que siempre queda a interpretación de cada soldador/recepcionador de la unidad de obra.

El esmerilado de acabado o terminación de la soldadura se debe hacer siempre en frío y cuando las características de la vía se encuentren en estado de recepción.

El soldador hará las comprobaciones de geometría tras la ejecución de la soldadura, referidas 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 correspondiente procedimiento de Adif 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), sin necesidad de que sea simétrica. 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), sin necesidad de que sea simétrica.

Las mediciones geométricas siempre se definen en función de tres parámetros:

- Nivelación.
- Alineación.
- Planitud.

A continuación, se indican las formas de medir con regla de acero y galgas para la verificación previa de las soldaduras.

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.

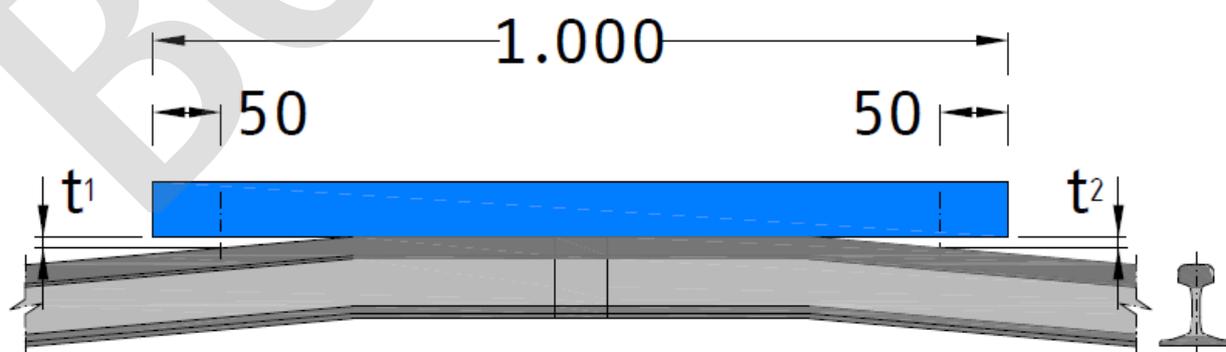


Figura 19. Esquema de obtención de valores t1 y t2.

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

- Primero se calculan los valores de los extremos (t_1 y t_2) a 50 mm de cada extremo de la regla para hallar el valor de la flecha, si alguno de los valores de t_1 y t_2 están fuera de tolerancia se procede a su amolado.
- Posteriormente, para conocer cómo está el centro de la soldadura (o medición), se aplica la fórmula correspondiente:

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

- A continuación, se comprueba que la soldadura está dentro de las tolerancias señaladas en el cuadro de la tabla 5. Si no es así, se corrige mediante esmerilado.

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

- La regla descansa en ambos extremos.

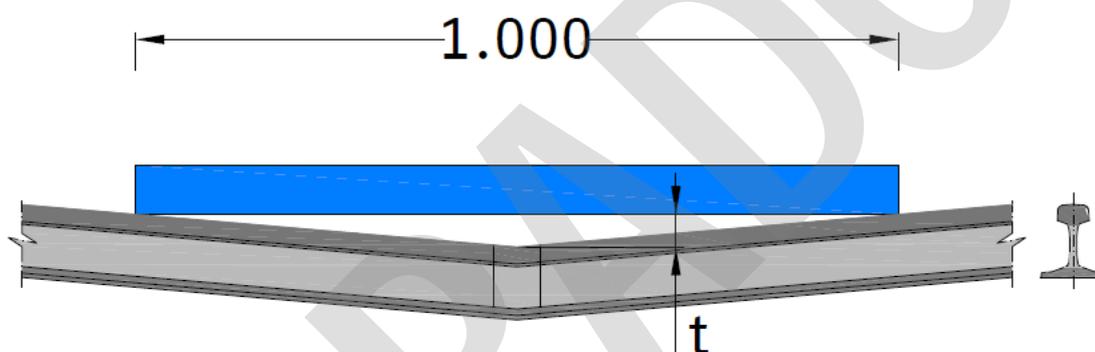


Figura 20. Esquema de obtención del valor t .

