

norma española

UNE-EN 13674-1

Marzo 2012

TÍTULO

Aplicaciones ferroviarias

Vía

Carriles

Parte 1: Carriles Vignole de masa mayor o igual a 46 kg/m

Railway applications. Track. Rail. Part 1: Vignole railway rails 46 kg/m and above.

Applications ferroviaires. Voie. Rails. Partie 1: Rails Vignole de masse supérieure ou égale à 46 kg/m.

CORRESPONDENCIA

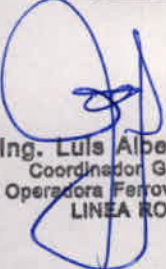
Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 13674-1:2011.

OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN 13674-1:2006+A1:2008.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 25 *Aplicaciones ferroviarias* cuya Secretaría desempeña CETREN.


Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 11258:2012

© AENOR 2012
Reproducción prohibida


Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgcls. Infraestructura - LGR

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

110 Páginas

Este documento forma parte de la biblioteca de CETREN

AENOR

NORMA EUROPEA
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 13674-1

Febrero 2011

ICS 93.100

Sustituye a EN 13674-1:2003+A1:2007

Versión en español

Aplicaciones ferroviarias

Vía

Carriles

Parte 1: Carriles Vignole de masa mayor o igual a 46 kg/m

Railway applications. Track. Rail. Part 1:
Vignole railway rails 46 kg/m and above.

Applications ferroviaires. Voie. Rails.
Partie 1: Rails Vignole de masse
supérieure ou égale à 46 kg/m.


Bahnanwendungen. Oberbau. Schienen.
Teil 1: Vignolschienen ab 46 kg/m.

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2010-12-10.

Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales pueden obtenerse en el Centro de Gestión de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada al Centro de Gestión, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.



Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

CEN
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
CENTRO DE GESTIÓN: Avenue Marnix, 17-1000 Bruxelles

© 2011 CEN. Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CEN.




Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR

Este documento forma parte de la biblioteca de CETREN

ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO	6
INTRODUCCIÓN.....	8
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	8
2 NORMAS PARA CONSULTA	9
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES	9
4 INFORMACIÓN QUE EL COMPRADOR DEBE PROPORCIONAR.....	10
5 GRADOS DE ACERO.....	11
6 DIBUJOS DE PERFILES/PROPIEDADES/MASA	11
7 FABRICACIÓN	12
7.1 Integridad del producto	12
7.2 Blooms	12
7.3 Carriles.....	12
7.4 Identificación	12
7.4.1 Marcado en relieve.....	12
7.4.2 Estampación en caliente.....	13
7.4.3 Estampado en frío	14
7.4.4 Otras identificaciones.....	14
8 ENSAYOS DE CALIFICACIÓN	14
8.1 Procedimiento.....	14
8.2 Resistencia a la fisuración (K_{Ic}).....	14
8.2.1 Probetas y métodos de ensayo	14
8.2.2 Criterios de calificación	15
8.3 Propagación de grietas por fatiga	15
8.3.1 Método de ensayo	15
8.3.2 Probetas.....	15
8.3.3 Número de ensayos y condiciones de ensayo.....	15
8.3.4 Criterios de calificación	15
8.4 Ensayo de fatiga.....	16
8.4.1 Método de ensayo	16
8.4.2 Probetas.....	16
8.4.3 Número de ensayos y condiciones de ensayo.....	16
8.4.4 Criterios de calificación	16
8.5 Tensiones residuales en el patín del carril.....	16
8.5.1 Método de ensayo	16
8.5.2 Probetas.....	16
8.5.3 Mediciones	16
8.5.4 Criterios de calificación	16
8.6 Variación de la dureza en el eje de la superficie de rodadura en carriles con tratamiento térmico.....	16
8.7 Resistencia a la tracción y alargamiento	17
8.8 Segregación	18
8.9 Otros requisitos de calificación	18



 Ing. Luis Alberto Díaz

 Coordinador Gral. Vía

 Operadora Ferroviaria S.E.

 LINEA ROCA



 Arq. SILVIA POL

 Coord. Gral. Planif Control

 Subgcla. Infraestructura - LGR

9	ENSAYOS DE ACEPTACIÓN.....	18
9.1	Ensayos de laboratorio.....	18
9.1.1	Generalidades	18
9.1.2	Muestreo y preparación de las muestras y probetas de ensayo.....	18
9.1.3	Composición química	18
9.1.4	Microestructura.....	22
9.1.5	Descarburación.....	23
9.1.6	Pureza inclusionaria.....	23
9.1.7	Inspección macrográfica.....	23
9.1.8	Dureza	23
9.1.9	Ensayos de tracción.....	24
9.1.10	Contra-ensayos	25
9.2	Tolerancias dimensionales	25
9.2.1	Perfil	25
9.2.2	Alineación recta, regularidad en la superficie y torsión	26
9.2.3	Recorte y taladrado.....	29
9.3	Gálibos.....	29
9.4	Inspección de calidad interna y de calidad de la superficie	29
9.4.1	Calidad interna.....	29
9.4.2	Calidad de la superficie.....	31
9.4.3	Comprobación del equipo de ensayos automático.....	32
	ANEXO A (Normativo) PERFILES DE CARRIL.....	43
	ANEXO B (Normativo) MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FISURACIÓN (K_{LC}) EN CARRILES	69
B.1	Métodos de ensayo.....	69
B.2	Muestras.....	69
B.3	Número de ensayos.....	69
B.4	Condiciones de ensayo ¹	69
B.5	Análisis de los datos de ensayo	69
B.6	Informe de los resultados.....	70
	ANEXO C (Normativo) MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE TENSIONES RESIDUALES LONGITUDINALES EN LA SUPERFICIE DEL PATÍN	75
C.1	Procedimiento.....	75
C.2	Extensómetros y su emplazamiento	75
	ANEXO D (Normativo) IMPRONTAS MACROGRÁFICAS	78
	ANEXO E (Normativo) PLANTILLAS DE PERFIL Y TALADRO.....	92
	ANEXO F (Informativo) CAMBIOS TÉCNICOS SIGNIFICATIVOS ENTRE ESTA NORMA Y LA EDICIÓN PREVIA.....	105
	ANEXO ZA (Informativo) CAPÍTULOS DE ESTA NORMA EUROPEA RELACIONADOS CON LOS REQUISITOS ESENCIALES U OTRAS DISPOSICIONES DE LA DIRECTIVA 2008/57/CE	107
	BIBLIOGRAFÍA.....	110

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Arq. SÍLVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

PRÓLOGO

Esta Norma EN 13674-1:2011 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 256 *Aplicaciones ferroviarias*, cuya Secretaría desempeña DIN.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de agosto de 2011, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de agosto de 2011.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. CEN y/o CENELEC no es(son) responsable(s) de la identificación de dichos derechos de patente.

Esta norma anula y sustituye a la Norma EN 13674-1:2003+A1:2007.

El anexo F proporciona detalles sobre los cambios técnicos significativos entre esta norma y la edición anterior.

Esta norma europea ha sido elaborada bajo un Mandato dirigido a CEN/CENELEC/ETSI por la Comisión Europea y por la Asociación Europea de Libre Comercio, y sirve de apoyo a los requisitos esenciales de la Directiva europea 2008/57/CE.

La relación con la Directiva UE 2008/57/CE se recoge en el anexo informativo ZA, que forma parte integrante de esta norma.

Esta parte de la Norma EN 13674 es la primera de la serie EN 13674, *Aplicaciones ferroviarias. Vía. Carriles*, que consiste en las siguientes partes:

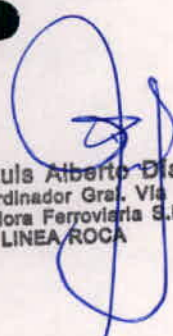
- *Parte 1: Carriles Vignole de masa mayor o igual a 46 kg/m.*
- *Parte 2: Carriles para desvíos y cruzamientos utilizados con carriles Vignole de masa mayor o igual a 46 kg/m.*
- *Parte 3: Contracarriles.*
- *Parte 4: Carriles Vignole de masa comprendida entre 27 kg/m y 46 kg/m, excluyendo 46 kg/m.*

Otras normas para carriles y los procesos de soldeo asociados, publicadas o en preparación, son:

EN 14587-1, *Aplicaciones ferroviarias. Vía. Soldero de carriles a tope por chispa. Parte 1: Carriles nuevos de grado R220, R260, R260Mn y R350HT en una instalación fija.*

EN 14587-2, *Aplicaciones ferroviarias. Vía. Soldero de carriles a tope por chispa. Parte 2: Carriles nuevos de grado R220, R260, R260Mn y R350HT mediante máquinas móviles de soldeo en ubicaciones distintas a instalaciones fijas.*

prEN 14587-3, *Aplicaciones ferroviarias. Vía. Soldero a tope por chispa de carriles. Parte 3: Soldero en asociación con construcción cruzada.*


Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA


Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura -LGR

EN 14730-1, *Aplicaciones ferroviarias. Vía. Soldeo aluminotérmico de los carriles. Parte 1: Aprobación del proceso de soldeo.*

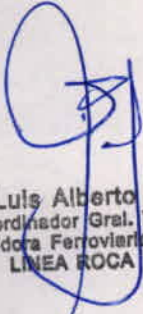
EN 14730-2, *Aplicaciones ferroviarias. Vía. Soldeo aluminotérmico de los carriles. Parte 2: Cualificación de soldadores por aluminotermia, aprobación de contratistas y aceptación de soldaduras.*

EN 14811, *Aplicaciones ferroviarias. Vía. Carriles para fines especiales. Construcción asociada y acanalada.*

EN 15594, *Aplicaciones ferroviarias. Vía. Reparación de carriles por soldeo por arco eléctrico. Forjado transiciones ferrocarril.*

prEN xxxxx, *Aplicaciones ferroviarias. Vía. Transiciones de carriles forjados.*

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.



Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA



Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR

INTRODUCCIÓN

Esta introducción proporciona una explicación de los conceptos y razonamientos considerados en la elaboración de esta norma.

En la medida de lo posible, esta parte de la Norma EN 13674 está basada en prestaciones, adopta la norma europea de aseguramiento de la calidad EN ISO 9001 y requiere que el fabricante ofrezca la tecnología probada más moderna para satisfacer de una forma consistente la demanda de calidad de los productos.

Esta parte de la Norma EN 13674 se compone de dos secciones principales:

- 1) ensayos de calificación;
- 2) ensayos de aceptación.

Los ensayos de calificación tienen en cuenta los requisitos de prestaciones. También incluyen resultados típicos de los ensayos de aceptación relevantes.

Los ensayos de aceptación se han diseñado para verificar aquellas características del acero para carriles y de los carriles que son relevantes para la producción de carriles de alta calidad, incluyendo carriles con tratamiento térmico y los requisitos de las redes ferroviarias.

Para asegurar el suministro de carriles de alta calidad, se consideran algunas restricciones en los procesos de producción.

Esta norma se aplica a todas las compras que caigan dentro de los requisitos de la directiva europea de compras (93/38/CEE del 14 de junio de 1993), teniendo en cuenta las implicaciones de seguridad, al mismo tiempo que las tecnologías de producción modernas relevante y los requisitos de las redes ferroviarias de alta velocidad. Como resultado de la directiva, se ha reconocido que habrá pocas oportunidades (y que éstas serán transparentes para las consideraciones de seguridad) para derogaciones de esta norma entre el cliente y el fabricante.

La norma incluye un requisito previo para todos los fabricantes para que, en el momento de la oferta, presenten los resultados de los ensayos de calificación para probar la conformidad con los criterios de calificación. Los ensayos de calificación incluyen todos los resultados de ensayos de aceptación normales junto con nuevas disposiciones "sobre medida" tales como la resistencia a la rotura, la fatiga y las tensiones residuales. Para proporcionar a los usuarios la confianza necesaria, los límites de aceptación se han basado en resultados reconocidos de carriles que se han mostrado buenas prestaciones, como las requeridas por las vías férreas.

Esta norma incluye un capítulo sobre aseguramiento de la calidad e inspección como parte de la integridad del producto.

Para que los sistemas de gestión de la calidad sean consistentes para todos los fabricantes y que los usuarios tengan el mejor aseguramiento de la calidad del producto requerido para los componentes críticos para la seguridad de la vía, esta norma recomienda que los sistemas de aseguramiento de la calidad del fabricante sean al menos equivalentes a los requisitos de la Norma EN ISO 9001. La inclusión de este requisito también reduce la necesidad de incorporar descripciones detalladas del método y la calibración de los elementos tales como determinación de la composición química normal y la necesidad de definir ensayos más amplios.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma europea especifica los carriles ferroviarios Vignole de masa lineal mayor o igual a 46 kg/m, para su uso en vía convencional y de alta velocidad.

Definen nueve grados de acero perlítico, que cubren un rango de dureza de entre 200 HBW a 440 HBW y abarcan aceros no aleados sin tratamiento térmico, aceros aleados sin tratamiento térmico, aceros no aleados con tratamiento térmico y aceros de aleación con tratamiento térmico.

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vías
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgcl. Infraestructura - LGR

En esta norma se especifican 23 perfiles de carril.

Se especifican dos clases de enderezado del carril que difieren en los requisitos de alineación recta, planicidad de la superficie y el perfil de la cabeza. Se especifican dos clases de tolerancias en el perfil.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

EN 10163-1 *Condiciones de suministro relativas al acabado superficial de chapas, bandas, planos anchos y perfiles de acero laminados en caliente. Parte 1: Generalidades.*

EN 10247 *Determinación micrográfica del contenido en inclusiones no metálicas de aceros utilizando imágenes tipo.*

CEN/TR 10261 *Hierro y acero. Revisión de los métodos disponibles para el análisis químico.*

EN 10276-1 *Análisis químico de los materiales férreos. Determinación del oxígeno en aceros y en fundiciones. Parte 1: Toma de muestras y preparación de las muestras de acero para la determinación del oxígeno.*

EN ISO 6506-1 *Materiales metálicos. Ensayo de dureza Brinell. Parte 1: Método de ensayo. (ISO 6506-1:2005)*

EN ISO 6892-1 *Materiales metálicos. Ensayo de tracción. Parte 1: Método de ensayo a temperatura ambiente. (ISO 6892-1:2009)*

EN ISO 14284 *Aceros y fundiciones. Toma de muestras y preparación de las mismas para la determinación de la composición química. (ISO 14284:1996)*

ISO 1099 *Materiales metálicos. Ensayo de fatiga. Método de fuerza controlada.*

ISO 4968 *Acero. Examen macrográfico por impresión de azufre (método de Baumann).*

ISO 12108 *Materiales metálicos. Ensayos de fatiga. Método de ensayo de la propagación de grietas en fatiga.*

ASTM E399 *Método de ensayo normalizado para la resistencia a la rotura de grano plano elástico-lineal K_{Ic} de materiales metálicos.*

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones siguientes:

3.1 colada:

Cantidad de acero líquido fundido que sale de un convertidor u horno eléctrico de arco que incluye, después de la colada continua, un número dado de blooms en relación al peso de la colada y al de la mezcla en la artesa. En el caso de colada secuencial, los blooms que pertenecen a la mezcla en la artesa deberían identificarse claramente.

3.2 secuencia:

Sucesión de un número cualquiera de coladas, de acero del mismo grado, en una artesa de colada continua. Se pueden utilizar varias artesas en paralelo si la colada tiene varias vías.

3.3 carril con tratamiento térmico

Carril que ha sufrido un enfriamiento acelerado desde la temperatura de austenización durante el periodo de transformación metalúrgica.

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgcls. Infraestructura - LGR

3.4 carril recocido:

Carril laminado y reaustenizado antes de un tratamiento térmico.

3.5 carril conformado en caliente:

Carril con tratamiento térmico no reaustenizado después del laminado.

3.6 proceso de laminado:

Proceso realizado desde que un bloom deja el horno de calentamiento hasta su acabado.

3.7 proceso de tratamiento isotérmico:

Proceso por el que un bloom se mantiene durante cierto periodo de tiempo a una temperatura elevada para que disminuya su contenido en hidrógeno.

NOTA 1 Para lograr la máxima eficacia, la temperatura está tan cerca (por debajo) como sea posible de la temperatura de transformación de la perlita en austenita.

NOTA 2 A veces este proceso se denomina recocido de difusión sub-crítica.

3.8 ensayos de calificación:

Ensayos y criterios especiales relativos a algunos aspectos del comportamiento en servicio del carril. Los ensayos de aceptación también forman parte de los ensayos de calificación.

3.9 ensayos de aceptación:

Ensayos llevados a cabo como parte del sistema de control del proceso y del producto, basados normalmente en la colada, la secuencia o el tonelaje.

3.10 superficie de rodadura del carril

Superficie curvada de la cabeza del carril. Área entre ambas esquinas del gálibo (puntos de transición de la inclinación de la cabeza y el radio primero de la cabeza).

4 INFORMACIÓN QUE EL COMPRADOR DEBE PROPORCIONAR

El comprador debe proporcionar al suministrador la siguiente información en el momento de la licitación o del pedido:

- a) perfil del carril (véase el anexo A);
- b) grado de acero (véase el capítulo 5);
- c) clase de perfil, 'X' o 'Y' (véase 9.2.1);
- d) clase de enderezado, clase 'A' o 'B' del carril como se especifica en el apartado 9.2.2;
- e) longitud(es) del carril (véase la tabla 9);
- f) extremos de carril, perforados o no, para los tornillos de brida, así como la localización, las medidas y las tolerancias de los agujeros cuando sea necesario (véase 9.2.3);
- g) cualquier tratamiento especial que se tenga que aplicar a los agujeros de los tornillos de brida y tolerancias especiales de los agujeros de los tornillos de brida correspondientes (véase 9.2.3);
- h) estampación en frío en la superficie de corte del carril (véase 7.4.3);
- i) requisitos del código de pintura (véase 7.4.4).

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferrovial S.E.
LÍNEA ROCA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR

5 GRADOS DE ACERO

En la tabla 1 se indican los grados de acero aplicables. Los rangos de dureza de los grados de acero deben concordar con los mostrados en la tabla 1.

En la tabla 1 indicativa de los grados de acero, la designación y numeración de los aceros de acuerdo con las Normas EN 10027-1 y EN 10027-2, respectivamente.

Tabla 1 – Grados de acero

Grado de acero ^a		Rango de dureza (HBW)	Descripción	Marcado en relieve
Designación del acero	Número del acero			
R200	1.0521	200 a 240	No aleado (C-Mn) Sin tratamiento térmico	Sin marcado en relieve
R220	1.0524	220 a 260	No aleado (C-Mn) Sin tratamiento térmico	_____
R260	1.0623	260 a 300	No aleado (C-Mn) Sin tratamiento térmico	_____ _____
R260Mn	1.0624	260 a 300	No aleado (C-Mn) Sin tratamiento térmico	_____ _____
R320Cr	1.0915	320 a 360	Aleado (1%Cr) Sin tratamiento térmico	_____ _____ _____
R350HT	1.0631	350 a 390 ^b	No aleado (C-Mn) Con tratamiento térmico	_____ _____
R350LHT	1.0632	350 a 390 ^b	No aleado (C-Mn) Con tratamiento térmico	_____ _____ _____
R370CrHT	1.0992	370 a 410	Aleado (C-Mn) Con tratamiento térmico	_____ _____ _____
R400HT	1.1254	400 a 440	No aleado (C-Mn) Con tratamiento térmico	_____ _____

^a Véase la tabla 5a) y la tabla 5b) para la composición química/propiedades mecánicas.
^b Véase la tabla 6 para los requisitos de dureza.

6 DIBUJOS DE PERFILES/PROPIEDADES/MASA

Los perfiles de los carriles, sus dimensiones, propiedades y masas lineales deben ser conformes con el anexo A. Las tolerancias de algunas dimensiones deben ser las de la tabla 7. Las demás cantidades aparecen sólo a título informativo.

NOTA Las masas lineales se han calculado basándose en la densidad del acero de 7,85 kg/dm³.

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gra. Vía
Operadora Ferrovial S.E.
LÍNEA ROCA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgde. Infraestructura - LGR

7 FABRICACIÓN

7.1 Integridad del producto

Todos los carriles deben producirse en el marco de un sistema global de control de la producción en fábrica que debe garantizar la confianza en la conformidad del producto acabado. Dicho sistema debe concordar con esta norma europea a fin de asegurar que el producto acabado cumple en todo momento los requisitos para lograr la necesaria integridad del producto y garantizar la seguridad del producto en la vía.

Los fabricantes deben demostrar, aportando evidencias documentadas, el cumplimiento continuo con el sistema de control para la producción en fábrica requerido.

NOTA Los fabricantes que tienen un sistema de control de la producción en fábrica conforme con la Norma EN ISO 9001 se considera que satisfacen los requisitos mínimos especificados en este capítulo.

7.2 Blooms

Para fabricar carriles se deben utilizar blooms de acero obtenido por colada continua al oxígeno o arco eléctrico, que haya sufrido un proceso de refinado y una desgasificación al vacío.

7.3 Carriles

7.3.1 El fabricante debe utilizar un procedimiento eficaz de eliminación de calamina durante los procesos de laminado y enderezado.

7.3.2 El área de la sección transversal del carril no debe exceder la novena parte de la del bloom del que se haya laminado el carril.

7.3.3 El enderezado del carril debe hacerse mediante un proceso enderezador por rodillos en dos etapas, que endereza el carril en torno a sus ejes XX e YY, según se define en los perfiles de carril que se muestran en el anexo A. Los defectos de alineación en los extremos o un defecto localizado en el carril se pueden corregir mediante prensado.

NOTA En los capítulos correspondientes de esta norma se describen los demás procesos de obligado cumplimiento.

7.4 Identificación

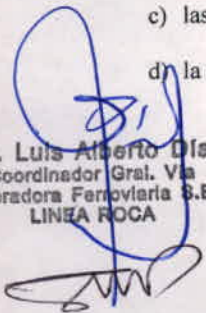
7.4.1 Marcado en relieve

Las marcas en relieve deben estar laminadas en una de las caras del alma y a media altura de ésta (véase el anexo A) en cada carril, al menos una vez cada 4 m. Las marcas en los carriles deben ser claramente legibles y tener de 20 mm a 25 mm de altura, y entre 0,6 mm y 1,3 mm de espesor.

La longitud de los trazos que indican el grado del acero debe ser de 50 mm para trazos largos y 25 mm para trazos cortos.

Las marcas en relieve deben incluir:

- la identificación de la laminadora;
- el grado de acero según se muestra en la tabla 1;
- las dos últimas cifras del año de fabricación;
- la identificación del perfil del carril, según se muestra en el anexo A.


Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Este documento forma parte de la biblioteca de CETREN

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgcie. Infraestructura - LGR

EJEMPLOS

TREN DE LAMINACIÓN _____ 07 60 E1

(carril de perfil 60 E1 laminado en 2007 y grado de acero del carril sin aleación R260).

TREN DE LAMINACIÓN _____ 07 60 E1

(carril de perfil 60 E1 laminado en 2007 y grado de acero del carril no aleado con tratamiento térmico R350HT).

NOTA La secuencia del marcado en relieve es a discreción del fabricante.

7.4.2 Estampación en caliente

Además de los requisitos de marcado del apartado 7.4.1, cada carril debe estar identificado por un sistema de código numérico, alfabético o por ambos, estampado en caliente por una máquina sobre el lado sin marcas en relieve del alma del carril; cada carril debe llevar una estampación en caliente al menos cada 10 m.

NOTA Recortes posteriores podrían producir carriles de diferente longitud con la misma identidad.

Los números y letras utilizados deben ser claramente legibles y medir 16 mm de altura. Los caracteres estampados deben tener una superficie plana o redondeada (de 1 mm a 1,5 mm de anchura) con bisel en cada lado. Las letras y los números deben formar un ángulo de 10° con respecto a la vertical y tener las esquinas redondeadas. El estampado debe tener entre 0,5 mm y 1,5 mm de profundidad a lo largo del eje del alma. El diseño debe ser tal y como se muestra en la figura 1.

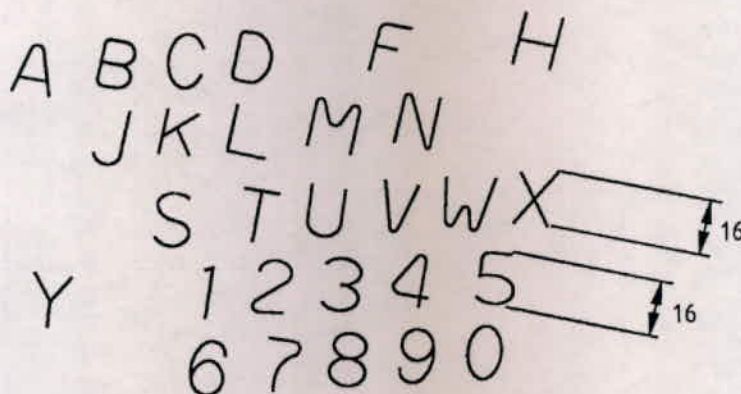


Figura 1 – Diseño de letras y números inclinados 10° para estampado en carriles

El sistema de identificación empleado debe permitir una correspondencia entre el estampado en caliente y:

- el número de la colada a partir de la cual se ha laminado el carril;
- el número del alma y la posición del bloom en el alma;
- la posición del carril en el bloom (A, B ... Y).

En caso de que las marcas de identificación se hubieran eliminado u omitido, o requieran una modificación u otra identificación, se deben volver a marcar por abrasión rotativa.

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

7.4.3 Estampado en frío

El estampado en frío sólo debe aplicarse en la cara cortada del carril, en la parte central de la cabeza, a petición del comprador.

7.4.4 Otras identificaciones

El comprador debe especificar sus requisitos para cualquier código de color o instrucciones de marcado especial y la posición de las mismas en el carril en el momento de realizar la oferta o la orden de pedido.

8 ENSAYOS DE CALIFICACIÓN

8.1 Procedimiento

8.1.1 El fabricante debe describir cualquier proceso de enfriamiento lento o de tratamiento isotérmico de los blooms que haya utilizado para demostrar la conformidad con los requisitos del apartado 9.1.3.2.

8.1.2 Todos los ensayos de calificación especificados en los apartados 8.2 a 8.9 deben realizarse al menos una vez cada cinco años y tras cualquier cambio significativo en el proceso de producción para todos los grados de acero, con la excepción del apartado 8.7.1, donde la aprobación de la ecuación predictiva se realiza en un proceso continuo.

El fabricante debe hacer ensayos sólo en el perfil 60E1 o en la sección fabricada de mayor peso.

Los grados y perfiles de carril suministrados deben cumplir los criterios de calificación especificados en los apartados 8.2 a 8.9.

Los resultados de los grados de acero a suministrar se deben proporcionar en el momento de la licitación.

En el caso de que un fabricante no haya producido antes de la licitación el grado de acero solicitado, debe tener la opción de hacer estos ensayos en la primera secuencia disponible. Cuando se hayan satisfecho los criterios de calificación, se habrá demostrado la conformidad con la norma y, por consiguiente, el fabricante estará cualificado.

8.1.3 Las muestras, según los apartados 8.1.4 y 8.1.5, deben tomarse de carriles terminados enderezados con rodillos. Estas muestras no deben estar sujetas a ningún otro tratamiento mecánico o térmico (aparte del tratamiento de envejecimiento de las muestras para ensayos de tracción, según se describe en el apartado 9.1.9.2).

8.1.4 Las muestras para ensayos de resistencia a la rotura, de velocidad de propagación de grietas por fatiga y de fatiga (véanse 8.2, 8.3 y 8.4 respectivamente) deben tomarse de tres carriles de muestra, a una distancia mínima de 3 m desde los extremos cortados del carril. Los carriles de muestra deben ser de diferentes coladas y distintas vías.

8.1.5 Para ensayos de tensiones residuales (véase 8.5) debe haber 6 carriles de muestra, y las muestras de ensayo deben tomarse a 3 m como mínimo del extremo de cada carril.

8.1.6 Todos los ensayos debería realizarlos un laboratorio que opere con un sistema de aseguramiento de la calidad aprobado y auditado según requisitos equivalentes al menos a los de la Norma EN ISO 9001.

8.1.7 El cliente debe tener acceso a todos los registros, calibraciones y cálculos de los ensayos que contribuyan a los resultados finales.

8.1.8 Se debe informar al comprador de los resultados de todos los ensayos.

8.2 Resistencia a la fisuración (K_{Ic})

8.2.1 Probetas y métodos de ensayo

Los ensayos deben realizarse de acuerdo al anexo B.

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.A.
LINZA ROCA

Arg. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgcia. Infraestructura - LGR

8.2.2 Criterios de calificación

Los valores de K_{Ic} deben cumplir con los de la tabla 2.

Tabla 2 – Valores individuales mínimos y valores medios mínimos de K_{Ic}

Grado de acero	Valor individual mínimo K_{Ic} (MPa m ^{1/2})	Valor medio mínimo K_{Ic} (MPa m ^{1/2})
R200 y R220	30	35
R260 y R260Mn	26	29
R320Cr	24	26
R350HT	30	32
R350LHT, R370CrHT, R400HT	26	29

NOTA En ciertas circunstancias, se pueden usar para la calificación los valores de K_{Ic}^* , véase el capítulo B.6.

8.3 Propagación de grietas por fatiga

8.3.1 Método de ensayo

Los ensayos deben llevarse a cabo de acuerdo con los requisitos generales de la Norma ISO 12108.

8.3.2 Probetas

Debe utilizarse una probeta entallada para ensayo de flexión a tres puntos, cuyas dimensiones y posición en el carril se muestran en la figura 2.

8.3.3 Número de ensayos y condiciones de ensayo

Se debe realizar un mínimo de 3 ensayos en cada carril de muestra y en las siguientes condiciones:

- la temperatura del ensayo debe estar en el rango entre + 15 °C y 25 °C;
- $R = 0,5$ ($R =$ carga cíclica mínima/carga cíclica máxima);
- la distancia entre los dos puntos extremos en el ensayo de flexión a 3 puntos debe ser de $4W$ (véase la figura 2);
- la frecuencia de carga cíclica debe estar en el rango entre 15 Hz y 40 Hz;
- entorno: aire ambiente del laboratorio.

8.3.4 Criterios de calificación

Las velocidades de propagación de grietas por fatiga (m/Gc) no deben sobrepasar los valores dados en la tabla 3.

Tabla 3 – Velocidades de propagación de grietas por fatiga

Grados de acero	$\Delta K = 10$ MPa m ^{1/2}	$\Delta K = 13,5$ MPa m ^{1/2}
Todos los grados excepto R200 y R320Cr	17 m/Gc	55 m/Gc

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subcde. Infraestructura - LGR

8.4 Ensayo de fatiga

8.4.1 Método de ensayo

Los ensayos de fatiga de amplitud constante se deben realizar de acuerdo con la Norma ISO 1099.

8.4.2 Probetas

Las probetas deben mecanizarse a partir del carril de muestra, según se indica en la figura 3.

8.4.3 Número de ensayos y condiciones de ensayo

Se deben someter a ensayo un mínimo de 3 probetas de cada carril de muestra y en las siguientes condiciones:

- la temperatura del ensayo debe estar en el rango entre + 15 °C y + 25 °C;
- la variable de control debe ser la amplitud de la deformación axial;
- el ciclo de deformación debe ser simétrico con respecto al estado inicial sin carga.

8.4.4 Criterios de calificación

Para una deformación total de amplitud de 0,001 35, la vida de cada muestra debe ser superior a 5×10^6 ciclos.

NOTA La vida se define como el número de ciclos hasta la separación completa de la muestra.

8.5 Tensiones residuales en el patín del carril

8.5.1 Método de ensayo

Las tensiones residuales en el patín del carril deben determinarse según el anexo C.

8.5.2 Probetas

Cada una de las 6 probetas procedentes del cupón de carril debe medir 1 m de longitud y se deben tomar de un carril según se describe en los apartados 8.1.3 y 8.1.5.

NOTA Sólo se destruirá una pequeña parte de la muestra para medir la tensión residual; el resto puede utilizarse para otros ensayos de calificación.

8.5.3 Mediciones

La determinación de las tensiones residuales longitudinales debe realizarse en el patín del carril de cada una de las 6 probetas descritas en el apartado 8.5.2. La posición de los puntos de medida se muestra en la figura C.1.

Si hay datos disponibles para carriles con enderezado clase A, entonces no es necesario someter a ensayo los carriles de clase B del mismo perfil.

8.5.4 Criterios de calificación

La tensión residual longitudinal máxima en el patín debe ser de 250 MPa en todos los grados de acero.

8.6 Variación de la dureza en el eje de la superficie de rodadura en carriles con tratamiento térmico

Este apartado sólo es aplicable a carriles con tratamiento térmico.

Para el carril de mayor longitud producido por el fabricante, se debe extraer un metro de longitud en cada extremo y a intervalos de 20 m desde un extremo del carril. Se debe someter al ensayo de dureza de Brinell (HBW) de acuerdo con la Norma EN ISO 6506-1 a intervalos de 25 mm sobre el eje de la superficie de rodadura después de haber eliminado por amolado un espesor de 0,5 mm. Los resultados de dureza no deben exceder en ± 15 HBW al valor medio obtenido.

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gen. V
Operadora Ferrovial
LINEA ROCA

8.7 Resistencia a la tracción y alargamiento

8.7.1 Las ecuaciones predictivas que relacionan la resistencia a la tracción y el alargamiento de la fisura con la composición química deben calcularse con un análisis de regresión múltiple para todos los carriles producidos sin tratamiento térmico. Se debe seguir el procedimiento indicado a continuación:

- desarrollo de una ecuación predictiva;
- confirmación de la ecuación predictiva;
- actualización periódica de la ecuación predictiva;
- acción correctora.

8.7.2 Los fabricantes deben calcular, utilizando análisis de regresión múltiple para todos los grados de acero naturalmente duros, ecuaciones predictivas que relacionen la resistencia a la tracción y el alargamiento de la fisura con la composición química. Cada fabricante debe establecer sus propias ecuaciones predictivas.

Las ecuaciones predictivas deben obtenerse a partir de un número mínimo de 100 coladas y un número máximo de 200 coladas.

Las ecuaciones se deben hacer realizando un ensayo de tracción válido por colada. Los ensayos de tracción se deben hacer de acuerdo con el apartado 9.1.9.

Las ecuaciones predictivas deben dar como resultado valores que estén dentro de una banda de dispersión con los siguientes límites:

- resistencia a la tracción: 12,5 MPa (1 desviación típica);
- alargamiento: 1,0% (1 desviación típica).

8.7.3 Los resultados de las ecuaciones predictivas deben compararse con los resultados de la resistencia a la tracción y del alargamiento determinados de forma experimental según se describe en el apartado 9.1.9. Esta comparación se logrará realizando un ensayo de tracción válido cada 2 000 toneladas o, al menos, cada diez coladas.

Los resultados experimentales no deben diferir de los resultados calculados con las ecuaciones predictivas en más o menos 25 MPa para la resistencia a la tracción y más o menos 2% para el alargamiento hasta rotura.

8.7.4 Para actualizar las ecuaciones predictivas, se deben utilizar los resultados de los ensayos de resistencia a la tracción y de alargamiento obtenidos a partir de lo establecido en el apartado 8.7.3. Estos resultados se deben registrar y las ecuaciones se deben actualizar anualmente. Las ecuaciones actualizadas se deben basar en los últimos 100 resultados.

