



**SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE FERROVIARIO Y MULTIMODAL**  
**DIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE REGULACIÓN TÉCNICA FERROVIARIA**

**Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre**  
**Subcomité N° 3. “Transporte Ferroviario”**

**ANTEPROYNOM-055-SCT2-2015, PARA VÍA CONTINUA, UNIÓN DE RIELES**  
**MEDIANTE SOLDADURA.**

## **SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**

**ANTEPROYNO-055-SCT2-2015**, Para Vía Continua, Unión de Rieles Mediante Soldadura

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Comunicaciones y Transportes.- Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal.

### **ANTEPROYNO-055-SCT2-2015, PARA VÍA CONTINUA, UNIÓN DE RIELES MEDIANTE SOLDADURA.**

**Lic. Yuriria Mascott Pérez**, Subsecretario de Transporte y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 36 fracciones I, VIII y XII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 38 fracción II, 40 fracción XVIII, 41, 43, 45, 47 y 73 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28, 80 y 81 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 6 BIS Fracción I y 28 de la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario; 36 y 42, fracción IV del Reglamento del Servicio Ferroviario; 6, fracción XIII y 23 fracción XXI del Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes; 3, fracción V del Acuerdo de Calidad Regulatoria, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 2 de febrero de 2007 y demás ordenamientos jurídicos que resulten aplicables.

### **ANTEPROYNO-055-SCT2-2015, PARA VÍA CONTINUA, UNIÓN DE RIELES MEDIANTE SOLDADURA.**

El presente Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana se publica a efecto de que los interesados dentro de los siguientes 60 días naturales, contados a partir de la fecha de su publicación en el Diario Oficial de la Federación presenten sus comentarios ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre, para que en términos del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización se considere en su seno lo propuesto, sito en calle Nueva York número 115, 6o. piso, colonia Nápoles, código postal 03810, México, Distrito Federal.

Durante el plazo mencionado, los análisis que sirvieron de base para la elaboración del proyecto de norma, así como la Manifestación de Impacto Regulatorio del mismo, estarán a disposición del público para su consulta en el domicilio del Comité respectivo.

Ciudad de México, Distrito Federal, a 5 de junio de 2015.

La Subsecretaria de Transporte y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre, Yuriria Mascott Pérez.- Rúbrica.

## INDICE

1. Objetivo
2. Campo de aplicación
3. Referencias
4. Definiciones
5. Clasificación y designación
6. Especificaciones
7. Requisitos que se deben cumplir en las soldaduras terminadas
8. Vigilancia
9. Procedimiento de Evaluación de la Conformidad (PEC)
10. Sanciones
11. Referencias bibliográficas
12. Concordancia con normas y recomendaciones internacionales
13. Vigencia

### **Apéndice A**

### **Anexos A, B, C, D, E**

## PREFACIO

En la elaboración de la presente Norma participaron las dependencias del Ejecutivo Federal, empresas ferroviarias y privadas siguientes:

- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
  - DIRECCION GENERAL TRANSPORTE FERROVIARIO Y MULTIMODAL
- FERROCARRIL MEXICANO, S.A. DE C.V.
- KCSM, S.A. DE C.V.
- FERROSUR, S.A. DE C.V.
- FERROCARRIL Y TERMINAL DEL VALLE DE MEXICO, S.A. DE C.V.
- FERROCARRILES SUBURBANOS, S.A.P.I. DE C.V.
- ALSTOM TRANSPORT MÉXICO, S.A. DE C.V.
- SENERMEX, INGENIERIA EN SISTEMAS, S.A. DE C.V.

## Introducción

Por ser los trabajos de soldadura, de acuerdo con su misma naturaleza, ejecutados en un tiempo perentorio, y requerir sumo cuidado para revisarlos y verificarlos tanto durante el proceso como después de terminados, en el caso particular de soldadura de riel para vías férreas es importante establecer medidas que aseguren de antemano la buena calidad y eviten en lo posible los problemas de detección, sustitución y sobre todo, el riesgo de usar soldadura defectuosa.

## 1. Objetivo

El contenido de esta Norma Oficial Mexicana está dirigido a los trabajos de soldadura en el campo o en planta, para la fabricación de rieles continuos que se tienen a partir de la unión sucesiva por soldadura de rieles elementales.

## 2. Campo de aplicación

Esta Norma fija las condiciones que deben cumplir los rieles para realizar en ellos uniones soldadas, así como los procedimientos aplicables, el equipo, las características de los materiales, la preparación, la ejecución, las herramientas y los conceptos sometidos a aprobación previa, que serán base para verificar y calificar el trabajo terminado, con objeto de optimizar sus diversas etapas y evitar errores; así como establecer aspectos técnicos relacionados con su garantía y control durante el periodo de vida útil del riel.

## 3. Referencias

Para la correcta aplicación de esta Norma Oficial Mexicana, es necesario consultar las siguientes normas oficiales mexicanas:

NMX-B-116-1996	Métodos de obtención de dureza brinell en productos de acero.
NOM-B-331-1982	Métodos de prueba de macroataque para productos de acero.
NOM-E-176	Métodos de análisis químico para determinar la composición del acero y fundiciones.
NMX-B-001-CANACERO-2009	Método de análisis químico para determinar la composición de aceros y hierros – Métodos de prueba
NMX-B-465-1988	Inspección ultrasónica para métodos de contacto pulso-eco-haz recto.
NMX-B-116-1996-SCF	Industria siderúrgica - determinación de la dureza brinell en materiales metálicos.
NMX-B-465-1988	Inspección ultrasónica por el método de contacto pulso - eco-haz recto.
NMX-B-124-2011	Guía para la inspección con partículas magnéticas-especificaciones.
NMX-B-133-CANACERO 2009	Industria siderúrgica-inspección con líquidos penetrantes-especificaciones.

## 4. Definiciones

Las definiciones de los términos que se utilizan para la interpretación de los aspectos técnicos de la presente Norma, serán las establecidas en la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario; Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos y en el Reglamento del Servicio Ferroviario, en la inteligencia de que a falta de definición en los citados preceptos, se utilizarán las definiciones que a continuación se detallan.

**AREMA:** Asociación Americana de Ingeniería y Mantenimiento de Vía (*American Railway Engineering and Maintenance-Way Association*).

**BHN:** Dureza Brinell

**Cara activa:** superficie lateral del hongo del riel que da hacia el centro de la vía y que al paso de los trenes se pone en contacto con las cejas de las ruedas guiando su desplazamiento.

**Chisporroteo:** desprendimiento de partículas en estado incandescente que se manifiesta en el procedimiento de ejecución de la soldadura por electro resistencia de rieles.

**Contraflecha:** Es la altura que se da en la banda de rodamiento respecto a la referencia horizontal en el punto de unión para evitar soldaduras bajas, en función del proceso de soldadura.

**Crisol:** recipiente de material refractario en el que se efectúa la reacción de la porción aluminotérmica.

**Cropping:** proceso de corte de los extremos de los rieles para eliminar defectos, este debe ser de al menos de 35 cm y con disco abrasivo.

**Cuatrapeo:** Posición en forma alternada de las juntas de los rieles de una vía.

**Injerto:** tramo de riel con longitud no menor de cuatro (4) metros que sustituye una parte dañada o alguna soldadura defectuosa.

**Largo Riel Soldado (LRS):** Riel de mayor longitud formado por la unión mediante soldadura de varios rieles elementales nuevos o de recobro.

**Mazarota:** metal que al terminar el proceso de soldadura, sobresale del riel soldado y que se elimina inmediatamente después de terminado dicho proceso.

**Pavonado:** alteración superficial que se presenta en el acero de los rieles, compuesto principalmente por óxido férrico ( $Fe_2O_3$ ), la que se manifiesta por una coloración azul oscura producida por fricción o sobrecalentamiento.

**Porción aluminotérmica:** mezcla de material necesario formado por aluminio, óxido de fierro y algunos aditivos que se utilizan para formar el metal de aportación en la soldadura aluminotérmica de rieles.

**Preparación de los extremos de los rieles:** conjunto de procesos tales como corrección de alineación, corte, limpieza y otras más, mediante las cuales se ponen en condiciones aplicables el procedimiento de soldadura, ya sea en el campo o en la planta de soldado.

**Recalcado:** presión longitudinal final, que se aplica a los rieles, en el proceso de soldado mediante electro resistencia, este ocurre inmediatamente después de haber concluido el chisporroteo continuo de los extremos.

**Riel:** uno de los elementos que forman la superestructura de un sistema de vía férrea, fabricado con una aleación de acero con otros metales, bajo especificaciones de metalurgia, geometría, resistencia, durabilidad y sección, que permitan el rodamiento cómodo y seguro del equipo, transmitiendo los esfuerzos a la subestructura de la vía.

**Sanidad:** condiciones externas e internas que prevalecen en la soldadura terminada y que se manifiestan por la continuidad del metal base o de aportación los cuales deben estar libres de impurezas, además de tener una adecuada liga con el metal base de los rieles soldados.

**Soldadura de rieles:** unión integral entre 2 rieles en sus extremos contiguos debidamente preparados, con material de aporte o sin él, aplicando procedimientos especialmente diseñados para los materiales que intervienen, de tal forma que permitan tener la resistencia, continuidad y capacidad para soportar el tránsito ferroviario, como en cualquiera otra sección de los rieles que integran la nueva estructura.

## 5. Clasificación y designación

### 5.1 Tipos de rieles en que se aplica

**5.1.1** La soldadura se debe utilizar para formar Largo Riel Soldado (LRS), y así dar continuidad a la vía, siendo dichos elementos principalmente los incluidos en la cláusula 015 A Rieles de acero al carbón, del capítulo 015 Acero y Productos de Acero, Libro 4 Normas de Calidad de los Materiales SCT, así como los indicados en el Reglamento para la Conservación de Vía y Estructuras para los Ferrocarriles Mexicanos SCT y específicamente los que se indican a continuación:

Denominación del riel	
Kilogramo por metro	Designación (lbs/yd)
44.65	90
49.61	100
55.56	112
57.05	115
67.47	136
69.95	141

**5.1.2** Para soldar rieles de recobro, que son los recuperados de las vías que han estado en servicio, deben considerarse las características mencionadas en las tablas A y B .Los rieles que no cumplan dichas características serán considerados rieles rechazados.

Definición Técnica de “Rieles Rechazados”: Son aquellos rieles que presentan desgaste excesivo, severas patinaduras o quemaduras, impactos, fisuras, fracturas, corrosión, agrietamientos y fatiga o deformación plástica visible u otros defectos.

Los rieles de recobro deben estar marcados en los extremos para su clasificación y aprovechamiento, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla A. De Clasificación de Riel

NUEVO	Es el Riel que no ha sido usado y se debe identificar con pintura blanca	BLANCO
RECOBRO	Es el Riel que por sus condiciones físicas puede ser reutilizado en vía principal (Tabla B)	AMARILLO
INDUSTRIAL	Es el Riel que por sus características físicas y químicas sólo puede ser usado en vías auxiliares.	VERDE
CHATARRA	Es el Riel que por sus condiciones físicas no debe ser utilizado en vías férreas.	AZUL

Tabla B. De Límites de Desgaste

<b>LIMITES DE DESGASTE MÁXIMOS PERMISIBLES</b>	90-100 lbs./yd					
	DESGASTE VERTICAL <b>V</b>		DESGASTE HORIZONTAL <b>H</b>		DESGASTE COMBINADO <b>C (V+H)</b>	
	<b>1/4"</b>	<b>6mm</b>	<b>3/8"</b>	<b>9mm</b>	<b>3/8"</b>	<b>9mm</b>
	112-115 lbs./yd					
	DESGASTE VERTICAL <b>V</b>		DESGASTE HORIZONTAL <b>H</b>		DESGASTE COMBINADO <b>C (V+H)</b>	
	<b>5/16"</b>	<b>8mm</b>	<b>3/8"</b>	<b>9mm</b>	<b>3/8"</b>	<b>9mm</b>
	136-141 lbs./yd					
	DESGASTE VERTICAL <b>V</b>		DESGASTE HORIZONTAL <b>H</b>		DESGASTE COMBINADO <b>C (V+H)</b>	
	<b>3/8"</b>	<b>9mm</b>	<b>3/8"</b>	<b>9mm</b>	<b>1/2"</b>	<b>13mm</b>

5.1.2.1 Longitud mínima de riel será de seis (6) metros para injerto en curva y cuatro (4) metros para injerto en tangente.

5.1.2.2 No deben tener grasa, aceite, asfalto, óxido u otros.

**5.1.2.3** No se deben soldar rieles con más/menos 50 dureza brinell de diferencia, ni tampoco los que sean de diferente tipo de aleación.

**5.1.2.4** Cuando se requiera esmerilar la deformación plástica del hongo, no se permite que el ancho de ésta, sea mayor de cuatro punto setenta y seis (4.76) milímetros.