Esta situación indica que la soldadura está baja y hay que efectuar las siguientes operaciones:

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

$$m = -t$$

Las soldaduras deberán estar dentro de las tolerancias señaladas en el cuadro de la tabla 5. 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 ha quedado baja y debe ser eliminada.

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

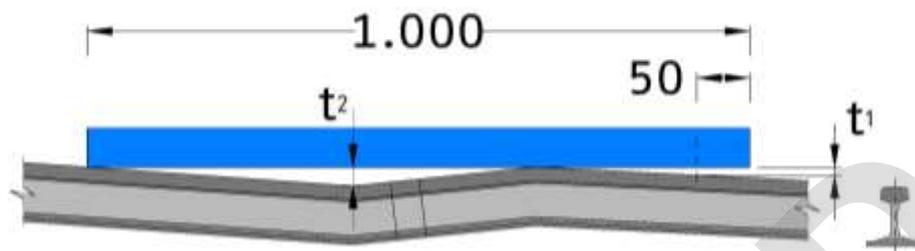


Figura 21. Esquema de obtención del valor t.

En este caso la soldadura puede tener una parte alta y otra baja y hay que efectuar las siguientes operaciones:

- 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 ($t_2 > t_1$), la soldadura está baja y aplicaremos lo indicado en la figura 20.
- En caso contrario, es decir cuando $t_2 < t_1$, 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, de manera que:

$$m = t_1$$
 - 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, de forma que:

$$m = -t_2$$
 - 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 5.

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 entre la que apoya la regla.
- La galga de 0,10 milímetros no podrá pasar en espacios superiores a 50 milímetros de longitud en la zona entre la que 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 las tolerancias señaladas anteriormente. Si no es así, se deberá corregir por esmerilado o bien rechazar la misma.

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 ser rechazadas.

Para velocidades menores de 250 km/h:

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

Tabla 5. Tolerancias para la medición vertical (en mm).

6.4.2.-Medición en horizontal (alineación)

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

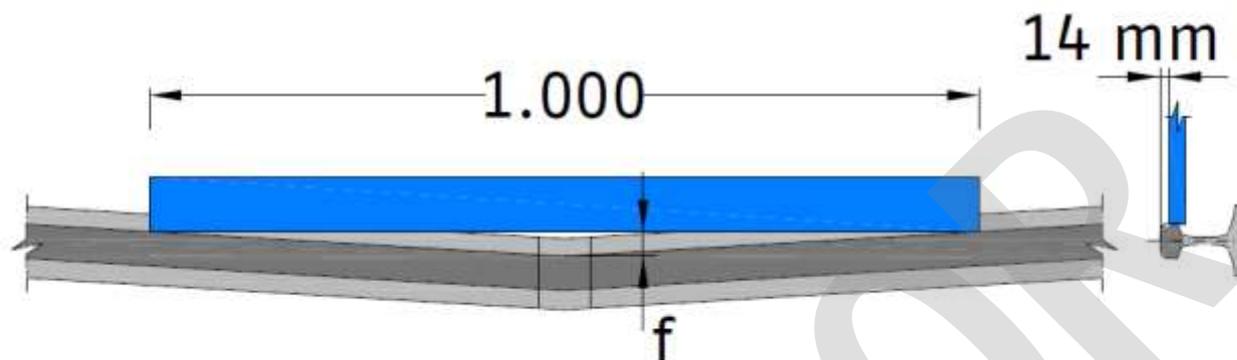


Figura 22. Esquema de obtención del valor f.

