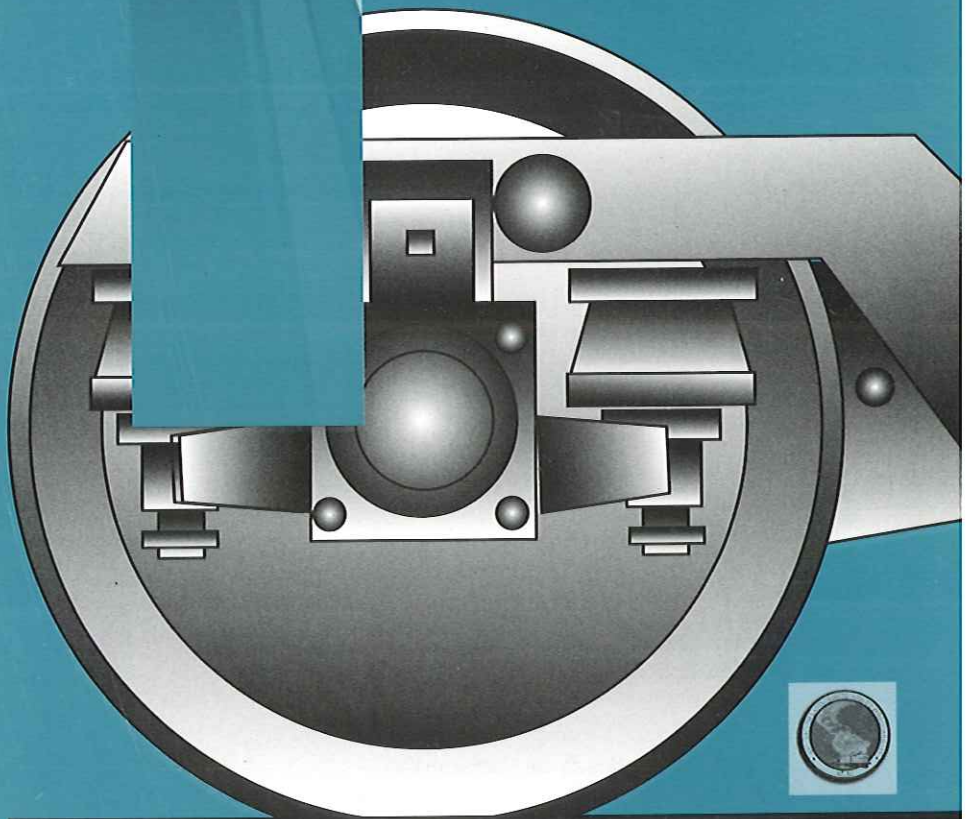


ALAF

TEMAS

DE DIVULGACION FERROVIARIA

6



ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE FERROCARRILES
ASSOCIAÇÃO LATINOAMERICANA DE ESTRADAS DE FERRO



Renfe

Dirección de Relaciones Internacionales

Publicación realizada con el aporte del convenio ALAF-RENFE
Nº 6 / octubre de 2002

ALAF

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

NORMA ALAF 5-032

SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA

ALAF / Comisión de Normalización

Indice

	PAG
1• Alcance	2
2• Antecedentes	2
3• Condiciones Generales	2
3.1• Rieles	2
3.2• Procedimiento, herramientas y equipos	3
3.3• Tareas previas al desbaste de la S.A.T.	4
3.4• Desbaste de la S.A.T.	4
3.5• Esmerilado preliminar	5
3.6• Esmerilado de terminación	6
3.7• Criterios de aceptación o rechazo en la inspección visual	6
3.8• Consumibles	9
4• Ensayos	10
4.1• Ensayo de flexión	10
4.2• Ensayo de Dureza Brinell	11
4.3• Ensayo de Porosidad	12
4.4• Estructura Metalográfica	12
4.4.1• Macrograffas	12
4.4.2• Micrograffas	13
4.5• Alineación	13
4.6• Otros ensayos	13
5• Inspección y Recepción	14
6• Identificación de la Soldadura Aluminio- térmica (S.A.T.)	15

1 - Alcance

Esta norma se refiere a las condiciones que deben cumplir los rieles soldados en la vía por el procedimiento aluminotérmico, así como también los elementos consumibles utilizados: material de aporte, forro de crisol, boquilla de destape automático con su correspondiente polvo obturador; bengala de encendido, moldes refractarios y pasta selladora.