**5.1.2.5** Cuando sea necesario eliminar taladros o juntas emplanchueladas, se realizará el cropping correspondiente; después de lo cual quedarán los extremos ciegos.

**5.1.2.6** La naturaleza metalúrgica y geométrica de la sección de riel, en relación con el procedimiento de soldadura deben estar de acuerdo con lo descrito en el sub inciso 5.3.2.3 de este capítulo 5.

**5.1.2.7** El cuatraneo de las Soldaduras Aluminotérmica deberá cumplir con lo que establece AREMA en el capítulo 5 parte 4 sección 4.1 en su apartado 4.1.1 incisos u y v, en los cuales determina lo siguiente:

- a) El cuatraneo en tangentes preferentemente deberá ser no menor de 12 pies (3.65 mts.) y en curvas no menor a 8 pies (2.44 mts.) y no mayor de 12 pies (3.65 mts.) esto en el riel inferior.
- b) Queda prohibido la aplicación de soldaduras dentro del cuerpo de un crucero o dentro de los límites del contrarriel del cambio.

## **5.2** Tipo de soldadura

Para los efectos de esta Norma, los únicos dos (2) tipos de soldadura que se deben utilizar en las uniones de rieles para vías férreas son el aluminotérmico y por electro resistencia, métodos establecidos por AREMA.

**5.3** Conceptos básicos que se deben atender previamente para llevar a cabo las uniones de rieles mediante soldadura.

**5.3.1** Se determinará cuál de los procedimientos incluidos en esta Norma es el más adecuado para aplicar:

- La soldadura aluminotérmica se aplica solamente en programas de conservación.
- La soldadura eléctrica se aplica en los programas conservación y rehabilitación.

**5.3.2** Ambiente de trabajo e insumo.

**5.3.2.1** La aplicación de soldadura de rieles está prohibida cuando se presenten condiciones atmosféricas adversas:

- Lluvia intensa.
- Fuertes corrientes de aire.
- Frío excesivo o nieve.
- Se soldará a temperaturas ambiente que no discrepen significativamente del promedio del día y de acuerdo con las condiciones ambientales que prevalezcan en la obra.
- Se tendrá buena iluminación, bien sea con luz del día y/o artificial.

Condiciones adversas de temperatura que impiden realizar la aplicación de soldaduras:

- No se debe realizar en rieles con temperatura igual o inferior a diez grados centígrados (10°C).

**5.3.2.2** Salvo convenio previo entre los participantes de la transacción, estos determinarán, antes de iniciar los trabajos de soldadura, las instalaciones, equipos, materiales, herramientas básicas y personal especializado para la ejecución; deberán ser presentados por la empresa o encargado de efectuar los trabajos, para la verificación y aprobación que corresponda por parte del responsable de la obra; con la solicitud de aprobación se deben adjuntar:

- Información y certificaciones de calidad del producto.
- La capacitación y certificación de los soldadores (con vigencia máxima de un año, emitido por el fabricante de la soldadura).

**5.3.2.3** Los rieles de lotes que se entreguen para aplicarles el procedimiento, deben cumplir con lo siguiente:

- a) Las características metalúrgicas del acero, así como el calibre de los rieles deben corresponder al procedimiento de soldadura y variante aprobados por el AREMA; lo anterior debe ser verificado previamente por la empresa o encargado de efectuar la soldadura y, en caso de alguna discrepancia en el procedimiento programado, no lo llevará a cabo y oportunamente deberá proponer lo que corresponda de acuerdo con el tipo y cantidad de rieles identificados.
- b) En cuanto al alineamiento longitudinal en proyección horizontal en cualquier sentido del riel, sus extremos no deben tener una flecha superior a cero punto cinco (0.5) milímetros en cuerda de un (1) metro, ni de cero punto veinticinco (0.25) milímetros en la cuarta parte de la misma; lo anterior, determinado

mediante la aplicación de una regla metálica de un (1) metro de longitud. Anexo D.

- c) Respecto a la deformación uniforme y ascendente en proyección vertical, a la superficie del hongo en los extremos de un (1) metro de longitud de rieles, sólo se le permitirá una flecha máxima en su punto medio de cero punto cinco (0.5) milímetros determinada mediante una regla metálica del largo mencionado, esta flecha no se debe presentar a menos de cincuenta (50) centímetros del extremo considerado. No se permite ninguna deformación descendente en la banda de rodamiento del riel. Anexo D.
- d) Los rieles a soldar deben ser del mismo calibre y características metalúrgicas, pudiéndose en casos especiales, previa autorización del responsable designado por el ferrocarril, realizar soldaduras en rieles con discrepancias en los conceptos citados, las que en su caso deben ajustarse a lo siguiente:

El alineamiento en proyección vertical siempre se hará en los hongos con las tolerancias que indique el procedimiento de soldadura, la diferencia de alturas deberá quedar en los patines y no serán mayor de Ocho (8) milímetros. La coincidencia de secciones en proyección horizontal, se debe efectuar alineando los hongos en la zona de escantillón siempre y cuando no exceda los parámetros de desgaste horizontal descritos en la “Tabla B. De Limites de Desgaste”; no se permiten soldaduras en rieles que se discrepen en peso por metro lineal más de quince por ciento (15%) ni más de nueve (9) milímetros en ancho sus patines. En rieles de recobro, el alineamiento se realiza procurando dejar colonialmente la zona de escantillón y las diferencias dejarlas en el lado campo.

- e) La diferencia de dureza Brinell de la soldadura no deberá exceder  $\pm 30$  BHN del riel a unir.

**5.3.3** Antes de proceder a soldar, tanto los rieles nuevos que cumplan con lo descrito en el subinciso 5.3.2.3 capítulo 5 de esta Norma, como los de recobro que satisfagan lo indicado en el inciso 5.1.2 de dicho capítulo, deben ser previamente preparados de acuerdo con lo siguiente:

**5.3.3.1** Los extremos de la junta a unir deben estar libres de humedad, oxidación, grasa y otros materiales extraños, así también de rebabas, agrietamientos, taladros, deformaciones de sección y otras irregularidades que obstaculizan la ejecución de la soldadura, en una longitud horizontal determinada por la altura del riel según su calibre.

**5.3.3.2** Si en una longitud horizontal (equivalente a la altura del riel a unir) en uno y otro lado de la junta, los rieles presentan defectos como fisuras o taladros, se deben eliminar mediante la utilización de disco de corte. Estos cortes deben ser perpendiculares al eje longitudinal del riel deben cumplir con lo estipulado de acuerdo a las tolerancias del fabricante de soldaduras.

**5.3.3.3** Inmediatamente antes de la ejecución de los trabajos de soldadura, se deben alinear los extremos de los rieles tanto en su proyección horizontal, vertical y viro, de acuerdo a las tolerancias tal y como se indican en los párrafos b, c y d del subinciso 6.1.5.1.

**5.3.3.4** Las caras frontales y laterales de los rieles a unir deberán estar libres de humedad, oxidación, grasa y otros materiales extraños los cuales se remueven mediante la utilización de cepillos metálicos, pulidores y precalentamiento. En una longitud horizontal determinada por la altura del riel según su calibre.

## **6. Especificaciones**

### **6.1 Soldadura aluminotérmica**

**6.1.1** En las uniones de rieles soldados por el procedimiento aluminotérmico se genera una reacción exotérmica provocada por la mezcla de aluminio (Al) y óxido de hierro ( $Fe_2O_3$ ), la cual genera una gran cantidad de calor, con temperaturas cercanas a los tres mil doscientos grados centígrados ( $3,200^{\circ}C$ ). El resultado de la fusión es una aleación con características metalúrgicas y de resistencia que igualen o superen en calidad la de los rieles en que se utiliza.

**6.1.2** El procedimiento metalúrgico de soldadura aluminotérmica que se seleccione para un trabajo determinado, debe cumplir con los materiales, equipos especializados, herramientas y accesorios que sean afines a los calibres de riel a unir; como se indican en el capítulo 5 de esta Norma. Y en términos generales debe cubrir las necesidades para soldar rieles de bajo y alto contenido de carbono y rieles aleados, correspondiendo aproximadamente a cada variante las durezas mínimas de doscientos veinte (220) a quinientos (500) Brinell. En cuanto al tipo de precalentamiento, cala, cantidad de carga o porción aluminotérmica y demás aspectos deberán ser indicados por el proveedor.

**6.1.3** Los materiales e implementos utilizados deben cumplir con lo siguiente:

#### **6.1.3.1 Materiales.**

a) La carga de aportación para soldadura aluminotérmica, debe ser elaborada con materiales especialmente seleccionados y preparados, de acuerdo con las características metalúrgicas y dimensiones del riel por soldar y en términos generales debe estar constituida por aluminio en polvo, óxido de hierro y los adicionales necesarios, para lograr la mayor similitud al acero del riel. Los equipos y herramientas de soldadura deberán estar en función directa con el tipo de riel, calibre y cala.

b) Las porciones de materiales que forman una carga de soldadura aluminotérmica, deben proporcionarse en bolsas resistentes a prueba de humedad, preferentemente de material plástico y totalmente herméticas. El envase de

materiales, debe contener instrucciones para el uso y presentar una etiqueta con los datos siguientes:

- Marca de fabricante.
  - Fechas de fabricación y fecha de caducidad.
  - Número del lote.
  - Aleación y peso neto de la carga contenida, en gramos.
  - Tipo, cala y calibre de riel en que se aplica.
- c) El constructor o empresa encargada de efectuar el trabajo, arreglará con el fabricante, las facilidades necesarias para efectuar el muestreo y que le proporcione tanto las porciones de soldadura como los elementos para realizar las soldaduras de prueba y los ensayos de verificación. Previo al envío de estos materiales a la obra, se tomarán dos (2) muestras de cada mil (1000) cargas o menos; a las muestras obtenidas se les determina su peso neto con aproximación de un (1) gramo, y con ellas se realizan dos juntas soldadas a las cuales primeramente se les efectúa la prueba de dureza Brinell y a continuación se ensayarán a la flexión hasta la ruptura.
- d) Para ser aceptado el lote, las muestras correspondientes deben pasar tanto las pruebas de dureza como las de flexión y, de no ser así, con una sola determinación que no cumpla, se repite en el mismo lote el muestreo, así como las determinaciones y pruebas indicadas en este subinciso; y si vuelve a ocurrir alguna falla, con un solo valor que no cumpla, se rechaza el lote muestreado y se marca como no aceptado, por lo cual se debe separar y no se transportará a la obra.
- e) Las cargas aluminotérmica con envases rotos no deben ser utilizadas, tampoco las que presentan indicios de estar húmedas, deterioradas, con fecha vencida o incompletas; en este último aspecto, sólo se permite una diferencia en un (1) gramo del peso registrado en la etiqueta como peso neto de la carga.
- f) El transporte de los materiales y accesorios, se hará con todas las precauciones necesarias por tratarse de productos inflamables o elementos que se afectan con la humedad; su almacenamiento se hará en lugares secos y al abrigo de fenómenos ambientales.

**6.1.3.2** Los equipos, materiales y herramientas deben cumplir con lo siguiente:

- a) Los moldes deben ser fabricados con base en arena sílica de alta refractabilidad; las piezas moldeadas se endurecen por insuflación de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y se les somete a un tratamiento de secado. Los moldes deben ser impermeables, libres de fisuras y tener un diseño con amplio sistema de alimentación que no propicie obstrucciones, formación de burbujas, ni depósitos de escoria; además, su forma y dimensiones deben ser adecuadas para lograr la conformación correcta de la junta soldada, la cual debe dejar una mazarota de forma piramidal invertida con altura de cuatro (4) centímetros. Se empacarán en

cajas de cartón, bien protegidos para evitar el contacto con la humedad, incluyendo además instrucciones para el uso y manejo.

- b) La pasta o arena de sellado será una mezcla de arena sílica con arcilla refractaria y glicol, la cual no debe permitir fugas entre el molde y el riel, permaneciendo sin afectaciones durante el tiempo de precalentamiento y proceso de colada; se debe envasar protegiéndola contra la evaporación, para garantizar que durante un tiempo mínimo de seis (6) meses conserve sus condiciones de buena calidad.
- c) El crisol debe ser fabricado con base en arena sílica de alta refractabilidad. Este crisol debe resistir la reacción y fusión de la carga aluminotérmica. El crisol es desechable-ecológico de un solo uso.
- d) El equipo hidráulico-mecánico con el que se debe contar:
  - Fuente de poder completa.
  - Cortadora de riel.
  - Cortamazarota.
  - Esmeriladora.
  - Llave de impacto.
  - Taladro de riel.
  - Gato Tensor / Sargento.
  - Caballetes / Alineadores.
  - Gato de vía.
- e) La Herramienta que se debe tener es:
  - Termómetro.
  - Cronómetro.
  - Herramienta de vía.
  - Marro de 12lbs.
  - Cepillo de alambre.
  - Cuñas metálicas.
  - Regla de un (1) metro.
  - Calibrador (Galga).
  - Gises térmicos.
  - Marcador de Acero.
  - Limatón.
  - Flexómetro.
  - Llave universal 12”.
  - Tajadera.
  - Extinguidor.
- f) El Equipo para aplicación de soldaduras lo integra:
  - Portamoldes.
  - Portaescoria.
  - Prensas / Soporte Universal.
  - Portasoplete.
  - Tanque de Oxígeno.