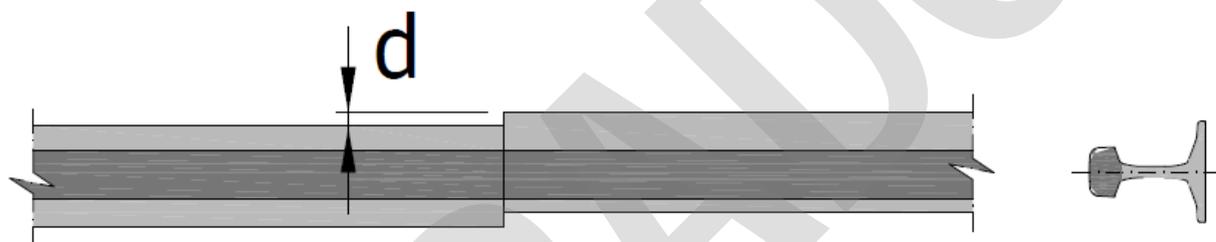


Figura 23. Esquema de obtención del valor d.

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 siguiente.

TOLERANCIA DE LA FLECHA (f) – MEDICIÓN DE ALINEACIÓN	
MEDIDA	TODO TIPO DE CARRIL
Máxima f (abriendo vía)	0,3
Mínima f (cerrando vía)	0
Escalón lateral en el patín (d)	≤ 1,5
Máxima longitud esmerilada	500

Tabla 6. 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 esta 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.

En caso de no haberse podido realizar las operaciones de recepción de la soldadura y en líneas con velocidad superior a 160 km/h, se recomienda el embrizado provisional de la soldadura hasta que se haya dado su visto bueno.

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 correspondiente procedimiento de Adif para el control, verificación, calibración, validación al uso y mantenimiento de los citados equipos.

8.1.-RECEPCIÓN DE LAS SOLDADURAS

Es obligatorio que la recepción de las soldaduras sea realizada por 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 5 y 6 del apartado 6.4 de la presente norma.

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

En el Anejo 3 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 aceptada por Adif.

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, vía, hilo e indicación de si la medida corresponde a nivelación y/o 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 la forma de realizar dicha verificación es:

- Manualmente con osciloscopio. Esta metodología es obligatoria en construcción y mantenimiento de Alta Velocidad.

En concreto, el proceso de verificación por ultrasonidos de una soldadura tendrá carácter obligatorio antes de la puesta en servicio, en líneas nuevas y en líneas existentes, ya sean acondicionadas o renovadas de forma total o parcial (siempre que esta última implique la sustitución del carril), según se establece en la Instrucción Ferroviaria de Infraestructura (IFI-Orden TMA/135/202), siguiendo los procedimientos internos de Adif.

En las líneas de alta velocidad, también tendrá carácter obligatorio la verificación por ultrasonidos de las soldaduras que se realicen en actuaciones en el marco del mantenimiento.

El operador del equipo de ultrasonidos debe poseer una formación adecuada conforme a la norma UNE-EN ISO 9712.

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. En 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 única soldadura aluminotérmica o bien por la introducción de un cupón de la medida adecuada, unido mediante 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 de 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 las 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 años 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 a las personas accidentadas y conocer los lugares donde pueden ser enviadas.

12.-NORMATIVA DEROGADA

La presente NAV deroga y sustituye al siguiente documento:

- NAV 3-3-2.1. Soldadura Aluminotérmica de carriles. Ejecución y recepción de soldaduras. 3ª EDICIÓN: JULIO 2018.

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

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

Cuando se trate de legislación, será de aplicación la última versión publicada en los diarios oficiales, incluidas sus sucesivas modificaciones.