También define las condiciones que deben cumplir los fabricantes suministradores de estos elementos.

2 - Antecedentes

FA 7001/67 - Soldadura Aluminotérmica.

RENFE NRV 3.3.2.4. - Recepción de Conjuntos para Soldo Aluminotérmico.

3 - Condiciones generales

3.1 - Rieles

Los rieles deberán presentar las superficies a unir perpendiculares al eje longitudinal; los extremos correspondientes a estas superficies, incluídas las mismas, estarán exentos de óxido u otras sustancias que perjudiquen la ejecución y/o la calidad de la soldadura; y estarán separados entre sí la distancia (cala) que indique el fabricante de la porción aluminotérmica (material de aporte).

En los rieles a soldar no deberá apreciarse ningún tipo de defectos (fisuras, taladros a menos de 40 mm de los extremos a soldar o una vez y media el diámetro del agujero considerado, lo que resulte mayor; desgastes excesivos, etc.). Si existe algún defecto que pudiera influir en la vida útil de la soldadura, se eliminará en su totalidad por corte de la zona dañada, hecho con máquina tronzadora con dispositivo para fijarla al riel, o sierra mecánica que asegure un corte perpendicular al riel.

Si los perfiles de los rieles a soldar son diferentes, o pre-

sentan desgastes distintos, la alineación en los planos horizontal y vertical deberá realizarse en correspondencia con las superficies de rodamiento del hongo del riel, superior y lateral lado interior de la trocha (cara activa del riel).

Podrán soldarse aluminotérmicamente cuando se verifiquen las siguientes condiciones:

- La diferencia de altura entre ambos perfiles no debe sobrepasar de 25 mm.
- La relación entre las áreas menor y mayor de las secciones rectas de los rieles debe estar comprendida entre 0,8 y 1,0. Teniendo en cuenta que las masas específicas de los aceros son prácticamente iguales en los diferentes perfiles de rieles, esta relación puede determinarse considerando el peso por metro lineal de los rieles a unir. Debe tenerse en cuenta que el peso del riel por metro lineal puede diferir de la cifra indicativa de la nomenclatura del modelo.
- En caso de que se necesite unir rieles que no cumplan las condiciones indicadas, es imprescindible colocar uno o varios cupones de perfil intermedio entre ambas barras a soldar, con una longitud mínima de 4 metros cada uno de ellos.

3.2- Procedimiento, herramientas y equipos

El procedimiento, las herramientas y los equipos utilizados para ejecutar las soldaduras aluminotérmicas de rieles deberán ser compatibles entre sí y estar homologados oficialmente; o en su defecto ser de aceptación de uso en el país de origen o en el país destino, cumpliendo en todo caso con las cláusulas 3 y 4 de la presente norma.

Preferiblemente se utilizarán las herramientas y los equipos aconsejados por el fabricante para el procedimiento de soldeo considerado; no obstante, el usuario final podrá adaptar, si resultase necesario, las herramientas y los equi-

pos, siempre que se cumplan tanto las condiciones que permiten la correcta ejecución de la soldadura aluminotérmica como las condiciones de seguridad durante la aplicación del procedimiento de soldeo considerado.

Para el usuario final tendrán una aceptación de uso provisional mientras no cuenten con homologaciones en el país de origen o en el país destino, o bien demuestren que cumplen con las exigencias establecidas en la presente norma.

3.3- Tareas previas al desbaste de la S.A.T.

Las columnas de la mazarota (apéndices laterales), caso de existir, deben separarse de la cabeza del riel en caliente; y posteriormente, en frío, se cortan definitivamente para evitar una falta de suministro de material al enfriar que pueda provocar un proceso de retracción que rehunda la soldadura y un arranque de material en la base de estas columnas o pipas, si se cortaran en caliente. El procedimiento expuesto debe realizarse previamente al desbaste si están unidas al cordón de la cabeza del riel, 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 si no las posee el molde de fábrica.

De igual forma se procede con cualquier otro apéndice unido al patín.

3.4- Desbaste de la S.A.T.