8.7.5 Si los resultados de las ecuaciones predictivas o los resultados experimentales estuvieran fuera de los límites establecidos en los apartados 8.7.2 y 8.7.3, entonces se deben realizar las acciones de los puntos a), b) y c), y la acción del punto d) cuando sea necesaria:

- a) el fabricante debe llevar a cabo una investigación;
- b) el fabricante resolverá el problema realizando la acción correctora apropiada;
- c) el fabricante debe informar al cliente de los resultados obtenidos de los puntos a) y b);
- d) si el problema no tuviera una solución satisfactoria para el cliente, el fabricante o el fabricante potencial debe considerarse que ha incumplido los requisitos de aprobación especificados en el apartado 8.7.1. Si los ensayos físicos en sí mismos satisfacen los requisitos de la tabla 5 a), el producto es satisfactorio.

Ing. Luis Alberto Díaz
Coord. Gral. Planif. Control
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA POCA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif. Control
Subgde. Infraestructura - LGR

8.8 Segregación

Se debe efectuar una impronta macrográfica en la sección transversal total de las probetas de acuerdo con la Norma ISO 4968. Se deben realizar las improntas macroscópicas para cada vía desde el principio de cada colada, excluyendo la zona de mezclado y en cinco coladas.

Las muestras deben evaluarse y clasificarse de acuerdo con los valores límite del anexo D. Para que se acepte el ensayo como bueno, todas las muestras deben clasificarse como aceptables.

8.9 Otros requisitos de calificación

Además de los resultados de los ensayos descritos en los apartados 8.2 a 8.8 inclusive, el fabricante debe proporcionar un conjunto completo de resultados para los ensayos de aceptación descritos en el apartado 9.1. Las muestras para estos ensayos se deben tomar de los carriles utilizados para los ensayos de calificación según se describe en el apartado 8.1.3.

9 ENSAYOS DE ACEPTACIÓN

9.1 Ensayos de laboratorio

9.1.1 Generalidades

Los ensayos de laboratorio deben realizarse, durante la producción, con las frecuencias estipuladas en la tabla 4. Los resultados de cada ensayo de laboratorio deben ser conformes con los valores límite de la tabla 5. La información adicional y otros ensayos de aceptación no contemplados en la tabla 5 deben cumplir los requisitos establecidos en los apartados 9.1.3 a 9.1.9 inclusive. Todos los carriles suministrados deben respetar los requisitos del capítulo 9.

9.1.2 Muestreo y preparación de las muestras y probetas de ensayo

El muestreo y preparación de muestras para el análisis químico se deben realizar de acuerdo con la Norma EN ISO 14284, salvo que se especifique lo contrario en el apartado 9.1.3.

Para más información sobre preparación de muestras para el resto de ensayos, véase los apartados de 9.1.4 a 9.1.9.

9.1.3 Composición química

9.1.3.1 Generalidades

Se debe determinar la composición química en fase líquida de todas las coladas. Cuando la composición química se controla en la fase sólida, ésta se debe realizar en la posición de la muestra para el ensayo de tracción. Las composiciones químicas del líquido y el sólido deben estar conformes con los requisitos de las tablas 5 a) y 5 b).

La elección de un método de análisis químico o físico adecuado para el producto debe dejarse a discreción del fabricante. En caso de disputa, el método de análisis se debe acordar considerando las normas europeas relevantes. Las normas europeas disponibles se encuentran en el Informe Técnico CEN/TR 10261.

9.1.3.2 Hidrógeno

El contenido en hidrógeno del acero líquido debe medirse determinando la presión del hidrógeno en el acero, utilizando un sistema de medida con sonda sumergida.

Se deben tomar al menos dos muestras de líquido de la primera colada de cualquier secuencia que use una nueva artesa y una muestra de cada una de las coladas restantes, y analizar el contenido de hidrógeno de todas ellas (véase la tabla 4). La primera muestra de la primera colada en una secuencia debe tomarse de la artesa en el momento de máxima concentración de hidrógeno.

Las coladas deben evaluarse según su contenido de hidrógeno de acuerdo con la tabla 5 a).

Ing. Luis Alberto
Coordinador del Área
Operadora Ferrocarril
LINEA BICOA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR

Arq. SILVIA POL
 Coord. Genl. Planif. Control
 Subdca. Infraestructura - LGR

Ing. Luis Alberto Diaz
 Coordinador Genl. Via E.
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA RODA

Tabla 4 – Frecuencias de ensayo

Ensayo de	Apartado correspondiente	Grados de acero	
		R200, R220, R260, R260Mn, R320Cr	R350HT, R350LHT, R370CrHT, R400HT
Composición química	9.1.3	Uno por colada	Uno por colada
Hidrógeno	9.1.3.2	Uno por colada (2 ensayos de la primera colada de una secuencia)	Uno por colada (2 ensayos de la primera colada de una secuencia)
Oxígeno total	9.1.3.3	Uno por secuencia ^a	Uno por secuencia ^a
Microestructura	9.1.4	No requerido para los grados R200, R220 y R260 Uno por 1 000 toneladas o fracción, para los grados R260Mn y R320Cr	Uno por 100 toneladas de acero conformado en caliente ^{a, c}
Descarburación	9.1.5	Uno por 1 000 toneladas o fracción ^{a, b}	Uno por 500 toneladas de acero recocido y de acero conformado en caliente ^{a, c}
Pureza inclusionaria	9.1.6	Uno por secuencia ^b	Uno por secuencia ^{b, c}
Imágenes macrográficas	9.1.7	Uno por 500 toneladas o fracción ^{a, b}	Uno por 500 toneladas o fracción ^{a, b, c}
Dureza	9.1.8	Uno por colada ^{a, b}	Uno por 100 toneladas de acero conformado en caliente ^{a, c}
Tracción	8.7 y 9.1.9	Un cálculo por colada/ uno por 2 000 toneladas ^{a, b}	Uno por 1 000 toneladas ^{a, c}

^a Las muestras deben tomarse aleatoriamente, pero sólo de carriles procedentes de blooms de la zona de mezclado entre coladas, en caso de coladas continuas en secuencia.
^b Las muestras deben cortarse después del laminado.
^c La muestras deben cortarse en carriles con tratamiento térmico.

Tabla 5a) – Composición química/propiedades mecánicas

Grado		% en masa										10 ⁻⁴ % (ppm) máx. en masa		Resistencia a la tracción R _m mín. MPa	Alarga- miento A mín. %	Dureza de la superficie de rodadura del carril, eje ^c HBW
		C	Si	Mn	P máx.	S máx.	Cr	Al máx.	V máx.	N máx.	O ^a	H ^b				
R200	Líquido	0,40 a 0,60	0,15 a 0,58	0,70 a 1,20	0,035	0,035	≤ 0,15	0,004	0,030	0,009	20	3,0				
	Sólido	0,38 a 0,62	0,13 a 0,60	0,65 a 1,25	0,040	0,040	≤ 0,15	0,004	0,030	0,010	20	3,0	680	14	200 a 240	
R220	Líquido	0,50 a 0,60	0,20 a 0,60	1,00 a 1,25	0,025	0,025	≤ 0,15	0,004	0,030	0,009	20	3,0				
	Sólido	0,48 a 0,62	0,18 a 0,62	0,95 a 1,30	0,030	0,030	≤ 0,15	0,004	0,030	0,010	20	3,0	770	12	220 a 260	
R260	Líquido	0,62 a 0,80	0,15 a 0,58	0,70 a 1,20	0,025	0,025	≤ 0,15	0,004	0,030	0,009	20	2,5				
	Sólido	0,60 a 0,82	0,13 a 0,60	0,65 a 1,25	0,030	0,030	≤ 0,15	0,004	0,030	0,010	20	2,5	880	10	260 a 300	
R260Mn	Líquido	0,55 a 0,75	0,15 a 0,60	1,30 a 1,70	0,025	0,025	≤ 0,15	0,004	0,030	0,009	20	2,5				
	Sólido	0,53 a 0,77	0,13 a 0,62	1,25 a 1,75	0,030	0,030	≤ 0,15	0,004	0,030	0,010	20	2,5	880	10	260 a 300	
R320Cr	Líquido	0,60 a 0,80	0,50 a 1,10	0,80 a 1,20	0,020	0,025	0,80 a 1,20	0,004	0,18	0,009	20	2,5				
	Sólido	0,58 a 0,82	0,48 a 1,12	0,75 a 1,25	0,025	0,030	0,75 a 1,25	0,004	0,20	0,010	20	2,5	1 080	9	320 a 360	
R350HT	Líquido	0,72 a 0,80	0,15 a 0,58	0,70 a 1,20	0,020	0,025	≤ 0,15	0,004	0,030	0,009	20	2,5				
	Sólido	0,70 a 0,82	0,13 a 0,60	0,65 a 1,25	0,025	0,030	≤ 0,15	0,004	0,030	0,010	20	2,5	1 175	9	350 a 390	
R350LHT	Líquido	0,72 a 0,80	0,15 a 0,58	0,70 a 1,20	0,020	0,025	≤ 0,30	0,004	0,030	0,009	20	2,5				
	Sólido	0,70 a 0,82	0,13 a 0,60	0,65 a 1,25	0,025	0,030	≤ 0,30	0,004	0,030	0,010	20	2,5	1 175	9	350 a 390	
R370CrHT	Líquido	0,70 a 0,82	0,40 a 1,00	0,70 a 1,10	0,020	0,020	0,40 a 0,60	0,004	0,030	0,009	20	1,5				
	Sólido	0,68 a 0,84	0,38 a 1,02	0,65 a 1,15	0,025	0,025	0,35 a 0,65	0,004	0,030	0,010	20	1,5	1.280	9	370 a 410	
R400HT	Líquido	0,90 a 1,05	0,20 a 0,60	1,00 a 1,30	0,020	0,020	≤ 0,30	0,004	0,030	0,009	20	1,5				
	Sólido	0,88 a 1,07	0,18 a 0,62	0,95 a 1,35	0,025	0,025	≤ 0,30	0,004	0,030	0,010	20	1,5	1.280	9	400 a 440	

^a Véase 9.1.3.3.
^b Véase 9.1.3.2.
^c Véase la figura 8.

Tabla 5 b) – Máximos de elementos residuales, en % en masa

	Mo	Ni	Cu	Sn	Sb	Ti	Nb	Cu + 10 Sn	Otros
R200, R220, R260, R260Mn	0,02	0,10	0,15	0,030	0,020	0,025	0,01	0,35	0,35 (Cr + Mo + Ni + Cu + V)
R320Cr	0,02	0,10	0,15	0,030	0,020	0,025	0,01	0,35	0,16 (Ni + Cu)
R350HT	0,02	0,10	0,15	0,030	0,020	0,025	0,04	0,35	0,25 (Cr + Mo + Ni + Cu + V)
R350LHT, R370CrHT, R400HT	0,02	0,10	0,15	0,030	0,020	0,025	0,04	0,35	0,20 (Mo + Ni + Cu + V)

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferrovial S.E.
 LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coordin. Gral. Dirección Control
 Sub. S.C.

Si el contenido en hidrógeno de las primeras muestras de una primera colada o de la muestra de una segunda colada o posterior no concuerdan con los de la tabla 5 a), entonces los blooms realizados antes de haber tomado estas muestras deben someterse a un enfriamiento lento o a un tratamiento isotérmico. Esto se aplica también a todos los blooms realizados antes de que el contenido de hidrógeno cumpla con los requisitos de la tabla 5 a); en estos casos, todas las coladas se deben ensayar con muestras del carril, o el fabricante debe calcular el contenido de con un modelo documentado de difusión de hidrógeno considerando el tiempo y evolución de la temperatura de los blooms durante el proceso de tratamiento isotérmico. En caso de controversia, se debe comprobar el contenido de hidrógeno en el carril.

Cuando sea necesario hacer ensayos en los carriles, se deben tomar muestras de carril con sierra en caliente con una frecuencia de una muestra por colada, aleatoriamente. Sin embargo, en la primera colada de una secuencia, la muestra de carril debe tomarse de la última parte de un primer bloom procedente de cualquier vía. La determinación del hidrógeno debe llevarse a cabo en muestras tomadas del centro de la cabeza del carril.

Si alguno de los resultados del ensayo, después del tratamiento corrector, no concuerda con los valores de la tabla 5 a), se debe rechazar la colada.

9.1.3.3 Determinación del contenido total de oxígeno

9.1.3.3.1 Generalidades

El contenido total de oxígeno debe determinarse sobre una muestra extraída del acero líquido que luego se solidifica o de la cabeza de carril sólida, en las posiciones mostradas en la figura 4, y a la frecuencia que figura en la tabla 4.

En pedidos que excedan las 5 000 toneladas, al menos un 95% de las coladas deben tener un contenido total de oxígeno inferior a 20 ppm. No más del 5% de las coladas deben tener un contenido total de oxígeno de hasta 30 ppm. Las coladas con un contenido de oxígeno superior a 30 ppm deben rechazarse.

En pedidos menores de 5 000 toneladas, se permite sólo una muestra con un contenido total de oxígeno mayor de 20 ppm, pero menor de 30 ppm. Las coladas con un contenido de oxígeno superior a 30 ppm deben rechazarse. Cualquier colada con contenido de oxígeno total superior a 20 ppm, debe requerir que el resto de coladas subsiguientes se sometan a ensayo hasta lograr valores por debajo de 20 ppm.

9.1.3.3.2 Preparación de la muestra

El espesor del corte transversal del carril debe ser de 4 mm.

Las muestras deben prepararse de acuerdo con la Norma EN 10276-1.

9.1.3.3.3 Medición

La medición de oxígeno debe hacerse utilizando una máquina automática.

9.1.4 Microestructura

9.1.4.1 Generalidades

Las microestructuras deben determinarse con una lupa de 500 aumentos.

Las microestructuras deben verificarse para carriles R260Mn, R320Cr y con tratamiento térmico, de acuerdo con los requisitos de la tabla 4.

La posición de ensayo en la cabeza del carril debe ser la que se muestra en la figura 5.

9.1.4.2 Grados R260Mn, R320Cr R350HT, R350LHT, R370CrHT y R400HT

La microestructura debe ser totalmente perlítica, sin martensita, bainita ni cementita en la junta de los granos. En el caso de R260Mn, puede aparecer ferrita en la junta de los granos.

Ing. Luis Alberto Díaz

Coordinador Gral. y/a

Operadora Ferroviaria

LÍNEA ROCA



Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR

9.1.5 Descarburación

La profundidad de descarburación se debe evaluar mediante un ensayo de dureza con la frecuencia indicada en la tabla 4. Después de una mínima preparación de la superficie del carril (pulido), se debe realizar en tres puntos un ensayo de dureza de acuerdo con el método indicado en el apartado 9.1.8. Ninguno de los resultados obtenidos debe ser inferior al valor mínimo especificado para el grado de acero en cuestión, reducido en 7 HBW (por ejemplo: 253HBW para el grado R260).

Como alternativa al ensayo de dureza, o en caso de que existiesen dudas en relación con la conformidad de los requisitos sobre descarburización, se deben llevar a cabo investigaciones metalográficas de acuerdo con la decisión del fabricante o a petición del comprador.

Las fotomicrografías que muestran la profundidad de la descarburización permitida aparecen en la figura 6.

La figura 7 define la superficie de la cabeza del carril para las comprobaciones de descarburización.

No se debe observar ninguna red de ferrita cerrada inferior a la profundidad de 0,5 mm medida en cualquier lugar de la superficie de la cabeza del carril.

9.1.6 Pureza inclusionaria

Las muestras deben prepararse y evaluarse de acuerdo con la Norma EN 10247. Las muestras deben tomarse de uno de los últimos blooms de la última colada de la secuencia, y se deben someter a ensayo 2 probetas. En pedidos menores de 5 000 toneladas, sólo se permite una muestra con un K3 mayor de 10 y menor de 20.

Se deben aplicar los siguientes límites:

Índice total $10 < K3 < 20$ para el 5% de las muestras como máximo.

$K3 < 10$ para el 95% de las muestras como mínimo.

La posición de ensayo en la cabeza del carril aparece en la figura 8.

9.1.7 Inspección macrográfica

Se deben preparar las macrografías en las secciones transversales de carril de acuerdo con la Norma ISO 4968 y con la frecuencia indicada en la tabla 4.

Todas las muestras, incluidas las previstas para una repetición del ensayo, deben tomarse fuera de las zonas de mezclado de la colada. Cuando una parte o toda la colada adyacente se haya retirado por falta de conformidad, se deben hacer ensayos en las zonas de mezclado para determinar los primeros blooms que sean conformes.

Las imágenes macrográficas deben ser conformes con los requisitos del anexo D.


9.1.8 Dureza

Los ensayos de dureza Brinell (HBW 2,5 / 187,5) se deben realizar de acuerdo con la Norma EN ISO 6506-1 según la frecuencia indicada en la tabla 4.

Se pueden utilizar otras técnicas de medición, por ejemplo, ensayos de dureza Rockwell o Vickers, pero en caso de discrepancia se debe realizar el ensayo de dureza Brinell según la Norma EN ISO 6506-1.

Los valores de dureza medidos deben cumplir los requisitos dados en la tabla 6 para el grado correspondiente. Las posiciones de ensayo se muestran en la figura 9.

Para los grados de acero R200, R220, R260, R260Mn y R320Cr, la dureza sólo se debe ensayar en la posición RS.


Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA


Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR

En carriles con tratamiento térmico, se debe aplicar lo siguiente:

$$HBW_2 > HBW_3 + 0,4 (HBW_1 - HBW_3),$$

donde HBW_1 , HBW_2 y HBW_3 son los valores de dureza medios en las posiciones 1, 2 o 3, respectivamente. También la diferencia entre cualquiera de las tres posiciones no debe ser superior a 30 HBW.

La dureza del eje de la cabeza no debe variar más de 30 HBW en ningún carril individual.

La base de la superficie de rodadura del carril debe ser 0,5 mm antes de realizar una impresión de la dureza.

Tabla 6 – Posiciones y requisitos de los ensayos de dureza

Posición	Grado de acero del carril						
	R200	R220	R260, R260Mn	R320Cr	R350HT, R350LHT	R370CrHT	R400HT
Dureza (HBW 2.5)							
RS ^a	200 a 240	220 a 260	260 a 300	320 a 360	350 a 390 ^b	370 a 410 ^c	400 a 440 ^d
1	e	e	e	e	≥ 340 mín.	≥ 360	≥ 390
2					≥ 331 mín.	≥ 350	≥ 380
3					≥ 321 mín.	≥ 340	≥ 370
4					≥ 340 mín.	≥ 360	≥ 390
^a RS = Punto central de la superficie de rodadura. ^b Si la dureza excede de 390 HBW, el carril es aceptable, a condición de que se confirme que la microestructura es perlítica, y que la dureza no exceda de 405 HBW. ^c Si la dureza excede de 410 HBW, el carril es aceptable, a condición de que se confirme que la microestructura es perlítica, y que la dureza no exceda de 425 HBW. ^d Si la dureza excede de 440 HBW, el carril es aceptable, a condición de que se confirme que la microestructura es perlítica, y que la dureza no exceda de 455 HBW. ^e No relevante.							

9.1.9 Ensayos de tracción

9.1.9.1 Generalidades

El ensayo de tracción se debe realizar con la frecuencia especificada en la tabla 4. Las muestras para el ensayo se deben obtener del carril según se indica en la figura 5. Los resultados obtenidos deben respetar los valores indicados en la tabla 5 a).

9.1.9.2 Método de ensayo

El fabricante debe determinar las propiedades de tracción de acuerdo con la Norma EN ISO 6892-1, utilizando una muestra circular para el ensayo de 10 mm de diámetro.

Antes de realizar el ensayo, las muestras deberían estar a una temperatura de 200 °C durante un máximo de 6 h. En caso contrario, antes de realizar el ensayo, las muestras se deben someter a una temperatura de 200 °C durante 6 h.

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

9.1.10 Contra-ensayos

Si el resultado de cualquiera de los ensayos no estuviera conforme con los requisitos dados en los apartados 9.1.3 a 9.1.9 (salvo el hidrógeno), entonces se deben hacer dos ensayos sobre muestras tomadas de carriles muy próximos al original. Si los nuevos ensayos fallaran, los carriles deben someterse sucesivamente a ensayos hasta que se encuentre material aceptable. El material no satisfactorio debe rechazarse o, en el caso de material con tratamiento térmico, debe volverse a tratar y a someterse a ensayo. Para los ensayos de hidrógeno y oxígeno véanse los apartados 9.1.3.2 y 9.1.3.3, respectivamente.

Si los resultados de una investigación realizada de acuerdo con el apartado 8.7.5, o el procedimiento de calificación o la ecuación predictiva indican que ciertos carriles no están dentro de los valores especificados, entonces la aceptación de dichos carriles debe basarse en los resultados de los ensayos experimentales de tracción. En tales casos, se deben aplicar los valores mínimos de la tabla 5 a).

9.2 Tolerancias dimensionales

9.2.1 Perfil

Las diferencias entre las dimensiones nominales del perfil del carril (véase el anexo A) y las dimensiones reales en cualquier carril no deben sobrepasar las tolerancias dadas en la tabla 7.

Tabla 7 – Tolerancias de perfil

* Puntos de referencia (véase la figura E.1)		Clase de perfil (dimensiones en mm)		Plantillas, número de las figuras (véase el anexo E)	
Ubicación/propiedad	Símbolo	X	Y		
Altura de carril ^a	< 165 mm <hr/> ≥ 165 mm	*H	± 0,5	+ 0,5 - 1,0	E.3
			± 0,6	+ 0,6 - 1,1	
Perfil de la cabeza de carril – Enderezado clase A			+ 0,6 - 0,3	+ 0,6 - 0,3	E.4
			± 0,6	± 0,6	
– Enderezado clase B			± 0,6	± 0,6	
Anchura de la cabeza de carril		*WH	± 0,5	+ 0,6 - 0,5	E.5
Asimetría de carril		*As	± 1,2	± 1,2	E.6, E.7
Altura de la zona de embridaje	< 165 mm <hr/> ≥ 165 mm	*HF	± 0,5	± 0,5	E.8
			± 0,6	± 0,6	
Espesor del alma		*WT	+ 1,0 - 0,5	+ 1,0 - 0,5	E.9
Anchura del patín del carril		*WF	± 1,0	+ 1,5 - 1,0	E.10
Espesor del ala del patín		*TF	+ 0,75 - 0,5	+ 0,75 - 0,5	E.11
Concavidad de la base del patín			0,3 máx.	0,3 máx.	

^a La variación total de altura a lo largo de cualquier carril no debe ser mayor de 1 mm para carriles < 165 mm, y de 1,2 mm para carriles ≥ 165 mm.

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
Coord. V. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR

9.2.2 Alineación recta, regularidad en la superficie y torsión

El control de la regularidad del cuerpo de carril se debe realizar de forma automática.


Las tolerancias de alineación recta, regularidad en la superficie y torsión deben cumplir los requisitos dados en la tabla 8. Salvo que se especifique lo contrario, los carriles < 54 kg/m se entregan con las tolerancias de clase B.

Si el carril muestra signos de torsión, dichos signos se deben comprobar de acuerdo con la figura 10, insertando calibres de abanico entre la base del carril y el tartinaje más cercano al extremo del carril con el mismo colocado cabeza arriba en un banco de pruebas. Si el espacio excede los 2,5 mm, se debe rechazar el carril.

La torsión rotacional en el metro final del carril medida por el gálibo que se ilustra en la figura 11, no debe exceder 0,2°.

Los carriles que no los cumplan pueden someterse sólo a un único enderezamiento adicional por rodillos.

En casos de discrepancia con los resultados de la técnica automática, la regularidad en la superficie del carril se debe verificar utilizando una regla de estimador, según se muestra en la tabla 8.

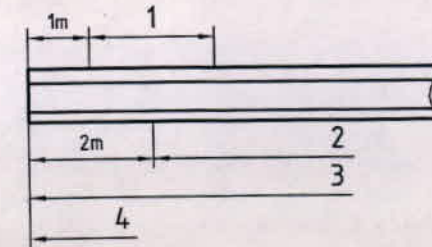


Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

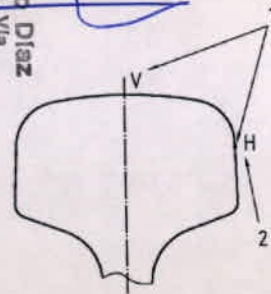


Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR

Tabla 8 – Tolerancias de alineación recta, regularidad en la superficie y tolerancias de torsión



- Leyenda
- 1 Solape
 - 2 Cuerpo
 - 3 Carril completo
 - 4 Extremo "E"



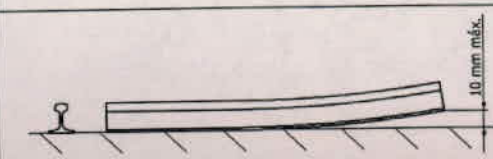
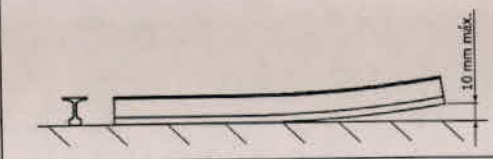
Leyenda

- 1 V y H. Puntos de medición de la alineación recta
- 2 La posición de H se encuentra nominalmente de 5 mm a 10 mm por debajo de la esquina de la cabeza de carril indicada en la figura.

Ubicación/Propiedades dimensionales		Clase B		Clase A		
		d	L	d	L	
CUERPO ^a	Alineación recta vertical V	≤ 0,4 mm	3 m ^c	≤ 0,3 mm	3 m ^c	b
		y	≤ 0,3 mm	1 m ^c	y	
	Alineación recta horizontal H	≤ 0,6 mm	1,5 m ^c	≤ 0,45 mm	1,5 m ^c	
EXTREMOS ^a	Extremo "E"	1,5 m		2 m		b
	Regularidad en la superficie vertical	≤ 0,5 mm	1,5 m	≤ 0,4 mm	2 m	
		y	e ≤ 0,2 mm	y	≤ 0,3 mm	1 m ^d
	Regularidad en la superficie horizontal	≤ 0,7 mm	1,5 m	≤ 0,6 mm	2 m	b
				y	≤ 0,4 mm	

Si e > 0 F ≥ 0,6 m

Ing. LUIS ALBERTO DIAZ
 Coordinador Gral. Via
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA RDCA
 Ing. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Ubicación/Propiedades dimensionales		Clase B		Clase A	
		<i>d</i>	<i>L</i>	<i>d</i>	<i>L</i>
SOLAPE ^a	Longitud de segmento	1,5 m		2 m	
	Regularidad en la superficie vertical <i>V</i>	≤ 0,4 mm	1,5 m ^c	≤ 0,3 mm	2 m ^c
	Regularidad en la superficie horizontal <i>H</i>	≤ 0,6 mm	1,5 m ^c	≤ 0,6 mm	2 m ^c
COMBADO (carril completo)	Combado vertical en posición normal e invertida	10 mm ^e		10 mm ^e	
					
TORSIÓN	Todo el carril	Espacio máx. de 2,5 mm		(véase también 9.2.2 y la figura 9)	
	Final (1 m)	Torsión rotacional máx. de 0,2° y torsión relativa máx. de 0,003 5 × c		(véase también 9.2.2 y la figura 10)	

- ^a Un equipo de medición automática debe medir en la máxima longitud de carril posible y, como mínimo el cuerpo. Si el carril completo satisface las especificaciones aplicables al cuerpo, entonces, las mediciones del extremo y del solape no son obligatorias.
- ^b Las técnicas de medición automática son complejas y, por ello, difíciles de definir, pero la regularidad de la superficie del carril terminado debe poder verificarse con una regla de estimador según se muestra en los gráficos.
- ^c El 95% de los carriles suministrados debe estar dentro de los límites especificados; se permite que un 5% de los carriles sobrepasen las tolerancias en 0,1 mm.
- ^d La referencia *L* se desliza sobre el extremo *E*.
- ^e Los extremos de los carriles no deben elevarse más de 10 mm cuando el carril se coloca sobre el patín o sobre la cabeza en un banco de pruebas.

9.2.3 Recorte y taladrado

El tamaño y la situación de los taladros, el escuadrado de los extremos del carril y las longitudes del carril deben estar dentro de los límites de tolerancia dados en la tabla 9.

Los taladros y los extremos del carril deben estar desbastados. Para los agujeros que tengan que someterse a tratamientos especiales, las tolerancias y tratamientos correspondientes se deben especificar (véase el punto g del capítulo 4).

9.3 Gálidos

Las dimensiones requeridas para la fabricación se muestran en el anexo E.

Si se usan técnicas de medición diferentes de las dadas en el anexo E, en caso de discrepancia sólo se deben utilizar las que figuran en el anexo E.

9.4 Inspección de calidad interna y de calidad de la superficie


9.4.1 Calidad interna

9.4.1.1 Todos los carriles deben someterse a ensayos por ultrasonidos mediante un proceso continuo que garantice la inspección del carril en toda su longitud y del área especificada de la sección transversal, dejando sólo sin ensayar un área muy pequeña. Los extremos que no se han sometido a ensayo se deben ensayar mediante un proceso apropiado o se cortase.

9.4.1.2 El área mínima transversal examinada por la técnica de ultrasonidos debe ser:

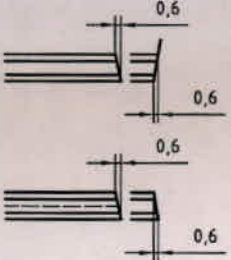
- al menos el 70% de la cabeza;
- al menos el 60% del alma;
- el área del patín especificada en la figura 15.

Se establece que estas áreas se basan en la proyección de la dimensión nominal del cristal de la sonda. La cabeza debe someterse a ensayo por ambas caras y por la superficie de rodadura.


Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA


Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgoia. Infraestructura - LGR

Tabla 9 – Tolerancias del recorte y taladrado

Número	Requisitos dimensionales	Tolerancia
1	<p>Diámetro del taladrado</p> <p>≤ 30 mm</p> <p>> 30 mm</p> <p>Centrado y posicionamiento de los agujeros vertical y horizontalmente</p>	<p>± 0,5 mm</p> <p>± 0,7 mm</p> <p>La posición horizontal de los agujeros se controla utilizando la plantilla indicada en la figura E.12, con un tope que se pone en contacto con el extremo del carril y resaltes que se introducen en los taladros.</p> <p>El diámetro de los resaltes, para permitir los juegos horizontal y vertical, es menor que el diámetro de los taladros, en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1,0 mm para taladros de 30 mm de diámetro o menores; - 1,4 mm para taladros mayores de 30 mm de diámetro; <p>Las distancias entre los ejes de los resaltes y el tope son iguales a las distancias nominales desde el eje de los agujeros hasta el extremo del carril;</p> <p>Los pin del gálbo deben poder entrar en los taladros a la vez que el tope esté tocando el extremo del carril.</p> <p>El centrado vertical de los taladros puede controlarse utilizando una plantilla según se muestra en la figura E.13.</p> <p>El lado izquierdo o derecho del taladro queda definido mirando el lado que contiene las marcas en relieve.</p>
2	Cuadratura de los extremos	<p>0,6 mm en cualquier dirección</p> 
3	<p>Longitud^a</p> <ul style="list-style-type: none"> - ambos extremos taladrados ≤ 24 m > 24 m ≤ 40 m > 40 m a 60 m > 60m: - otros (taladrados o no taladrados) 	<p>± 3 mm</p> <p>± 4 mm</p> <p>+/- 10 mm</p> <p>+/- 20 mm</p> <p>± 1 mm/por metro de carril</p> <p>Para los carriles sin taladrar por motivos especiales, la tolerancia de longitud es ± 6 mm hasta 24 m y ± 10 mm para > 24 m de carril.</p>

^a Las longitudes de carril indicadas se miden a + 15 °C. Las mediciones hechas a otras temperaturas tienen que corregirse para tener en cuenta la dilatación o la contracción del carril.

9.4.1.3 Los niveles de sensibilidad del equipo automático utilizado deben ser como mínimo 4 dB mayores que el nivel requerido para detectar los defectos artificiales descritos en el apartado 9.4.1.4. Después de una calibración con los reflectores de referencia, el ratio señal a sonido del equipo automático debe ser al menos 10 dB. Un carril que dé un eco indicando un posible defecto debe separarse por medio de un nivel de alarma/inicio automático combinado con un sistema de clasificación y/o marcado. En caso de volverse a ensayar, se debe incrementar a 6 dB, en vez de 4 dB.

Los carriles que den señales superiores al umbral en el carril utilizando la sensibilidad aumentada se deben desechar o recortar para eliminar la parte defectuosa.

El sistema debe incorporar una monitorización continua de las señales del interfaz y, si en su caso, de los ecos de fondo.

9.4.1.4 Debe haber un carril de calibración por cada perfil sometido a ensayo por ultrasonidos. Las posiciones de los defectos artificiales se indican para la cabeza del carril, el alma y el patín del perfil 60E1 en las figuras 12, 13 y 14 respectivamente. Se debe disponer de carriles de calibración para otros perfiles con defectos de calibración similares según las figuras 12, 13 y 14 para 60E1.

Se pueden utilizar otros métodos de calibración, pero deben ser equivalentes al descrito más arriba.

9.4.2 Calidad de la superficie

9.4.2.1 Requisitos

a) Marcas calientes, protuberancias y surcos

No se permiten protuberancias en la superficie de rodadura ni bajo el patín, ni que afecte al embridaje a menos de 1 m desde el extremo del carril suministrado.

La profundidad de las marcas en caliente y de los surcos, según se define en la Norma EN 10163-1, no debe superar:

- 0,35 mm en la superficie de rodadura;
- 0,5 mm en el resto del carril.

En el caso de marcas de guiado longitudinales, debe haber un máximo de dos, en los límites de profundidad especificados, en cualquier punto a lo largo del carril, pero no más de una debe estar en la superficie de rodadura. Las marcas de guiado repetidas a lo largo del mismo eje se consideran como una sola marca de guiado.

La anchura máxima de las marcas de guiado debe ser de 4 mm. La relación entre anchura y profundidad de las marcas de guiado admisibles debe ser como mínimo de 3:1.

En el caso de marcas formadas en caliente por la proximidad de los rodillos de laminación, aquéllas que se repitan a lo largo del mismo eje, a una distancia igual a la de la circunferencia del cilindro, se deben aceptar como una única marca. Se pueden rectificar, salvo las marcas que estén en la cabeza del carril, donde se permite un máximo de 3 marcas por cada 40 m.

b) Marcas en frío

Las marcas en frío son huellas longitudinales o transversales formadas en frío.

La profundidad de la discontinuidad no debe superar:

- los 0,3 mm en la superficie de rodadura del carril y la parte inferior del patín;
- los 0,5 mm en el resto del carril.

NOTA Es difícil o imposible detectar en la vía fisuras por fatiga que se hayan iniciado o propagado desde la parte inferior del patín; por ello debería hacerse todo lo posible para evitar en esta zona marcas transversales en frío.

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

c) Deterioro microestructural de la superficie

Cualquier signo de deterioro microestructural de la superficie que dé como resultado martensita o fase blanca debe rectificarse, o bien, rechazarse el carril. La zona rectificada debe probarse sometiéndola a un ensayo de dureza apropiado. La dureza no debe superar en más de 50 HBW a la del material circundante.

9.4.2.2 Inspección y rectificación de las imperfecciones de superficie

a) Inspección general

Todos los carriles deben inspeccionarse visual o automáticamente en todas sus superficies en busca de imperfecciones. Todos los carriles deben cumplir con los criterios de aceptación especificados en el apartado 9.4.2.1. La rectificación o imperfecciones deben ser conformes al apartado 9.4.2.3.

b) Inspección automática

El carril debe inspeccionarse automáticamente en la parte inferior del patín y en la cabeza del carril (superficie de rodadura y laterales) en toda su extensión.