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

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

- Orden TMA/135/2023, de 15 de febrero, por la que se aprueban la instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI) y la instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de energía (IFE) y se modifican la Orden FOM/1630/2015, de 14 de julio, por la que se aprueba la Instrucción ferroviaria de gálipos y la Orden FOM/2015/2016, de 30 de diciembre, por la que se aprueba el Catálogo Oficial de Señales de Circulación Ferroviaria en la Red Ferroviaria de Interés General. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado.
- UNE-EN ISO 9712, 2023: "Ensayos no destructivos. Cualificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos. (ISO 9712:2021)". AENOR.
- UNE-EN 14730-1, 2018: "Aplicaciones ferroviarias. Vía. Soldeo aluminotérmico de carriles. Parte 1: Aprobación del proceso de soldeo". AENOR.

- UNE-EN 14730-2,2021: "Aplicaciones ferroviarias. Vía. Soldeo aluminotérmico de los carriles. Parte 2: Cualificación de soldadores por aluminotermia, aprobación de contratistas y aceptación de soldaduras". AENOR.
- UNE-EN 13674-1,2012+A1,2018: "Aplicaciones ferroviarias. Vía. Carriles. Parte 1: Carriles Vignole de masa mayor o igual a 46 kg/m". AENOR.
- UNE-EN 13674-4,2019: "Aplicaciones ferroviarias. Vía. Carriles. Parte 4: Carriles Vignole de masa comprendida entre 27 kg/m y 46 kg/m, excluyendo 46 kg/m". AENOR.
- NAV 3-4-3.0. "Montaje de vía en balasto para obra nueva". Adif.
- NAV 7-1-3.4. "Montaje de aparatos de vía sobre balasto". Adif.
- NAV 3-3-2.2. "Juntas de carriles. Homologación de soldadores aluminotérmicos". Adif.
- NAV 7-1-4.1. "Neutralización y homogeneización de tensiones del carril en la vía sin juntas". Adif.
- NAV 7-1-3.9. "Reutilización del material ferroviario de vía procedente de desinstalaciones". Adif.
- NAV 7-1-3.7. "Montaje de vía. Consideraciones generales en actuaciones de mantenimiento, renovación y acondicionamiento". Adif.
- International railway solution IRS 70712, May 2018: "Défaults de rails". UIC.

I. Anejo 1. PARTE DIARIO

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV.
Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.

BORRADOR

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:

II. Anejo 2. RESUMEN MENSUAL DE SOLDADURAS

BORRADOR

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV.
Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.

III. Anejo 3. FICHAS DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV.
Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.

BORRADOR

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

		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					

BORRADOR

(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:
SOLDADOR:	EMPRESA:	TROQUEL:
		Nº REGISTRO:

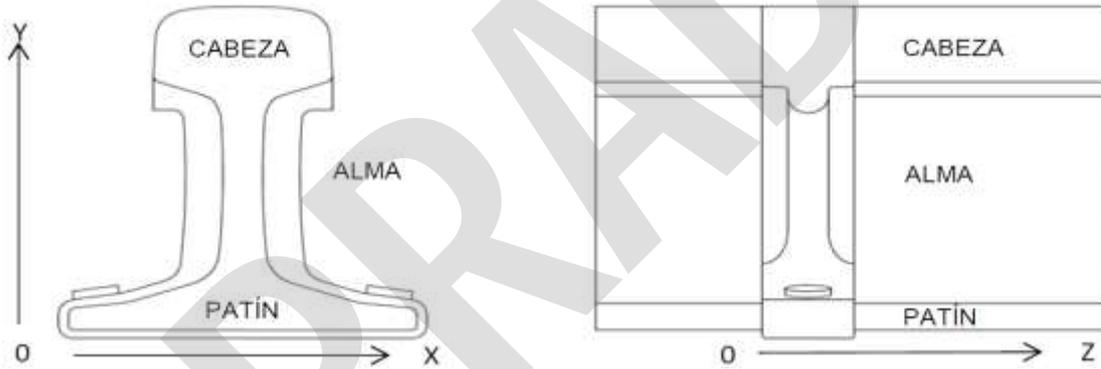
EQUIPO Y CALIBRACIÓN

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:

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV.
Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.

BORRADOR