Una vez efectuada la soldadura aluminotérmica (S.A.T.), y habiendo transcurrido un lapso prudencial de consolidación de la misma (según determine cada suministrador), se deberá quitar con cortamazarota hidráulica el material sobrante del hongo del riel (mazarota); excepcionalmente se permitirá el uso de trancha o tajadera.

En los cortes, el material de aporte de la soldadura no deberá sufrir daño alguno.

El procedimiento es el siguiente: una vez eliminado el molde y después de haber actuado sobre los apéndices, se procede al desbaste de la soldadura retirando la mazarota cuando está todavía caliente al rojo oscuro, utilizando preferiblemente una cortamazarota hidráulica con cuchillas de corte correspondientes al perfil del riel que se está soldando, bien afiladas y sin desgastes perjudiciales.

Los restos se recogen en pala y se vierten fuera del balasto, en zonas donde no haya humedad, por riesgo de explosión, ni en lugares susceptibles de incendio.

Debe mantenerse el reglaje de los rieles y su altura con la ayuda de las cuñas, preferiblemente de madera, inmediatas a la soldadura; para evitar que ésta llegue a rehundirse, las cuñas se golpearán ligeramente para asegurar su posición. La secuencia del desbaste debe realizarse según el siguiente orden:

- superficie de rodadura
- cara activa de la cabeza del riel
- cara exterior de la cabeza.

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, especialmente en las soldaduras de rieles de acero 1.100 MPa.

Después del desbaste se deberá dejar enfriar la soldadura en forma natural y se repondrán los elementos de vía para permitir el paso de las circulaciones con la debida precaución.

3.5- Esmerilado preliminar

La superficie de rodamiento y los costados del hongo del riel en la zona de la soldadura se esmerilarán hasta obtener superficies sin imperfecciones.

La distancia máxima de esmerilado deberá ser de aproximadamente 30 cm a cada lado de la soldadura.

El esmerilado preliminar está destinado a suprimir la mayor parte de los excedentes de metal de la mazarota después de la operación de desbarbado.

Se realiza con muela giratoria y con la soldadura todavía caliente, respetando los tiempos de reposo marcados por cada suministrador.

Una vez terminado el amolado preliminar, no debe subsistir más que una pequeña desigualdad del metal de aportación sobre la superficie de rodadura y en la cara activa de los rieles, no mayor a 0,5 mm.

Una vez hecha esta operación se puede permitir el paso de los trenes.

3.6- Esmerilado de terminación

El esmerilado de terminación tiene como finalidad restablecer el perfil en la cabeza del riel 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 o realizarlo, mejor, al día siguiente.

Normalmente abarca unos 10 cm a cada lado de la soldadura.

Debe redondearse cualquier corte dado a los apéndices de la mazarota y los ángulos vivos procedentes del amolado preliminar; así como suprimir cualquier entalladura a lo largo del patín.

3.7- Criterios de aceptación o rechazo en la inspección visual

Luego del esmerilado de terminación, en la inspección visual no deberán apreciarse Defectos Eliminatorios. Sin embargo, se acepta que se puedan poner de manifiesto Defectos Accesorios.

3.7.1- Defectos accesorios

Son aquéllos localizados en la soldadura que, en solitario, no afectan a su calidad.

A continuación se citan los principales defectos de este tipo:

- *Entalladuras*

Marcas hechas con cualquier utensilio o cuerpo extraño que penetran en el material de aportación y que, pese a no influir en el comportamiento de la soldadura, afean su estética.

- *Porosidades*

Formaciones gaseosas esféricas que no han sido capaces de salir del habitáculo del molde por empuje de la colada al entrar en el mismo.

- *Inclusiones*

Existencia de elementos en el cordón de soldadura que indican un excesivo calentamiento del molde, el golpeo del mismo durante las operaciones previas a la reacción o el uso del crisol con demasiadas reacciones sin proceder a su limpieza o sustitución.

- *Arranque del material*

Defecto localizado en la cabeza o en la zona de las pipas en el patín, provocado por el uso de cuchillas inadecuadas o bien por no respetar los tiempos indicados y cortar en caliente tanto la mazarota como las pipas.

3.7.2- Defectos eliminatorios

Se considera Defecto Eliminatorio aquél que pone en peligro la vida útil de la soldadura, ya que puede provocar por sí mismo la rotura o la aparición de otros defectos que hacen peligrar su comportamiento, por lo que automáticamente la invalida.