- Tanque de Gas Butano.
- Mangueras para equipo de corte.
- Maneral.
- Multiflama.
- Soplete.
- Encendedor de Cazuela.
- Fósforo de encendido.
- Manómetros / regulador.
- Arrestaflamas / válvulas check.
- Horquilla.
- Pinzas.
- Cala.

g) El Equipo de Protección Personal se compone de:

- Camisola.
- Guantes.
- Anteojos oscuros y claros.
- Polainas.
- Calzado de seguridad.
- Rodilleras.
- Faja Lumbar.
- Careta.
- Pechera.
- Mangas.
- Casco.

h) No se permite el uso de equipos, herramientas y/o materiales improvisados que no sean los diseñados expresamente para el proceso seleccionado y aprobado; por la empresa concesionaria responsable a cuyo cargo está la obra. La compañía encargada de efectuar la soldadura, recabará previo al inicio de los trabajos dicha aprobación y posteriormente será verificada y ratificada.

#### **6.1.4 Calificación y autorización de soldadores.**

**6.1.4.1** Los trabajos de soldadura de rieles tanto aluminotérmica, como de electro resistencia, deberán ser efectuados por personal especializado, idóneo para ser responsable de la eficiencia, exactitud y precisión con que se desarrollan los procedimientos. Este personal deberá ser seleccionado por la empresa que lleva a cabo los trabajos, y previamente capacitado hasta que se tenga la seguridad que ha adquirido los conocimientos fundamentales y pueda efectuar soldaduras en rieles sin cometer errores, omisiones o proporcionar peligros de falla, entonces se solicitará al concesionario que tenga a cargo la obra, le efectúe examen teórico-práctico enfocado a determinar los conocimientos en los procesos de aplicación de soldadura aluminotérmica y/o electro resistencia, además para ambos procedimientos, deberá conocer el reglamento de protección en la vía. La empresa proporcionará los antecedentes técnicos y de preparación respectivos e indicará la obra o contrato a que corresponde cada persona que proponga.

**6.1.4.2** Para la validación del personal propuesto, la empresa solicitante proporcionará sólo los materiales y apoyos que se requieran, Las empresas ofertantes deberán contar con todo el equipo inherente para la ejecución de estos trabajos; cada persona a evaluar efectuará, en presencia de un representante técnico del organismo verificador (empresas proveedoras de soldadura y/o concesionario), tres (3) aplicaciones completas de soldadura aluminotérmica en rieles seleccionados para el objeto. Al estar terminadas las soldaduras de prueba, se evaluarán aplicándoles a todas los procedimientos de inspección visual, verificación de alineamientos y geometría, dureza Brinell y sanidad por el ultrasonido; después de lo cual se efectuará a dos (2) de las muestras la prueba de flexión y a la restante la prueba macroscópica, debiéndose desarrollar todas de acuerdo con el criterio establecido en el AREMA Capítulo 4 sección 3.11., apartado 3.11.4.

**6.1.4.3** Con la calificación aprobatoria mencionada en el subinciso 6.1.4.2, de este inciso, sólo se podrá dar autorización con validez por tiempo determinado. En función del subinciso 6.1.4.1, de un (1) año, y así asegurar que el soldador se mantenga actualizado, con la habilidad y destreza para continuar sus labores.

**6.1.4.4** Todo el personal que ejecute trabajos de soldadura en rieles, debe contar tanto con su autorización vigente de acuerdo al proceso que se aplique, como con la aprobación de materiales, equipos y herramientas avalados por el contratante (concesionario o empresa), de acuerdo a lo establecido en el inciso 6.1.2 y sub inciso 6.1.3.2 h). Se deberán presentar cuando se lo soliciten los inspectores del contratante; de lo contrario, no podrá efectuar este tipo de trabajos.

**6.1.4.5** Los errores técnicos, omisiones, faltas a las condiciones de trabajo de los soldadores, repercuten en forma muy importante en la calidad de este tipo de obras, por lo cual al ocurrir éstos, la inspección del contratante formulará los reportes correspondientes y dado el caso suspenderá la autorización, bien sea con opción a solicitar refrendo o la cancelará debidamente, avisándole oficialmente al constructor o empresa que ejecuta los trabajos.

**6.1.4.6.** El contratante otorgará al soldador distintos tipos de autorización para la aplicación de soldaduras en: vía principal, herrajes de cambio, aparatos de dilatación o liberación de esfuerzos. Para que un soldador sea autorizado deberá cumplir con lo especificado en los puntos 5.3.2.2 y 6.1.4.2.

#### **6.1.5 Preparación de la junta.**

**6.1.5.1** Una vez que han sido acondicionados los extremos de los rieles a soldar, en lo que se refiere a la limpieza, eliminación de taladros, fisuras y otros, como se describe en el inciso 5.3.3, numeral 5 de esta Norma, se procede a colocarlos en posición para iniciar el procedimiento de soldadura, para lo cual se debe observar lo siguiente:

- a) Para la alineación de los rieles a unir se deben utilizar dispositivos mecánicos (caballetes) y/o cuñas metálicas para alineamiento rápido y preciso. Cuando se trate de rieles sujetos a durmientes, se deben aflojar las fijaciones cuando menos de tres a seis durmientes a cada lado de la junta y se volverán a apretar no antes de cuarenta (40) minutos después de efectuada la soldadura y/o cuando la temperatura de la soldadura sea menor a 270°C.
- b) En cuanto al alineamiento vertical, ambos extremos de los rieles en la junta deben ajustarse simétricamente apuntando hacia arriba para formar una contraflecha máxima de uno punto cinco (1.5) milímetros medida con calibrador (galga) y una regla metálica de un (1) metro de longitud, apoyada sobre la superficie de rodamiento del hongo, con su centro en el plano medio de la junta. Esta contraflecha es necesaria para evitar la deformación al enfriarse la soldadura (rechupe) y deberá evaluarse frecuentemente este efecto para hacer los ajustes necesarios y lograr que las uniones soldadas ya terminadas, se hagan colineales a los rieles que conectan y con las deflexiones tolerables indicadas en el subinciso 7.1.1.1.
- c) Los extremos deben quedar perfectamente alineados en plano horizontal y por el lado interior del hongo, lo cual se verificará colocando en dicho lado, centrada en la junta, una regla metálica de un (1) metro de longitud colocada en el cachete a 5/8" debajo de la superficie de rodamiento, sin registrarse deflexión alguna, siendo su tolerancia cero (0) milímetros.
- d) Los extremos deben quedar perfectamente alineados libres de viro, el cual se mide en la zona del escantillón. Se verificará colocando horizontalmente en la garganta del patín-alma, una regla metálica de un (1) metro de longitud, sin registrarse deflexión alguna, siendo su tolerancia cero (0) milímetros.

**6.1.5.2** Durante la preparación de la junta se deben tomar las siguientes precauciones:

- a) Los cortes con soplete sólo se autorizan para liberar esfuerzos, al terminar éstos, se realizará el corte con disco y se efectuará inmediatamente después la soldadura.
- b) Una vez realizado los cortes se colocará inmediatamente después un sargento con el propósito de evitar los esfuerzos naturales de dilatación o contracción del riel, con el propósito de mantener la cala de la junta a unir.

#### **6.1.6** Ejecución.

**6.1.6.1** Una vez realizada la preparación de la junta a unir (inciso 6.1.5) y concluida la alineación (inciso 7.1.1.1), se da inicio a la siguiente secuencia:

- a) La colocación de moldes: se debe hacer centrándolos perfectamente en el espacio o cala; de tal manera que el plano medio de ésta coincida con el plano transversal de simetría del molde, después de lo cual se procederá al sellado o

calafateo de la zona de contacto entre el molde y el riel, con la arena o pasta refractaria correspondiente. Esta operación se debe llevar a cabo apegándose estrictamente a las instrucciones proporcionadas por el fabricante de la soldadura. Antes de colocar el molde, se debe verificar que no haya fracturas, ni obstrucciones en las pipetas de colado y de salida de los gases, ni residuos de pasta en la cámara de colado, en igual forma, se debe comprobar la correcta posición del molde después del procedimiento.

- b) Durante la preparación del crisol desechable se debe verificar que esté libre de humedad, que no presente fracturas o agrietamientos.
- c) El precalentamiento de los extremos de los rieles por soldar, se realiza para completar la preparación de la junta y debe ser el suficiente para lograr mayor uniformidad en la temperatura, mediante esta operación también, se mantendrán secas las pipetas de entrada-salida y la arena o pasta de sellado. La temperatura de los extremos a soldar se elevará en un rango de setecientos grados centígrados (700°C) aproximadamente. El precalentamiento se debe efectuar utilizando equipo aprobado. El multiflama debe quedar perfectamente centrado respecto al plano de simetría de los rieles y al plano medio del espacio entre los extremos de los mismos. La flama producida por el multiflama debe corresponder a las presiones que dictamine el fabricante de la soldadura. Se debe tener especial cuidado con la temperatura de precalentamiento esta se debe verificar con tiempo y/o gises térmicos según especificaciones del fabricante. Debe evitarse el enfriamiento rápido de las juntas recién soldadas, protegiéndolas en esta etapa contra efectos de lluvia, vientos y otros factores casuales que afecten el enfriamiento normal.
- d) Durante la operación de precalentamiento, el crisol se deberá mantener limpio y seco para que en estas condiciones se vierta la porción aluminotérmica previamente identificada, homogeneizada y verificado su buen estado de conservación.
- e) Una vez cumplido con el precalentamiento el crisol cargado se colocará en la parte superior de los portamoldes, quedando debidamente centrado.
- f) Para iniciar la reacción exotérmica se introduce totalmente en la porción un fósforo de encendido o similar, con lo que se iniciará la formación de acero líquido y escoria.

**6.1.6.2** Tomando en cuenta que el periodo que transcurre inmediatamente después del vaciado, es sustancial para lograr soldaduras de buena calidad se debe cumplir con lo siguiente:

- a) Durante los primeros tres (3) minutos después de efectuado el vaciado de la soldadura, los rieles no deben tener ninguna clase de vibración ni movimiento; transcurrido este periodo y el lapso recomendado por el fabricante de la

soldadura, se retira el crisol; al minuto cuatro (4) se retiran los recibidores de escoria y al minuto cinco (5) se retiran los portamoldes.

- b) Enseguida se debe quitar el exceso de soldadura utilizando una cortamazarota, dejando un reborde de cero punto cinco a uno punto cero (0.5 a 1.0) milímetros. Se deben controlar los golpes en sentido longitudinal del riel para evitar daños en la unión soldada. Para la terminación de esta etapa, se deberán desplazar las partes restantes de las pipetas; en el caso de haberse utilizado tensores para el alineamiento, éstos se mantendrán en posición durante veinte (20) minutos como mínimo después de terminada la colada.

**6.1.7** Terminada la ejecución de la soldadura de los rieles como se describe en el inciso 6.1.6 de este Capítulo, se deben efectuar las operaciones necesarias para adaptar y restituir en la zona afectada, el perfil del hongo del riel de acuerdo con su sección original, lo cual se llevará a cabo básicamente mediante dos etapas de esmerilado como sigue:

**6.1.7.1** El esmerilado de desbaste se realiza mientras la temperatura del riel se encuentre arriba de 600°C, a fin de homogenizar la sección del hongo de la junta soldada.

**6.1.7.2** Esmerilado final o de terminación, da uniformidad y continuidad a la superficie de rodamiento y zona de escantillón. Esta etapa se realiza a una temperatura igual o menor a 220°C. Las cuñas y caballetes de alineamiento deberán ser removidas antes de iniciar este proceso. El esmerilado se realizara 15 cm, a ambos lados de la soldadura, esto con la finalidad de eliminar rebabas y otras imperfecciones.

**6.1.7.3** El trabajo de esmerilado se debe llevar a cabo con el equipo y el personal capacitado, previamente aprobados por el concesionario, en el caso de cometerse errores significativos de operación de procedimiento como el sobrecalentamiento detectado por la apariencia de pavonado (Anexo B) de la zona afectada, la soldadura será rechazada y debe reemplazarse de inmediato por la compañía encargada de realizar los trabajos.