El equipo utilizado debe poder detectar imperfecciones artificiales en el lado inferior del patín con las dimensiones mostradas en la tabla 10. Para imperfecciones artificiales, se debe aplicar una tolerancia de $\pm 0,1$ mm.

Tabla 10 – Dimensiones de las imperfecciones de ensayo, en mm

Profundidad	Longitud	Anchura
1,0	20	0,5
1,5	10	0,5

Se admite que el aparato automático no controle una banda de 5 mm de la parte plana en el extremo del patín a cada lado.

9.4.2.3 Rectificación de las imperfecciones de superficie

Las imperfecciones que exceden los límites especificados en los apartados 9.4.2.1 a) y 9.4.2.1 b) se deben rectificar. Cualquier protuberancia que afecte al embridaje [véase 9.4.2.1 a)] debe rectificarse.

Si la profundidad de la imperfección no puede medirse, se debe investigar con un control de la profundidad, y se debe rectificar posteriormente siguiendo los criterios que figuran a continuación, utilizando una fresadora rotativa, un cepillo de púas o una cinta abrasiva, siempre y cuando la microestructura del carril no se vea afectada por la operación y los contornos del área de trabajo se difuminen.

La profundidad de la rectificación no debe ser mayor de:

- 0,35 mm para la superficie de rodadura del carril;
- 0,5 mm para el resto del carril.

No deben de existir más de tres defectos por cada 10 m de carril ni, en toda su longitud, más de un defecto por cada 10 m de carril, que hayan sido rectificadas o comprobados. Tras la rectificación, las tolerancias del perfil se deben ajustar a las de la tabla 7, y las tolerancias de regularidad de la superficie a las de la tabla 8.

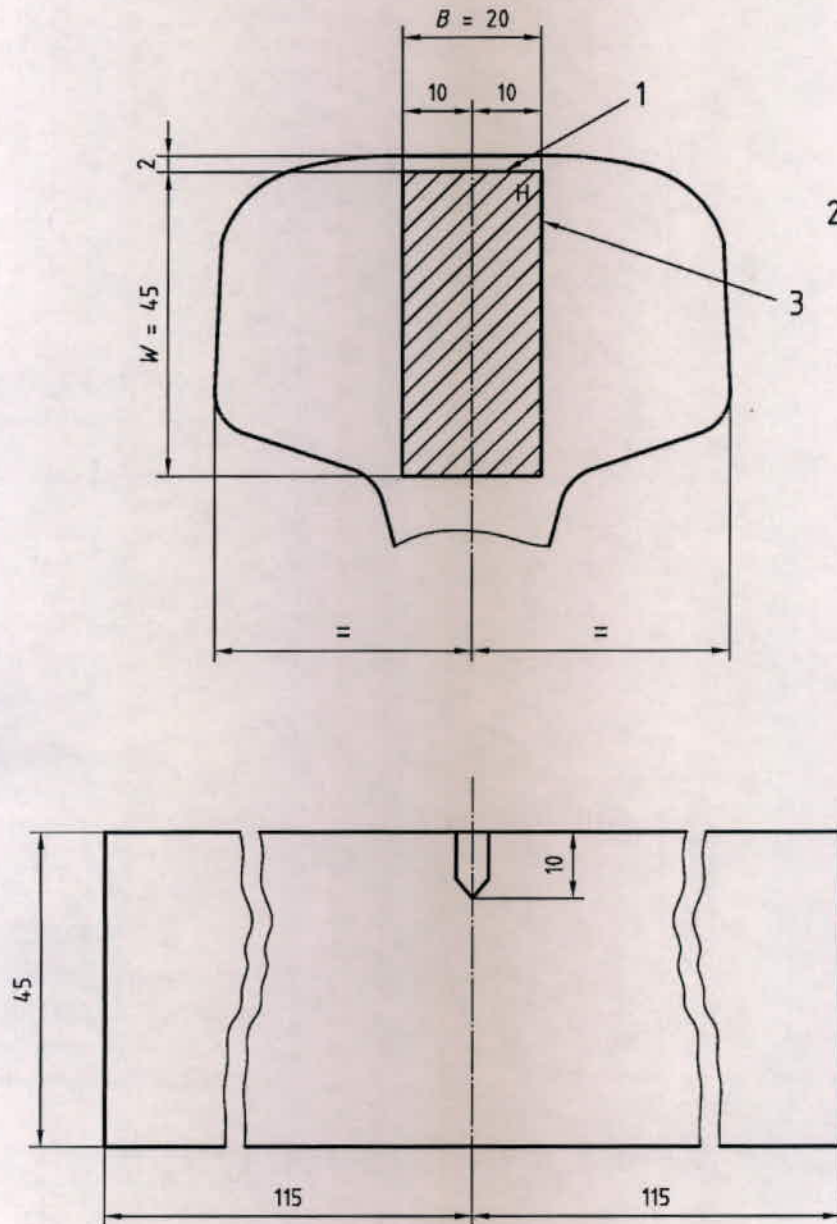
9.4.3 Comprobación del equipo de ensayos automático

Se debe utilizar un carril de calibración para ensayar el equipo a velocidad de producción al inicio y una vez cada 8 h de ensayo de un perfil particular.

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferrovial S.E.
LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Plant Control
Subgca. Infraestructura - TOR

Medidas en milímetros



Leyenda

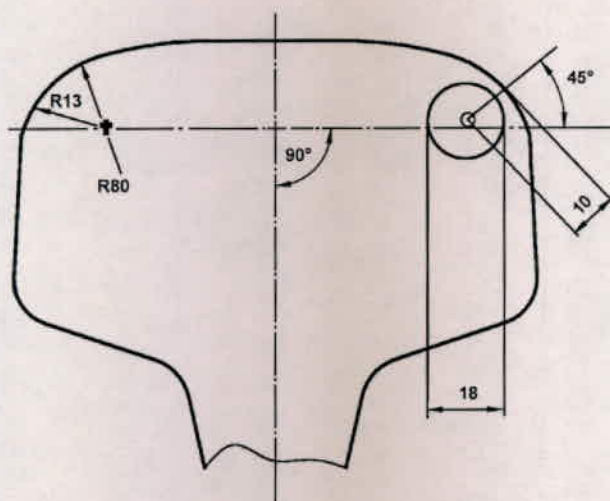
- 1 Entalladura mecanizada en esta cara
- 2 Sección de la cabeza del carril
- 3 La letra "H" tiene que estamparse en el extremo de la muestra como se indica

Figura 2 – Posición y dimensiones de muestras para la evaluación de propagación de grietas por fatiga

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

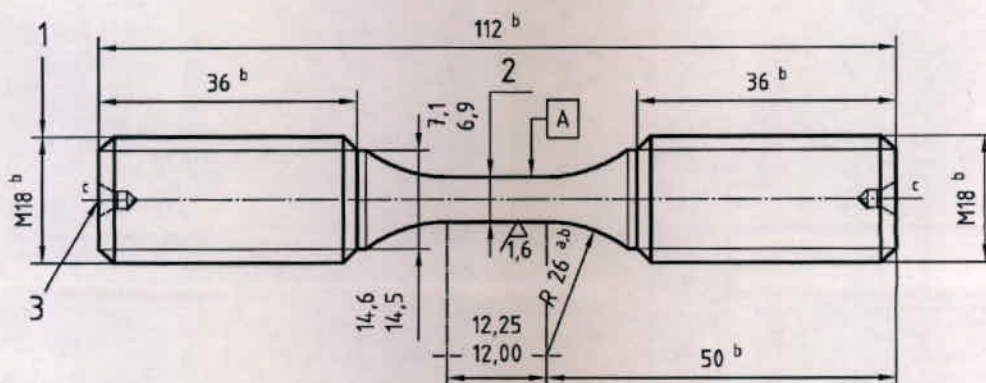
Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Todas las medidas en milímetros



† Punto de intersección de los radios $R13$ y $R80$ (perfil 60 E1)

○ Posición del centro de la probeta



Leyenda

- 1 Fileteado (en ambos extremos) concéntrico con $\varnothing A$ con una tolerancia de 0,005 mm. También se pueden utilizar diferentes formas (muestras sin fileteado).
- 2 Sección cilíndrica con tolerancia de 0,005 mm.
- 3 Taladro central.
- ^a El radio de 26 mm debe ser tangente al cilindro ('A') sin intersección ni saliente alguno.
- ^b La tolerancia genérica será de $\pm 0,2$ mm, salvo indicación en contra.
- ^c La probeta tiene que identificarse en cada extremo.

Figura 3 – Probeta para determinar la vida de inicio de la fatiga

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros

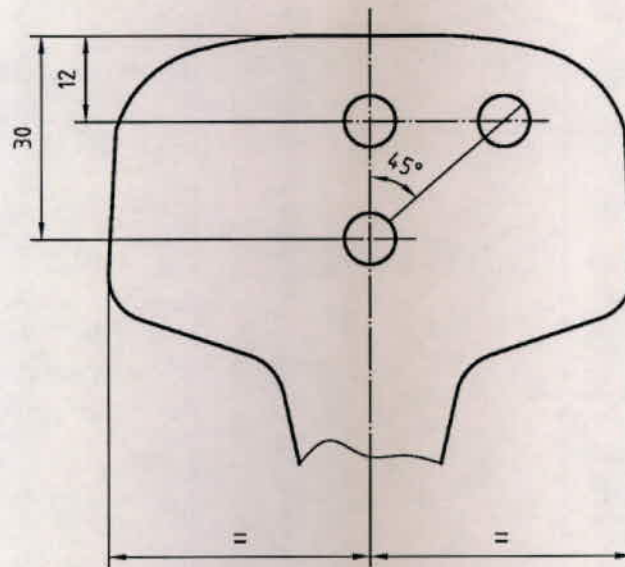
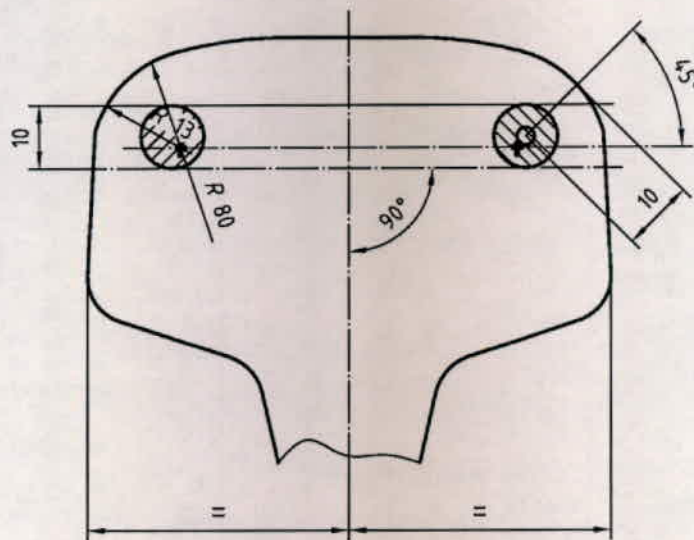


Figura 4 – Posición de las muestras en el carril para determinación total de oxígeno

Medidas en milímetros



Leyenda

- † Punto de intersección de los radios $R13$ y $R80$ (perfil 60E1)
- Posición del centro de la probeta para el ensayo de tracción
- ◐ Área de comprobación de microestructura

Figura 5 – Posición de la probeta para el ensayo de tracción y de los controles de microestructura

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Este documento forma parte de la biblioteca de CETREN

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR



← Superficie del carril

← Límite de la red continua de ferrita. Este ejemplo muestra la descarburación a una profundidad de 0,28 mm

Grados R200 y R220



← Superficie de carril

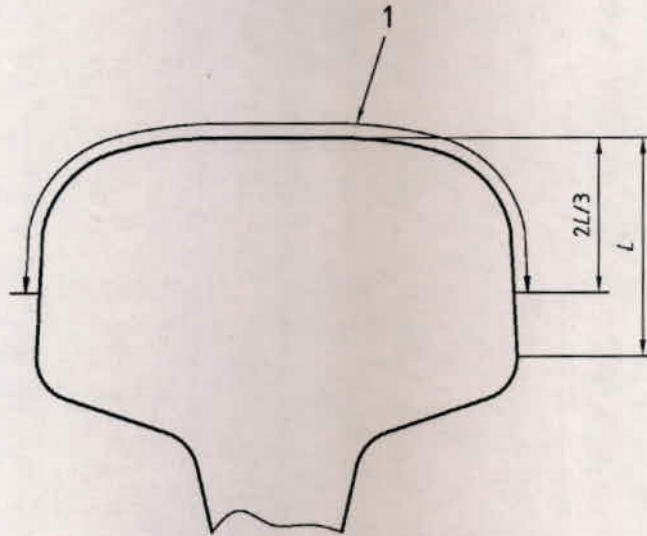
← Límite de la red continua de ferrita. Este ejemplo muestra la descarburación a una profundidad de 0,25 mm

Todos los grados excepto R200 y R220

Figura 6 – Micrografías (× 100) que muestran la profundidad de la descarburación admitida en la superficie del carril

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA BOCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

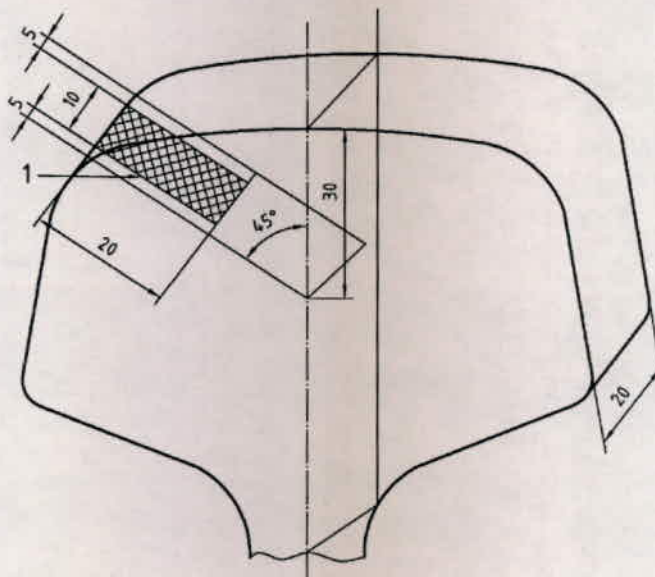


Leyenda

- 1 Los límites de descarburación se aplican a esta parte de la cabeza de carril.

Figura 7 – Zona de la cabeza de carril para controles de descarburación

Medidas en milímetros



Leyenda

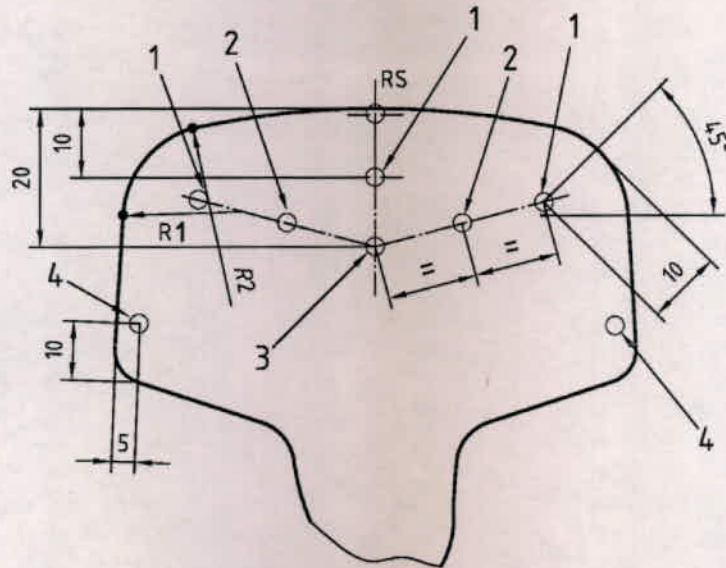
- 1 Cara a examinar

Figura 8 – Posición de la muestra para la evaluación de la pureza de inclusiones en la cabeza del carril

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

1, 2, 3 y 4 Situación de los puntos de ensayo de dureza (véase la tabla 6)

- Puntos exactos de intersección de radios

Figura 9 – Situación de puntos de ensayo de dureza

Medidas en milímetros

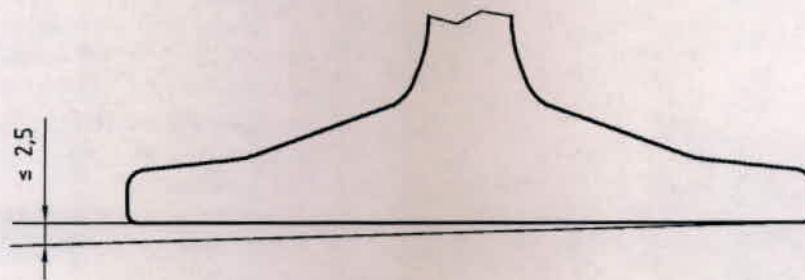
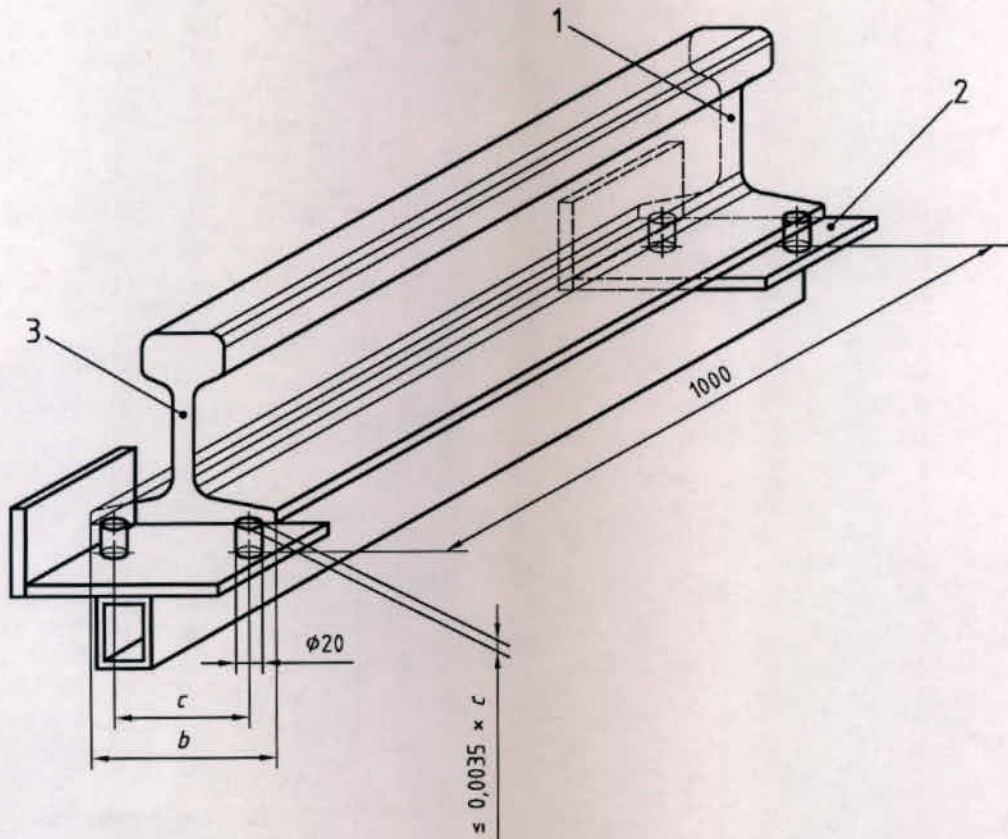


Figura 10 – Torsión del carril completo

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Genl. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA NOGA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Genl. Planif Control
 Subgcla. Infraestructura - LGR



Leyenda

- 1 Sección transversal a 1 m del extremo del carril
- 2 Gálibo
- 3 Sección transversal en el extremo del carril

NOTA La torsión relativa entre las secciones transversales en los extremos del carril y las secciones transversales a 1 m de cada extremo se debería medir con un gálibo específico (de 1 m de longitud), en cada extremo de carril, utilizando como referencias de medición determinados puntos bajo la superficie del patín, según los procedimientos de medición que se indican a continuación.

Medidas en milímetros

Anchura de patín <i>b</i>	Distancia entre contactos ^a <i>c</i>
$b < 130$	90
$130 \leq b < 150$	110
$b \geq 150$	130

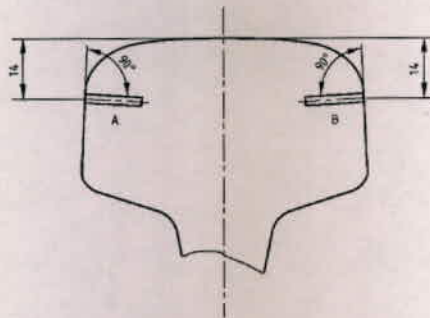
^a Diámetro de las superficies de contacto: 20 mm.

Figura 11 – Torsión en el extremo del carril

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros

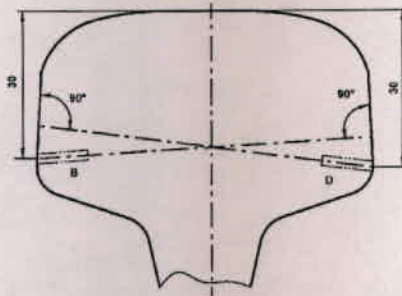


Leyenda

A, C Agujeros del fondo plano

NOTA Ambos agujeros de fondo plano tienen 2 mm de diámetro y están a 15 mm de profundidad.

Figura 12 a)

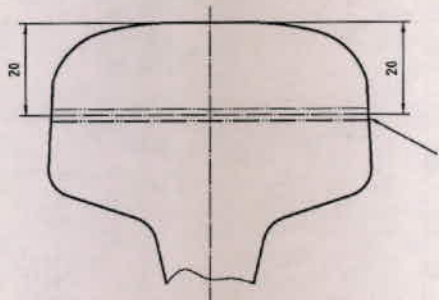


Leyenda

B, D Agujeros del fondo plano

NOTA Ambos agujeros de fondo plano tienen 2 mm de diámetro y están a 15 mm de profundidad.

Figura 12 b)



Leyenda

1. 2 mm de diámetro por el agujero.

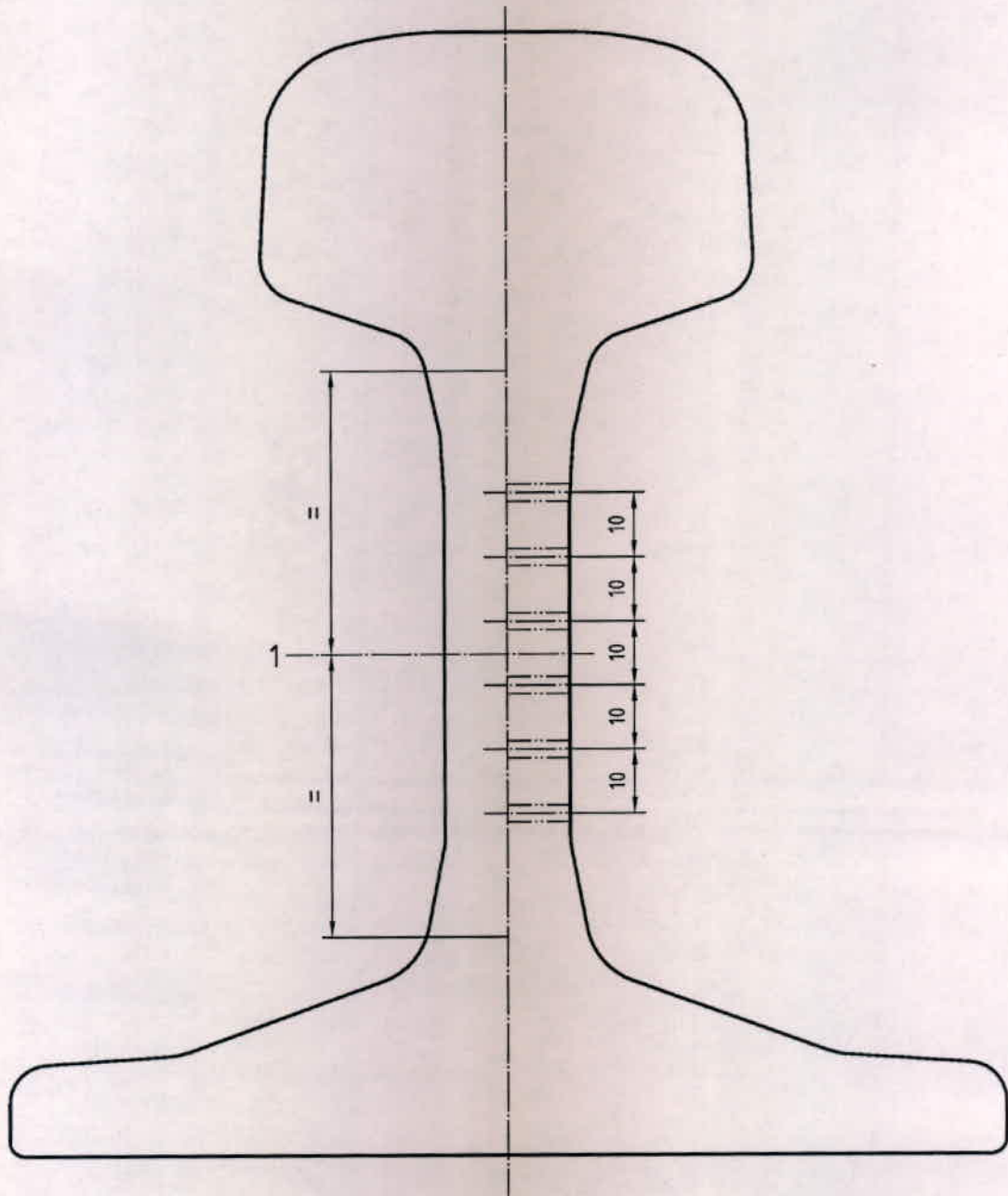
Figura 12 c)

Figura 12 – Localización de los defectos artificiales en la cabeza del carril de perfil 60E1

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subcía. Infraestructura - LGR

Todas las dimensiones se miden en milímetros desde el eje



Leyenda

1 Eje del alma

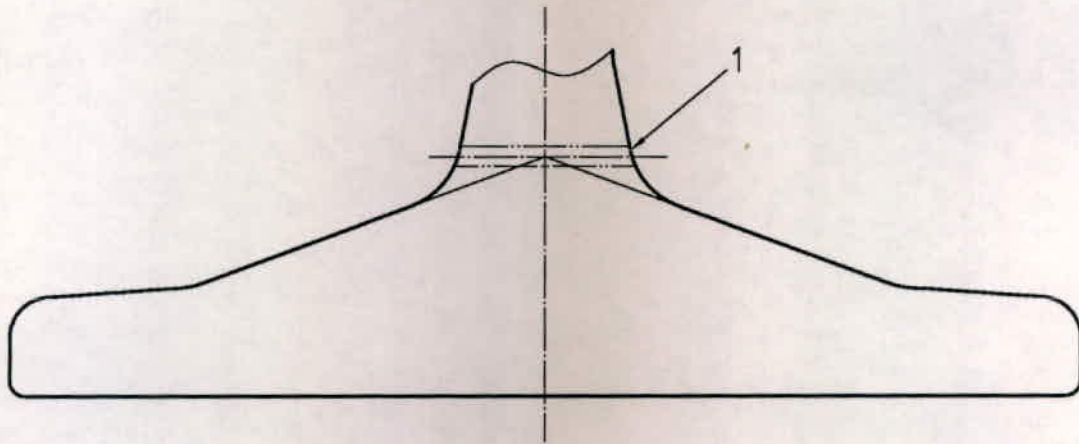
NOTA 1 Ambos agujeros de fondo plano tienen 2 mm de diámetro taladrados al eje del alma.

NOTA 2 Los agujeros de fondo pueden estar a $\pm 1^\circ$ de la horizontal.

Figura 13 – Localización de defectos artificiales en la cabeza de un carril de perfil 60E1

Ing. Luis Alberto Díaz
Coord. Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

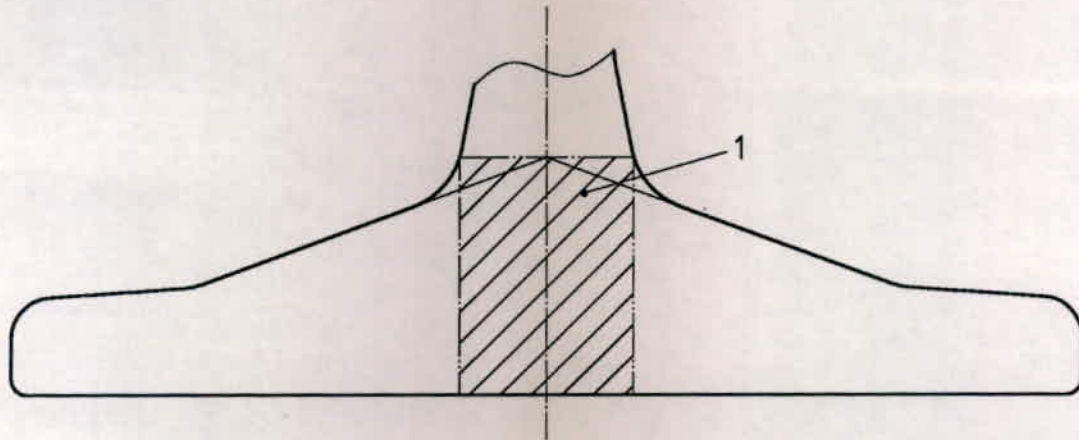
Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR



Leyenda

1 Perforación de 2 mm de diámetro


Figura 14 – Localización del defecto artificial en el patín de perfil 60E1

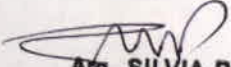


Leyenda

1 Área a ensayar

Figura 15 – Área a ensayar en el patín de perfil 60E1


Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA


Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR

ANEXO A (Normativo)

PERFILES DE CARRIL

Los perfiles de carril que se indican en la tabla A.1 son perfiles nuevos diseñados y dimensionados con precisión que se han desarrollado a partir de perfiles anteriores dimensionados con menor precisión. La tabla A.2 y la figura A.24 definen las referencias de transición.