Las zonas a inspeccionar son fundamentalmente tres:

- Unión del acero de aportación con el laminado.

Se consideran Defectos Eliminatorios los siguientes:

- *Fusión incompleta del perfil.*

Provocado por un escaso precalentamiento o por descuadre de los moldes; se observa porque existe un sobreespesor más pronunciado de lo normal en los bordes del cordón de la soldadura.

- *Escasez de acero de aportación en la cabeza.*

Por rebose del crisol si está excesivamente sucio. La soldadura presenta una discontinuidad que no se puede reparar debido a que no existe material de aportación en la zona de la cabeza que queda deformada.

- *Fisuras de retracción de la soldadura.*

Por enfriamiento rápido a temperaturas excesivamente bajas.

- *Más de un Defecto Accesorio*

- Superficie de rodadura y cara activa de la unión soldada.

Se consideran Defectos Eliminatorios los siguientes:

- *Faltas de metal de aportación, provocadas:*

Por escasez de carga si ésta se derrama.

Por estar el crisol sucio, lo que provoca que la reacción se haga en la parte superior del mismo y rebose.

Por cala excesivamente grande.

Por escape del material de aportación de la celda cerrada que forma el molde.

- *Más de dos Defectos Accesorios.*

- Cordón de la Soldadura.

Se consideran Defectos Eliminatorios los siguientes:

- *Fisuras, provocadas por:*

No soldar correctamente los perfiles.

Por una mala alineación de los rieles.

Por la aparición de tensiones en el riel que provoquen movimientos de retracción / contracción.

- *Más de dos Defectos Accesorios*

3.8- Consumibles

Las porciones de material de aporte deberán entregarse en envases impermeables de material plástico con cierre a prueba de humedad, acondicionados en cajones o tambores de peso no mayor respectivamente a 40 y 80 kg. También podrán entregarse los consumibles en conjuntos completos, conteniendo cada uno todo lo necesario para ejecutar una soldadura según el siguiente detalle: la porción aluminotérmica, las distintas partes del molde refractario, la pasta selladora, y la boquilla de destape automático con su correspondiente polvo obturador. La bengala especial de encendido se suministrará en envase aislado para evitar reacciones accidentales.

Se admite la variante de entregar la pasta selladora en envases adecuados no incluidos en el kit aluminotérmico.

En cualquier caso, los forros de crisol se suministrarán separados de los otros consumibles aluminotérmicos indicando la cantidad máxima de coladas que es posible efectuar con cada uno de ellos.

Cuando los perfiles a unir son distintos, la designación del molde refractario —a la derecha o a la izquierda— se determina situándose el observador en el eje de la vía, sobre el riel de mayor peso unitario, observando la unión a realizar.

Los componentes de cada conjunto estarán debidamente agrupados, protegidos y embalados herméticamente; el envase del conjunto tendrá leyendas que indiquen inequívocamente al cargador y al transportista la forma correcta de almacenar los conjuntos. Cada entrega de componentes deberá estar acompañada por el correspondiente manual de uso redactado en el idioma del usuario final o traducido a éste.

Cada conjunto deberá tener una tarjeta en su interior y

una inscripción en la envoltura de la porción aluminotérmica indicando los siguientes datos:

el nombre del fabricante, el número de la orden de compra, el peso del riel a soldar por metro, la resistencia a la tracción del acero del riel a soldar o su calidad expresadas en N/mm^2 o en kg/mm^2 , la identificación del procedimiento de soldadura aluminotérmica a emplear, cala expresada en mm, número del lote y fecha de caducidad.

El envase del molde refractario indicará el perfil del riel para el cual es apto.

No obstante lo indicado en esta norma, el usuario final podrá permitir que los consumibles sean suministrados en envases de capacidades mayores a las indicadas siempre que aquéllos se hallen debidamente agrupados, protegidos, embalados e identificados.

Los consumibles deberán estar homologados oficialmente, o en su defecto ser de aceptación de uso en el país de origen o en el país destino.

4 - Ensayos

4.1 - Ensayo de Flexión

Se realiza sobre una probeta dispuesta horizontalmente, de longitud aproximada 1.300 mm, conteniendo la unión soldada en su punto medio.