**6.1.8** Control durante la ejecución e identificación de la soldadura

**6.1.8.1** Durante la ejecución de los trabajos de soldadura, la compañía encargada de realizarlos, llevará un autocontrol de calidad y además tendrá en cada frente de trabajo un supervisor, el cual deberá conocer perfectamente los detalles de los procesos, normas, manuales, instructivos, recomendaciones del fabricante y además llevará un registro al día de las soldaduras de cada soldador a su cargo. En caso de incurrir en irregularidades durante las etapas de ejecución, la soldadura será rechazada y reemplazada de inmediato, por la empresa o contratista encargada de realizar los trabajos.

**6.1.8.2** Las soldaduras terminadas y aceptadas deben marcarse, a una distancia no mayor de treinta (30) centímetros sobre el alma, utilizando placas de identificación y/o crayones para acero, registrando lo siguiente: datos del soldador y/o compañía, temperatura ambiente, temperatura del riel, fecha, hora, desplazamiento del riel y localización.

**6.1.8.3** Todas las soldaduras terminadas que manifiesten errores visibles o deficiencias en su calidad que se clasifiquen como inaceptables de acuerdo con lo descrito en el inciso 7.1.2 Capítulo 7 de esta Norma, se deben sustituir.

**6.1.8.4** Después de ser aplicada una soldadura, deberán transcurrir, al menos 40 minutos, para poder dar paso a los trenes.

## **6.2 Soldadura eléctrica de rieles por electro resistencia.**

**6.2.1** La soldadura de rieles por electroresistencia, se debe basar fundamentalmente en el efecto evaluado por la ley de Joule, utilizando el calor generado por la resistencia eléctrica del riel y la corriente eléctrica controlada, regulando el calentamiento mediante impulsos eléctricos sucesivos de dichos extremos, llevándolos hasta un estado plástico moldeable, en cuya condición se logra mediante un desplazamiento longitudinal, la incrustación y recalcado de la junta.

**6.2.2** El proceso de soldadura por electro resistencia inicia con el precalentamiento de las puntas de los rieles mediante la aplicación de impulsos eléctricos, los cuales se realizan para eliminar corrosión y/u óxido de las caras colineales de los rieles a unir. Posteriormente se inicia un chisporroteo continuo cuya duración se determina de acuerdo al calibre y dureza del riel, hasta alcanzar un estado plástico moldeable. Bajo esta condición se realiza el recalcado de los rieles mediante una aplicación hidroneumática, la cual es capaz de recalcar a una presión de 30 a 70 toneladas, lo anterior está en función al modelo y tipo de máquina.

**6.2.3** La preparación de los extremos de los rieles se llevará a cabo de acuerdo a lo descrito en el subinciso 5.3.3.3; estas operaciones deberán efectuarse en la mesa de transferencia o en la mesa de corte en el caso del riel de recobro e inmediatamente antes de iniciar la soldadura.

### **6.2.4 Ejecución**

**6.2.4.1** Antes de introducir el riel preparado a la máquina soldadora, las áreas de contacto de las mordazas de corriente, deberán limpiarse, ya sea cepillando o esmerilando hasta lograr brillo metálico. Igualmente, a las mordazas de sujeción se les eliminará la salpicadura de soldadura y otros residuos, repitiendo esta operación cuando menos al iniciar cada turno de trabajo.

**6.2.4.2** El montaje, centrado y alineación de los rieles en la máquina soldadora deberá efectuarse de tal forma que sus secciones frontales coincidan y se cumplan

con los requisitos geométricos establecidos en el sub inciso 5.3.2.3, Capítulo 5 de esta Norma.

**6.2.4.3** Se deberá llevar a cabo un precalentamiento de los extremos de los rieles hasta una temperatura de ochocientos (800°C) grados centígrados bajo condiciones de duración o número de contactos previamente establecido y comprobada su eficiencia mediante las muestras de prueba que se citan en el subinciso 6.2.3. de este Capítulo.

**6.2.4.4** El chisporroteo continuo debe asegurar que los extremos de los rieles alcancen la temperatura de mil cien grados centígrados (1100°C, estado plástico moldeable), con el cual se eliminan las impurezas, inclusiones o burbujas que impidan un adecuado recalado. Esta parte del procedimiento será verificada en su condición final, mediante las pruebas indicadas en el inciso 6.2.3 de este Capítulo.

**6.2.4.5** El recalado se deberá llevar a cabo en el instante final de la formación del arco o chisporroteo y se hará con la duración e intensidad de fuerza suficiente (entre 30 y 70 toneladas fuerza) para lograr que los dos rieles queden integrados formando una sola pieza con un reborde en la unión.

**6.2.4.6** El sobrante o mazarota en la unión soldada después del recalado, deberá ser eliminada de inmediato, utilizando una cortadora provista de una cuchilla que tenga el perfil correspondiente al calibre y tipo de sección del riel, la cual dejará un reborde de entre cero punto cuatro y cero punto ocho (0.4 y 0.8) milímetros, mismo que será esmerilado antes de que se enfríe la soldadura.

**6.2.4.7** Una vez eliminado el reborde o mazarota sobrante de la soldadura como se indica en el subinciso 6.2.4.6, se aplicará el proceso de esmerilado de toda la unión soldada, excepto en el alma, hasta lograr conformar la sección original del hongo del riel.

Debe evitarse efectuar estas operaciones entre los cuatrocientos y doscientos grados centígrados (400 y 200°C) y no propiciar el pavonado del metal.

**6.2.4.8** Después de realizado el corte del reborde en la junta soldada, se verificará nuevamente el alineamiento de la misma y en caso de presentarse desalineamiento, éste se debe corregir durante el enfriamiento natural, cuando la temperatura de la junta soldada se encuentre alrededor de seiscientos grados centígrados (600°C); en la ejecución del alineamiento se utilizará una desvencedora de riel provista de gatos hidráulicos horizontales y verticales hasta lograr que se cumpla con el contenido del subinciso 7.1.1.1 de ésta Norma. No debe llevarse a cabo la rectificación de desalineamiento, cuando la temperatura de la junta respectiva se encuentre entre cuatrocientos y doscientos grados centígrados (400 y 200°C), temperaturas entre las cuales se propician deformaciones plásticas.

#### **6.2.4.9 Recomendaciones generales**

- a) Deberá evitarse el precalentamiento excesivo de las puntas de los rieles a unir, a fin de eliminar sustancialmente afectaciones estructurales y mecánicas en éstas.
- b) El chisporroteo continuo deberá estar ligado directamente con el calibre y sección de riel a unir, a fin de evitar precalentamiento excesivo.
- c) Se deberán evitar deficiencias de presión en el recalado de las puntas de los rieles; los valores de ésta, estarán en función del tipo y modelo de máquina soldadora.

#### **6.2.5 Método de prueba durante la ejecución e identificación de la soldadura.**

**6.2.5.1** Todas las soldaduras se inspeccionarán con los equipos de ultrasonido y partículas magnéticas como se describe en el Apéndice A de esta Norma, y serán rechazadas aquellas que no cumplan; además, tampoco se aceptarán las soldaduras que presenten quemaduras por las mordazas de corriente o evidencias claras de la eliminación del metal, por dichas quemaduras.

**6.2.5.2** La soldadura se forja mediante el recalado de las puntas a una presión de 30 a 70 toneladas, la cual estará en función del tipo de máquina que se utilice. El estado plástico moldeable de las puntas a unir oscila regularmente entre trece (13) y quince (15) milímetros, y estará en función directa de la cantidad de impulsos y la duración de éstos.

**6.2.5.3** En caso de fallas o interrupciones de corriente, la soldadura en proceso deberá ser rechazada y repetida nuevamente.

**6.2.5.4** El esmerilado de la soldadura, deberá efectuarse en caliente inmediatamente después de su aplicación para evitar el sobrecalentamiento excesivo del riel y alteraciones metalúrgicas del material.

**6.2.5.5** En condiciones de temperaturas extremas, el Concesionario podrá autorizar que se efectúen cortes con soplete en los extremos de los rieles y no se puedan soldar antes de quince (15) minutos, se deberá preparar nuevamente la junta a unir, eliminando una sección de treinta y cinco (35) centímetros en ambos rieles.

**6.2.5.6** Una vez terminado el proceso en la máquina soldadora, se obtiene el reporte generado por la misma, que contiene:

- Fecha de elaboración.
- Número de impulsos.
- Tiempo de chisporroteo.
- Amperaje.
- Temperatura máxima.

- Pérdida de material durante el proceso.
- Recalcado.

Se inspecciona la soldadura de acuerdo a lo establecido en el apartado 7.1.1.3 incisos b y c. Si no se cumplen los parámetros, se procederá como indica el apartado 7.1.2.

Las verificaciones serán realizadas por el representante designado por el Ferrocarril.

La conservación de reportes será responsabilidad del Ferrocarril.

**6.2.5.7** Las soldaduras terminadas y aceptadas se deben marcar de acuerdo con lo descrito en el subinciso 6.1.8.2 del Capítulo 6 de esta Norma.

**7.** Requisitos que se deben cumplir en las soldaduras terminadas. (Inciso 5.2)

**7.1** Los trabajos de soldadura ya sea en riel nuevo o de recobro, deberán satisfacer además de los conceptos descritos en los Capítulos 5 y 6 de esta Norma, los que se incluyen en este Capítulo 7.

**7.1.1** Las soldaduras no deben presentar defectos de geometría ni acabado de acuerdo a los parámetros siguientes:

**7.1.1.1** Respecto a las verificaciones geométricas de alineamientos, en las uniones soldadas se tienen las siguientes tolerancias determinadas con regla metálica de un (1) metro de longitud.

- a) En la banda de rodamiento NO se permiten contraflechas negativas, permitiéndose sólo una contraflecha de uno punto cinco (1.5) milímetros como máximo respecto al extremo libre de la regla, la cual deberá apoyarse en la mitad de la longitud sobre la superficie superior del hongo. No se permite ninguna deformación con flecha al centro de la regla (Anexo D. Figuras D1 y D2).
- b) En zona de escantillón se acepta una contraflecha máxima de uno punto cinco (1.5) milímetros, en proyección horizontal, medida en el extremo de la regla que estará colocada longitudinalmente en el cachete del hongo medida a 5/8" de la banda de rodamiento, con sus extremos equidistantes del plano medio de la soldadura (Anexo D. Figura D3).
- c) En zona de escantillón se acepta una flecha o contraflecha máxima de uno punto cinco (1.5) milímetros, en viro, medida en el extremo de la regla que estará colocada longitudinalmente en la garganta del alma-patín con sus extremos equidistantes del plano medio de la soldadura. (Anexo D. Figura D4).

**7.1.1.2** Para la identificación y evaluación de la soldadura, se limpiarán las zonas mediante cepillado.

**7.1.1.3** En las soldaduras terminadas, su acabado será satisfactorio si mediante constatación ocular no se observan:

a) En soldadura aluminotérmica:

- Escasez de material de aportación.
- Inclusiones no metálicas.
- Cavidades en la sección de la soldadura.
- Falta de fusión entre la soldadura y material base.
- Porosidades.
- Inclusión de arcilla/arena en la banda de rodamiento.
- Cordón no homogéneo de la soldadura.

b) En soldadura por electro resistencia:

- Recalcado pobre.
- Cordón fuera de especificación.
- Quemaduras por electrodos.

c) Alineación geométrica y esmerilado deficiente, aplica para ambos procesos.

Para las soldaduras cuyo acabado no sea satisfactorio, queda prohibido hacer cualquier clase de reparación para reacondicionamiento.

## **7.1.2** Acciones al presentarse soldaduras defectuosas

**7.1.2.1** Cualquier soldadura defectuosa, debe ser sustituida inmediatamente colocando un injerto de las mismas características geométricas y metalúrgicas que las del riel original y con las longitudes de acuerdo al inciso 5.1.2.1. Para la colocación del injerto, se efectuarán, pero no al mismo tiempo, dos (2) soldaduras de acuerdo con los procedimientos y tolerancias que se estipulan en esta Norma. Las soldaduras defectuosas de cala normal podrán ser reemplazadas con cala ancha (68 mm), siempre y cuando la Empresa Concesionaria de la obra autorice el procedimiento, el cual previamente será verificado para que en las secciones de los rieles contiguos a la soldadura no se presenten deficiencias en la resistencia por los calentamientos sucesivos o sobrecalentamientos. La Empresa Concesionaria podrá solicitar la sustitución o suspensión de los trabajos, cuando su responsable designado advierta modificaciones o alteraciones en los procesos, procedimientos y materiales que afecten la calidad de la soldadura.