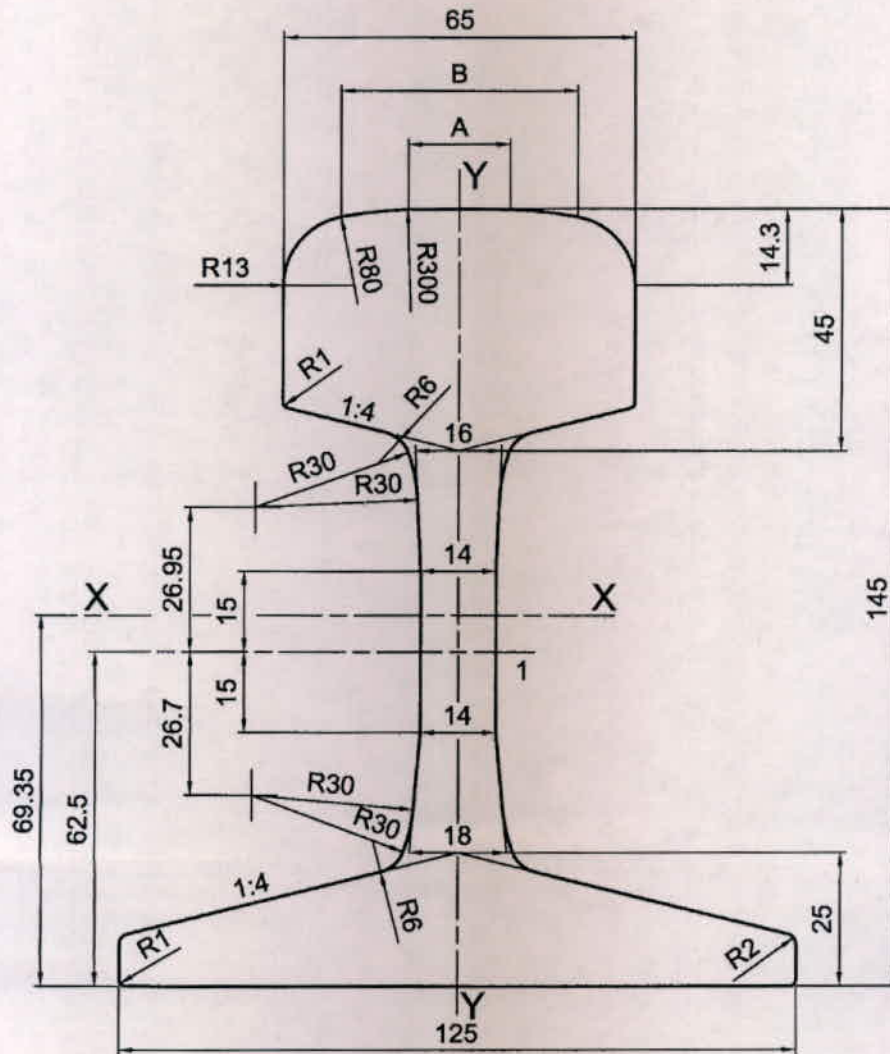
Tabla A.1 – Lista de perfiles y perfiles de carril anteriores

Figura N°	Perfil	Perfil anterior
A.1	46E1	SBB I
A.2	46E2	U33
A.3	46E3	NP 46
A.4	46E4	46 UNI
A.5	49E1	DIN S49
A.6	49E2	S49 T
A.7	49E5	-
A.8	50E1	U50E
A.9	50E2	50EB-T
A.10	50E3	BV 50
A.11	50E4	UIC 50
A.12	50E5	50 UNI
A.13	50E6	U 50
A.14	52E1	52 RATP
A.15	54E1	UIC 54
A.16	54E2	UIC 54 E
A.17	54E3	DIN S54
A.18	54E4	
A.19	54E5	54E1AHC
A.20	55E1	U55
A.21	56E1	BS 113lb BR Variant
A.22	60E1	UIC 60
A.23	60E2	-

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA BOCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

- 1 Eje del marcado en relieve
- Área de la sección transversal : 58,82 cm²
- Masa lineal : 46,17 kg/m
- Momento de inercia vertical (eje x-x) : 1 641,1 cm⁴
- Módulo resistente - Cabeza : 217 cm³
- Módulo resistente - Patín : 236,6 cm³
- Momento de inercia horizontal (eje y-y) : 298,2 cm⁴
- Módulo resistente horizontal (eje y-y) : 47,7 cm³

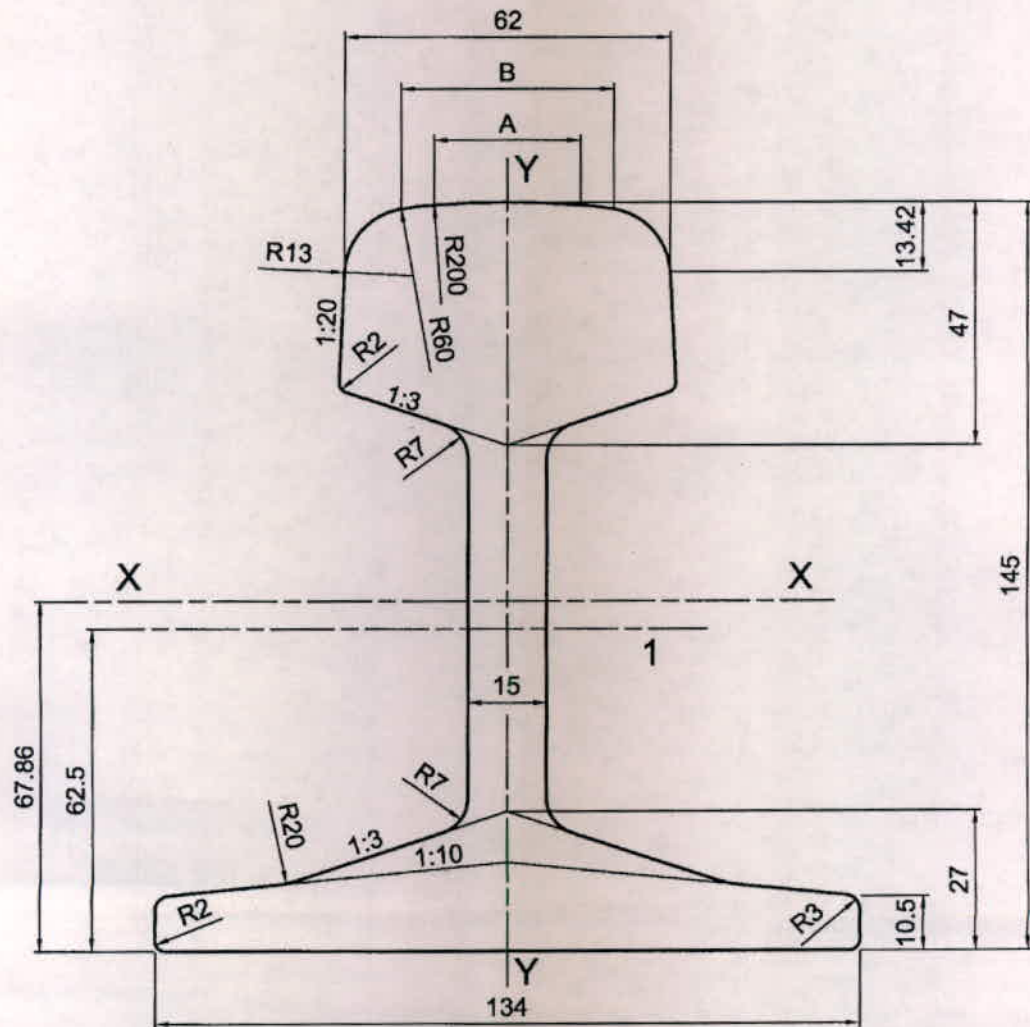
Dimensiones indicativas: A = 18,881 mm
B = 43,881 mm

Figura A.1 – Perfil de carril 46E1

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Plant Control
Subcls. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

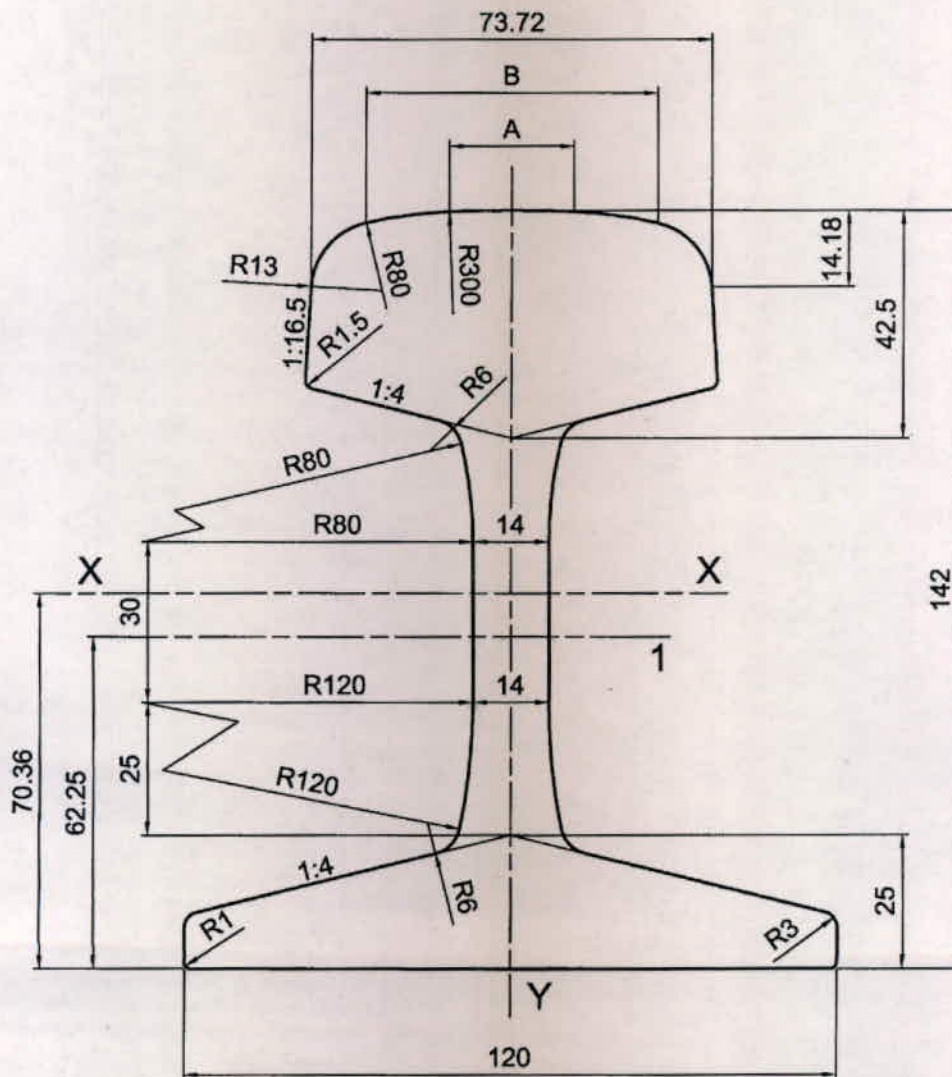
1	Eje del marcado en relieve		
	Área de la sección transversal	: 58,94	cm ²
	Masa lineal	: 46,27	kg/m
	Momento de inercia vertical (eje x-x)	: 1 642,7	cm ⁴
	Módulo resistente - Cabeza	: 213	cm ³
	Módulo resistente - Patín	: 242,1	cm ³
	Momento de inercia horizontal (eje y-y)	: 329,3	cm ⁴
	Módulo resistente horizontal (eje y-y)	: 49,1	cm ³
	Dimensiones indicativas:	A = 27,946 mm	
		B = 40,588 mm	

Figura A.2 – Perfil de carril 46E2

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Via
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

1 Eje del marcado en relieve

Área de la sección transversal	:	59,44	cm ²
Masa lineal	:	46,66	kg/m
Momento de inercia vertical (eje x-x)	:	1 605,9	cm ⁴
Módulo resistente - Cabeza	:	224,2	cm ³
Módulo resistente - Patín	:	228,2	cm ³
Momento de inercia horizontal (eje y-y)	:	307,5	cm ⁴
Módulo resistente horizontal (eje y-y)	:	51,3	cm ³

Dimensiones indicativas: A = 23,015 mm
B = 53,761 mm

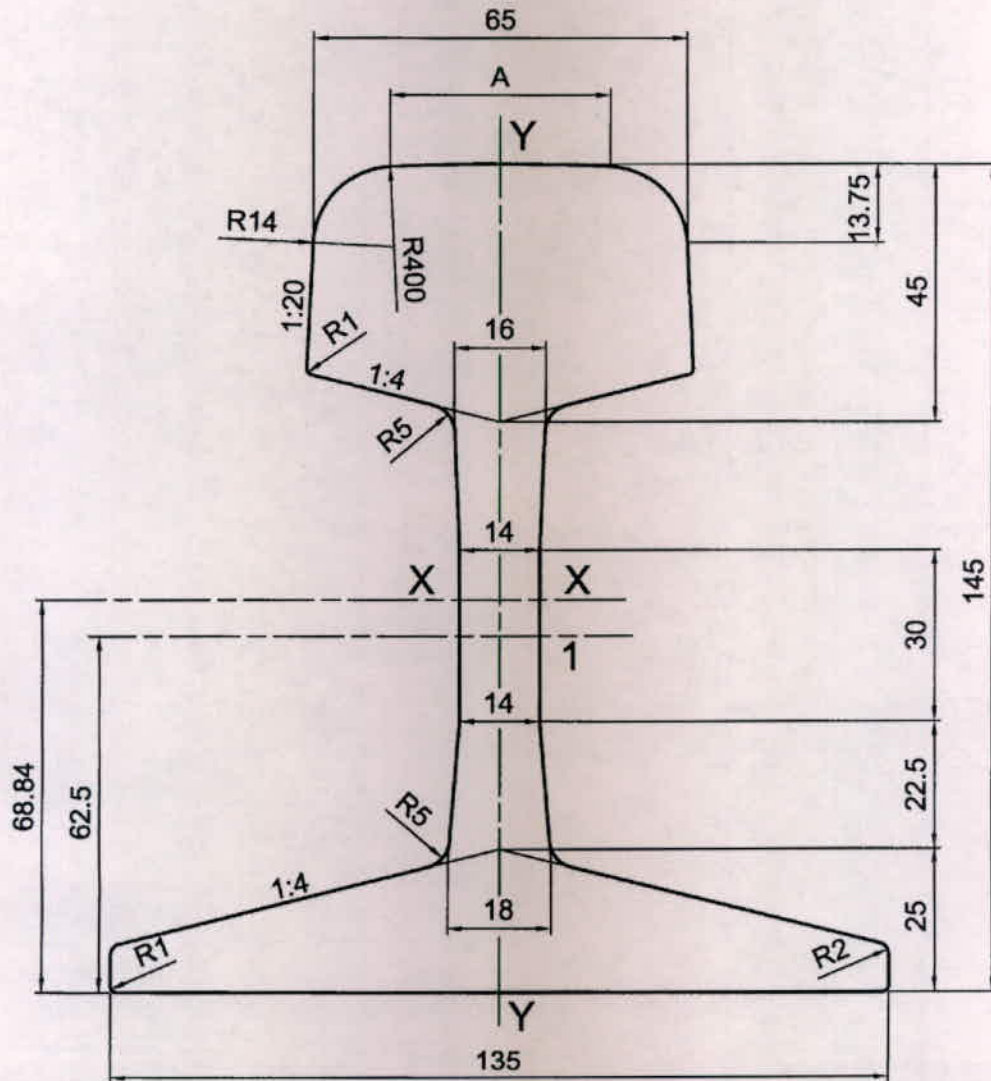
Figura A.3 – Perfil de carril 46E3

Este documento forma parte de la biblioteca de CETREN

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferrocarril S.E.
LINEA ROSA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura -LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

1	Eje del marcado en relieve	
Área de la sección transversal	: 59,78	cm ²
Masa lineal	: 46,9	kg/m
Momento de inercia vertical (eje x-x)	: 1 688	cm ⁴
Módulo resistente-Cabeza	: 221,6	cm ³
Módulo resistente-Patín	: 245,2	cm ³
Momento de inercia horizontal (eje y-y)	: 338,6	cm ⁴
Módulo resistente horizontal (eje y-y)	: 50,2	cm ³
Dimensiones indicativas: A = 38,378 mm		

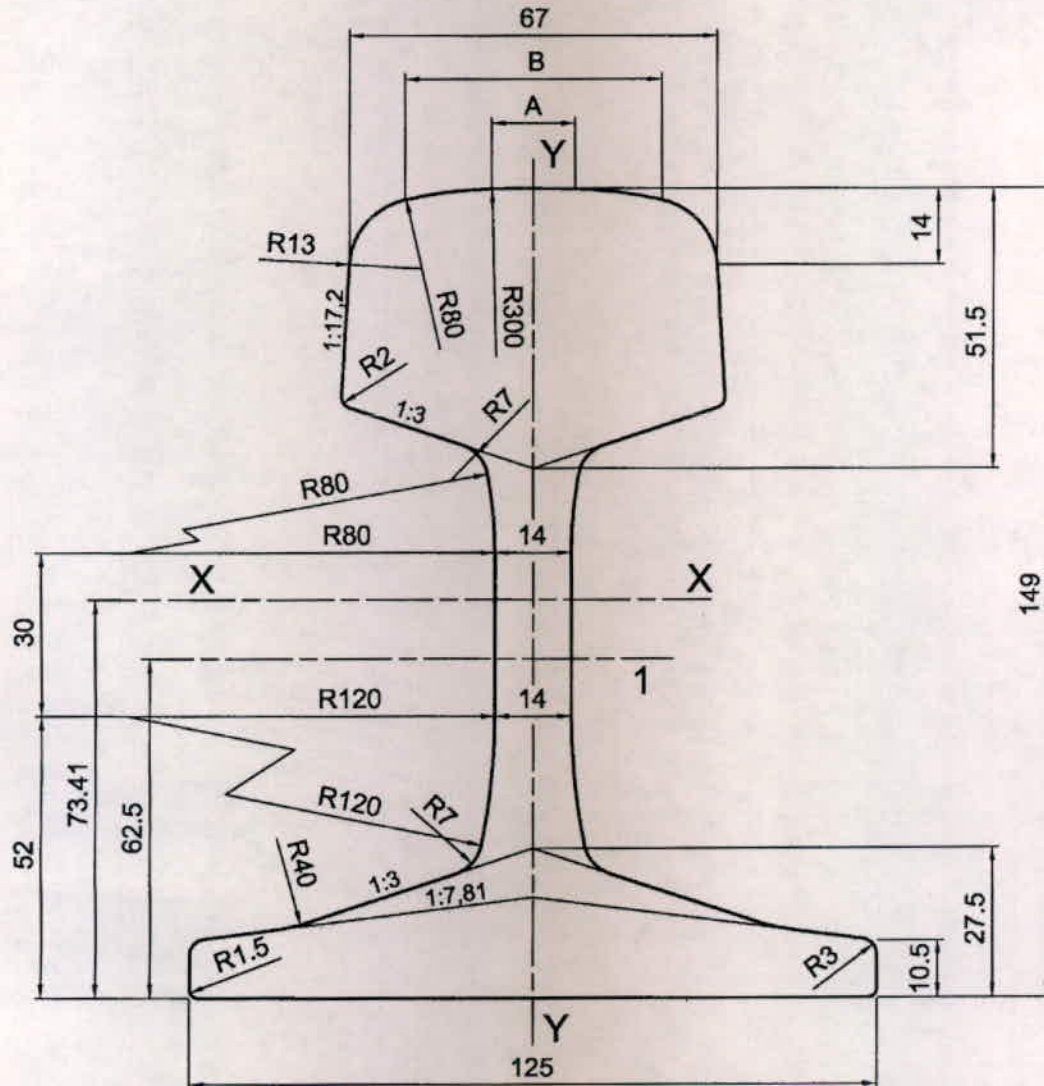
Figura A.4 – Perfil de carril 46E4

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Este documento forma parte de la biblioteca de CETREN

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

1	Eje del marcado en relieve	
Área de la sección transversal	: 62,92	cm ²
Masa lineal	: 49,39	kg/m
Momento de inercia vertical (eje x-x)	: 1.816	cm ⁴
Módulo resistente-Cabeza	: 240,3	cm ³
Módulo resistente-Patin	: 247,5	cm ³
Momento de inercia horizontal (eje y-y)	: 319,1	cm ⁴
Módulo resistente horizontal (eje y-y)	: 51,0	cm ³

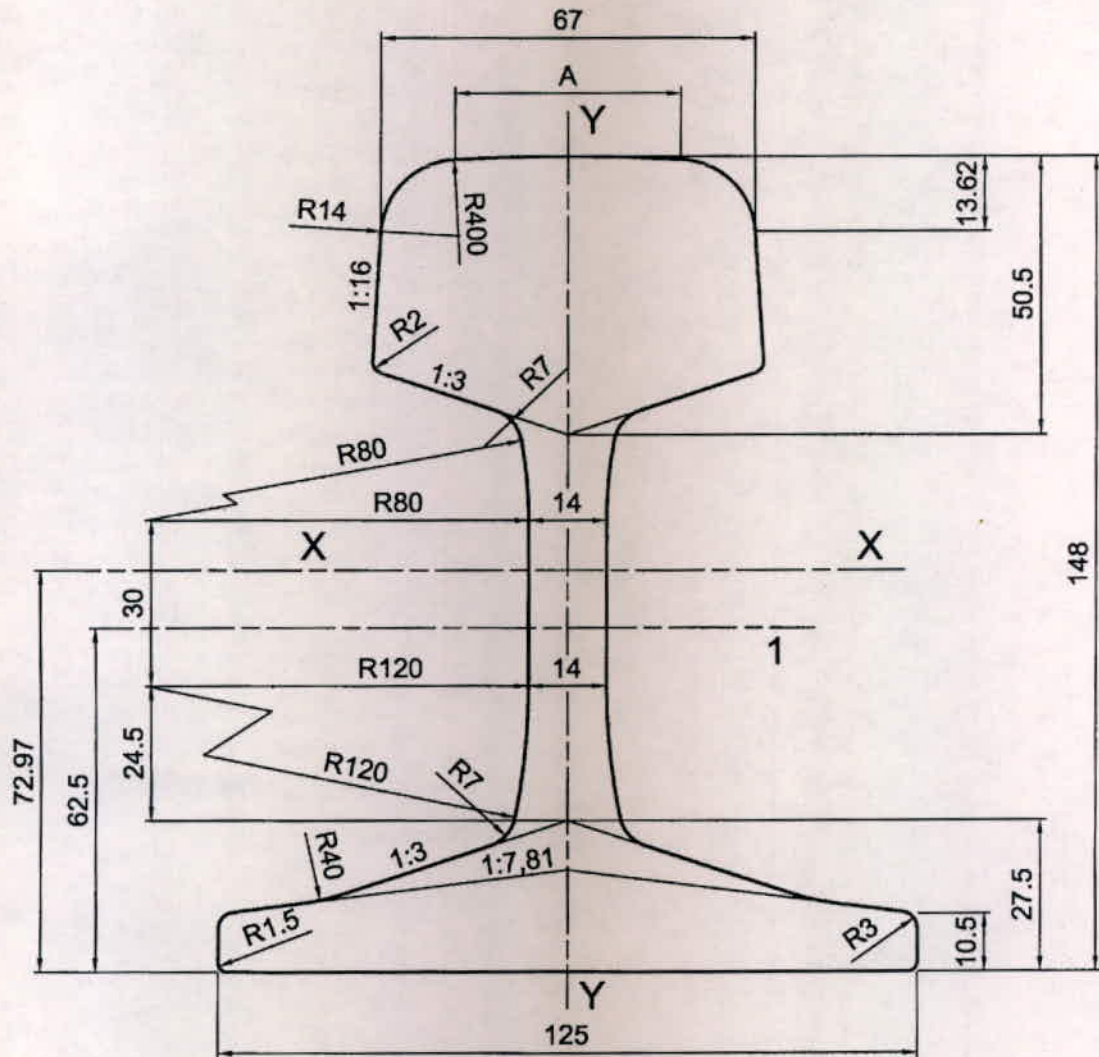
Dimensiones indicativas: A = 15,267 mm
B = 46,835 mm

Figura A.5 – Perfil de carril 49 E1

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

1 Eje del marcado en relieve

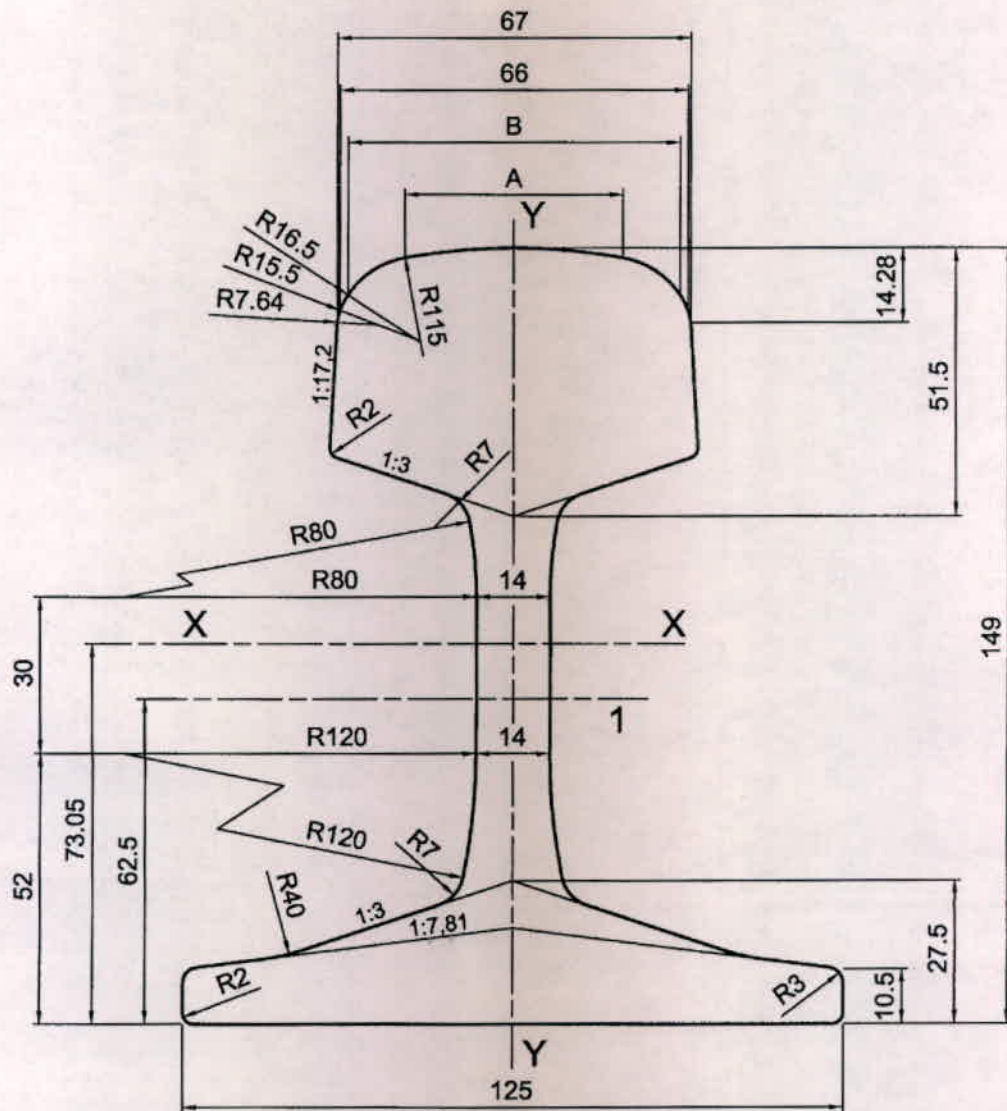
Área de la sección transversal	:	62,55	cm ²
Masa lineal	:	49,10	kg/m
Momento de inercia vertical (eje x-x)	:	1 796,3	cm ⁴
Módulo resistente-Cabeza	:	239,4	cm ³
Módulo resistente-Patin	:	246,2	cm ³
Momento de inercia horizontal (eje y-y)	:	318,4	cm ⁴
Módulo resistente horizontal (eje y-y)	:	50,9	cm ³
Dimensiones indicativas: A = 40,471 mm			

Figura A.6 – Perfil de carril 49E2

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgcs. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

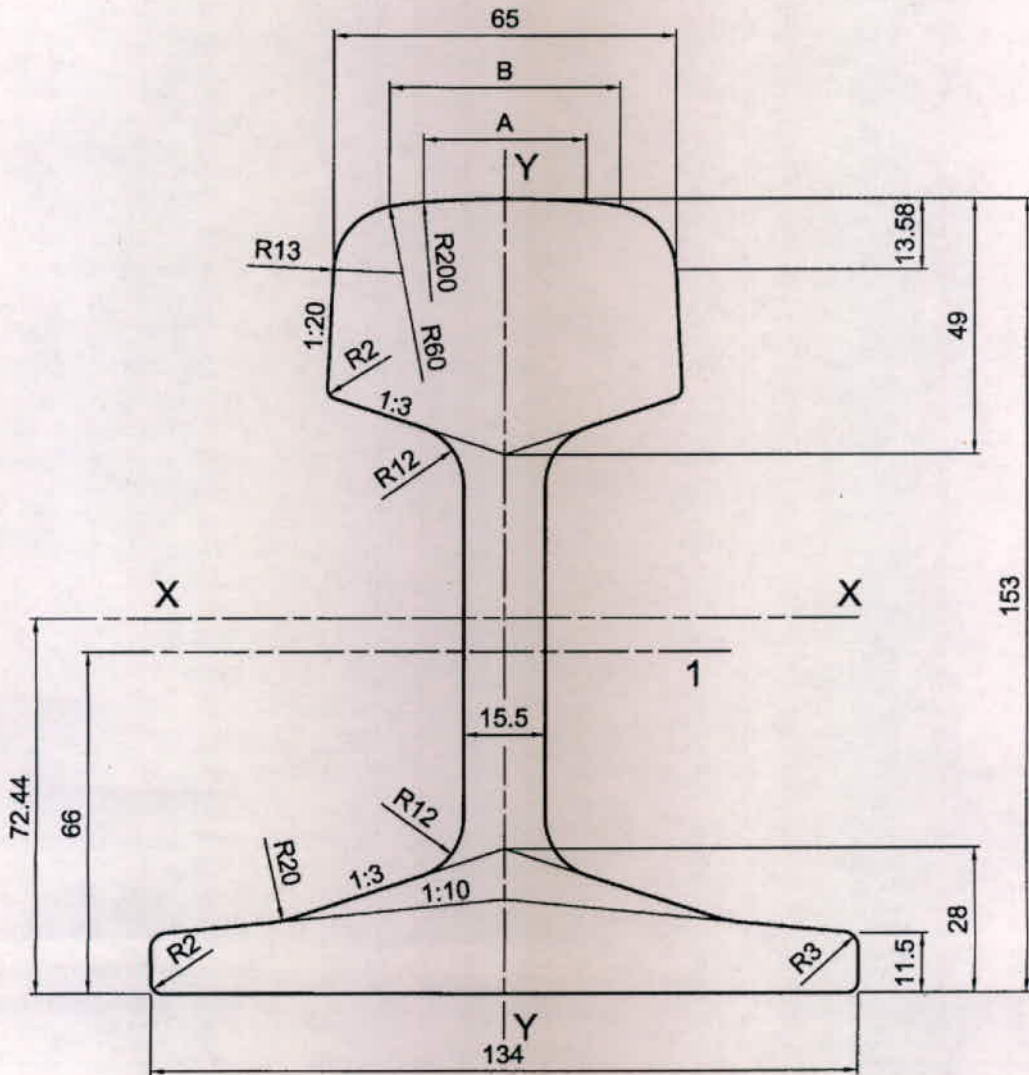
1	Eje del marcado en relieve		
	Área de la sección transversal	: 62,59	cm ²
	Masa lineal	: 49,13	kg/m
	Momento de inercia vertical (eje x-x)	: 1 799,7	cm ⁴
	Módulo resistente-Cabeza	: 237,0	cm ³
	Módulo resistente-Patín	: 246,4	cm ³
	Momento de inercia horizontal (eje y-y)	: 316,7	cm ⁴
	Módulo resistente horizontal (eje y-y)	: 50,7	cm ³
	Dimensiones indicativas:	A = 41,342 mm	
		B = 62,980 mm	

Figura A.7 – Perfil de carril 49E5

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA BOCA

Arg. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

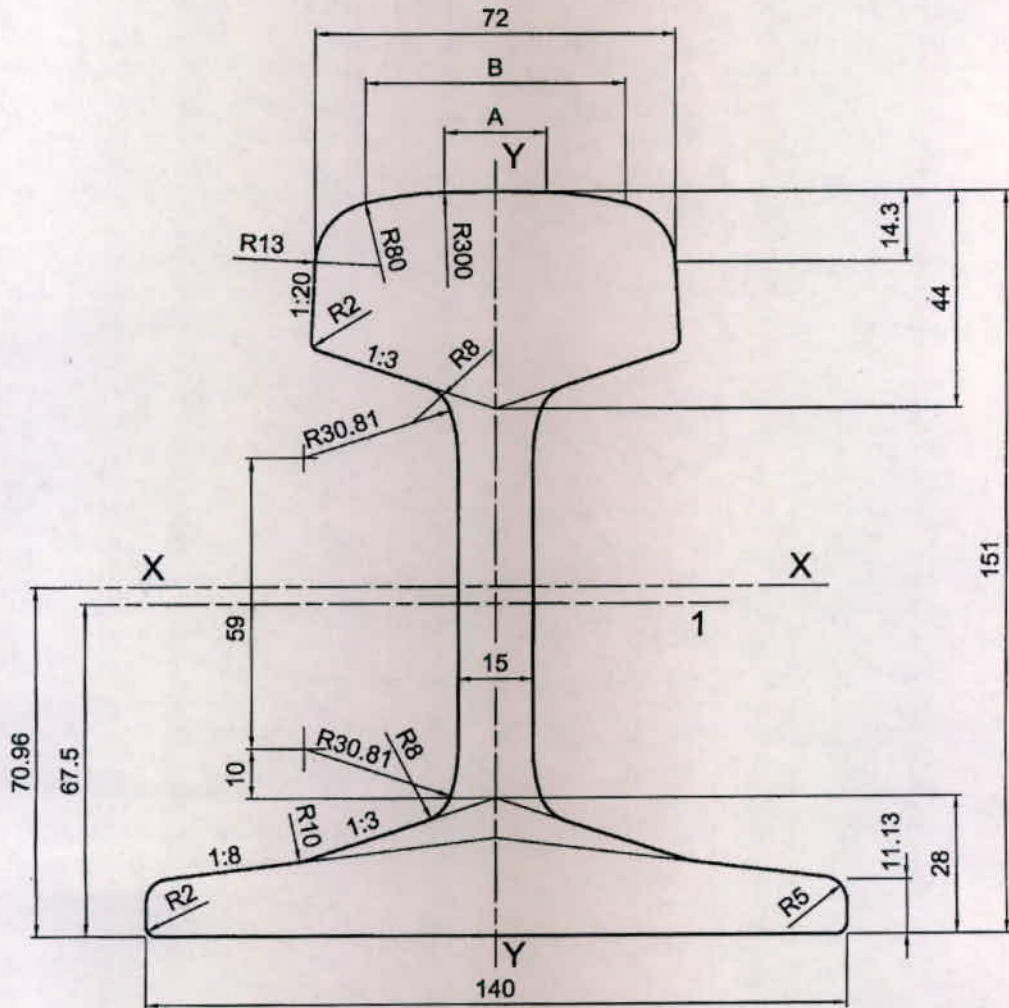
1	Eje del marcado en relieve		
	Área de la sección transversal	: 64,16	cm ²
	Masa lineal	: 50,37	kg/m
	Momento de inercia vertical (eje x-x)	: 1 987,8	cm ⁴
	Módulo resistente - Cabeza	: 246,7	cm ³
	Módulo resistente - Patín	: 274,4	cm ³
	Momento de inercia horizontal (eje y-y)	: 365	cm ⁴
	Módulo resistente horizontal (eje y-y)	: 54,5	cm ³
	Dimensiones indicativas:	A = 30,942 mm	
		B = 43,838 mm	

Figura A.8 – Perfil de carril 50E1

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Arg. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgcla. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

1	Eje del marcado en relieve		
	Área de la sección transversal	: 63,65	cm ²
	Masa lineal	: 49,97	kg/m
	Momento de inercia vertical (eje x-x)	: 1 988,8	cm ⁴
	Módulo resistente - Cabeza	: 248,5	cm ³
	Módulo resistente - Patín	: 280,3	cm ³
	Momento de inercia horizontal (eje y-y)	: 408,4	cm ⁴
	Módulo resistente horizontal (eje y-y)	: 58,3	cm ³

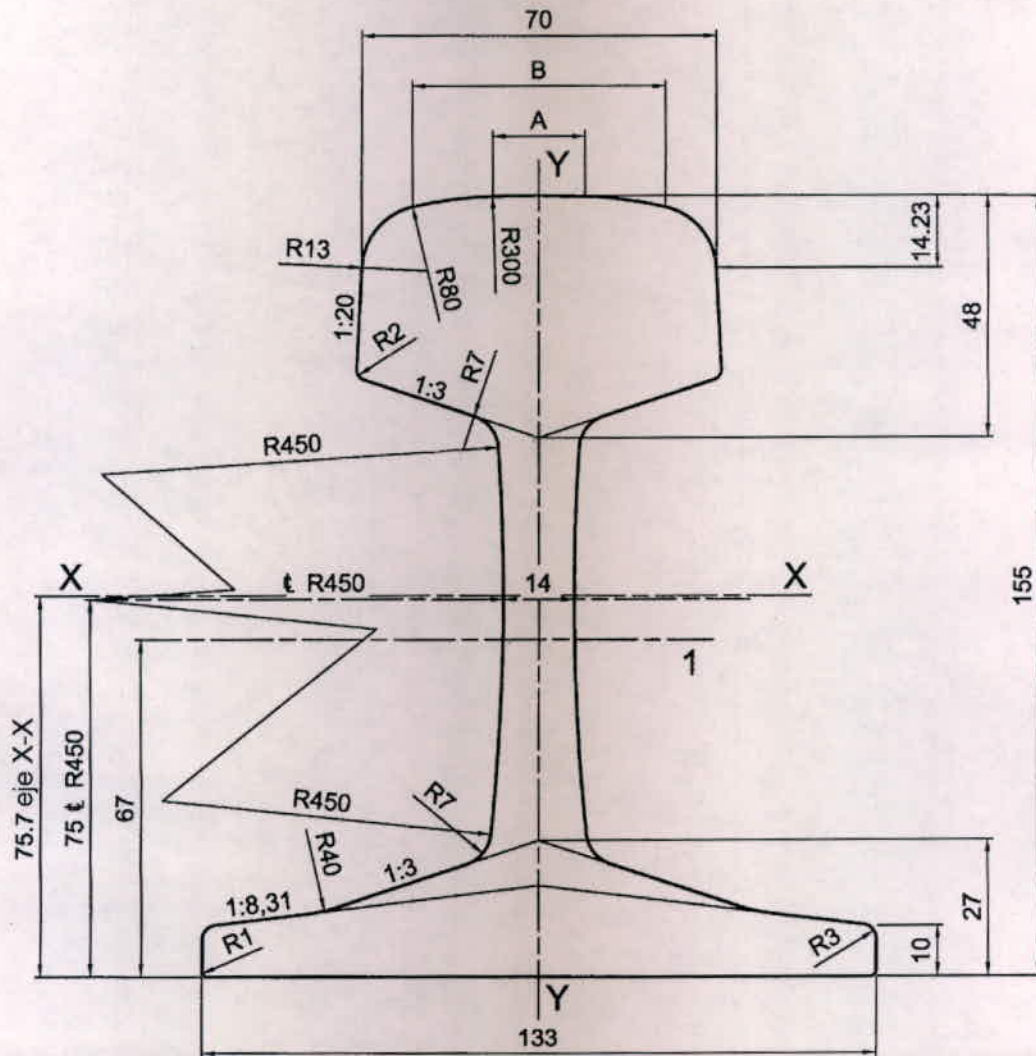
Dimensiones indicativas: A = 20,456 mm
B = 52,053 mm

Figura A.9 – Perfil de carril 50E2

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA RUSA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgcs. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