La carga vertical se aplica en el eje de la soldadura a través de una cuña cilíndrica de empuje de radio 25 mm, separación entre apoyos 1.000 mm, radio de los cilindros de apoyo 50 mm, y tal que el patín del riel se halle sometido a una sollicitación de tracción.

Se aplicará una carga aproximadamente igual al 60 % del valor ($0,034 W\sigma$) y luego se incrementará la fuerza a razón de 2 Tf (toneladas fuerza) cada 30 segundos hasta la rotura.

La carga mínima R sin llegar a la rotura, expresada en Tf,

para rieles soldados de perfil Vignole cumplirá lo indicado en la siguiente desigualdad:

$$R \geq 0,034 W \sigma$$

Correspondiendo el anterior coeficiente (0,034 cm⁻¹) al 85 % de la carga teórica de rotura, siendo:

W = módulo resistente menor de la sección transversal del riel para la flexión considerada en cm³.

σ = calidad del riel (resistencia a la tracción del acero) en Tf/cm².

Se alcanzará en todos los casos una flecha mínima de 9 mm en el centro de la probeta y en ausencia de fisuras.

4.2- Ensayo de Dureza Brinell

Se realiza sobre la superficie de rodamiento del hongo del riel, en el centro de la unión soldada sobre el eje transversal al riel y a 10, 20, 40 y 200 mm a cada lado del centro en la dirección longitudinal del riel.

En el caso de haber utilizado rieles usados, se cepilla previamente la superficie en donde se determina la dureza, hasta una profundidad de 3 mm.

Se utiliza bola de acero al tungsteno de 10 mm tal que no afecte la medición, y carga de 3.000 kg, habiendo transcurrido de 2 a 8 segundos desde el comienzo de la aplicación de la carga hasta la actuación total de ella, manteniéndola en su último valor de 10 a 15 segundos.

La dureza hallada en el centro de la soldadura (promedio de 3 medidas) y en cada uno de los puntos situados a 10, 20 y 40 mm del centro de la unión soldada no deberá ser menor ni exceder en más de 30 unidades Brinell la dureza determinada en el riel a 200 mm del citado centro, o cumplir lo indicado en el siguiente cuadro:

Carga aluminotérmica en N/mm ²	700	900	1.100
Dureza del acero en HBS	260 ± 20	300 ± 20	340 ± 20

4.3- Ensayo de Porosidad

Se practica un corte con sierra en la sección transversal correspondiente al centro de la unión soldada y se observa la presencia de poros; si existen, sólo se admitirán en la zona del alma y sobre el plano de simetría del riel, no deberán superar el 0,05 % de la sección transversal del riel y el diámetro máximo del poro será $\leq 0,05$ mm.

4.4- Estructura Metalográfica

Se practica un corte simétrico en la zona de la unión soldada y en la dirección longitudinal del riel.

Examinada la zona de la soldadura, la unión entre el metal fundido y el metal laminado deberá ser completa, sin fisuras ni otras discontinuidades.

4.4.1- Macrografías

Se realizarán pulimentando la sección a ensayar y aplicando sobre ella un papel al gelatino-bromuro o mediante un revelador de nitrato de plata o de amonio.

Con ellas se comprobará: la carencia de discontinuidades en el acero de aportación y de incrustaciones de escoria o de arena; el correcto centrado del molde y la buena composición y actuación de la carga aluminotérmica mediante la observación de la zona afectada por el calor de la soldadura. En esta zona debe verificarse:

- Que es prácticamente simétrica respecto al eje de la soldadura y las isoterma son sensiblemente paralelas hasta la de 720 °C.

- Su ancho a cumplirá la siguiente expresión:

$$(c + 5mm) \leq a \leq (c + 40 mm)$$

siendo c la cala nominal expresada en mm.

- Sus límites serán sensiblemente paralelos al eje de la soldadura, admitiéndose que se abran en la zona de la cabeza y en la zona del patín, siempre que este ancho no sobrepase en el 25 % al de la citada zona de calentamiento..

4.4.2- Micrográficas

Se realizarán con aumento no menor a 500 diámetros en las zonas rectangulares de calentamiento de la cabeza y del patín del riel, desde y hacia cada lado del eje de la soldadura.