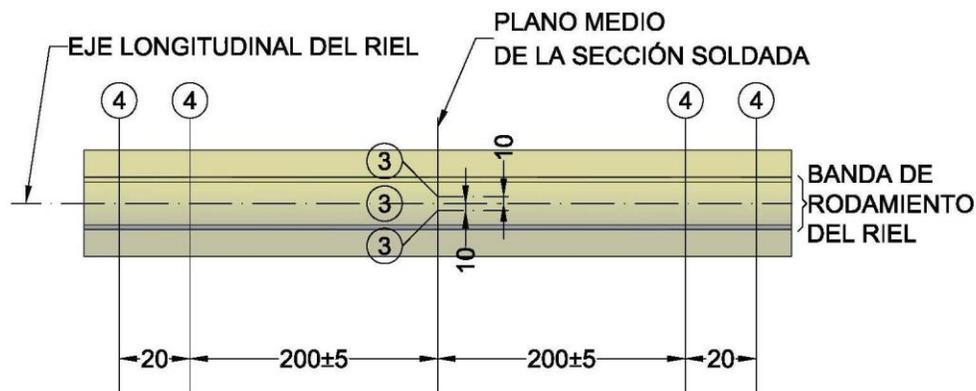
**7.1.2.2** En el caso de soldaduras por electro resistencia defectuosas podrán ser reemplazadas con cala ancha (68 mm), siempre y cuando la Empresa Concesionaria responsable de la obra autorice el procedimiento.

## 7.2 Verificaciones con equipo especial que deben satisfacer las uniones soldadas de rieles. (Pruebas de campo o laboratorio)

7.2.1 En el caso de soldaduras aluminotérmicas, se recomienda hacer pruebas de dureza Brinell para garantizar su calidad, procediendo como sigue:

7.2.1.1 Por cada cincuenta (50) soldaduras o menos que hayan sido terminadas, se les efectuará en la banda de rodamiento del riel, una evaluación de dureza Brinell HB 10/3000/30 bola de diez (10) milímetros de diámetro, carga de tres mil (3000) kilogramos durante un tiempo de treinta (30) segundos como se indica a continuación: se efectúan tres (3) determinaciones en puntos ubicados sobre el plano medio de la soldadura y cuatro (4) determinaciones más ubicadas sobre la banda de rodamiento como se ilustra en la Figura 3; la diferencia entre la media aritmética de las tres (3) primeras determinaciones y la media de las cuatro (4) últimas, debe quedar comprendida entre más cinco y más cincuenta (+5 y +50) Brinell. De no ser así se efectúan en tres (3) soldaduras más evaluaciones similares a la descrita, en las cuales se debe cumplir el requisito aquí establecido. Si estas nuevas evaluaciones tampoco cumplen, se obtendrán dos (2) muestras de uno punto cincuenta (1.50) metros de longitud aproximadamente, teniendo una soldadura al centro cada una de dichas muestras, a las que se les efectuará un estudio que consiste en: una prueba de flexión y un análisis macrográfico, los cuales se desarrollarán conforme a los procedimientos descritos en el Apéndice A de esta Norma y de acuerdo con los resultados obtenidos se aceptará o rechazará el tramo de vía con las uniones soldadas que se están evaluando. Cada una de las muestras obtenidas será sustituida por un injerto de cuatro (4) metros de longitud mínima, de acuerdo con lo descrito en el inciso 7.1.2 Capítulo 7 de esta Norma.

Los estudios de calidad serán emitidos por las compañías proveedoras de la soldadura, así como los estudios que soliciten las empresas concesionarias durante el proceso de recepción (Composición Química, Dureza Brinell, Pruebas Mecánicas).



### **7.2.1.2 Sanidad de las uniones soldadas**

- a) En el caso de presentarse pequeñas irregularidades y se requieran algunas evaluaciones más, se podrá efectuar a las soldaduras la prueba de sanidad interna mediante el procedimiento de ultrasonido como se cita en el Apéndice A de esta Norma, en cuyo caso cualquier defecto de discontinuidad en el hongo no deberá exceder de tres (3) milímetros y no se permite ningún defecto en el alma ni el patín del riel, por lo que al haberlos, se rechaza la soldadura.
- b) En el caso que el sistema de ultrasonido registre defectos no tolerables y la Empresa Concesionaria requiera corroborar los resultados, se realizará un estudio radiográfico, que correrá por cuenta de la empresa encargada de ejecutar los trabajos, previo convenio; en este caso la Empresa Concesionaria determinará el criterio de reposición, control y garantía que se aplique al tramo de vía en estudio, siguiendo las disposiciones de AREMA y el convenio entre ambos.
- c) A criterio de la Empresa Concesionaria, se podrán efectuar estudios de verificación total de las soldaduras o bien de algunas de sus características por los procedimientos que se citan en el Apéndice A de esta Norma, pudiendo ser: determinaciones aisladas en un tramo, o bien, estudios por tramos específicos, como se requiera, de acuerdo con los antecedentes de calidad de las soldaduras efectuadas; en todos los casos, los resultados de estos estudios deben ser aprobatorios, de lo contrario el constructor o empresa que tiene a su cargo los trabajos de soldadura, cubrirá el importe correspondiente del estudio, en este caso el tramo se reportará con defectos no tolerables, debiéndose ajustar al criterio descrito en el párrafo b) del subinciso 7.2.1.2 de esta Norma.

**7.2.2** Los registros de las soldaduras por electro resistencia corroboran la buena calidad de estos trabajos, el constructor o encargado de ejecutarlos procederá a eliminar las soldaduras defectuosas, mediante corte para reponerlas de acuerdo con lo indicado en el sub inciso 7.1.2.2 Capítulo 7 de esta Norma, repitiendo en la nueva preparación de la junta el procedimiento descrito en la cláusula 6.2 de la misma. Además se deberán efectuar los ajustes en los procedimientos y/o mecanismos y en su caso, cambios en los operadores, para rehacer el trabajo sin que se repitan las irregularidades.

## **8. Vigilancia**

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por conducto de la Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal, es la autoridad competente para vigilar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana.

## **9. Procedimiento de Evaluación de la Conformidad (PEC).**

### **9.1 Objetivo**

.Establecer los requisitos que deben cumplir las soldaduras terminadas en campo o en planta, para la fabricación de rieles continuos que se tienen a partir de la unión sucesiva de rieles elementales, además de otras disposiciones establecidas en esta norma, a seguir por las dependencias competentes, organismos de certificación, personas aprobadas, personas acreditadas, laboratorios de prueba, laboratorios de calibración y unidades de verificación, aprobados conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y su Reglamento.

### **9.2 Referencias**

Para la correcta aplicación de este PEC, es necesario consultar los siguientes documentos vigentes:

**LFMN.**- Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

**RLFMN.**- Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

### **9.3 Definiciones**

Para los efectos de este PEC, se entenderá por:

**9.3.1 Acreditación.**- El acto por el cual una entidad de acreditación reconoce la competencia técnica y confiabilidad de los organismos de certificación, de los laboratorios de prueba, de los laboratorios de calibración y de las unidades de verificación para la evaluación de la conformidad.

**9.3.2 Aprobación.**- El acto por el cual la dependencia competente reconoce la capacidad técnica y confiabilidad de las Unidades de Verificación, de los Laboratorios de Prueba, de los Organismos de Certificación y de los Laboratorios de Calibración que se requieran para llevar a cabo la evaluación de la conformidad de las Normas Oficiales Mexicanas.

**9.3.3 Autoridad competente.**- La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a través de la Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal.

**9.3.4 DGTFM.**- Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal

**9.3.5 Dictamen de Verificación.**- Documento que emite y firma bajo su responsabilidad la Unidad de Verificación, por medio del cual hace constar el grado de cumplimiento con respecto a las disposiciones técnicas establecidas en las

Normas Oficiales Mexicanas, de conformidad con el artículos 84,85,86 y 87 de la LFMN.

**9.3.6 Entidad de Acreditación.**- Las dependencias integradas de conformidad con lo establecido en el Artículo 69 de la LFMN.

**9.3.7 Evaluación de la Conformidad.**- La determinación del grado de cumplimiento con las normas oficiales mexicanas o la conformidad con las normas mexicanas, las normas internacionales u otras especificaciones, prescripciones o características. Comprende entre otros, los procedimientos de muestreo, prueba, calibración, certificación y verificación.

**9.3.8 NOM.**- Norma Oficial Mexicana.

**9.3.9 Personas acreditadas.**- Los organismos de certificación, laboratorios de prueba, laboratorios de calibración y unidades de verificación reconocidos por una entidad de acreditación para la evaluación de la conformidad.

**9.3.10 Personas aprobadas.**- Aquellas que cuentan con la aprobación de la Dependencia competente, para evaluar la conformidad de Normas Oficiales Mexicanas, en términos del artículo 70 de la LFMN.

**9.3.11 Pruebas de tipo.**- Las aplicables al análisis y medición del cumplimiento de los parámetros establecidos en esta NOM.

**9.3.12 Secretaría.**- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

**9.3.13 Unidad de Verificación (UV).**- la persona física o moral que realiza actos de verificación.

**9.3.14 Usuarios.**- Las entidades o personas mencionadas en el Campo de aplicación de esta Norma.

**9.3.15 Verificación.**- la constatación ocular o comprobación mediante muestreo, medición, pruebas de laboratorio, o examen de documentos que se realizan para evaluar la conformidad en un momento determinado.

## **9.4 Disposiciones generales.**

**9.4.1** Los usuarios podrán solicitar la evaluación de la conformidad con la Norma Oficial Mexicana (NOM), a la dependencia competente, o las personas aprobadas y acreditadas, cuando se requiera dar cumplimiento a las disposiciones legales o para otros fines de su propio interés.

Las visitas de verificación solicitadas por los usuarios a la dependencia competente para la evaluación de la conformidad respecto de la NOM se efectuarán por el

personal de la autoridad debidamente autorizado o mediante el auxilio de unidades de verificación acreditadas y aprobadas que sean comisionadas específicamente por la autoridad respectiva, conforme a un programa de verificaciones previamente elaborado por la misma.

La dependencia competente podrá realizar visitas de verificación con el objeto de vigilar el cumplimiento de esta NOM y demás disposiciones aplicables.

**9.4.2** El presente procedimiento de Evaluación de la Conformidad es aplicable a las soldaduras por aluminotérmica y por electroresistencia, realizadas en planta o campo, para el sistema de transporte ferroviario mexicano.

**9.4.3** La autoridad competente resolverá controversias en la interpretación de este PEC.

## **9.5 Procedimiento**

**9.5.1** Se llevará a cabo a través de los requisitos que deben cumplir en la soldaduras terminadas por aluminotérmica o electroresistencia, realizadas en planta o campo, para el sistema de transporte ferroviario mexicano, y se realizará por la Secretaría a través de la Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal (DGTFM), unidades de verificación, organismos de certificación, laboratorios de pruebas o calibración, personas aprobadas y acreditadas, en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.

La visita de verificación será en el momento programado, en la cual se constatará que se cumplan los requisitos y especificaciones establecidos en esta NOM.

**9.5.2** Evaluación de la conformidad a petición de parte.

Los usuarios podrán solicitar la evaluación de la conformidad de esta NOM, a las unidades de verificación, dependencia competente, o las personas aprobadas y acreditadas, cuando se requiera dar cumplimiento a las disposiciones de la misma para fines particulares u oficiales y el resultado se hará constar por escrito conforme a la LFMN y su reglamento.

**9.5.2.1** De toda visita de verificación se levantará acta circunstanciada en la que se hará constar conforme a la LFMN y su reglamento, cuando en una visita de verificación se encuentren incumplimientos a esta NOM, se asentará este hecho en el acta circunstanciada y se notificará al usuario para que proceda a efectuar las correcciones.

El usuario podrá formular observaciones en la visita de verificación y ofrecer pruebas al momento o por escrito dentro del término de los cinco días hábiles siguientes a la fecha en que se haya levantado el acta circunstanciada.

En su caso y una vez que la Secretaría haya dado respuesta a las observaciones, pruebas e informes técnicos presentadas por el usuario; dentro de un plazo no mayor a diez días hábiles contados a partir de la recepción de dicha respuesta, el usuario definirá el plazo necesario para efectuar las correcciones que correspondan, que en todo caso no podrá ser mayor a 10 días hábiles, salvo pacto en contrario.

La Secretaría elaborará un dictamen de verificación que deberá apoyarse en actas circunstanciadas e informes técnicos en los cuales se indiquen los detalles, las circunstancias y los resultados de las pruebas. Se entregará al usuario, original y copia del dictamen de verificación debiendo el usuario firmar de recibido en el original.

#### **9.6 Evaluación de conformidad de seguimiento.**

Una vez que se haya ejecutado las acciones correctivas, el usuario podrá solicitar una nueva visita de verificación, para su comprobación, la cual se realizara de conformidad con lo expuesto en el numeral 9.5.1.

#### **10. Sanciones**

El incumplimiento a las disposiciones contenidas en la presente Norma será sancionado por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte conforme a lo establecido en los artículos 59 de la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario y demás ordenamientos que resulten aplicables, sin perjuicio de las que impongan otras dependencias del Ejecutivo Federal en el ejercicio de sus atribuciones o de la responsabilidad civil o penal que resulte.