1	Eje del marcado en relieve		
	Área de la sección transversal	: 63,71	cm ²
	Masa lineal	: 50,02	kg/m
	Momento de inercia vertical (eje x-x)	: 2 057,8	cm ⁴
	Módulo resistente - Cabeza	: 259,5	cm ³
	Módulo resistente - Patín	: 271,8	cm ³
	Momento de inercia horizontal (eje y-y)	: 351,3	cm ⁴
	Módulo resistente horizontal (eje y-y)	: 52,8	cm ³

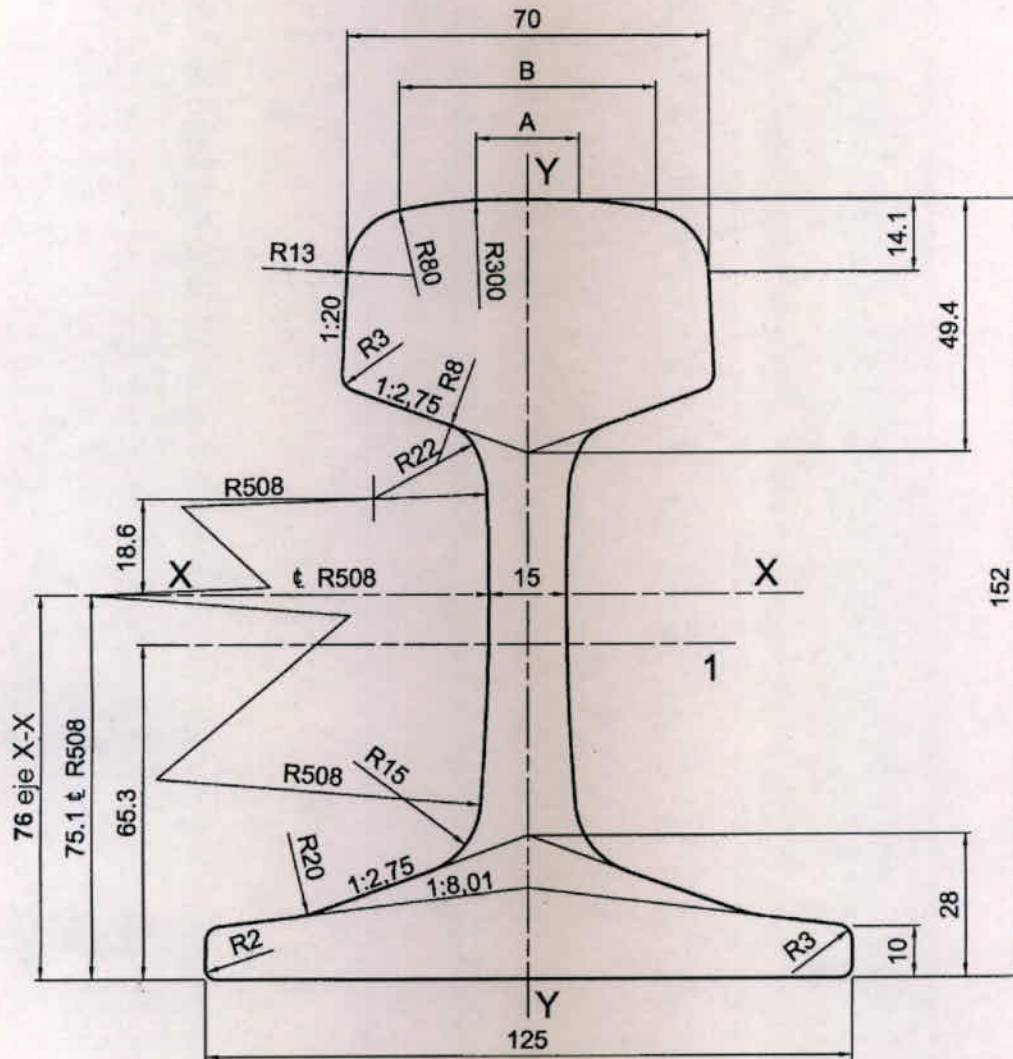
Dimensiones indicativas: A = 18,233 mm
B = 49,982 mm

Figura A.10 – Perfil de carril 50E3

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.S.
LINEA RUCA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

1	Eje del marcado en relieve	
Área de la sección transversal	:	63,91 cm ²
Masa lineal	:	50,17 kg/m
Momento de inercia vertical (eje x-x)	:	1 931 cm ⁴
Módulo resistente-Cabeza	:	251,4 cm ³
Módulo resistente-Patin	:	256,8 cm ³
Momento de inercia horizontal (eje y-y)	:	314,7 cm ⁴
Módulo resistente horizontal (eje y-y)	:	50,4 cm ³

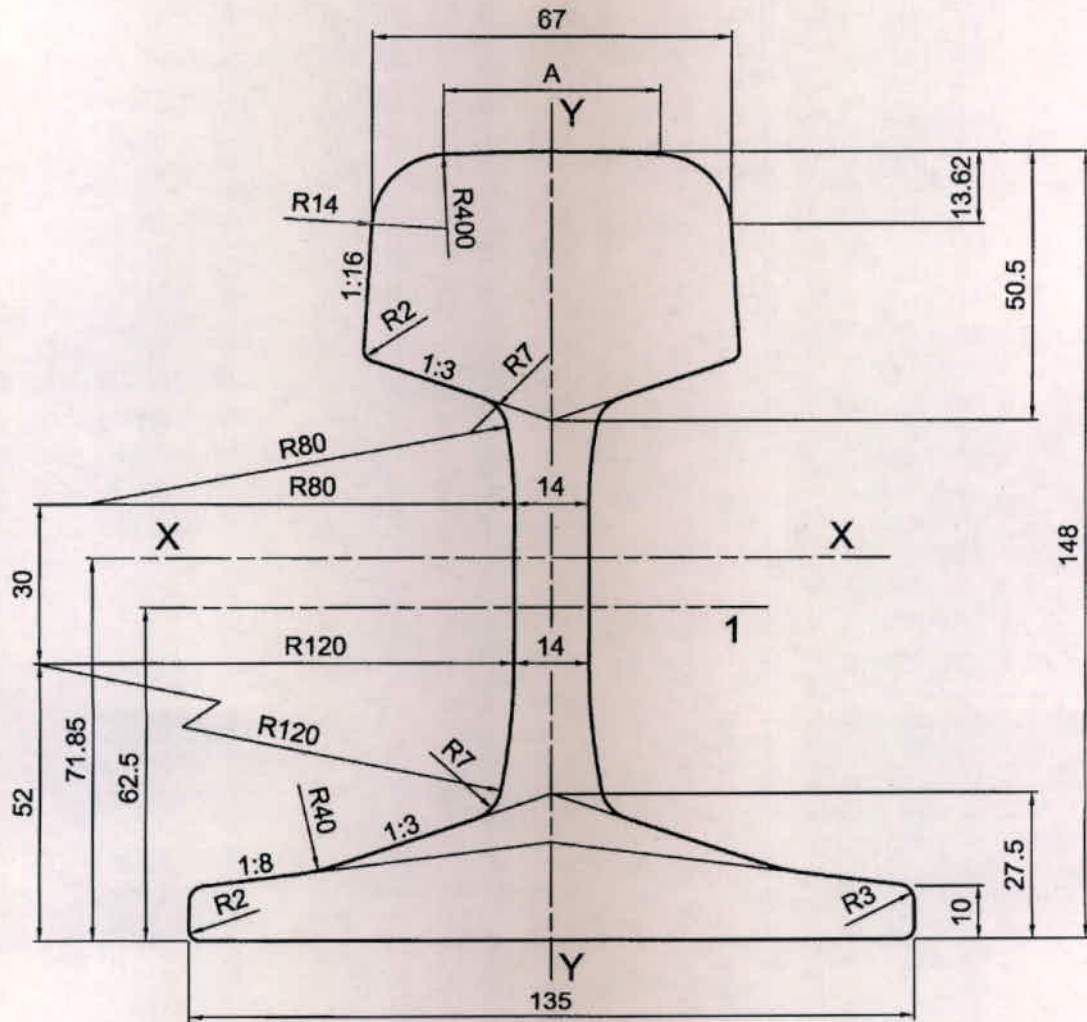
Dimensiones indicativas: A = 20,025 mm
B = 49,727 mm

Figura A.11 – Perfil de carril 50E4

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA NOGA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgcia. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

1	Eje del marcado en relieve	
Área de la sección transversal	:	63,62 cm ²
Masa lineal	:	49,9 kg/m
Momento de inercia vertical (eje x-x)	:	1 844 cm ⁴
Módulo resistente - Cabeza	:	242,1 cm ³
Módulo resistente - Patín	:	256,6 cm ³
Momento de inercia horizontal (eje y-y)	:	362,4 cm ⁴
Módulo resistente horizontal (eje y-y)	:	53,7 cm ³

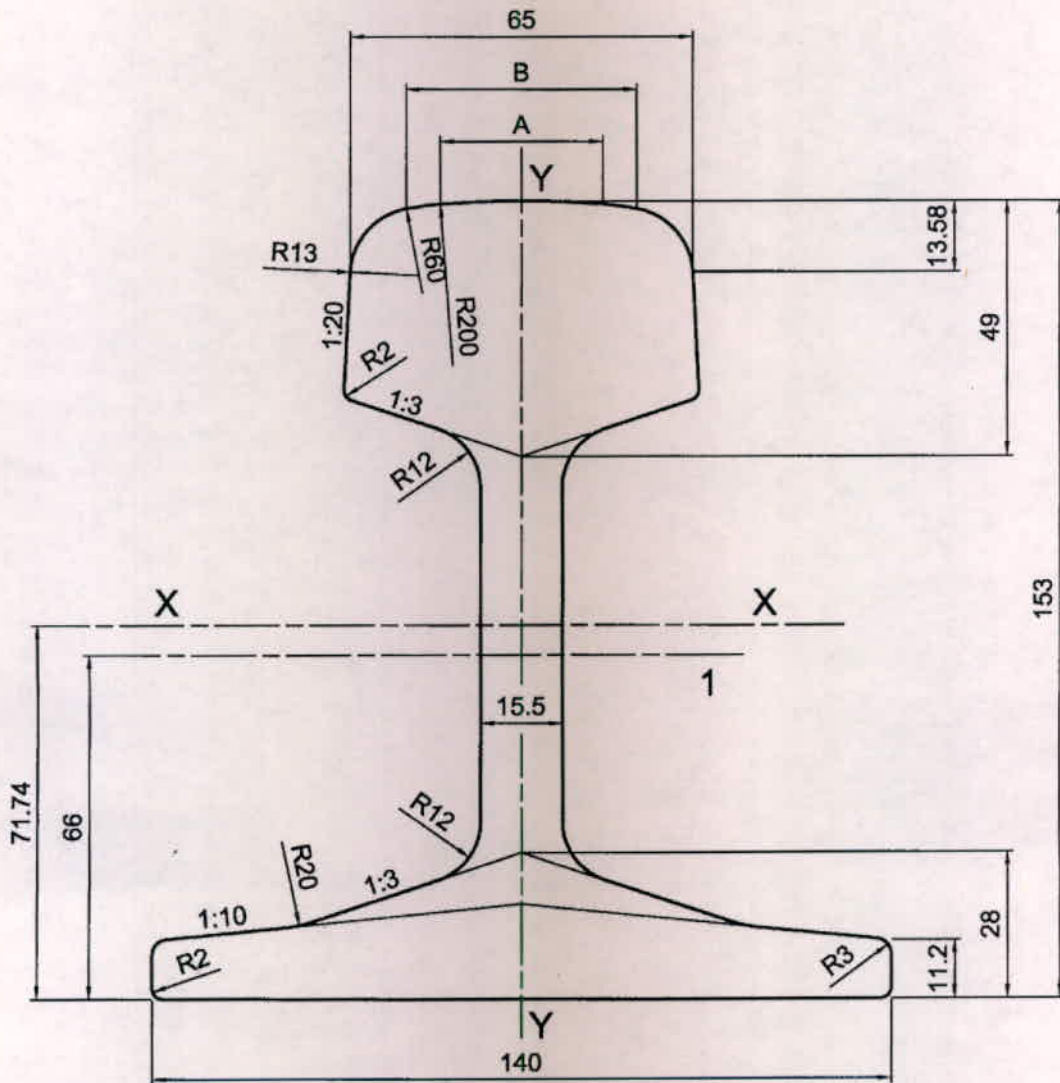
Dimensiones indicativas: A = 40,471 mm

Figura A.12 – Perfil de carril 50E5

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

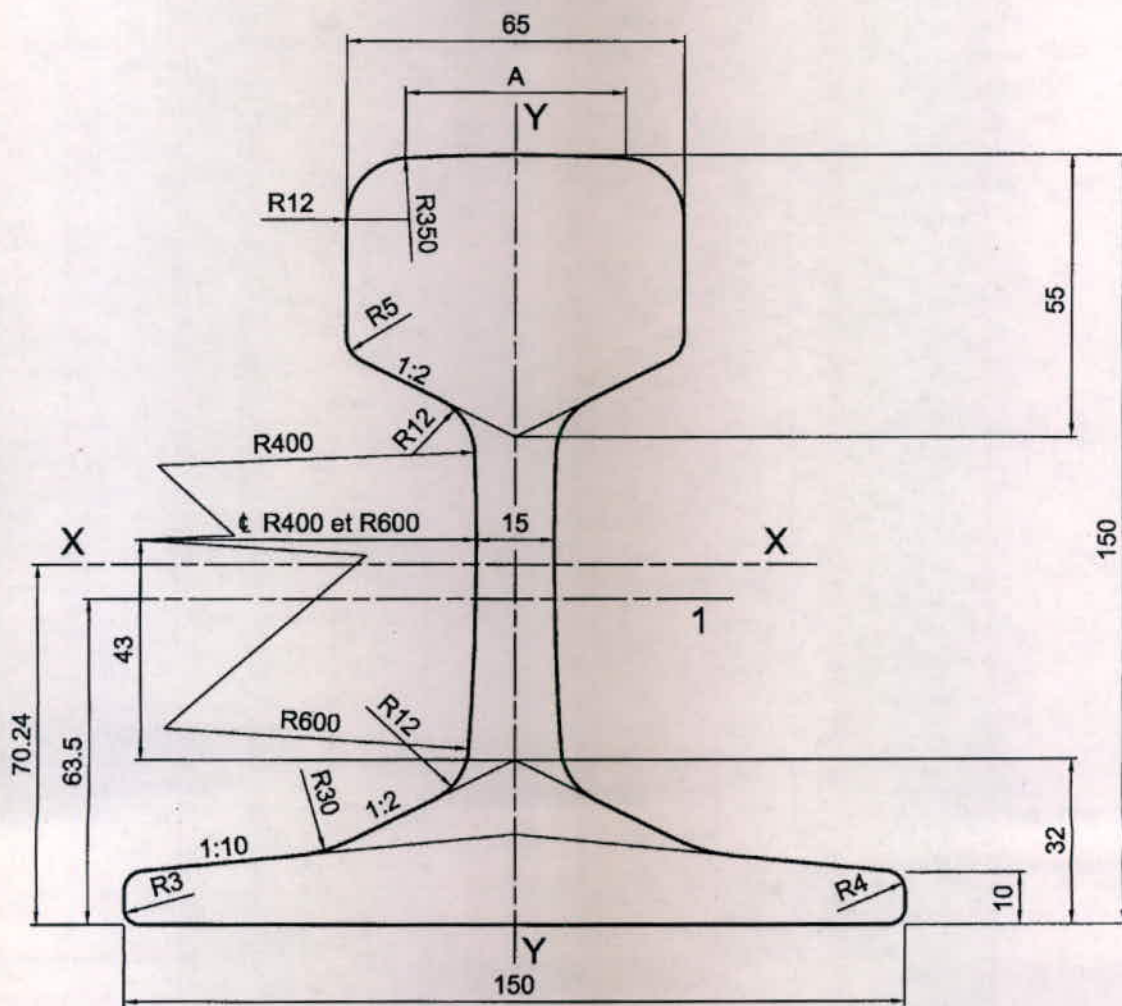
1	Eje del marcado en relieve	
	Área de la sección transversal	: 64,84 cm ²
	Masa lineal	: 50,90 kg/m
	Momento de inercia vertical (eje x-x)	: 2 017,8 cm ⁴
	Módulo resistente - Cabeza	: 248,3 cm ³
	Módulo resistente - Patín	: 281,3 cm ³
	Momento de inercia horizontal (eje y-y)	: 396,8 cm ⁴
	Módulo resistente horizontal (eje y-y)	: 56,7 cm ³
	Dimensiones indicativas:	A = 30,942 mm
		B = 43,838 mm

Figura A.13 – Perfil de carril 50E6

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA NÚMERO

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

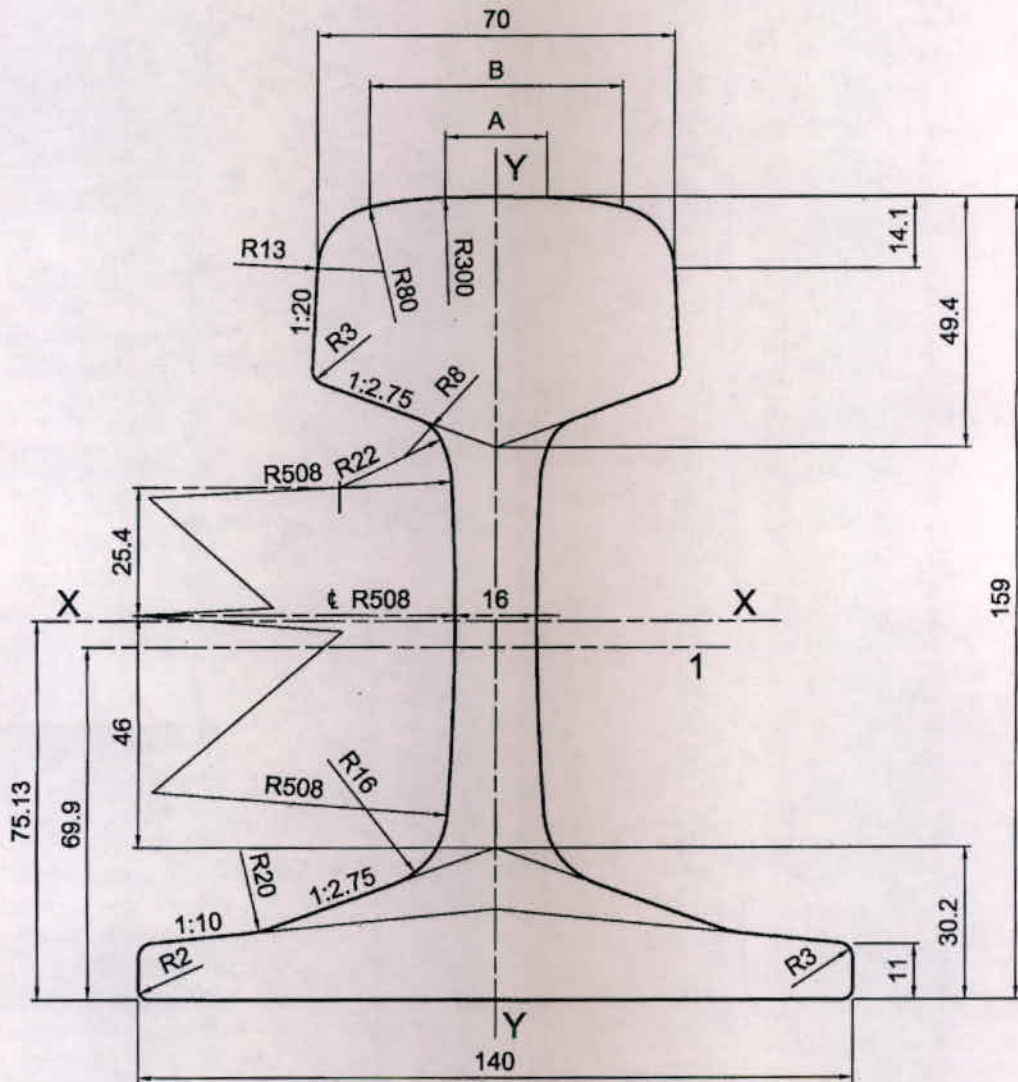
I	Eje del marcado en relieve	
	Área de la sección transversal	: 66,43 cm ²
	Masa lineal	: 52,15 kg/m
	Momento de inercia vertical (eje x-x)	: 1 970,9 cm ⁴
	Módulo resistente-Cabeza	: 247,1 cm ³
	Módulo resistente-Patín	: 280,6 cm ³
	Momento de inercia horizontal (eje y-y)	: 434,2 cm ⁴
	Módulo resistente horizontal (eje y-y)	: 57,9 cm ³
	Dimensiones indicativas:	A = 42,456 mm

Figura A.14 – Perfil de carril 52E1

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

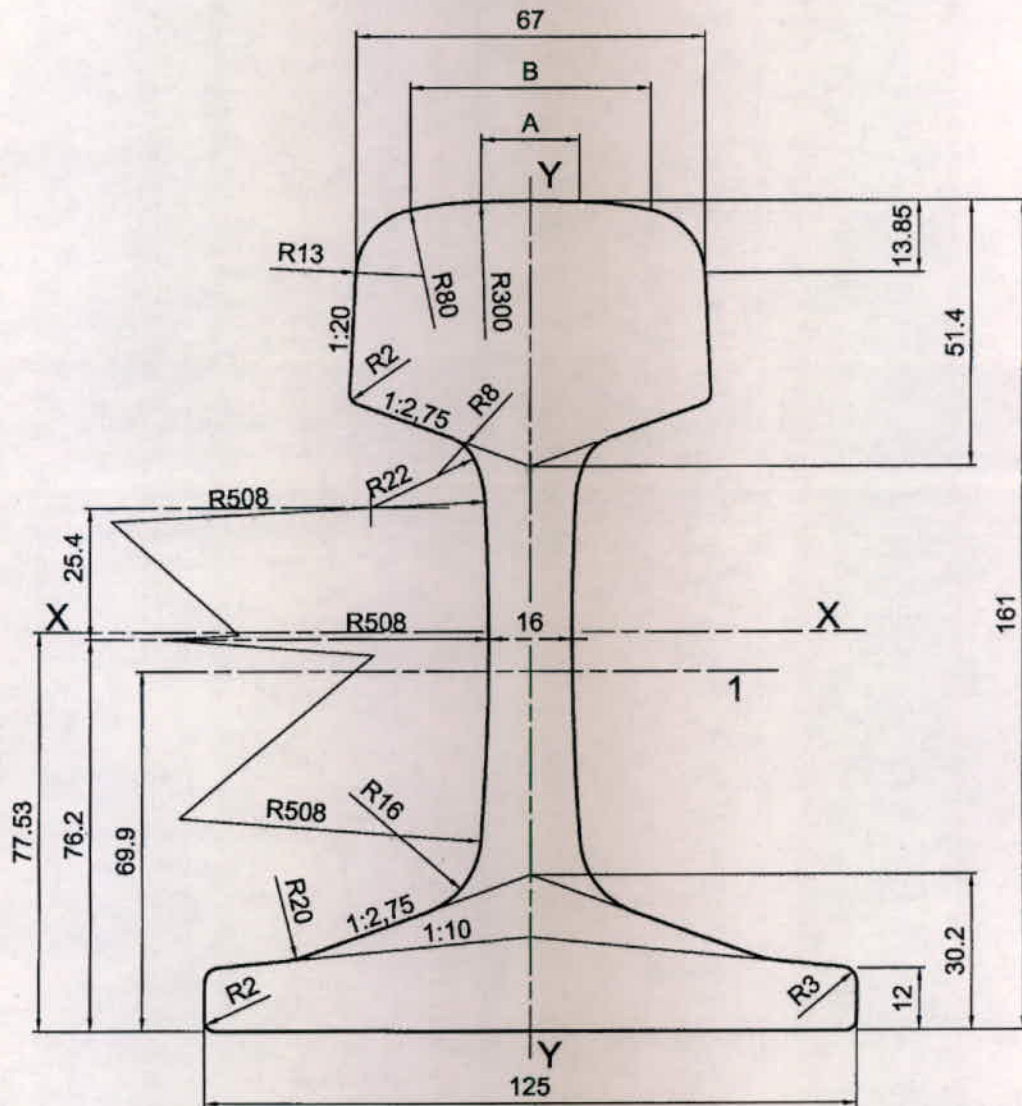
1	Eje del marcado en relieve		
	Área de la sección transversal	: 69,77	cm ²
	Masa lineal	: 54,77	kg/m
	Momento de inercia vertical (eje x-x)	: 2 337,9	cm ⁴
	Módulo resistente-Cabeza	: 278,7	cm ³
	Módulo resistente-Patín	: 311,2	cm ³
	Momento de inercia horizontal (eje y-y)	: 419,2	cm ⁴
	Módulo resistente horizontal (eje y-y)	: 59,9	cm ³
	Dimensiones indicativas:	A = 20,024 mm	
		B = 49,727 mm	

Figura A.15 – Perfil de carril 54E1

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROSA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

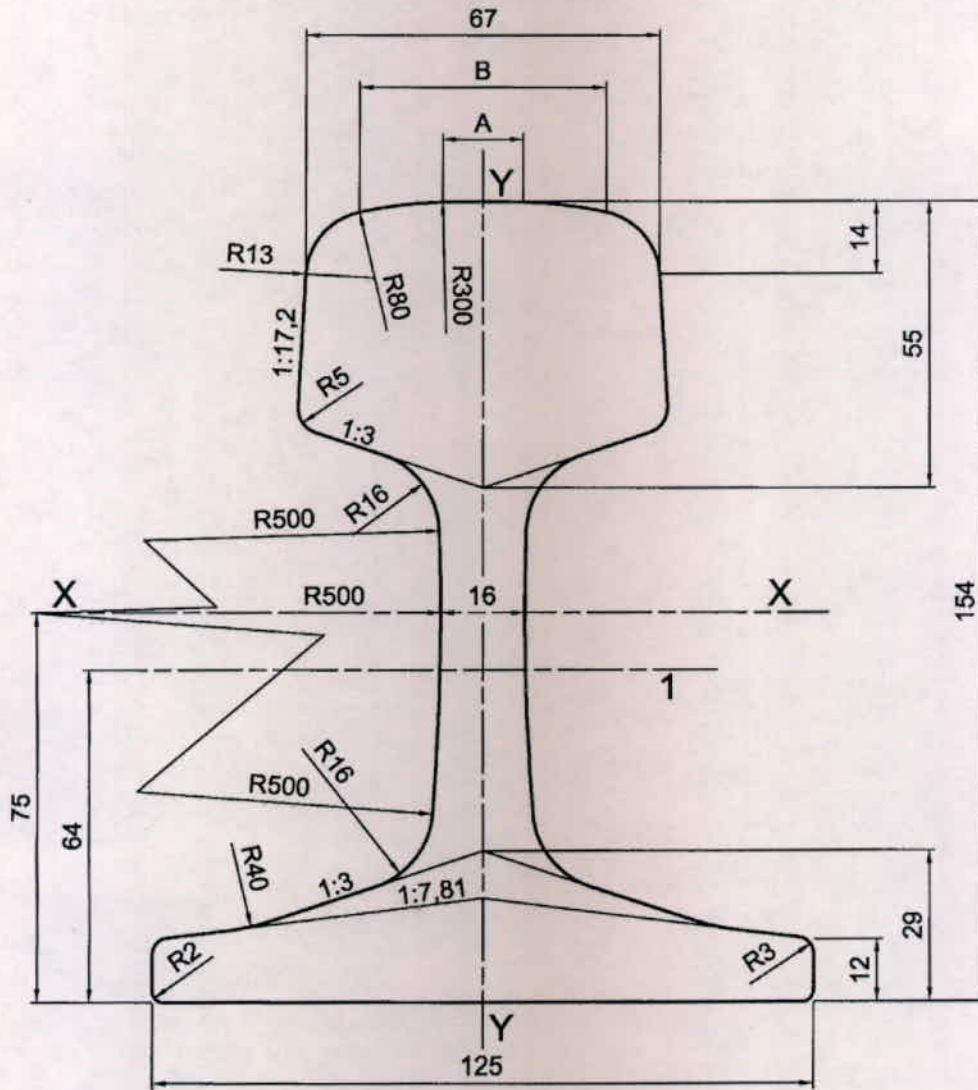
1	Eje del marcado en relieve		
	Área de la sección transversal	: 68,56	cm ²
	Masa lineal	: 53,82	kg/m
	Momento de inercia vertical (eje x-x)	: 2 307,4	cm ⁴
	Módulo resistente - Cabeza	: 276,4	cm ³
	Módulo resistente - Patín	: 297,6	cm ³
	Momento de inercia horizontal (eje y-y)	: 341,5	cm ⁴
	Módulo resistente horizontal (eje y-y)	: 54,6	cm ³
	Dimensiones indicativas:	A = 18,946 mm	
		B = 46,310 mm	

Figura A.16 – Perfil de carril 54E2

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA BOGA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

1	Eje del marcado en relieve	
Área de la sección transversal	:	69,52 cm ²
Masa lineal	:	54,57 kg/m
Momento de inercia vertical (eje x-x)	:	2 074 cm ⁴
Módulo resistente - Cabeza	:	262,8 cm ³
Módulo resistente - Patín	:	276,3 cm ³
Momento de inercia horizontal (eje y-y)	:	354,8 cm ⁴
Módulo resistente horizontal (eje y-y)	:	56,8 cm ³
Dimensiones indicativas:	A = 15,267 mm	
	B = 46,835 mm	

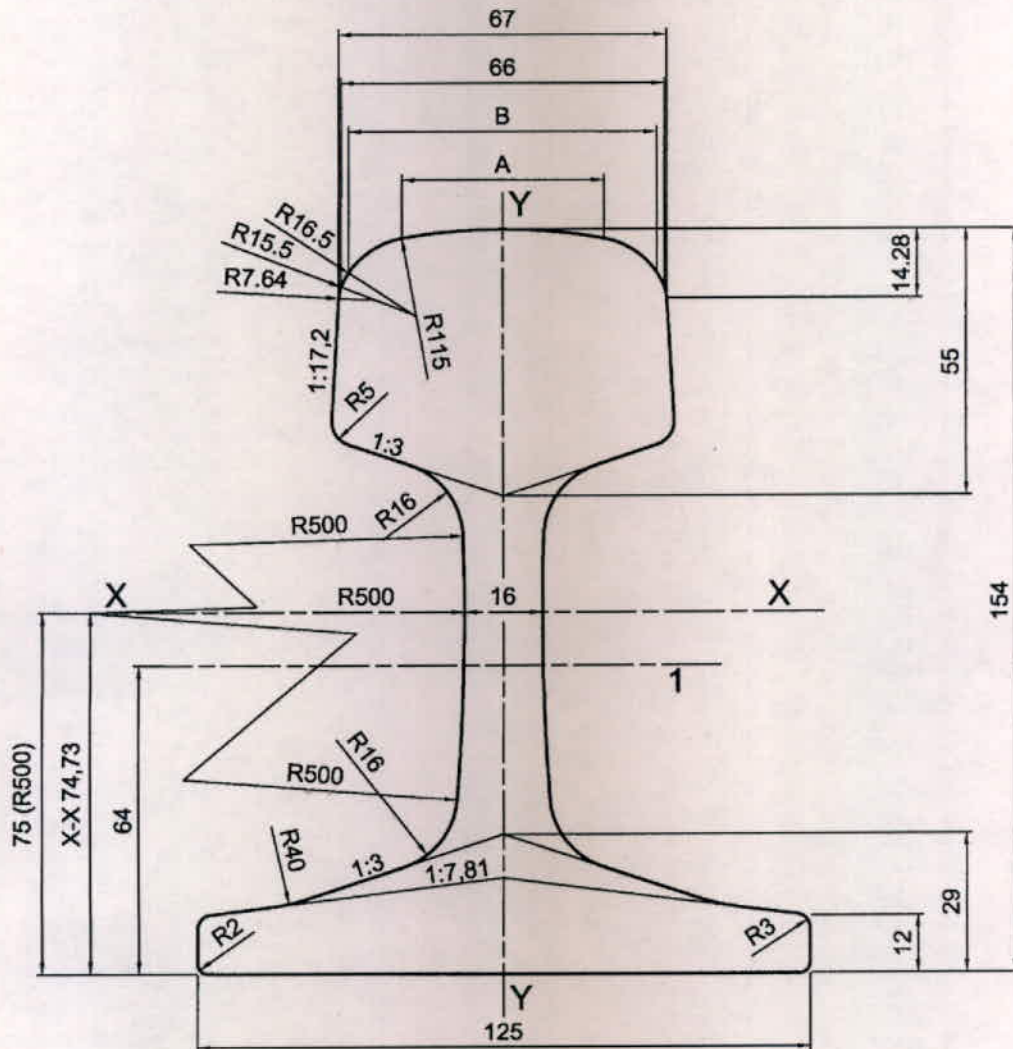
Figura A.17 – Perfil de carril 54E3

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA BOCA

Este documento forma parte de la biblioteca de CETREN

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

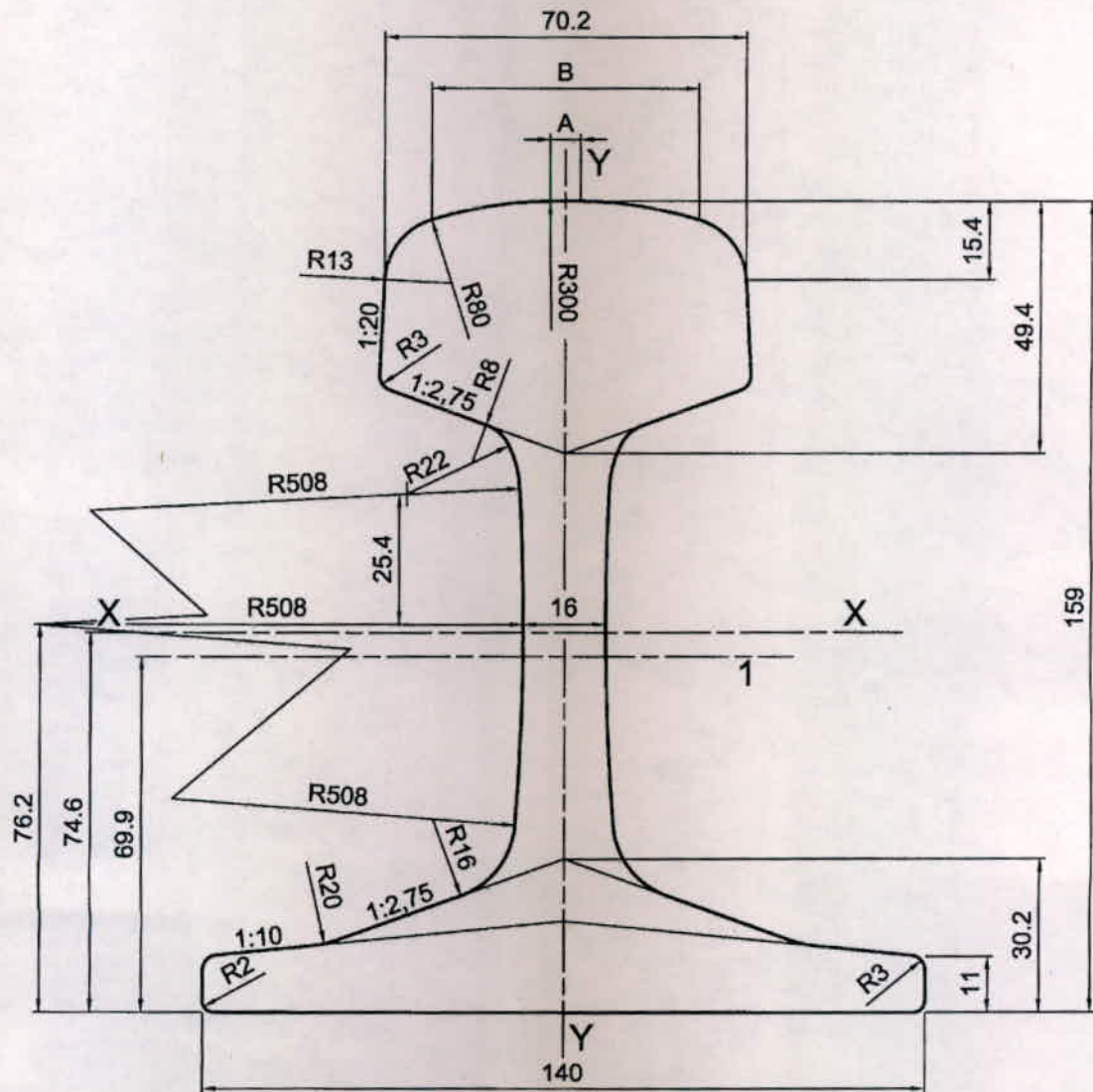
1	Eje del marcado en relieve		
Área de la sección transversal	:	69,19	cm ²
Masa lineal	:	54,31	kg/m
Momento de inercia vertical (eje x-x)	:	2 056,2	cm ⁴
Módulo resistente - Cabeza	:	259,4	cm ³
Módulo resistente - Patín	:	275,2	cm ³
Momento de inercia horizontal (eje y-y)	:	352,7	cm ⁴
Módulo resistente horizontal (eje y-y)	:	56,4	cm ³
Dimensiones indicativas:	A =	41,342	mm
	B =	62,980	mm