Estas zonas tendrán un ancho de $(a/2 + 5 \text{ mm})$, una altura de 20 mm, estarán ubicadas inmediatamente debajo del pelo del riel las superiores y a partir de la base del riel las inferiores.

Con ellas se determinará que la estructura del acero es totalmente perlítica, con ausencia de estructuras austeníticas de temple y de revenido (martensita, trostita y bainita).

4.5- Alineación

Se aplica una regla plana y metálica de un metro de longitud sobre el hongo del riel y se coloca con su centro en correspondencia con el centro de la soldadura, determinándose la alineación en los planos horizontal (planta) y vertical (alzado).

En planta, colocada la regla en la cara activa del riel y a 15 mm por debajo de la superficie de rodadura, no se admiten reducciones de trocha. La tolerancia de aumento de la misma será como máximo de 0,5 mm en cada riel.

La comprobación en alzado no admitirá soldaduras hundidas y la tolerancia para soldaduras altas tendrá un máximo de 0,5 mm.

Para soldaduras efectuadas en rieles que no sean nuevos ni usados despuntados y/o reperfilados se podrán admitir tolerancias mayores, según el estado de los mismos.

4.6- Otros ensayos

Se podrán practicar otros ensayos adicionales no destructivos como por ejemplo ultrasonido y radiografías.

5 - Inspección y recepción

El establecimiento en donde se fabriquen los elementos consumibles para la soldadura aluminotérmica deberá contar con instalaciones adecuadas para la fabricación de los mismos y para mantener un ritmo de producción aceptable.

Deberá disponer de los elementos necesarios de control de la calidad de los distintos elementos y de verificación de las uniones soldadas de acuerdo a los requisitos de esta norma.

En el caso de consumibles no homologados oficialmente en el país de origen o en el país destino, para que se puedan considerar de aceptación de uso se realizará y cumplirá con los controles previos adicionales definidos a continuación:

- Se ejecutarán los ensayos indicados en esta norma en 15 soldaduras efectuadas con conjuntos aluminotérmicos elegidos por el representante del usuario final de un lote de 100 como mínimo. El representante tomará 3 conjuntos de soldeo adicionales y los reservará para el caso de ser necesario realizar una soldadura adicional a fin de ensayarla (contraensayo) ante un resultado parcialmente insatisfactorio de alguna de las 15 uniones soldadas.

- Se utilizarán trozos de riel nuevos o usados en buen estado y las soldaduras las realizará el fabricante o proveedor con sus propios elementos, utilizando el sistema aprobado por el usuario final y en presencia de sus representantes.

- Se considerará de aceptación la muestra previa si las 15 soldaduras cumplen los requisitos establecidos en la inspección visual (cláusula 2.7) y ensayos (cláusula 3) definidos en esta norma. Sólo podrá haber a lo sumo tres contraensayos.

- Los fabricantes o proveedores de consumibles aluminotérmicos no homologados oficialmente en el país de origen o en el país destino deberán tener la aprobación del usuario final de la capacidad técnica de la fábrica y de la muestra previa.

Se realizarán soldaduras en la proporción de una por hasta 500 conjuntos de soldeo integrantes del lote a recibir, correspondientes al mismo perfil y calidad del riel considerado, e igual procedimiento de soldeo.

La unión soldada deberá cumplir todos los requisitos establecidos en la inspección visual (cláusula 2.7) y ensayos (cláusula 3) definidos en esta norma. En caso de duda se admite un contraensayo.

Si se obtiene un resultado insatisfactorio se rechazan los 500 conjuntos de soldeo considerados.

6 - Identificación de la S.A.T.

Una vez ejecutada la soldadura aluminotérmica y habiendo finalizado el esmerilado de terminación, el comprador podrá exigir que en forma inmediata se proceda a identificar la S.A.T. considerada.

Las marcas de identificación se realizarán por rayado o golpe sobre el alma del riel, lado exterior de la trocha, lo más cerca posible de la soldadura, dejando sobre la superficie caracteres fácilmente visibles y perdurables, de profundidad $\leq 0,5$ mm y ancho y alto ≤ 15 mm.

Los caracteres indicarán: mes y año de ejecución de la S.A.T., e identificación del soldador:



TEMAS

DE DIVULGACION FERROVIARIA

ALAF

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