#### **11. Referencias bibliográficas**

- 1) Calificación de la vía. Soldaduras aluminotérmicas Norma RENFE 3.3.2.1 Marzo 1992 - España.
- 2) Instalación de Soldadura a Tope por Chispas L. Geismar. Traducción del original en francés 1985.
- 3) American Railway Engineering Maintenance of Way Association, 2010.
- 4) Normas de calidad de los materiales SCT Libro cuatro.

## **12. Concordancia con normas y recomendaciones internacionales**

Esta Norma Oficial Mexicana, concuerda con las recomendaciones del A.R.E.M.A. 2010.

## **13. Vigencia**

El presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana a partir de su publicación en el Diario Oficial de la Federación, tiene 60 días naturales para recibir comentarios del público en general y de las empresas interesadas, en el seno del Subcomité de Transporte Ferroviario sito en la calle de Nueva York. No. 115, 6º Piso, Col. Nápoles, México, DF, C.P. 03810. Teléfonos 2469-5950 Ext. 4179. Correo electrónico: [emunozse@sct.gob.mx](mailto:emunozse@sct.gob.mx)

## **APÉNDICE “A”**

### **Muestreo y Pruebas en Soldadura de Rieles**

**A 1** En este apéndice se trata lo referente al muestreo y pruebas de laboratorio que se efectúan para verificar la calidad de los materiales para soldadura, así como la eficiencia tanto de los procedimientos aplicados, como de las soldaduras, cuyos requisitos básicos se establecen en esta Norma.

**A 2** En el caso de materiales para soldadura las pruebas de laboratorio no se aplicarán directamente, sino que se evaluará su calidad, así como los procedimientos utilizados, ya sea en el procedimiento aluminotérmico o el eléctrico. Las verificaciones se realizarán físicamente mediante una inspección visual o por métodos indirectos, siguiendo los criterios, así como los métodos de muestreo y pruebas que se describen en este Apéndice.

**A 3** Para el muestreo de materiales y de soldaduras se tomará en cuenta lo siguiente:

**A 3.1** Se recomienda que el muestreo de los materiales para soldadura aluminotérmica se realice en la fábrica, cuando ya se tengan dispuestos para su embarque.

**A 3.1.1.** El muestreo en fábrica de los materiales para soldadura se debe llevar a cabo tomando en cuenta lo que se indica a continuación:

**A 3.1.1.1** En la fábrica se procede a la inspección e identificación de los lotes de porciones de soldadura destinados para la obra, cuyas características deben corresponder al tipo y calibre de riel por soldar.

**A 3.1.1.2** Una vez identificados los lotes, éstos se deben marcar para su control y seguimiento.

**A 3.1.1.3** De diferentes paquetes de los que integra la remesa, se tomarán al azar muestras de acuerdo con la cantidad total de porciones que la forman, debiendo ser un mínimo de dos (2) porciones por cada mil (1000) de ellas o menor cantidad.

**A 3.1.1.4** Las muestras obtenidas se identifican, se marcan con números progresivos y se registra la fecha de muestreo, la de caducidad, el tipo, así como el calibre del riel en que se van a usar. Se tendrá cuidado de que el envase de las porciones, esté en buen estado y tenga la identificación e indicaciones de uso correspondientes.

**A 3.1.1.5** Las muestras se protegerán colocándolas en cajas adecuadas y se transportarán de acuerdo con lo descrito en el párrafo f) del subinciso 6.1.3.1 de esta Norma y se llevarán oportunamente al laboratorio de acuerdo al párrafo c) del subinciso 6.1.3.1 del que indique el programa de estudio aprobado por la empresa concesionaria responsable o encargada de la obra.

**A 3.1.1.6** En caso de muestreo en campo la identificación, selección de las muestras y demás aspectos del muestreo se deben realizar de acuerdo con lo descrito en los incisos A 3.1.1.2 al A 3.1.1.5 de este Apéndice.

**A 3.2** El muestreo de las soldaduras por electro resistencia se debe realizar en la planta soldadora o en campo como sigue:

**A 3.2.1** El muestreo en planta soldadora se lleva a cabo principalmente para hacer verificaciones y apoyar los ajustes y afinación del procedimiento antes de iniciar la producción, también se realizará como complemento del control de calidad, o bien cuando tengan que hacerse cambios en los procedimientos, equipos o materiales.

**A 3.2.1.1** Para efectuar el muestreo de las soldaduras al inicio de las operaciones de la planta soldadora, se procederá como se indica a continuación:

- a) Se obtendrá para fines de referencia los datos del calibre del riel que va a ser soldado, cantidad de soldaduras por producir, así como la fecha, el lugar y autorización del constructor para efectuar el muestreo.
- b) El muestreo se realizará una vez que ha sido totalmente terminada la soldadura, la cual se selecciona después de la ejecución de varias soldaduras en forma similar; se tomará siempre la primera o la última soldadura realizada en la línea de producción para evitar los injertos o reposiciones de riel por cortar soldaduras intermedias.
- c) El número de muestras será en forma aleatoria de tres (3) soldaduras que representarán el lote o tipo de tendencia a verificar, a las cuales se les efectuará primeramente la prueba de dureza Brinell y a continuación se les efectuará la de

flexión hasta la ruptura (Anexo E), llevando a cabo finalmente en cada muestra, un análisis macroscópico para determinar su sanidad interna. Las muestras ensayadas, deberán pasar todas las pruebas y los requisitos establecidos en el capítulo 7 de esta Norma para que se pueda iniciar la producción, de lo contrario se harán en las instalaciones los ajustes necesarios para corregir defectos detectados y se repetirá el muestreo y ensayo de verificación, hasta que se cumplan los requisitos de calidad para soldaduras aquí señalados, así como los establecidos en el capítulo 7 de esta Norma, después de lo cual se ratificará y registrarán los datos básicos de operación citados considerando que la planta soldadora funciona en su mayor parte programada o en forma semiautomática, se tomarán únicamente para fines de referencia y previamente a la realización de las soldaduras de prueba y control de operación, los registros de tiempo en segundos correspondientes a: precalentamiento, contacto a presión, contacto sin presión, interrupción por separación de piezas y número de impulsos; así también en cuanto a la operación de la soldadura, tiempo de chisporroteo, recalado, retorno del cabezal o terminación del proceso.

Se anotará el número de soldaduras efectuadas entre las que se seleccionará la muestra.

- d) La extracción de las muestras se llevará a cabo como se describe en la cláusula A 3.3 de este Apéndice.
- e) Obtenida la muestra se procederá a identificarla, anotando los datos marcados en el alma de uno de los extremos del riel, así también la fecha del muestreo, el número progresivo de la muestra y las siglas o emblema de la planta soldadora y/o empresa que realiza los trabajos de soldadura.
- f) El transporte se hará cuidadosamente a fin de evitar daños que pueda provocar deformación alguna en cualquier sección de las muestras que se entregarán al laboratorio aprobado por el Concesionario.

**A 3.2.1.2** Cuando el muestreo se lleve a cabo en la planta soldadora, para complementar el control de calidad, o bien para rectificar en especial algún lote o lotes de soldaduras de los cuales se han realizado estudios con otros procedimientos, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- a) El representante del Concesionario proporcionará los datos y antecedentes de la producción que originaron llevar a cabo este muestreo complementario; información que se adicionará a los datos básicos que se citan en el inciso A 3.2.1 de este Apéndice.
- b) De acuerdo con los resultados obtenidos en la inspección visual, estudios por métodos indirectos o bien mediante los registros básicos de la planta soldadora, se definirá el muestreo en cuestión, cuyo programa deberá ser previamente aprobado por el Concesionario.

- c) Se localiza el lote de soldaduras, se revisan, se cuentan y se marcan para distinguirlas de la producción.
- d) Una vez localizado el lote, se seleccionan al azar y se extraen de acuerdo con lo descrito en la cláusula A 3.3 de este Apéndice.
- e) Las muestras extraídas deberán cumplir con lo establecido en la cláusula A 3.3 y para su identificación y traslado, se tomará en cuenta lo indicado en los párrafos e) y f) del sub inciso A 3.2.1.1 ambos de este Apéndice

**A 3.2.1.3** El muestreo de las soldaduras por electro resistencia en campo se debe realizar tomando en cuenta lo siguiente:

- a) Se debe efectuar en casos especiales cuando existan dudas o se requiera verificar adicionalmente la calidad de las soldaduras en un tramo de vía específico, y complementar los registros y/o reportes de las inspecciones visuales u otros estudios en obra.
- b) El representante del Concesionario determinará el tramo de vía en estudio o bien la ubicación y antecedentes del grupo de las soldaduras por inspeccionar en forma complementaria; así también proporcionará los recursos necesarios y la autorización correspondiente para llevar a cabo el muestreo, señalando día, hora y tiempo disponible para la terminación y colocación del injerto o reparación de los rieles que sea necesarios para restituir la continuidad y acabado de la parte afectada por el muestreo.
- c) Una vez definido el tramo de vía que contiene las soldaduras en estudio, se determinará el número de muestras en función del total de las juntas soldadas de acuerdo al sub inciso 7.2.1.1 de esta Norma; pero específicamente se debe obtener el número de muestras que señale el programa de estudio aprobado por el Concesionario.
- d) Determinado el número de muestras, se marcarán y se procederá a extraerlas aleatoriamente del tramo de vía en estudio, de acuerdo con lo descrito en la cláusula A 3.3 de este Apéndice.

**A 3.3** La obtención de las muestras de las soldaduras (aluminotérmica y electro resistencia) se hará tomando en cuenta lo siguiente:

**A 3.3.1** De acuerdo con el representante del Concesionario o encargado de la obra, se determina la ubicación del tramo de vía o lote de uniones de donde se tomará la muestra en forma aleatoria.

**A 3.3.2** A menos que se trate de efectuar algún estudio en especial, la muestra no deberá acusar defectos que a simple vista motiven el rechazo de la soldadura, para no influir drásticamente con el muestreo en los resultados de las pruebas de laboratorio que se realicen; sin embargo, se procurará que sea representativa de la

calidad de los trabajos efectuados en el campo o en la planta soldadora o del número de soldaduras en estudio.

**A 3.3.3** La longitud de la muestra del riel que contiene la soldadura, en el caso de pruebas de flexión, será como mínimo de ciento veintidós (122) centímetros, debiendo tener cuidado al ubicar los cortes para la extracción, que éstos se hagan a media distancia entre dos durmientes para facilitar la colocación del injerto. De ser necesario, se harán cortes en la muestra para darle a ésta una longitud lo más cercana a ciento veintidós (122) centímetros, con la soldadura aproximadamente en su parte media. En los demás casos la longitud de la muestra será de treinta (30) centímetros y se tendrá el mismo cuidado al ubicar los cortes a media distancia entre dos durmientes (Anexo C).

**A 3.3.4** La muestra se extraerá de un riel continuo utilizando preferentemente equipo mecánico (cortadora de disco abrasivo) y cuando así lo autorice el Concesionario, será con equipo de oxiacetileno. El remplazo de riel deberá cumplir con lo descrito en el subinciso 5.1.2.1 de esta Norma.

**A. 3.3.5** La identificación de la muestra se realiza marcando en el alma del riel, la fecha de muestreo, ubicación y número progresivo que le corresponde.

**A 3.3.6** El transporte de las muestras al laboratorio, se efectuará tomando en cuenta lo especificado en el sub inciso A 3.2.1.1 de este Apéndice.

**A 4** Las pruebas de laboratorio a las que se someten los materiales o soldaduras terminadas son las siguientes: dureza Brinell, flexión a la ruptura y análisis macrográfico.

**A 4.1** La prueba de dureza Brinell se realizará de acuerdo a lo especificado en la Norma Oficial Mexicana NMX-B-116-1996. Determinación de la dureza Brinell en materiales metálicos; teniendo los siguientes parámetros de prueba: carga de tres mil (3000) kilogramos aplicada durante treinta (30) segundos, con balín de diez (10) milímetros de diámetro. Se determina en la banda de rodamiento de riel como se indica en el sub inciso 7.2.1.1 de esta Norma y cuando se lleve a cabo en el alma o el patín, se tomarán muestras de las soldaduras con longitud no menor de treinta (30) centímetros, como se describe en la cláusula A 3.3 de este Apéndice. Los valores mínimos de dureza Brinell permitidos para la soldadura en el alma y patín del riel, serán los que indique el Organismo, pero en ningún caso deben ser inferiores a los del acero del riel contiguo a las soldaduras estudiadas.