Figura A.18 – Perfil de carril 54E4

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operación Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Legenda

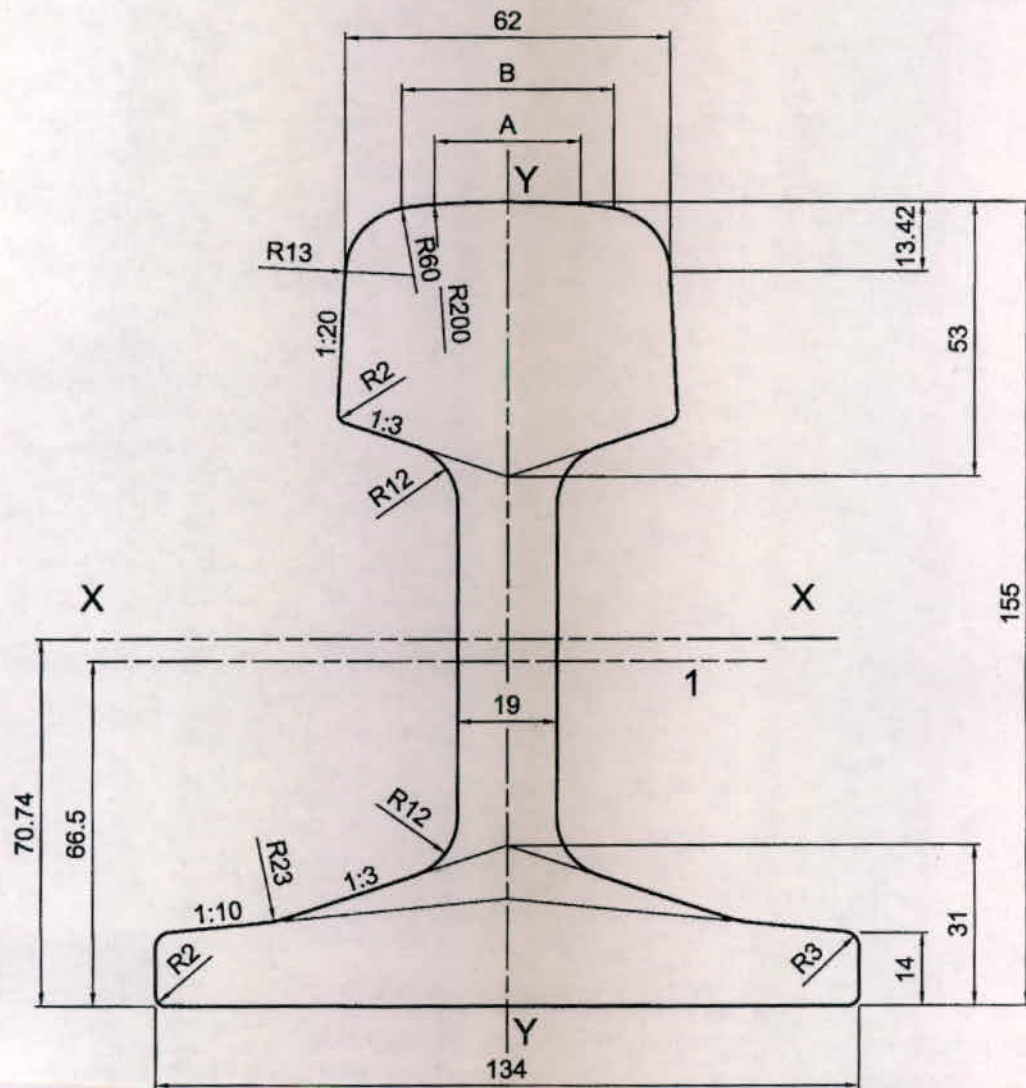
1	Eje del marcado en relieve	
	Área de la sección transversal	: 69,32 cm ²
	Masa lineal	: 54,42 kg/m
	Momento de inercia vertical (eje x-x)	: 2 308,1 cm ⁴
	Módulo resistente-Cabeza	: 273,5 cm ³
	Módulo resistente-Patín	: 309,4 cm ³
	Momento de inercia horizontal (eje y-y)	: 416,3 cm ⁴
	Módulo resistente horizontal (eje y-y)	: 59,5 cm ³
	Dimensiones indicativas:	A = 5,91 mm
		B = 51,97 mm

Figura A.19 – Perfil de carril 54E5

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

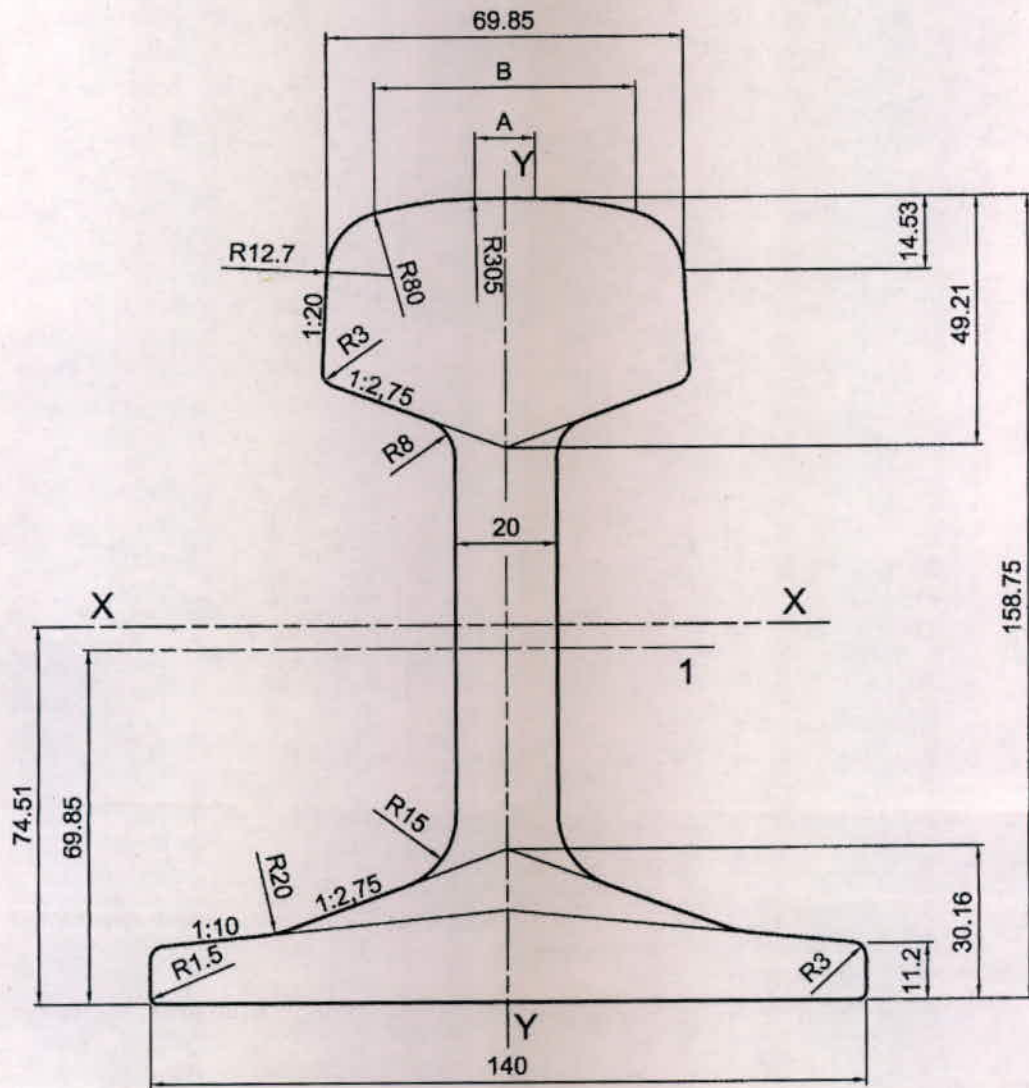
1	Eje del marcado en relieve	
	Área de la sección transversal	: 71,37 cm ²
	Masa lineal	: 56,03 kg/m
	Momento de inercia vertical (eje x-x)	: 2 150,4 cm ⁴
	Módulo resistente-Cabeza	: 255,2 cm ³
	Módulo resistente-Patín	: 304 cm ³
	Momento de inercia horizontal (eje y-y)	: 418,4 cm ⁴
	Módulo resistente horizontal (eje y-y)	: 62,4 cm ³
	Dimensiones indicativas:	A = 27,946 mm
		B = 40,588 mm

Figura A.20 – Perfil de carril 55E1

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA NOGA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

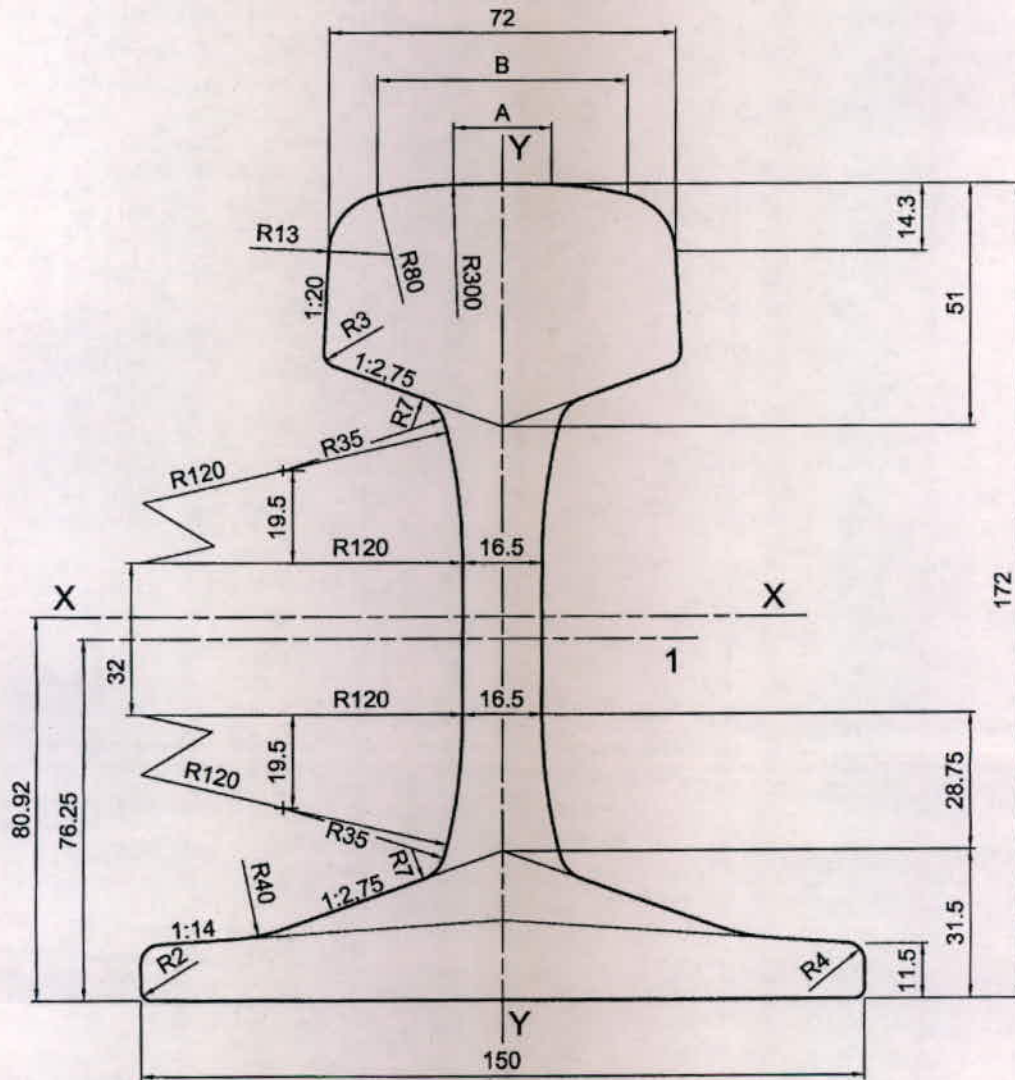
- 1 Eje del marcado en relieve
- Área de la sección transversal : 71,69 cm²
- Masa lineal : 56,3 kg/m
- Momento de inercia vertical (eje x-x) : 2 321 cm⁴
- Módulo resistente-Cabeza : 275,5 cm³
- Módulo resistente-Patin : 311,5 cm³
- Momento de inercia horizontal (eje y-y) : 421,6 cm⁴
- Módulo resistente horizontal (eje y-y) : 60,2 cm³
- Dimensiones indicativas: A = 11,787 mm
- B = 51,235 mm

Figura A.21 – Perfil de carril 56E1

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Via
 Operadora Ferroviaria B.E.
 LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

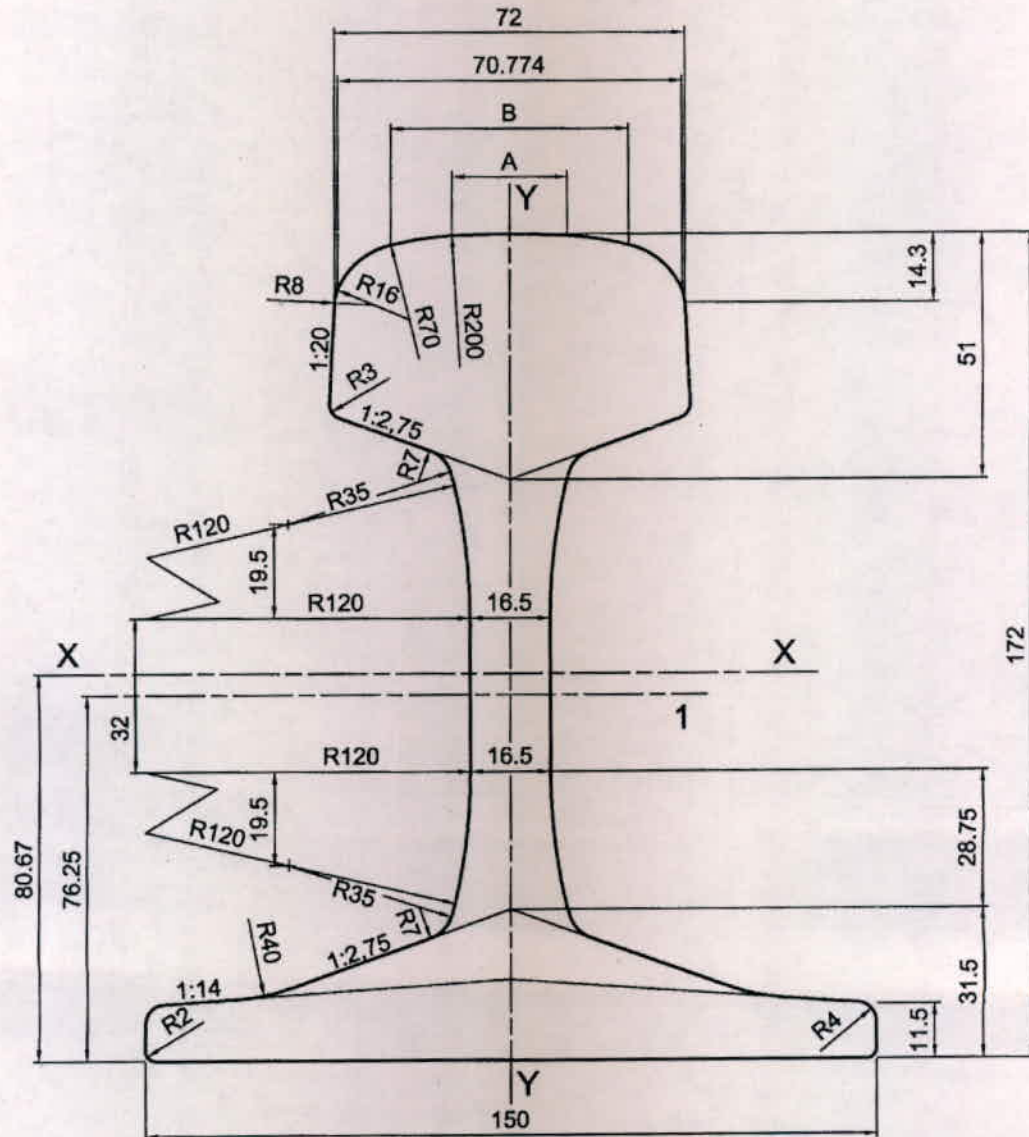
1	Eje del marcado en relieve		
	Área de la sección transversal	: 76,70	cm ²
	Masa lineal	: 60,21	kg/m
	Momento de inercia vertical (eje x-x)	: 3 038,3	cm ⁴
	Módulo resistente - Cabeza	: 333,6	cm ³
	Módulo resistente - Patín	: 375,5	cm ³
	Momento de inercia horizontal (eje y-y)	: 512,3	cm ⁴
	Módulo resistente horizontal (eje y-y)	: 68,3	cm ³
	Dimensiones indicativas:	A = 20,456 mm	
		B = 52,053 mm	

Figura A.22 – Perfil de carril 60E1

Ing. Luis Alberto Diaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Este documento forma parte de la biblioteca de CETREN

Arq. StLVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR



Leyenda

1	Eje del marcado en relieve	
	Área de la sección transversal	: 76,48 cm ²
	Masa lineal	: 60,03 kg/m
	Momento de inercia vertical (eje x-x)	: 3 021,5 cm ⁴
	Módulo resistente - Cabeza	: 330,8 cm ³
	Módulo resistente - Patín	: 374,5 cm ³
	Momento de inercia horizontal (eje y-y)	: 510,5 cm ⁴
	Módulo resistente horizontal (eje y-y)	: 68,10 cm ³
	Dimensiones indicativas:	A = 23,778 mm
		B = 48,913 mm

Figura A.23 – Perfil de carril 60E2

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

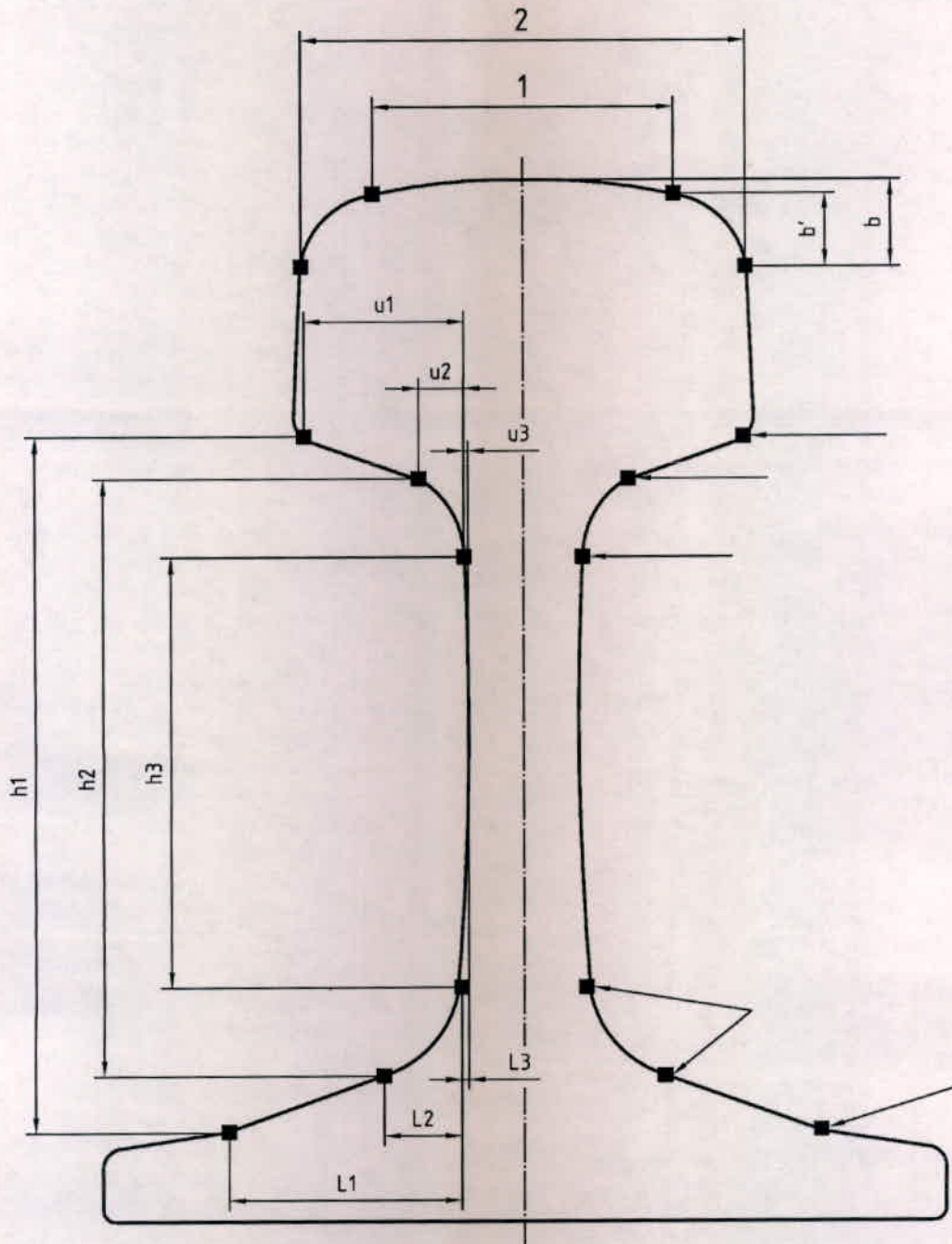
Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Tabla A.2 – Referencias de transición de carril (véase la figura A.24)

Perfil de carril	Medidas en milímetros												
	1	2	b	b'	h1	h2	h3	L1	L2	L3	u1	u2	u3
46E1	43,88	65,00	14,30	12,77	98,18	81,95	74,47	53,99	7,28	3,13	24,74	6,52	2,32
46E2	40,59	62,00	13,42	12,15	94,53	79,19	65,91	32,38	4,79	0	23,20	4,79	0
46E3	53,76	73,72	14,18	11,86	98,13	81,34	72,27	50,73	6,81	2,39	29,79	6,54	2,16
46E4	38,38	65,00	13,75	13,28	99,71	81,03	71,93	58,99	5,48	1,71	25,84	4,63	0,85
49E1	46,84	67,00	14,00	11,92	94,56	79,02	68,40	33,13	7,06	2,41	26,55	5,99	1,32
49E2	40,47	67,00	13,62	13,11	94,58	79,02	68,40	33,13	7,06	2,41	26,61	5,99	1,32
49E5	41,34	67,00	14,28	12,41	94,55	79,02	68,40	33,13	7,06	2,41	26,53	5,99	1,32
50E1	43,84	65,00	13,58	12,13	100,05	86,64	63,87	32,13	8,21	0	24,52	8,21	—
50E2	52,05	72,00	14,30	12,00	103,49	88,41	78,22	30,54	6,61	1,54	27,93	6,61	1,54
50E3	49,98	70,00	14,23	12,01	104,35	88,99	76,90	31,40	7,19	2,44	27,65	5,78	1,01
50E4	49,73	70,00	14,10	12,04	101,73	88,32	57,33	33,08	11,49	1,67	26,53	11,25	0,26
50E5	40,47	67,00	13,62	13,11	94,45	79,02	68,40	32,74	7,06	2,41	26,61	5,99	1,32
50E6	43,84	65,00	13,58	12,13	100,05	86,64	63,87	32,13	8,21	0	24,52	8,21	0
52E1	42,46	65,00	12,62	11,98	93,52	77,99	57,85	23,81	8,00	1,39	22,24	6,98	0,36
54E1	49,73	70,00	14,10	12,04	107,75	92,25	66,04	35,92	12,02	1,54	26,03	7,30	0,69
54E2	46,31	67,01	13,85	12,08	107,16	92,25	66,04	34,97	12,02	1,54	25,36	7,30	0,69
54E3	46,84	67,00	14,00	11,92	93,90	83,20	54,58	32,13	12,41	1,52	23,57	11,18	0,24
54E4	41,34	67,00	14,28	12,41	93,89	83,19	54,58	32,13	12,40	1,51	23,55	11,18	0,25
54E5	51,97	70,20	15,40	11,76	107,76	92,25	66,04	35,88	12,60	1,50	26,06	7,26	0,65
55E1	40,59	62,00	13,42	12,15	95,24	82,80	60,04	32,21	8,21	0	21,50	8,21	0
56E1	51,23	69,85	14,53	11,61	107,36	92,16	70,54	33,01	9,87	0	23,92	5,27	0
60E1	52,05	72,00	14,30	12,00	118,57	101,50	87,06	36,61	8,25	3,20	26,83	8,25	3,20
60E2	48,91	72,00	14,30	12,04	118,57	101,50	87,06	36,61	8,25	3,20	26,83	8,25	3,20

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgde. Infraestructura - LGR



Leyenda

■ Punto de transición 0,01 mm

Figura A.24 – Principales referencias de transición de carril

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Este documento forma parte de la biblioteca de CETREN

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

ANEXO B (Normativo)

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA
A LA FISURACIÓN (K_{LC}) EN CARRILES**B.1 Métodos de ensayo**

Este ensayo debe realizarse de acuerdo con los requisitos de la Norma ASTM E399 salvo aquéllos que sean sustituidos por los especificados en esta parte de la Norma EN 13674. Los requisitos especificados en esta parte de la Norma EN 13674 se aplican sólo a la determinación de la resistencia a la fisuración de los aceros de carriles ferroviarios considerados en las definiciones y requisitos de esta norma europea.

B.2 Muestras

B.2.1 La posición de la muestra en la sección transversal del carril se muestra en la figura B.1.

B.2.2 El espesor "B" de todas las muestras debe ser de 25 mm. Para cualquier sección de la cabeza de carril, la anchura de la muestra "W" debe ser la máxima posible entre:

40 mm;

45 mm;

50 mm.

B.3 Número de ensayos

Se debe realizar un mínimo de 5 ensayos con cada muestra.

B.4 Condiciones de ensayo¹⁾

B.4.1 La prefisuración de fatiga debe efectuarse en un intervalo de temperaturas de + 15 °C a + 25 °C, utilizando una relación de tensiones que esté en el intervalo $> 0 < + 0,1$. La prefisuración debe realizarse a una frecuencia cíclica comprendida entre 15 Hz y 120 Hz. La relación entre la longitud final de la fisura y la anchura de la muestra debe estar entre 0,45 y 0,55 y, durante la formación de los últimos 1,25 mm de fisura, $K_{máx.}$ debe estar entre 18 MPa m^{1/2} y 22 MPa m^{1/2}.

B.4.2 A la muestra entallada se debe cargar con control de deformaciones en tres puntos de flexión siendo la distancia (S) igual a cuatro veces la anchura (W) de la probeta.

B.4.3 Los ensayos deben realizarse a una temperatura de ensayo comprendida entre - 20 °C y ± 2 °C. La temperatura de la muestra debe medirse utilizando un termopar soldado por puntos sobre la probeta en la posición indicada en la figura B.2.

B.5 Análisis de los datos de ensayo

B.5.1 El cálculo de K_Q debe hacerse según la Norma ASTM E399. Los controles para establecer si este valor es un K_{Ic} válido deben estar de acuerdo con lo indicado en la Norma ASTM E399, salvo para los requisitos expresados en los apartados B.5.2 a B.5.6.

1) Se recomienda utilizar la entalladura en espiga de la Norma ASTM E399 para evitar problemas de curvatura del frente de fisura.

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Este documento forma parte de la biblioteca de CETREN

Arg. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subg. Infraestructura - LGR

B.5.2 P_{\max}/P_Q debe ser menor que 1,10 para curvas carga-apertura de la grieta cuando la fractura no se produce antes de la intersección de la curva con la recta secante del 95%. No debe haber otro criterio P_{\max}/P_Q para otros tipos de curvas.

B.5.3 La linealidad de curvas carga-apertura de la grieta Ia, Ib, IIa y III (véase la figura B.3) debe controlarse del siguiente modo.

Se mide la distancia (v_1) entre la tangente OA y la curva carga-apertura de la grieta a una fuerza constante de $0,8 P_Q$. Se mide la distancia (v) entre la tangente OA y la curva carga-apertura a una fuerza constante de P_Q . Para que el resultado de un ensayo sea válido $v_1 \leq 0,25 v$.

B.5.4 La linealidad de las curvas carga-apertura de la grieta de la grieta IIb y IIc (véase la figura B.3) debe controlarse del siguiente modo.

Se mide la distancia entre la tangente OA y la curva carga-apertura de la fractura a fuerza constante de $0,8 P_Q$ y P_Q , registrando estos valores como v_1 y v^* respectivamente.

Se miden los valores de ensanchamiento de la fractura que se producen hasta P_Q ; para ello se mide la distancia horizontal recorrida a lo largo del eje de desplazamiento entre el inicio y el fin de cada grieta. Se suman las distancias correspondientes a las fracturas que ocurren por debajo de $0,8 P_Q$ y a las que se producen entre $0,8 P_Q$ y P_Q , registrándolos como Σv_{1pi} y Σv_{pi} respectivamente.

Para que el resultado del ensayo sea válido: $[v_1^* - \Sigma v_{1pi}] \leq 0,25 [v^* - (\Sigma v_{pi} + \Sigma v_{1pi})]$.

B.5.5 El criterio de linealidad no puede aplicarse a la curva carga-desplazamiento de la apertura de la boca de la grieta IV.

B.5.6 Para todas las curvas carga-apertura de la grieta, el valor de K_Q debe someterse al control de validez según el cual el espesor (B) de la probeta y la longitud de la grieta (a) son mayores o iguales a $2,5 (K_Q/R_{p0,2})^2$, donde $R_{p0,2}$ es el 0,2% del límite elástico a una temperatura de ensayo de rotura de -20°C .

B.6 Informe de los resultados

Se deben registrar todas las mediciones requeridas para calcular el resultado del ensayo y mostrar que sus condiciones han sido las especificadas en el procedimiento de ensayo.

Todos los resultados deben incluirse en el informe bien como valores K_{Ic} , valores K_Q^* o valores K_Q ; donde los valores K_Q^* son aquellos valores K_Q que no han cumplido los criterios de validez debido a por lo menos una de las siguientes causas:

- 1) $P_{\max}/P_Q > 1,1$;
- 2) se excede el criterio de $2,5 (K_Q/R_{p0,2})^2$;
- 3) relación entre carga y desplazamiento.

Ing. Lula Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Se deben registrar la media y la desviación típica de los resultados de K_{Ic} y K_Q^* . Para cada grado de acero de carril sometido a ensayo, estos resultados se deben introducir en una tabla con la siguiente información:

Grado de acero	0,2% Límite elástico a -20 °C (MPa)	Media K_{Ic} (MPa m ^{1/2})	Número de resultados K_{Ic}	Desviación típica de la muestra (MPa m ^{1/2})	Media K_Q (MPa m ^{1/2})	Número de resultados K_Q	Desviación típica de la muestra (MPa m ^{1/2})

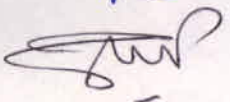
El valor que tiene que utilizarse para los criterios de aceptación es la media de K_{Ic} y debe basarse en un mínimo de cinco valores de K_{Ic} .

Cuando no se han obtenido cinco valores de K_{Ic} , todos los valores de K_Q^* se deben incluir con los de K_{Ic} al calcular la media que se utilice para los criterios de aceptación. En este caso, debe contarse al menos con diez resultados de ensayo.

Todos los valores de K_{Ic} y K_Q^* deben ser superiores al valor mínimo especificado en la tabla 2.