**A 4.2** La prueba de ruptura por flexión se realizará de acuerdo a lo establecido en el Apéndice A 3.3.3 de esta Norma:

**A 4.2.1** Se efectuará sobre muestras de soldaduras que tengan longitud mínima de ciento veintidós (122) centímetros, obtenidas como se indicó en el inciso A 3.3.3 de este Apéndice.

**A 4.2.2** La muestra se probará sobre apoyos libres Anexo C, con separación de un (1) metro, debiendo quedar la soldadura a la mitad de la distancia entre ambos apoyos.

**A 4.2.3** La carga se aplicará a velocidad uniforme utilizando una máquina de prueba con capacidad mínima de ciento cincuenta (150) toneladas provista de graficador de esfuerzos de deformación; tendrá una apreciación no menor del uno por ciento (1%) de la carga registrada. Este equipo contará con protección adecuada contra los desplazamientos violentos de las puntas de riel en el momento de ocurrir la ruptura.

**A 4.2.4** Las cargas se registrarán en toneladas y las deflexiones en milímetros, aproximando a la unidad respectiva.

**A 4.2.5** Las tolerancias en las cargas de ruptura serán fijadas por el Concesionario de acuerdo con el tipo de riel y calibre, pero en términos generales se atenderá a lo siguiente:

Tratándose de soldadura aluminotérmica, el esfuerzo de ruptura será el noventa por ciento (90%) respecto al tipo y calibre de riel, pero no se aceptarán soldaduras que en la prueba de flexión a la ruptura registren valores inferiores al setenta y cinco por ciento (75%).

En soldaduras por electro resistencia los esfuerzos de ruptura a la flexión serán iguales a los de los respectivos rieles soldados, pero en ningún caso podrán ser inferiores al noventa por ciento (90%) de dicho esfuerzo, debiendo tener una deflexión total a la ruptura de quince (15) milímetros.

**A 4.3** Con la prueba de análisis macrográfico, se determina el área de fusión del metal base con el de aportación detectándose así la presencia de discontinuidades en las áreas de influencia.

Esta prueba se desarrolla de acuerdo con lo especificado en la Norma Oficial Mexicana NOM-B-331-1982. Método de prueba de macro ataque para productos de acero.

En la realización de esta prueba se tomará en cuenta lo siguiente

**A 4.3.1** Se aplicará sobre muestras de soldaduras

**A 4.3.2** Se examinarán secciones del hongo, alma y patín, realizándose cortes longitudinales paralelos al eje del riel, de diez (10) centímetros de longitud, debiendo quedar la soldadura al centro.

**A 4.3.3** Las superficies por examinar se deben pulir hasta quedar libres de rayado antes de aplicar el reactivo o revelador correspondiente.

**A 4.3.4** El reactivo deberá ser: una solución compuesta de ácido clorhídrico (HCL) concentrado diluido en agua, en proporción de uno a uno (1:1) que se usará a temperaturas comprendidas entre setenta y uno y ochenta y uno grados centígrados (71 y 81°C).

**A 4.3.5** No se permitirá una discontinuidad con longitud mayor de uno punto cinco (1.5) milímetros en el hongo o alma y no se permitirá ningún tipo de discontinuidad en el patín.

## **A 5 Pruebas por métodos indirectos no destructivos**

**A 5.1** En este capítulo se dan las referencias y se establecen los condicionamientos básicos para las pruebas indirectas, que de acuerdo con esta Norma se utilizan para localizar imperfecciones internas en la soldadura, dichos métodos son: inspección ultrasónica, inspección con partículas magnéticas, pruebas radiográficas y líquidos penetrantes.

**A 5.1.1** La prueba de ultrasonido se llevará a cabo básicamente de acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NMX-B-465-1988, por el método de contacto pulso-eco, haz angular, haz recto y además se debe tomar en cuenta lo siguiente:

El equipo de ultrasonido deberá cumplir con la Norma en referencia así como con los Criterios de clasificación de defectos indicados en el Anexo A. La calibración del equipo se debe llevar a cabo al iniciar su operación y también durante ésta, con la frecuencia necesaria para verificar con precisión la presencia de discontinuidades de tres (3) milímetros, como se especifica en el subinciso 7.2.1.2 de esta Norma. Los bloques de calibración serán del tipo IIW Type 1 en acero 1018.

En los registros que se obtengan se deberá señalar separadamente lo que corresponde al hongo, alma y patín según sea la zona de soldadura estudiada y además el registro incluirá la localización de cada una de las soldaduras que se inspeccionen. Cualquier indicación del registro que rebase el límite de tolerancia en discontinuidades derivadas por inclusiones, será motivo de rechazo de la soldadura en estudio.

**A 5.1.2** La prueba de partículas magnéticas en soldaduras se hará básicamente en la planta soldadora y de acuerdo en lo especificado en la Norma Oficial Mexicana NMX-B-124-2011. Se deberá aplicar el método de polvo seco, y contar con patrones de comparación de las tolerancias permitidas en las soldaduras, se llevará un registro de las soldaduras y de los resultados, anotándose la aceptación o rechazo de las mismas.

Las partículas magnéticas que se empleen serán de tipo ferromagnético de color contrastante con la superficie de prueba y de alta permeabilidad, que permitan una magnetización adecuada.

Las partículas que se empleen no deberán ser usadas nuevamente. Los patrones de magnetización que se presenten en la prueba y manifiesten discontinuidades superficiales o subyacentes mayores que los patrones de tolerancia máxima del hongo, o bien cualquier tipo de discontinuidad en el alma o patín, serán motivo de rechazo.

**A 5.1.3** La prueba radiográfica se llevará a cabo de acuerdo con lo establecido en las Normas de calidad de los materiales SCT Libro cuatro (4) capítulo 4.01.02.006, inciso B-19 y podrá realizarse tanto en soldaduras de Planta como de campo. Para la aplicación de lo especificado en las normas de referencia, se tomará en cuenta lo siguiente: antes de realizar el estudio radiográfico, el equipo y procedimiento deberán ser aprobados por el Concesionario mediante la presentación de placas tomadas para dicho objeto.

La discontinuidad en las soldaduras no será mayor de tres (3) milímetros como se indica en el sub inciso 7.2.1.2 de esta Norma.

Las placas radiográficas deberán contener la siguiente información: Tramo de vía en estudio, nombre de la planta soldadora o del constructor, tipo de riel y calibre, y los números progresivos de las muestras de ensayo.

El reporte de las placas radiográficas deberá indicar la fuente de radiación utilizada en el estudio, fecha en que se realizó y nombre de la persona que ejecutó el trabajo radiográfico.

**A 5.1.4.** Las pruebas de líquidos penetrantes deberán cumplir con lo establecido en la Norma NMX-B-133-CANACERO-2009.

## Anexo A (Criterio de clasificación de defectos)

ABREVIATURA	DESCRIPCION	TAMAÑO	CLASIFICACIÓN	UNIDAD	CRITERIO DE ACEPTACIÓN (CONDENABLE)	CRITERIO DE RECHAZO (NO CONDENABLE)	EXCEPCIÓN U OBSERVACIÓN
VSH	FRACTURA VERTICAL EN EL HONGO FUERA DE LA JUNTA	NO APLICA	NO APLICA	PULGADAS (in)	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES IGUAL O MAYOR A 1 in	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES MENOR A 1 in	NINGUNA
VSJ	FRACTURA VERTICAL EN EL HONGO EN LA JUNTA	NO APLICA	NO APLICA	PULGADAS (in)	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES IGUAL O MAYOR A 1 in	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES MENOR A 1 in	NINGUNA
HSH	FRACTURA HORIZONTAL EN EL HONGO	NO APLICA	NO APLICA	PULGADAS (in)	CUANDO LA DIMENSIÓN DEL DEFECTO ES MAYOR O IGUAL A 4 in DE LONGITUD Y 1/2 in DE PROFUNDIDAD RESPECTO A LA BANDA DE RODAMIENTO	CUANDO LA DIMENSIÓN DEL DEFECTO ES MENOR A 4 in DE LONGITUD Y MENOR A 1/2 in DE PROFUNDIDAD RESPECTO A LA BANDA DE RODAMIENTO	NINGUNA
HWO	SEPARACION ENTRE HONGO Y ALMA FUERA DE LA JUNTA	NO APLICA	NO APLICA	PULGADAS (in)	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES IGUAL O MAYOR A 1 in	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES MENOR A 1 in	NINGUNA
HWJ	SEPARACION ENTRE HONGO Y ALMA EN LA JUNTA	NO APLICA	NO APLICA	PULGADAS (in)	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES IGUAL O MAYOR A 1 in	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES MENOR A 1 in	NINGUNA
SWO	FRACTURA EN EL ALMA FUERA DE LA JUNTA	NO APLICA	NO APLICA	PULGADAS (in)	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES IGUAL O MAYOR A 1 in	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES MENOR A 1 in	NINGUNA
SWJ	FRACTURA EN EL ALMA EN LA JUNTA	NO APLICA	NO APLICA	PULGADAS (in)	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES IGUAL O MAYOR A 1 in	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES MENOR A 1 in	NINGUNA
BHJ	FRACTURA DEL TALADRO A LA JUNTA	NO APLICA	NO APLICA	PULGADAS (in)	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES IGUAL O MAYOR A 1/2 in	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES MENOR A 1/2 in	NINGUNA

## Anexo A (Criterio de clasificación de defectos) cont.

ABREVIATURA	DESCRIPCION	TAMAÑO	CLASIFICACIÓN	UNIDAD	CRITERIO DE ACEPTACIÓN (CONDENABLE)	CRITERIO DE RECHAZO (NO CONDENABLE)	EXCEPCIÓN U OBSERVACIÓN
BHO	FRACTURA DEL TALADRO FUERA DE LA JUNTA	NO APLICA	NO APLICA	PULGADAS (in)	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES IGUAL O MAYOR A 1/2 in	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES MENOR A 1/2 in	NINGUNA
PRO	RIEL ENTUBADO	NO APLICA	NO APLICA	PULGADAS (in)	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES IGUAL O MAYOR A 1 in	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES MENOR A 1 in	NINGUNA
PRJ	RIEL ENTUBADO EN LA JUNTA	NO APLICA	NO APLICA	PULGADAS (in)	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES IGUAL O MAYOR A 1 in	CUANDO LA LONGITUD DEL DEFECTO ES MENOR A 1 in	NINGUNA
DWP	DEFECTO DE SOLDADURA DE PLANTA	1-20 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	S	S, M, L	EN CUALQUIRA DE LOS TRES CASOS (S,M,L)	CUANDO EL DEFECTO REPRESENTA MENOS DEL 1% RESPECTO AL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	NINGUNA
		21-40 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	M				
		41-100 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	L				
DWF	DEFECTO DE SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA	5-20 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	S	S, M, L	EN CUALQUIRA DE LOS TRES CASOS (S,M,L)	CUANDO EL DEFECTO REPRESENTA MENOS DEL 1% RESPECTO AL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	NINGUNA
		21-40 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	M				
		41-100 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	L				
TDD	DETALLE DE FRACTURA VERTICAL	1-20 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	S	S, M, L	EN CUALQUIRA DE LOS TRES CASOS (S,M,L)	CUANDO EL DEFECTO REPRESENTA MENOS DEL 1% RESPECTO AL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	NINGUNA
		21-40 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	M				
		41-100 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	L				

## Anexo A (Criterio de clasificación de defectos) cont.

ABREVIATURA	DESCRIPCION	TAMAÑO	CLASIFICACIÓN	UNIDAD	CRITERIO DE ACEPTACIÓN (CONDENABLE)	CRITERIO DE RECHAZO (NO CONDENABLE)	EXCEPCIÓN U OBSERVACIÓN
TDC	DETALLE DE FRACTURA COMPUESTA	1-20 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	S	S, M, L	EN CUALQUIRA DE LOS TRES CASOS (S,M,L)	CUANDO EL DEFECTO REPRESENTA MENOS DEL 1% RESPECTO AL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	NINGUNA
		21-40 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	M				
		41-100 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	L				
TDW	DETALLE DE FRACTURA VERTICAL POR REVESTIMIENTO	1-20 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	S	S, M, L	EN CUALQUIRA DE LOS TRES CASOS (S,M,L)	CUANDO EL DEFECTO REPRESENTA MENOS DEL 1% RESPECTO AL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	NINGUNA
		21-40 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	M				
		41-100 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	L				
TDT	DETALLE DE FRACTURA TRANSVERSAL	1-20 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	S	S, M, L	EN CUALQUIRA DE LOS TRES CASOS (S,M,L)	CUANDO EL DEFECTO REPRESENTA MENOS DEL 1% RESPECTO AL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	NINGUNA
		21-40 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	M				
		41-100 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	L				

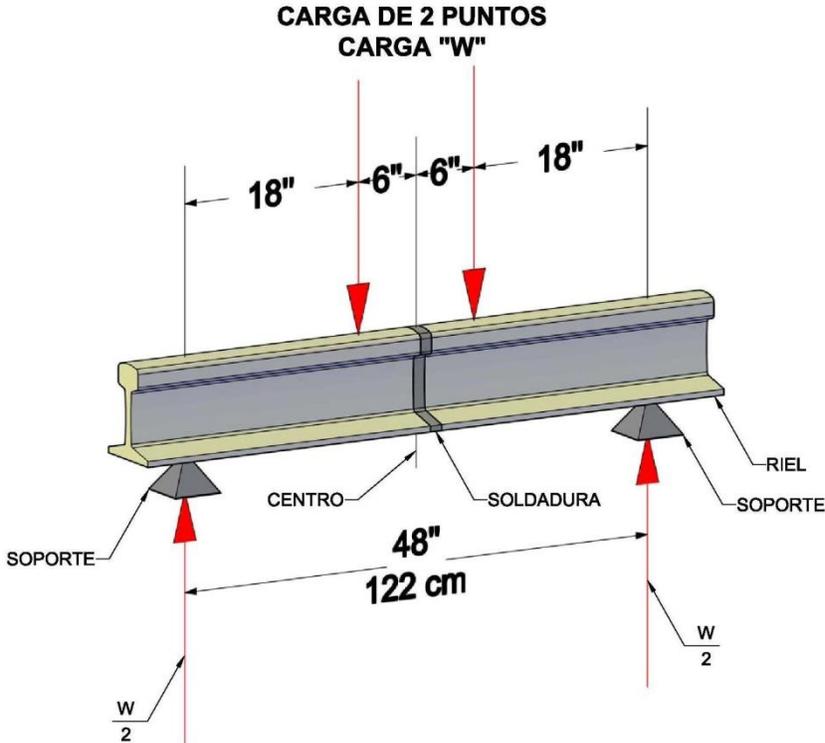
## Anexo A (Criterio de clasificación de defectos) cont.