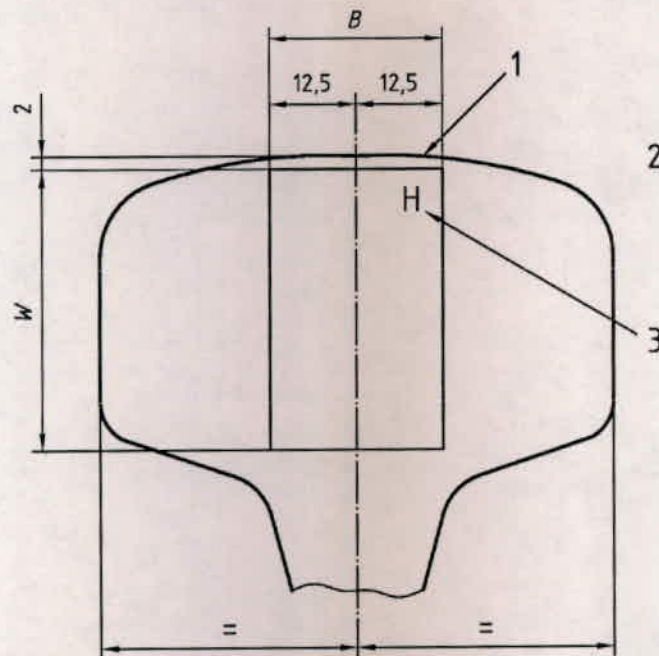


Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA



Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgcls. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

- 1 Entalladura mecanizada en esta cara
- 2 Sección de la cabeza de carril
- 3 Letra "H" que se tiene que estampar en la cara extrema de la muestra tal y como se indica

$B = 25$

$W =$ Véase B.2.2

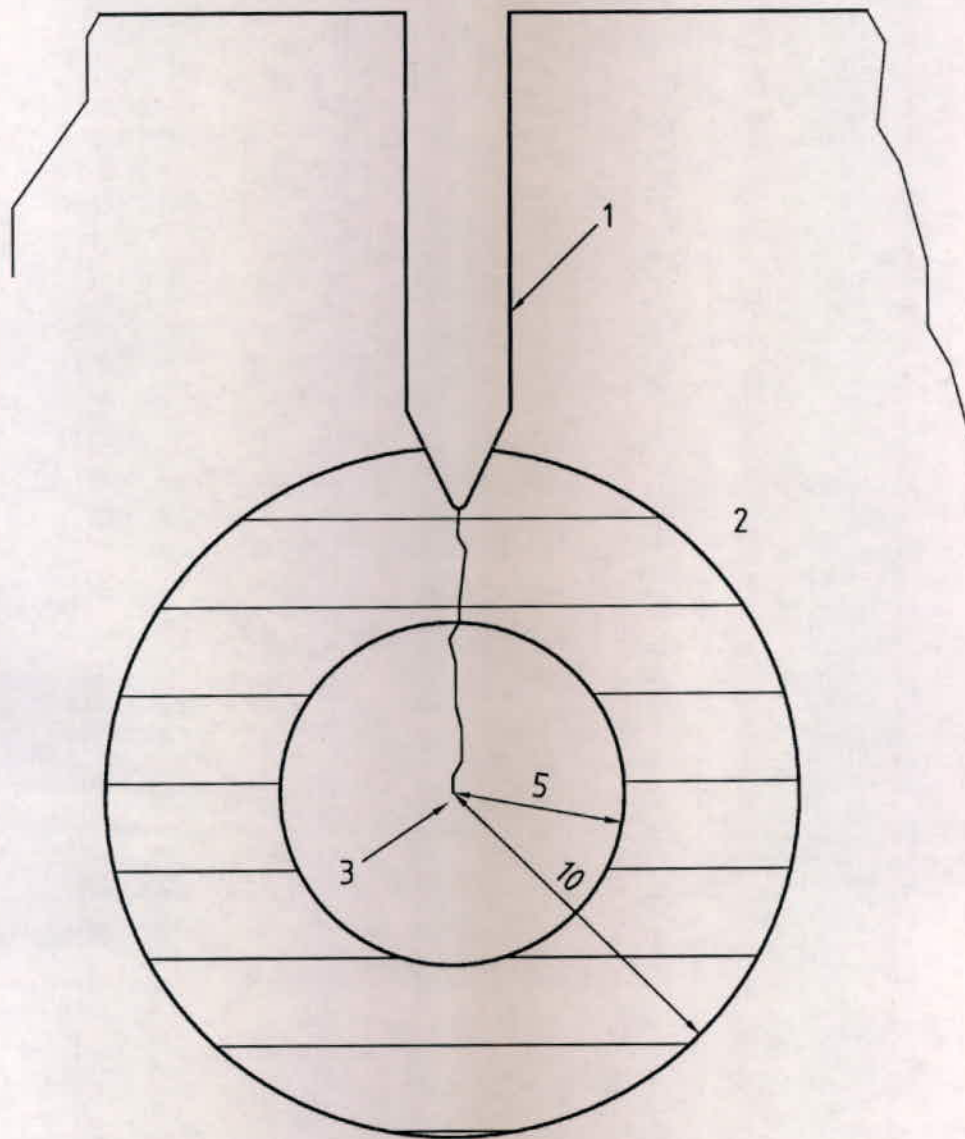
Para las demás medidas de la muestra, véase la Norma ASTM E399

Figura B.1 – Posición y sección de las muestras para el ensayo de resistencia a la fisuración

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



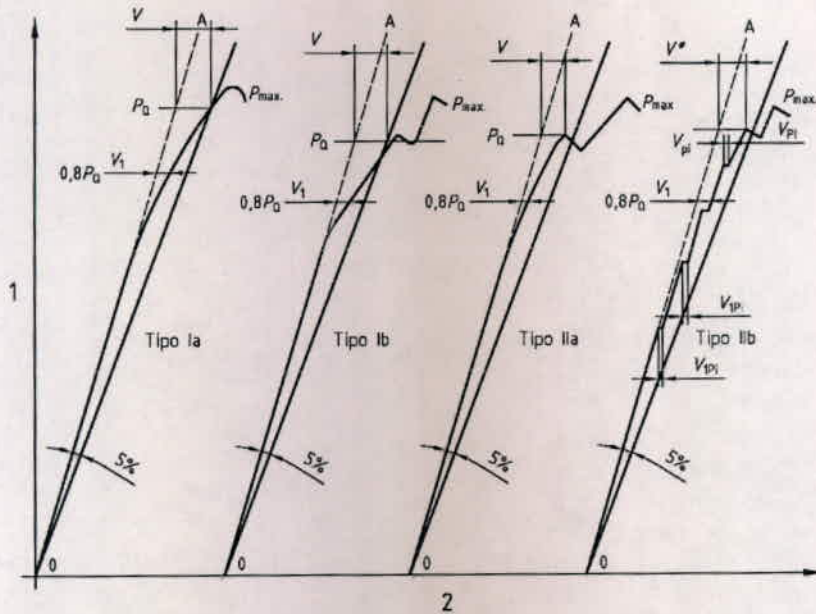
Leyenda

- 1 Entalladura
- 2 Termopar a colocar en la zona rayada
- 3 Extremo de la fisura de fatiga

Figura B.2 – Posición del termopar en muestras de resistencia a la fisuración

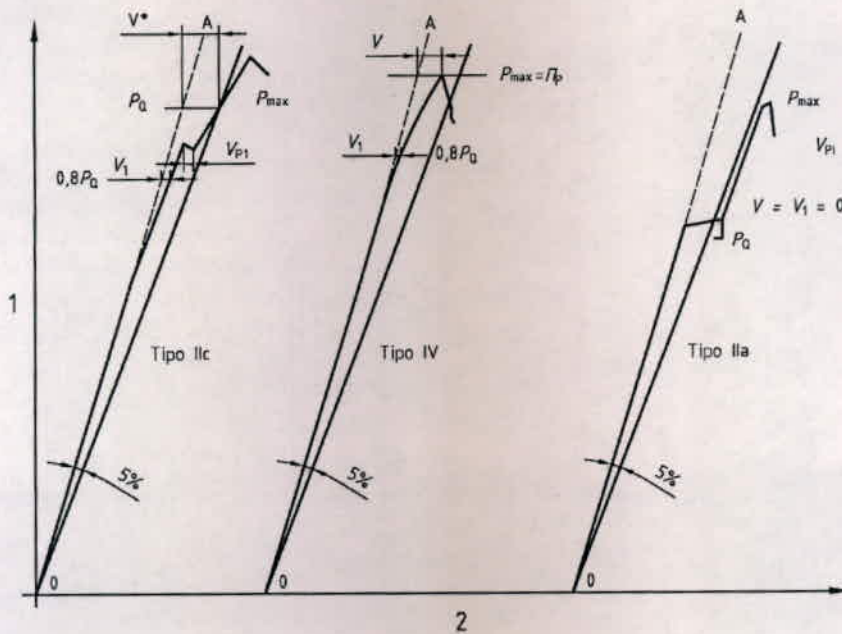
Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
Coord.-Grál. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR



Leyenda

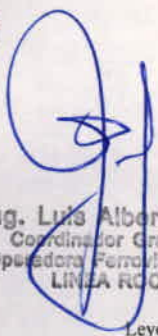
- 1 Fuerza, P
- 2 Desplazamiento de la fisura (v)



Leyenda

- 1 Fuerza, P
- 2 Desplazamiento de la fisura (v)'

Figura B.3 – Curvas de carga. Desplazamiento de la fisura


 Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Genl. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LÍNEA ROCA


 Arq. SILVIA POL
 Coord. Genl. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

ANEXO C (Normativo)

MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE TENSIONES RESIDUALES LONGITUDINALES
EN LA SUPERFICIE DEL PATÍN

C.1 Procedimiento

Las tensiones residuales deben estimarse empezando por fijar un extensómetro eléctrico en la superficie inferior del patín. La superficie a la que está unido debe aislarse progresivamente del carril, y entonces se deben utilizar las tensiones que se han relajado para estimar las tensiones que se han aliviado, considerando las tensiones residuales originales como estos valores, pero con signo opuesto.

C.2 Extensómetros y su emplazamiento

Se deben utilizar extensómetros eléctricos de tipo encapsulado, de 3 mm de longitud, con una precisión del coeficiente extensométrico superior al $\pm 1\%$.

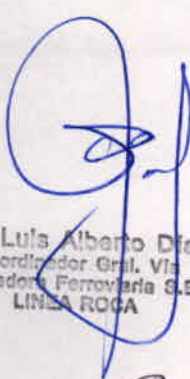
El extensómetro debe fijarse a la superficie del patín del carril para medir la tensión longitudinal en las posiciones que se muestran en la figura C.1. La superficie del patín debe prepararse y el extensómetro se debe fijar de acuerdo con las recomendaciones de su fabricante.

Ninguna preparación superficial debe conllevar un cambio de los esfuerzos residuales en el patín del carril.

NOTA El extensómetro debería situarse en el centro de la muestra del carril de 1 m de longitud preparada al efecto.

Se deben tomar lecturas de los extensómetros. Mientras se enfría el carril para mantenerlo a una temperatura constante, se deben realizar dos cortes con sierra que extraigan una sección de 20 mm de espesor en el centro de la longitud del carril (figura C.2). Se debe efectuar posteriormente una segunda serie de mediciones.

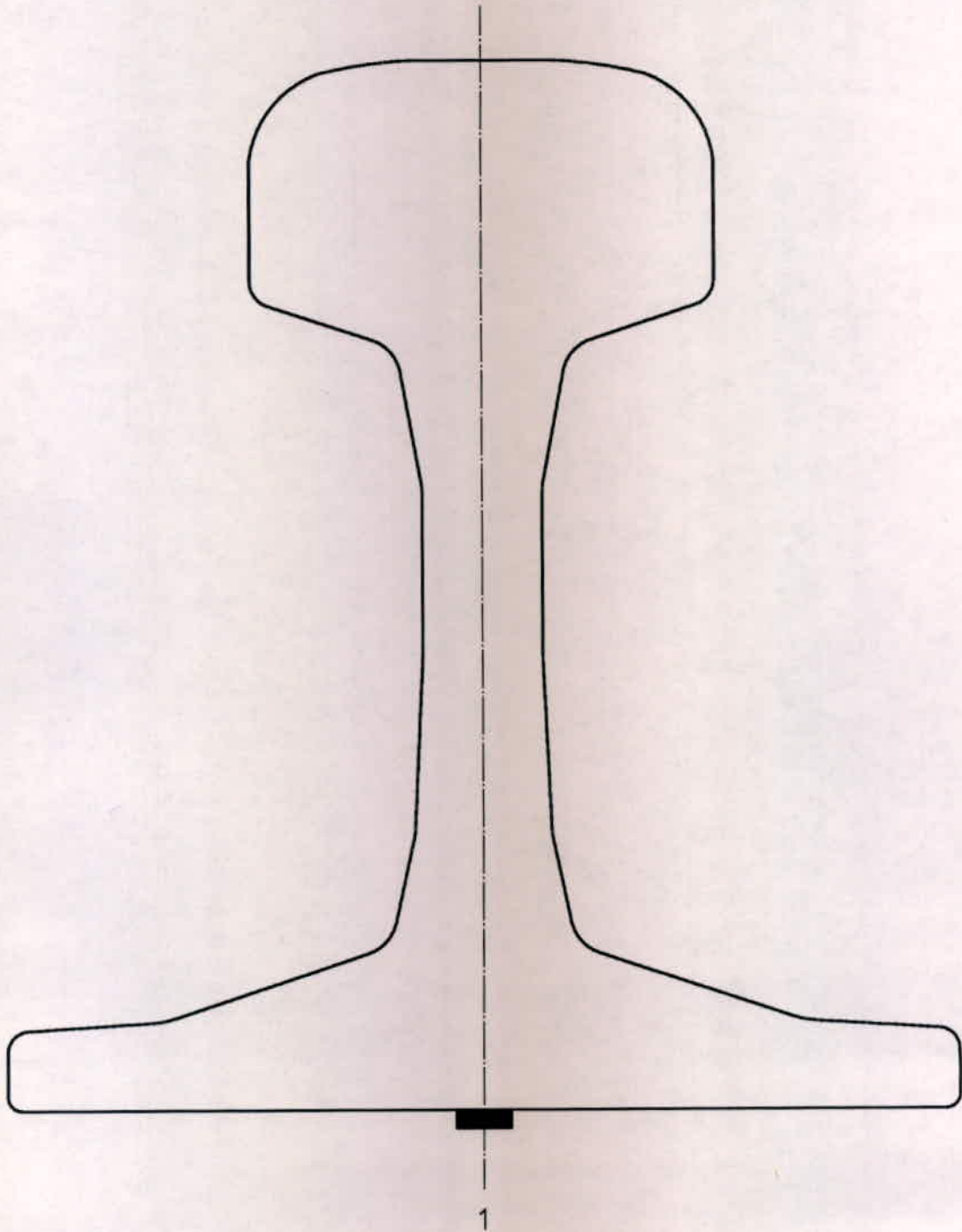
Las tensiones residuales deben calcularse a partir de las diferencias entre la primera y segunda serie de deformaciones multiplicando por $2,07 \times 10^5$ MPa.



Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA



Arq. SÍLVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR



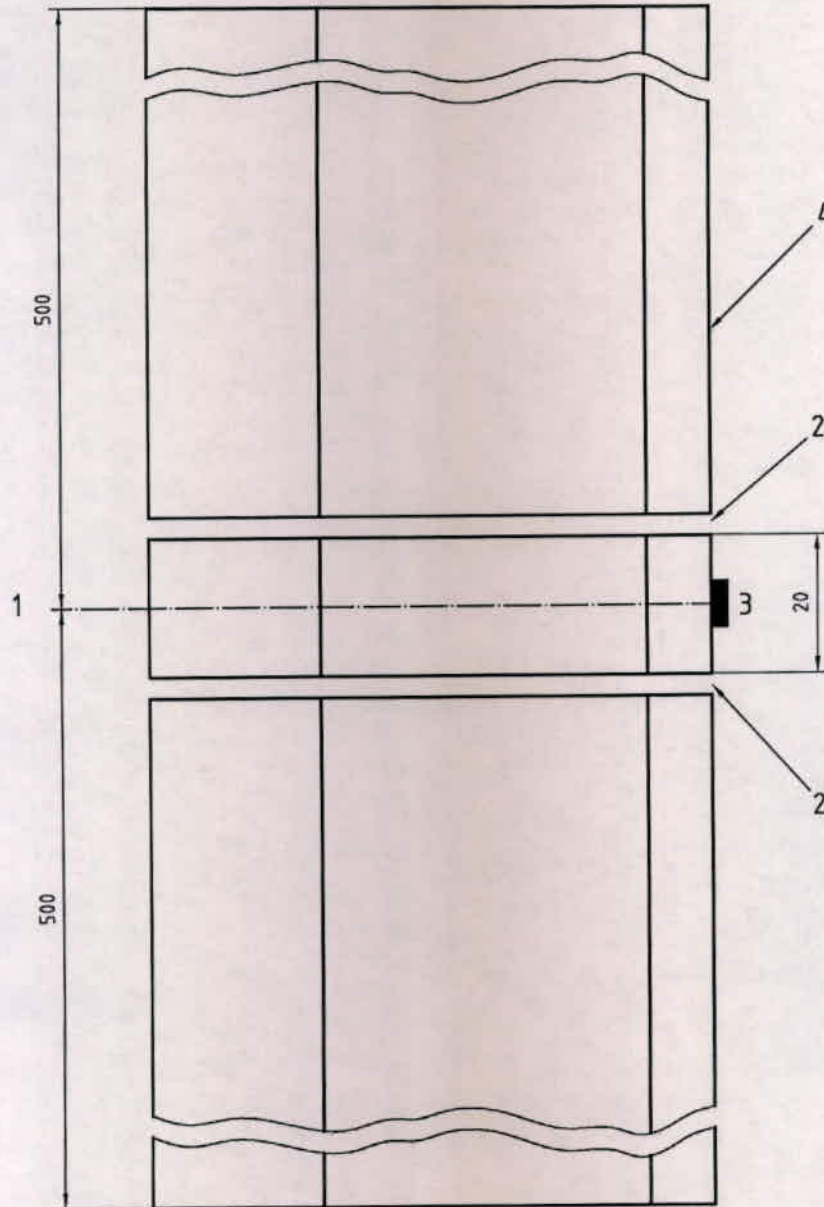
Leyenda
1 Extensómetro

Figura C.1 – Posición del extensómetro para medir las tensiones residuales longitudinales en la superficie del patín

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

- 1 Eje
- 2 Corte con sierra
- 3 Extensómetro
- 4 Patín del carril

Figura C.2 – Corte realizado en el carril

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Arg. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif. Control
Subgcla. Infraestructura - LGR

ANEXO D (Normativo)
IMPRONTAS MACROGRÁFICAS

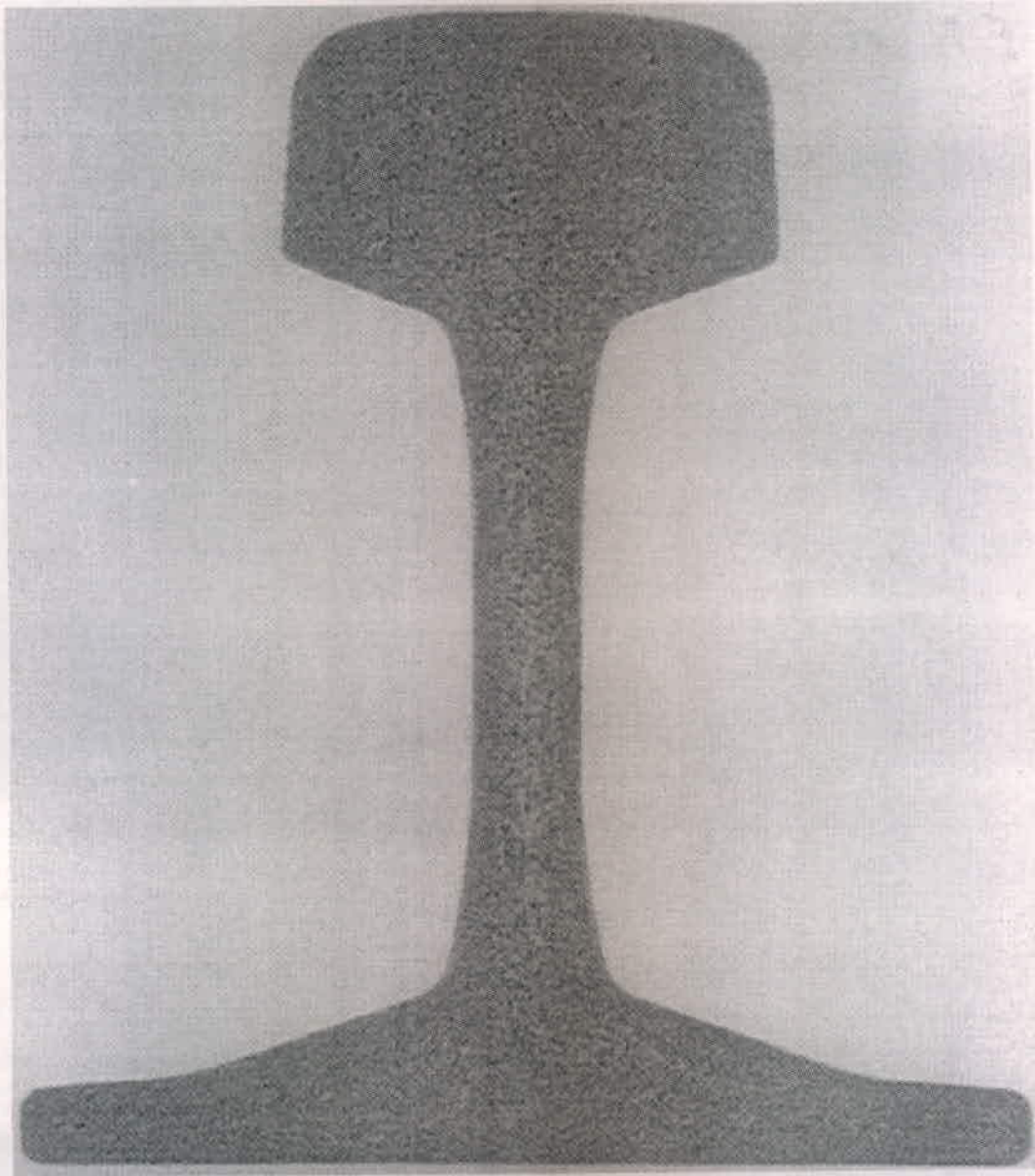
Las imágenes macrográficas presentadas en este anexo se resumen en la tabla D.1.

Tabla D.1 – Inspección macrográfica

Figura	Inspección macrográfica	Clasificación
D.1	Perfecta	Aceptable
D.2	Ligera segregación positiva y negativa	
D.3	Segregación negativa en el alma	
D.4	Ligera segregación positiva	
D.5	Estructura dendrítica	
D.6	Segregación en puntos sobre toda la sección	
D.7	Zona de segregación negativa debida a la agitación electromagnética	
D.8	Borde negativo	No aceptable
D.9	Segregación positiva a partir de grietas internas en caliente en los blooms	Véase la figura D.9
D.10	Punteado interno	No aceptable
D.11	Doble segregación positiva en el alma	
D.12	Segregación central en el alma que se extiende a la cabeza o al patín	
D.13	Diagrama esquemático que define la extensión de una segregación admisible en el alma	Véase la figura D.13

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Genl. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA BOGA

Arq. SILVIA POL
Coord. Genl. Planif Control
Subgcl. Infraestructura - LGR

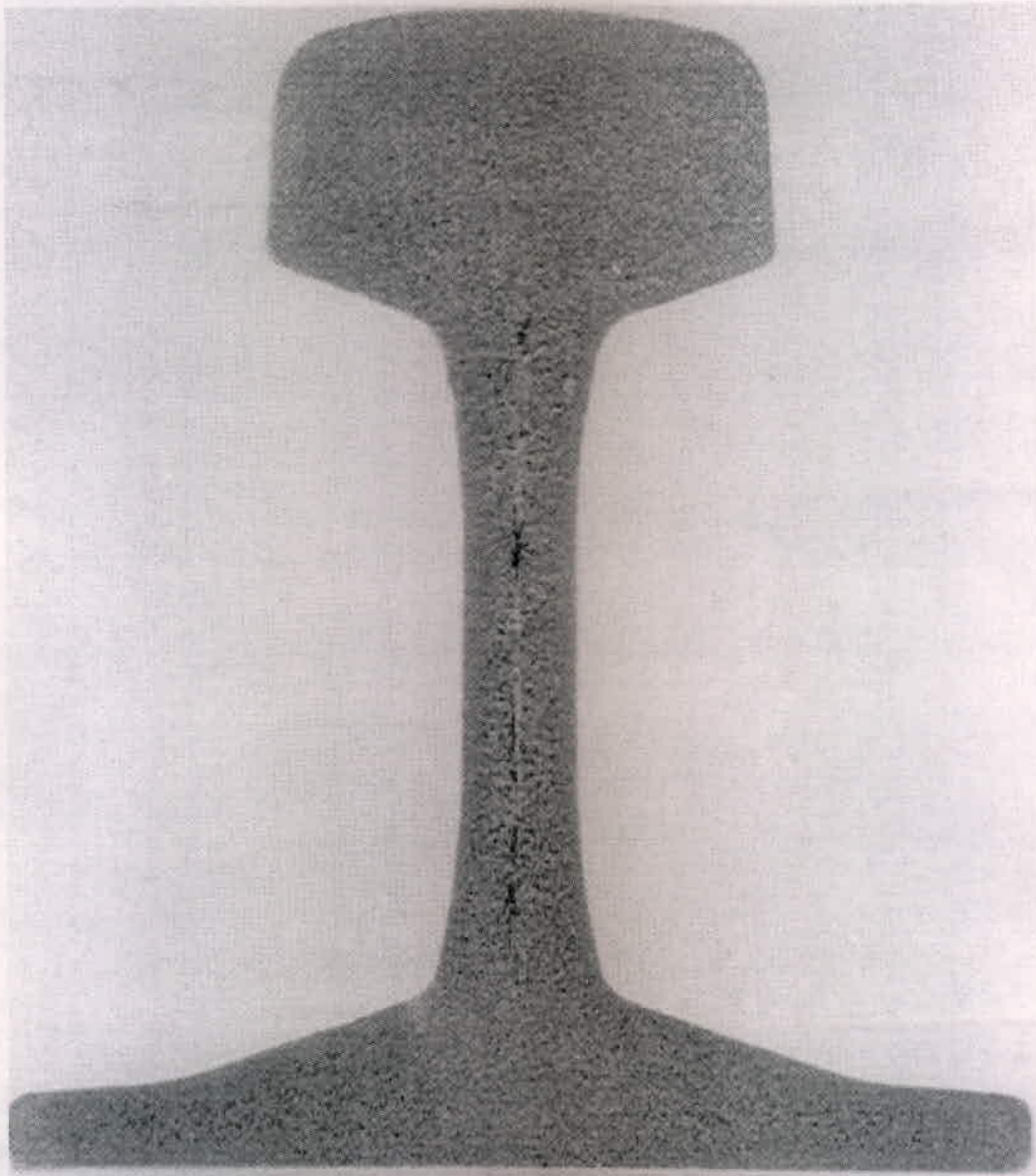


Clasificación: aceptable

Figura D.1 – Imagen macrográfica perfecta

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Arg. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgcia. Infraestructura - LGR

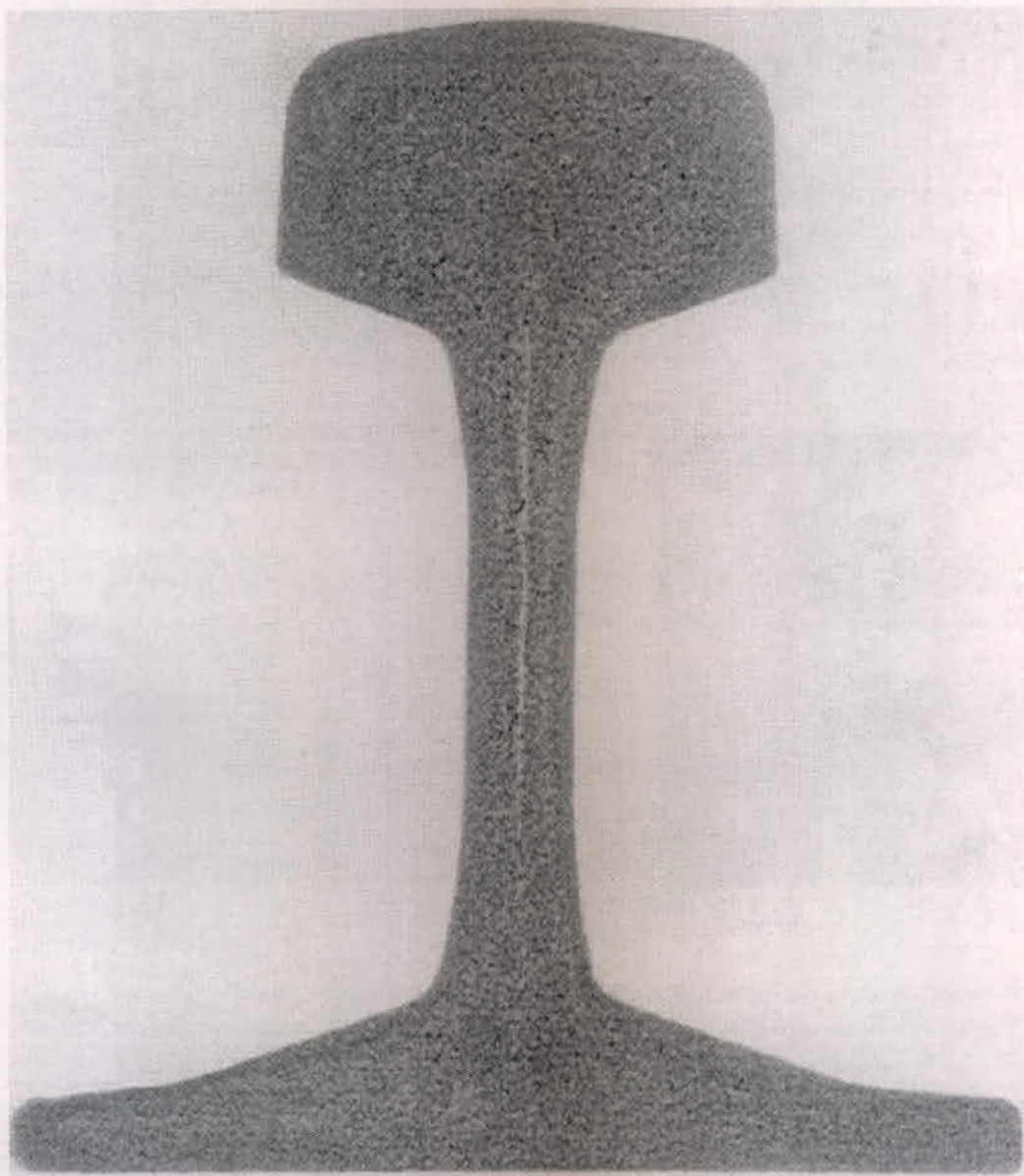


Clasificación: aceptable

Figura D.2 – Ligera segregación positiva y negativa

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LÍNEA ROCA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR

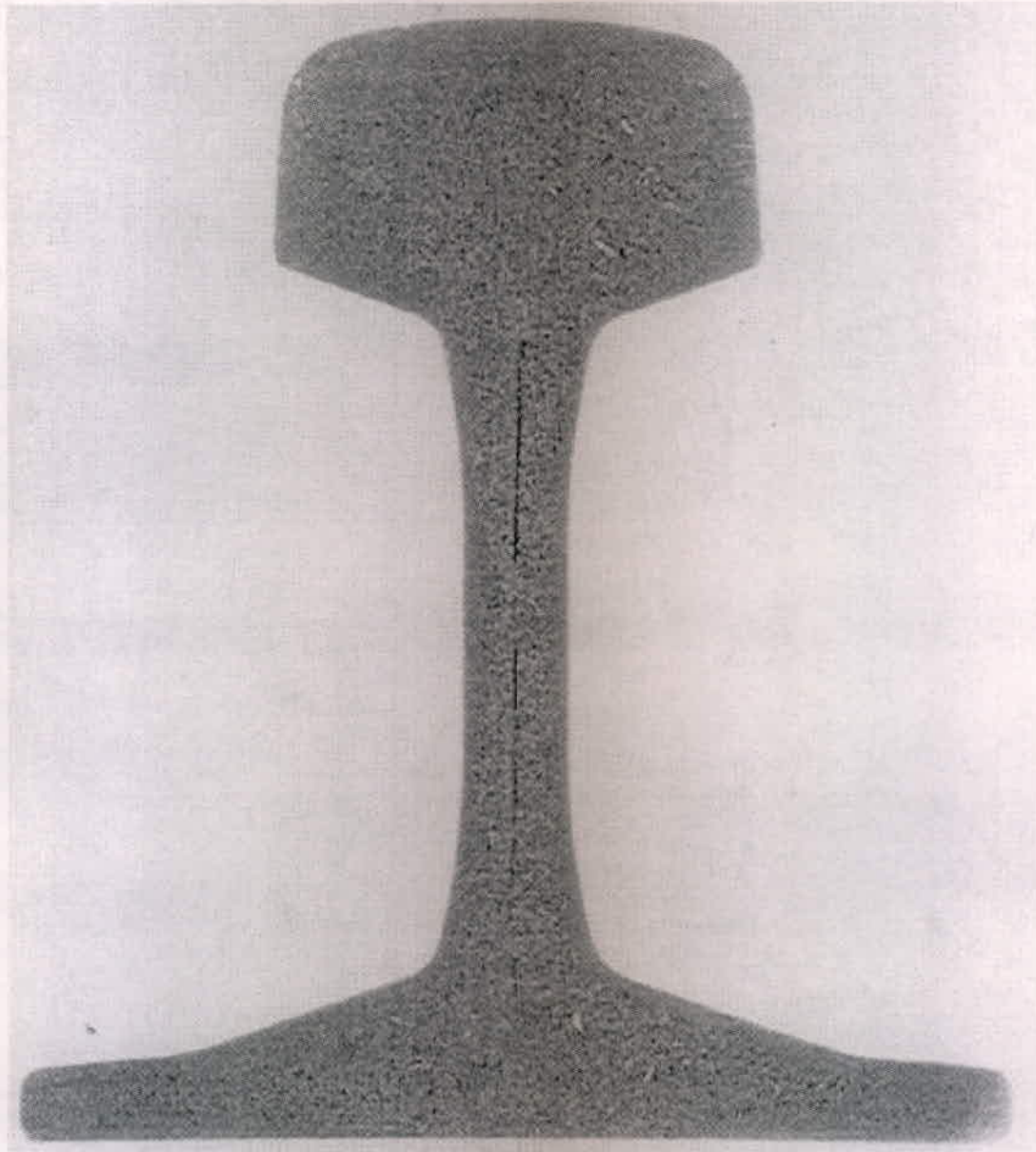


Clasificación: aceptable

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Figura D.3 – Segregación negativa en el alma