ABREVIATURA	DESCRIPCION	TAMAÑO	CLASIFICACIÓN	UNIDAD	CRITERIO DE ACEPTACIÓN (CONDENABLE)	CRITERIO DE RECHAZO (NO CONDENABLE)	EXCEPCIÓN U OBSERVACIÓN
REVERSE TDD	DETALLE DE FRACTURA VERTICAL INVERTIDO	1-20 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	S	S, M, L	EN CUALQUIRA DE LOS TRES CASOS (S,M,L)	CUANDO EL DEFECTO REPRESENTA MENOS DEL 1% RESPECTO AL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	<b>OBSERVACIÓN.</b> ALOJADO EN EL RADIO INFERIOR DE LOA CACHETES INTERIOR Y EXTERIOR, YA SEA RIEL IZQUIERDO O DERECHO.
		21-40 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	M				
		41-100 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	L				
BRO	RIEL ROTO	NO APLICA	NO APLICA	RIEL ROTO	RIEL ROTO; DESPRENDIMIENTO DEL 100% DE AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL RIEL		NINGUNA
BRJ	RIEL ROTO EN LA JUNTA	NO APLICA	NO APLICA	RIEL ROTO	RIEL ROTO; DESPRENDIMIENTO DEL 100% DE AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL RIEL		NINGUNA
EBF	FRACTURA POR QUEMADURA DE LOCOMOTORA	1-20 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	S	S, M, L	EN CUALQUIRA DE LOS TRES CASOS (S,M,L)	CUANDO EL DEFECTO REPRESENTA MENOS DEL 1% RESPECTO AL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	<b>OBSERVACIÓN.</b> ESTA CONDICIÓN NOS LLEVA DIRECTAMENTE A BUSCAR DETALLES DE FRACTURA VERTICAL O COMPUESTA DERIVADA DEL CAMBIO ESTRUCTURAL DEL ACERO.
		21-40 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	M				
		41-100 % DEL ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL HONGO	L				

## Anexo B Espectro de Colores para medición de temperaturas

ACERO ALTO CARBÓN			
Color	Fahrenheit	Color	Celsius
Amarillo Pálido	420°		216°
Amarillo muy Pálido	430°		221°
Amarillo Claro, color Paja	440°		227°
Amarillo Paja pálido, Color Paja	450°		232°
Amarillo Paja	460°		238°
Amarillo Paja oscuro	470°		243°
Amarillo oscuro, Naranja claro	480°		249°
Amarillo Café, Anaranjado	490°		254°
Café Amarillo, Bronce	500°		260°
Café con manchas rojizas, Café Oscuro	510°		266°
Café con manchas púrpuras	520°		271°
Morado Claro, Morado	530°		277°
Morado fuerte, Morado	540°		282°
Morado Oscuro	550°		288°
Azul Fuerte	560°		293°
Azul Oscuro, Azul	570°		299°
Azul Pavoneado	590°		310°
Azul Pálido			
Azul Cielo	610°		321°
Azul Verdoso, Gris	630°		332°
Azul Claro	640°		338°
Gris Acero	650°		343°
Conversión de temperaturas redondeadas al grado más cercano.			

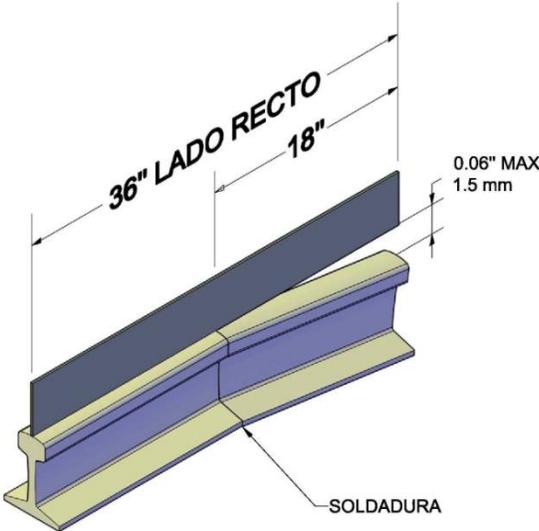
# Anexo C Figura Prueba de Flexión



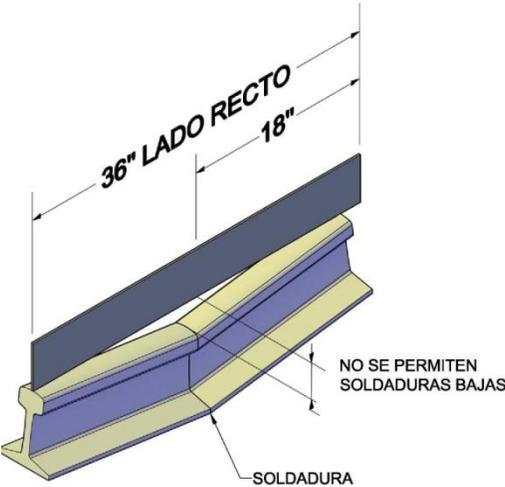
$$\frac{9W}{\text{MÓDULO DE SECCIÓN DEL PATÍN}} = \text{MÓDULO DE RUPTURA}$$

# Anexo D Límites Máximos de Alineación

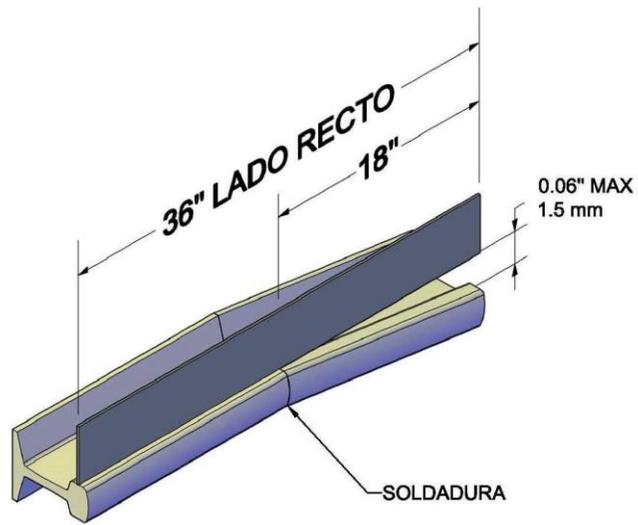
## Figura D1



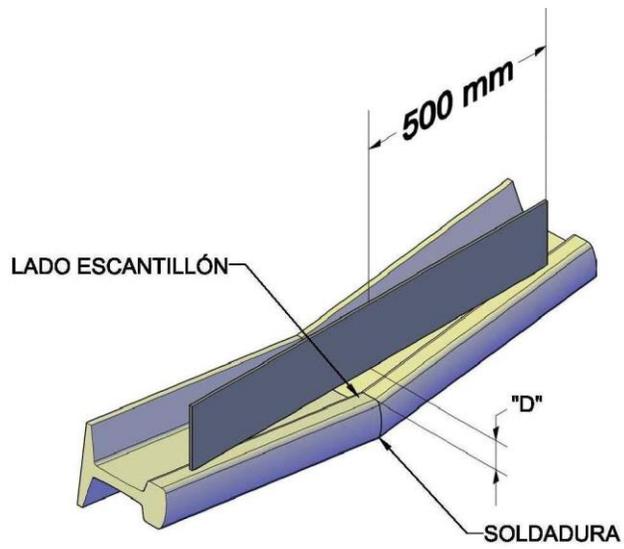
## Figura D2



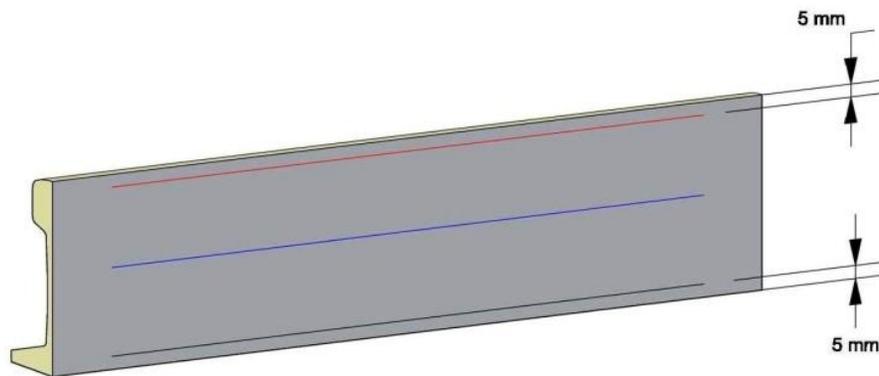
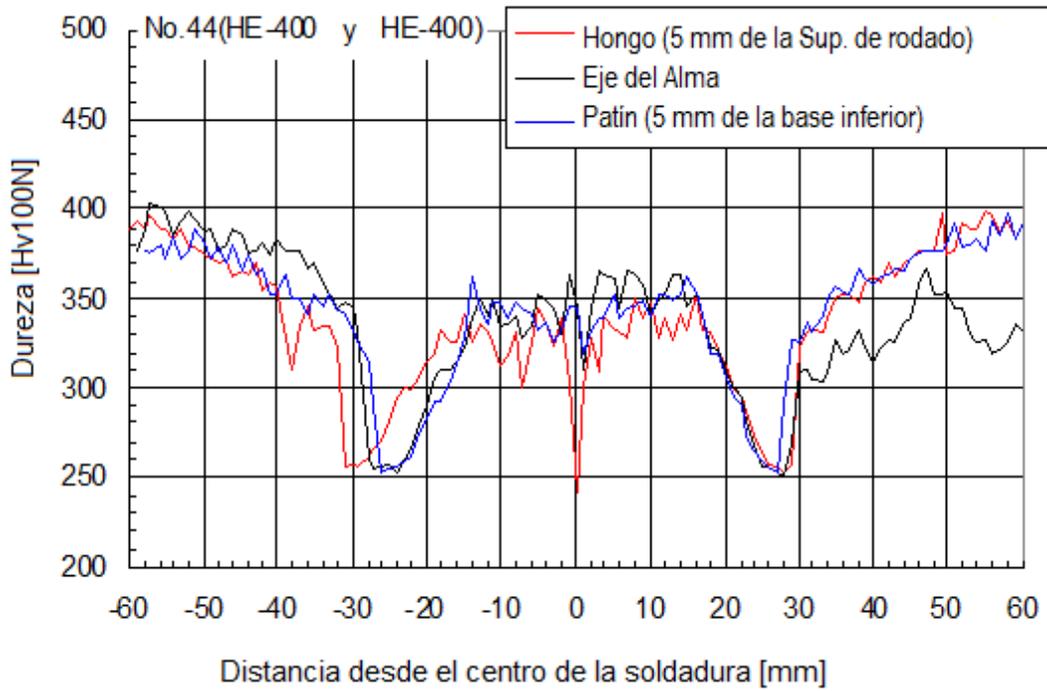
**Figura D3**



**Figura D4**



## Anexo E Prueba de Dureza Brinell



**MEDICIÓN DE DUREZA**