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR

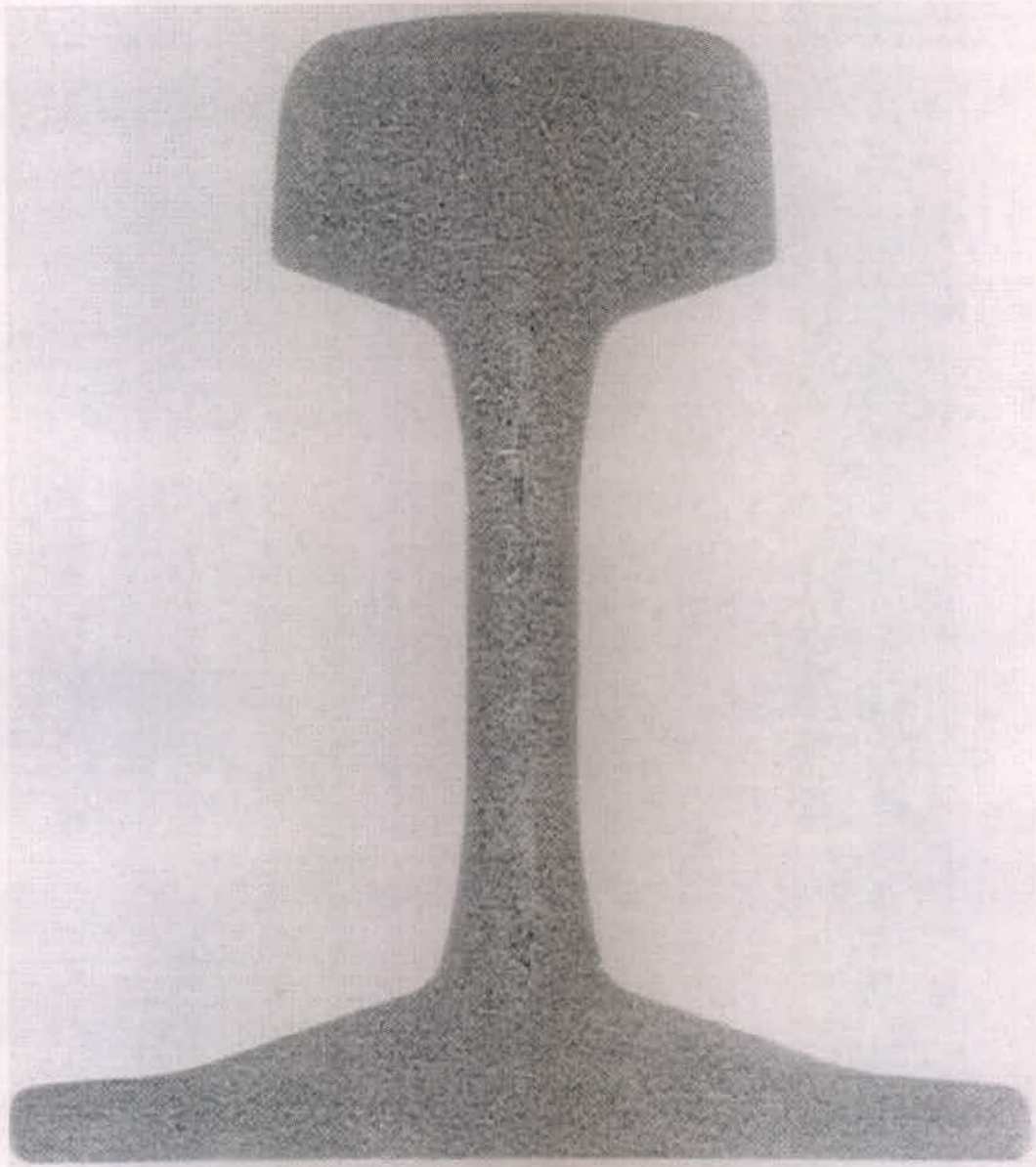


Clasificación: aceptable

Figura D.4 – Ligera segregación positiva

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgcie. Infraestructura - LGR

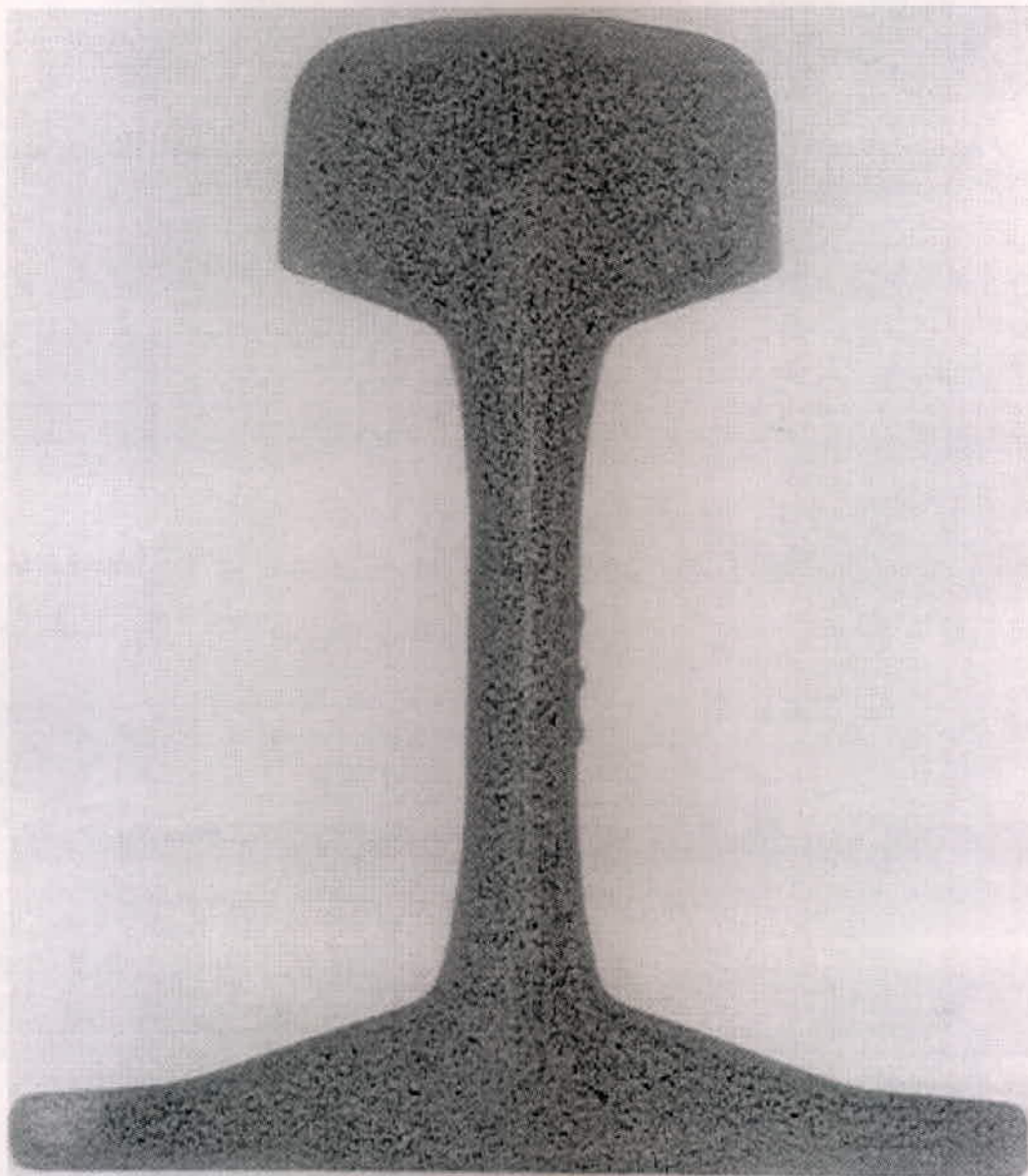


Clasificación: aceptable

Figura D.5 – Estructura dendrítica

Ing. Luis Alberto Díaz
Coord. Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgde. Infraestructura - LGR

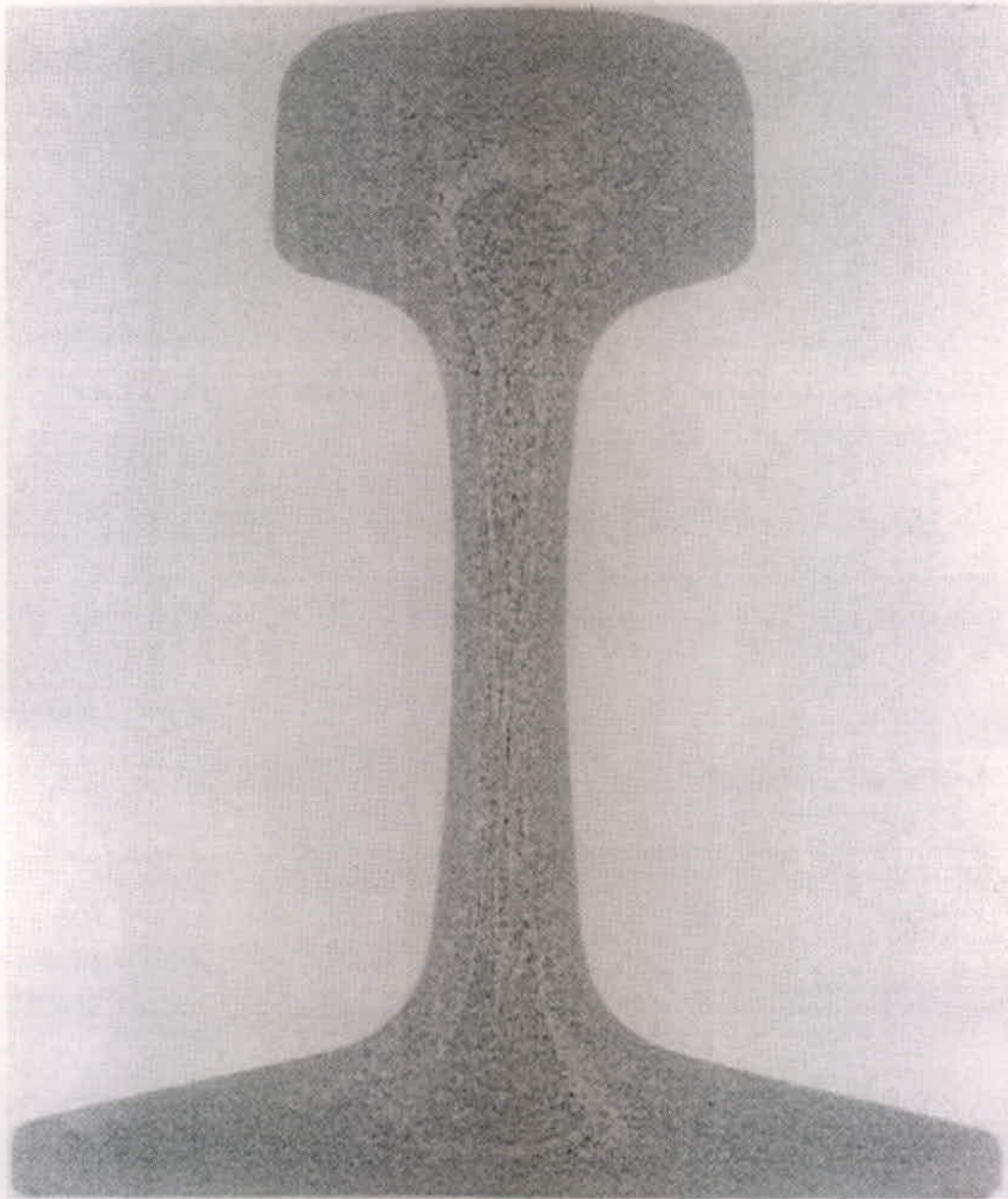


Clasificación: aceptable

Figura D.6 – Segregación en puntos sobre toda la sección

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Via
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR

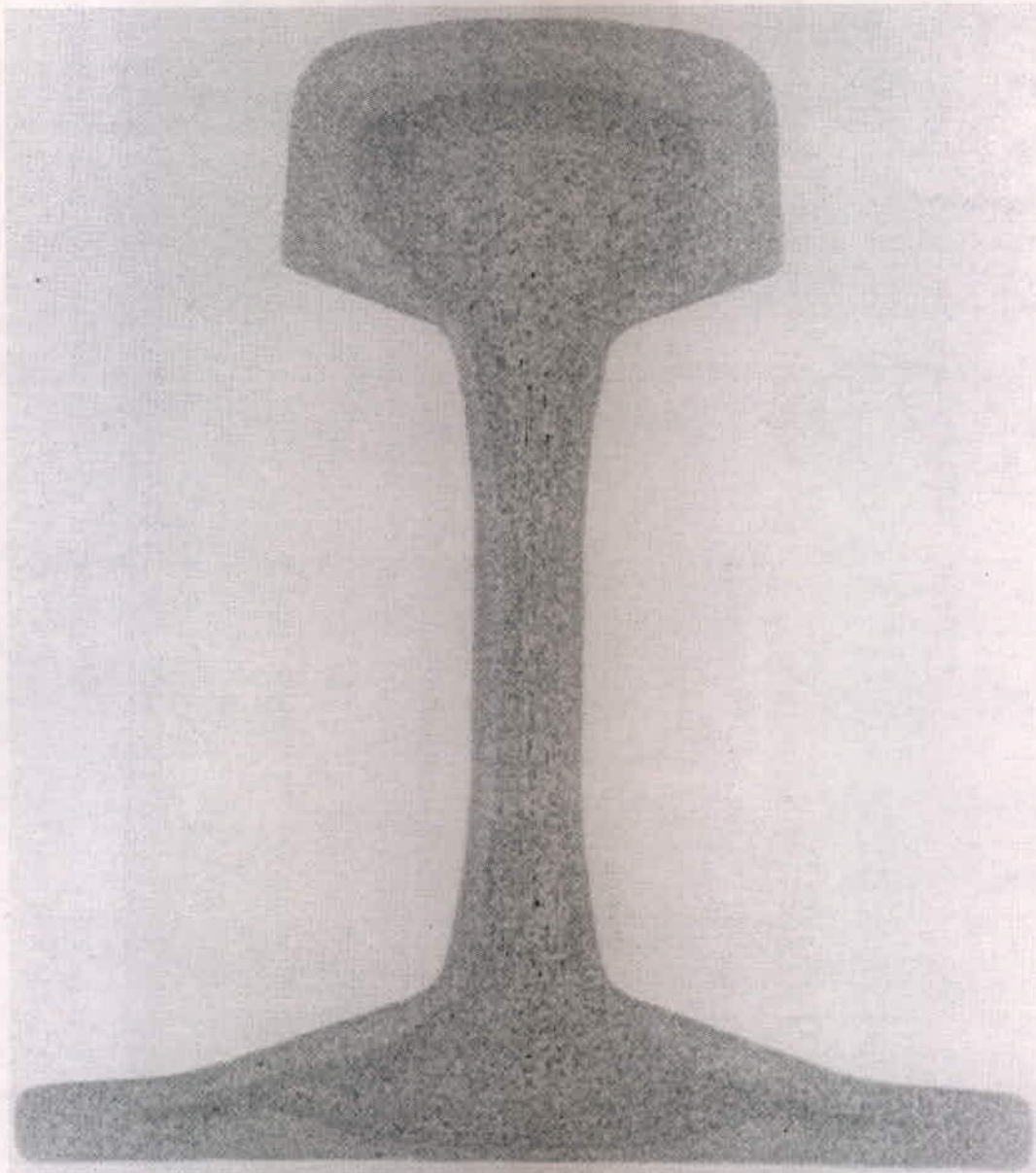


Clasificación: aceptable

Figura D.7 – Zona de segregación negativa debida a la agitación electromagnética

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferrovial S.E.
LINEA NSCA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR

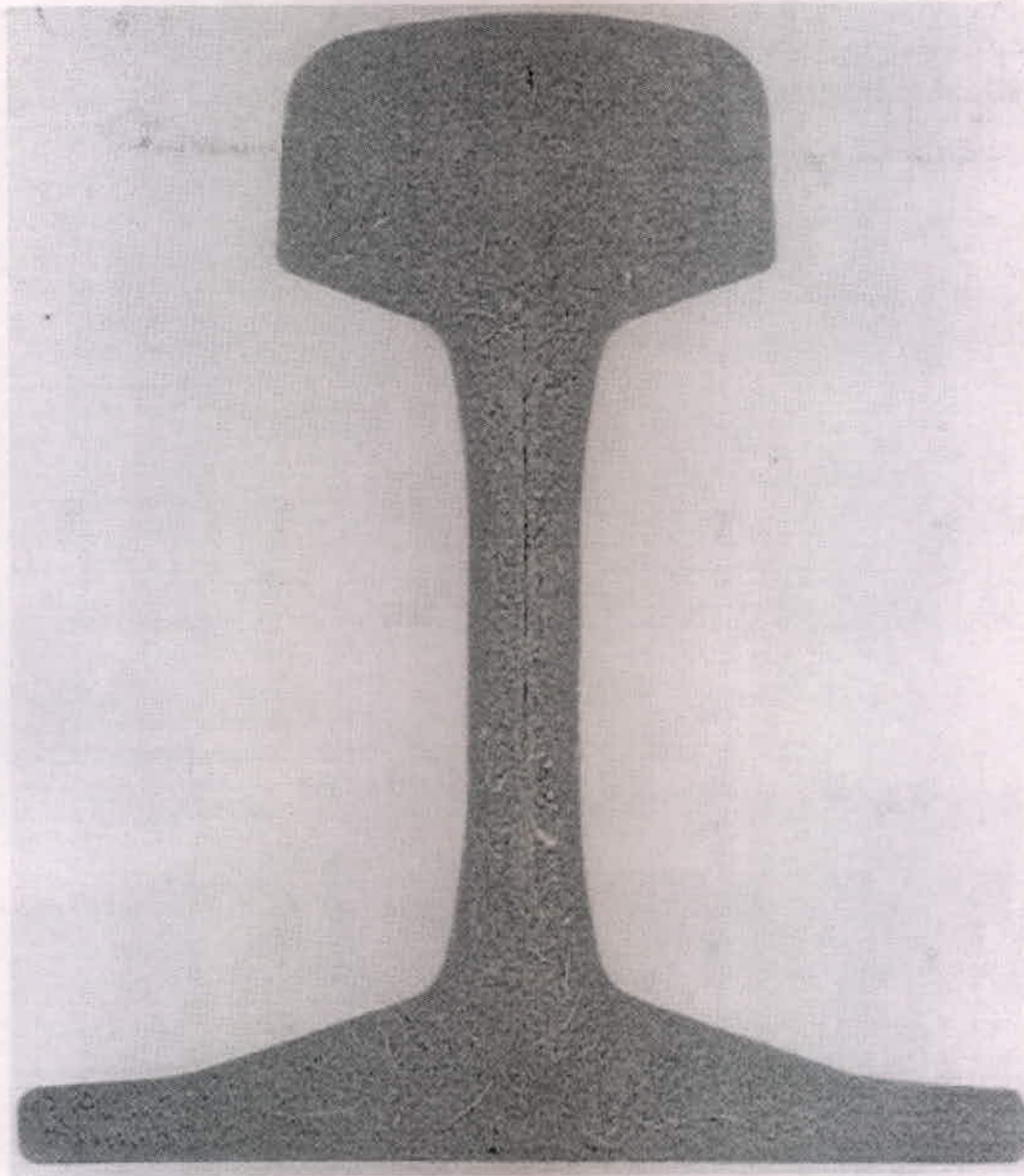


Clasificación: no aceptable

Figura D.8 – Borde negativo

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Arg. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR



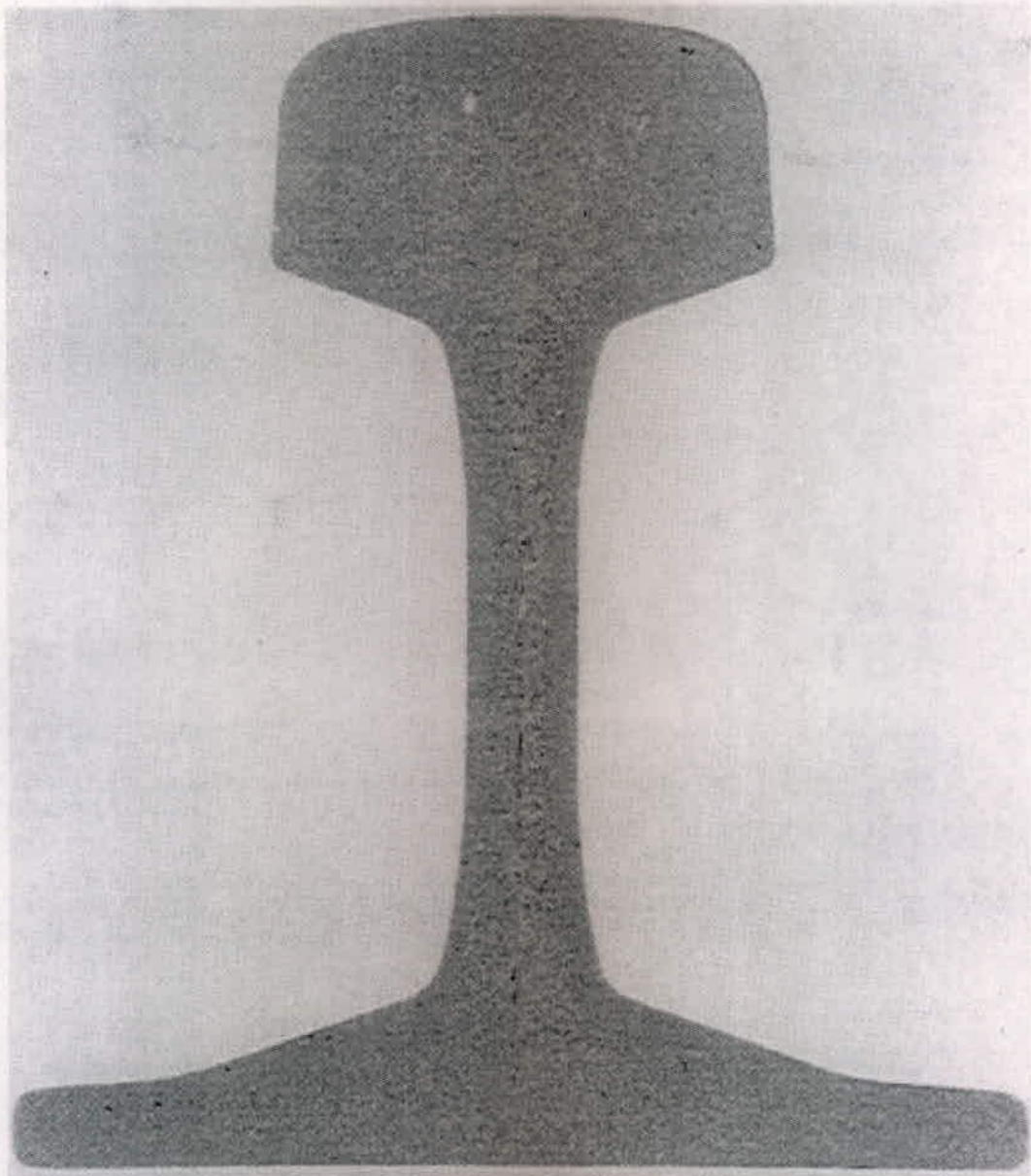
Clasificación: aceptable para una longitud de grieta < 5 mm para materiales no tratados térmicamente, y < 3 mm para materiales tratados térmicamente

aceptable para la suma de longitudes de grietas individuales < 10 mm

Figura D.9 – Segregación positiva a partir de grietas internas en caliente en los blooms


Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA


Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR

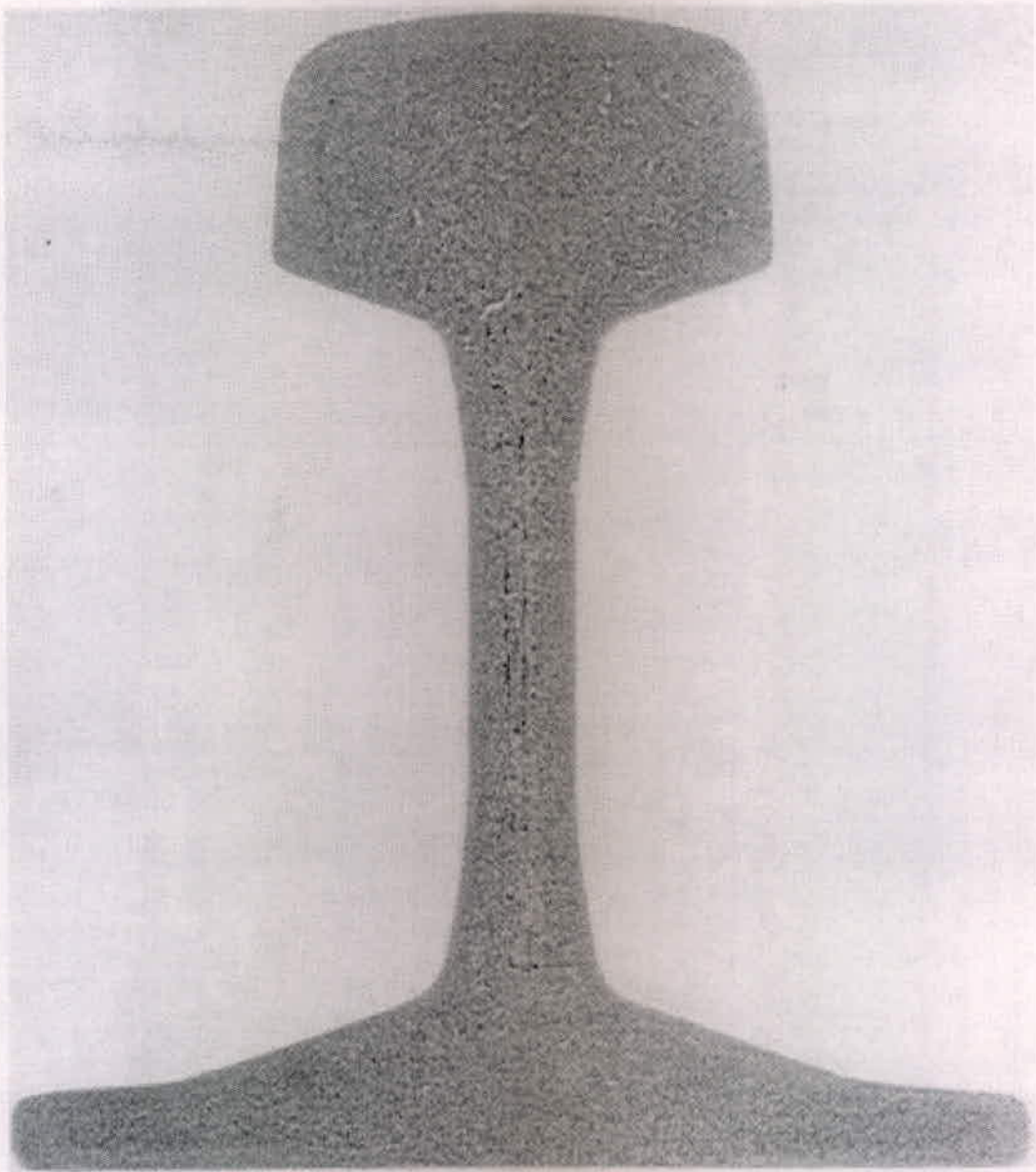


Clasificación: no aceptable

Figura D.10 – Picaduras internas

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINES ROCA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgclia. Infraestructura - LGR

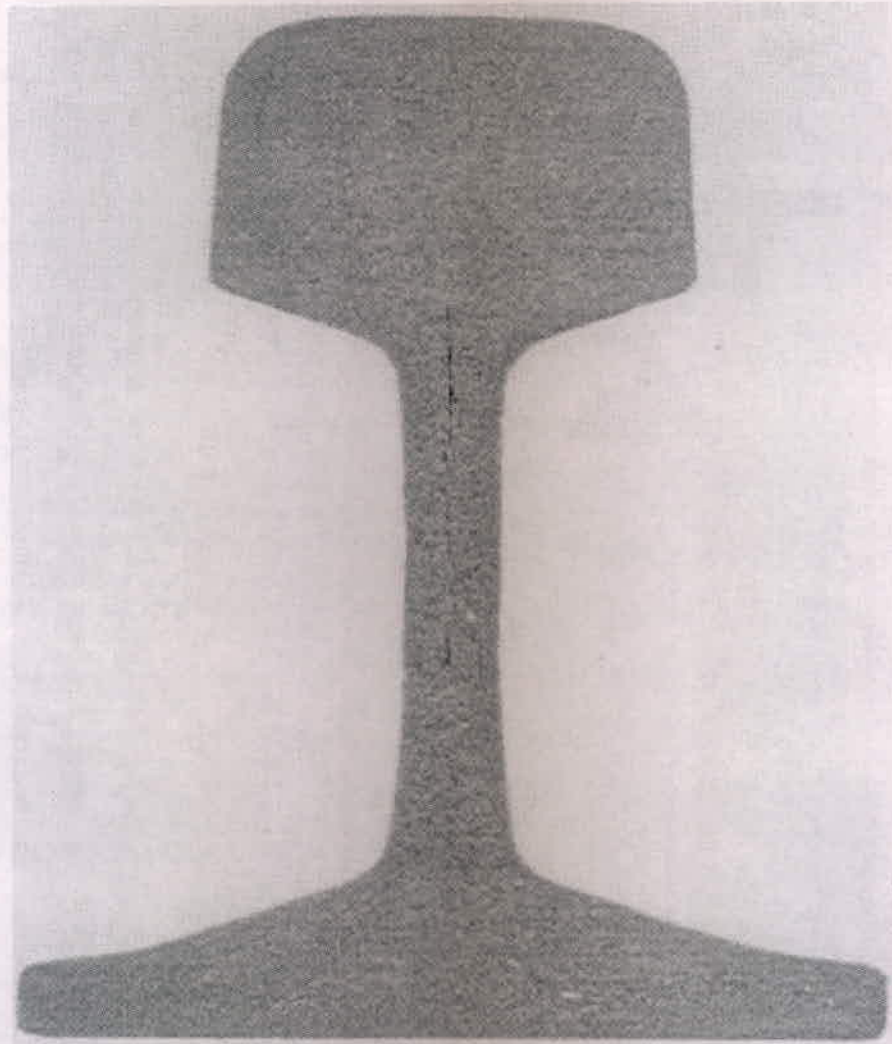


Clasificación: no aceptable

Figura D.11 – Doble segregación positiva en el alma

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgcie. Inf. estructura - LGR



Clasificación: no aceptable

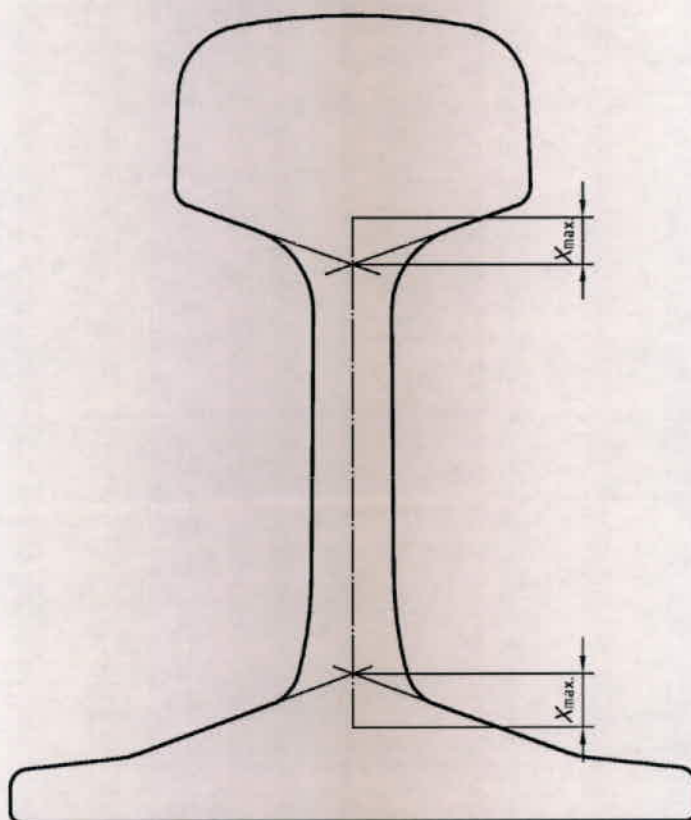
Figura D.12 – Segregación central en el alma que se extiende a la cabeza o al patín

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'L' and 'D'.

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vías
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA RDCA


A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'S' and 'P'.

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subdir. Infraestructura - IGR



Clasificación: segregación central en el alma que se extiende a la cabeza o al patín no aceptable por encima de un valor X_{\max} de 15 mm.

Figura D.13 – Diagrama esquemático que define la extensión de la segregación admisible en el alma


Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA R-10A


Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Bloque Control

ANEXO E (Normativo)

PLANTILLAS DE PERFIL Y TALADRO

Las plantillas de fabricación especificadas en el apartado 9.3 se muestran en las figuras indicadas en la tabla E.1.

Tabla E.1 – Lista de figuras

Figura E.1	Datos de referencia para tolerancias
Figura E.2	Datos de referencia para la decisión
Figura E.3	Altura del carril
Figura E.4	Perfil de la cabeza
Figura E.5	Anchura de la cabeza de carril
Figuras E.6 y E.7	Asimetría
Figura E.8	Altura (HF) de embridado
Figura E.9	Espesor del alma
Figura E.10	Anchura del patín
Figura E.11	Espesor del ala del patín
Figuras E.12 y E.13	Gálidos para taladro



Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
Lima, BCCA



Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR

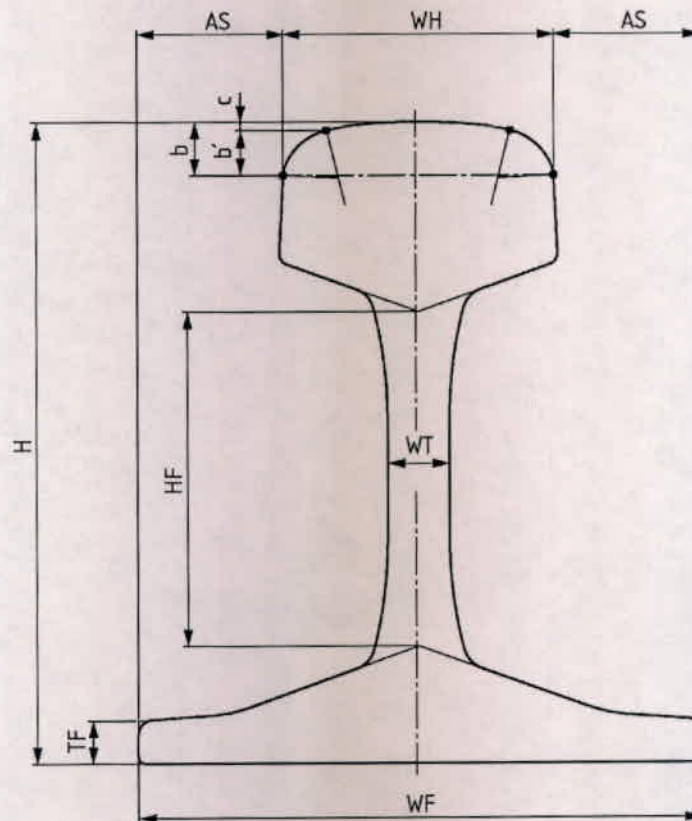
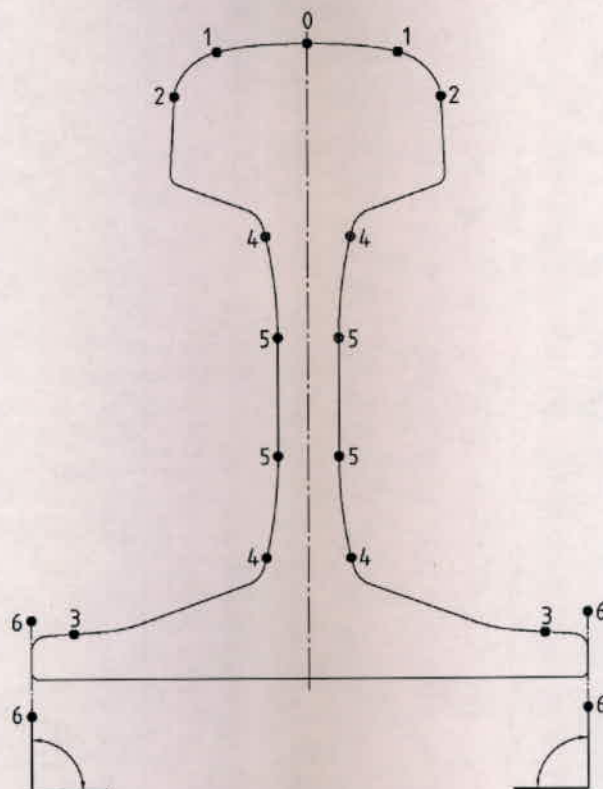


Figura E.1 – Datos de referencia para las tolerancias (véanse la tabla 7 y la figura A.24)


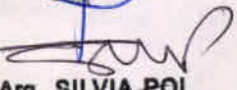

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Feroviaria S.E.
LINEA ROCA


Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR



Dato	Referencia	Figura N.º
0	- Altura - no debe + debe pasar	E.3
0	- Perfil de la cabeza - debe + no debe dejar pasar la galga	E.4
1	- Anchura de cabeza de carril - no debe + debe tocar	E.5
2	- Asimetría de carril - no debe + debe tocar	E.6, E.7
4, 5	- Altura de la zona de embridado - debe + no debe tocar	E.8
5	- Espesor del alma - no debe + debe pasar	E.9
3, 6	- Espesor del patín	E.11
	no debe tocar el alma + debe estar en el \pm rango	E.11
6	- Anchura del patín - no debe + debe pasar	E.10

Figura E.2 - Datos de referencia para la decisión


 Ing. Luis Alberto Diaz
 Coordinador Gral. Via
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINA S. 2008

 Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

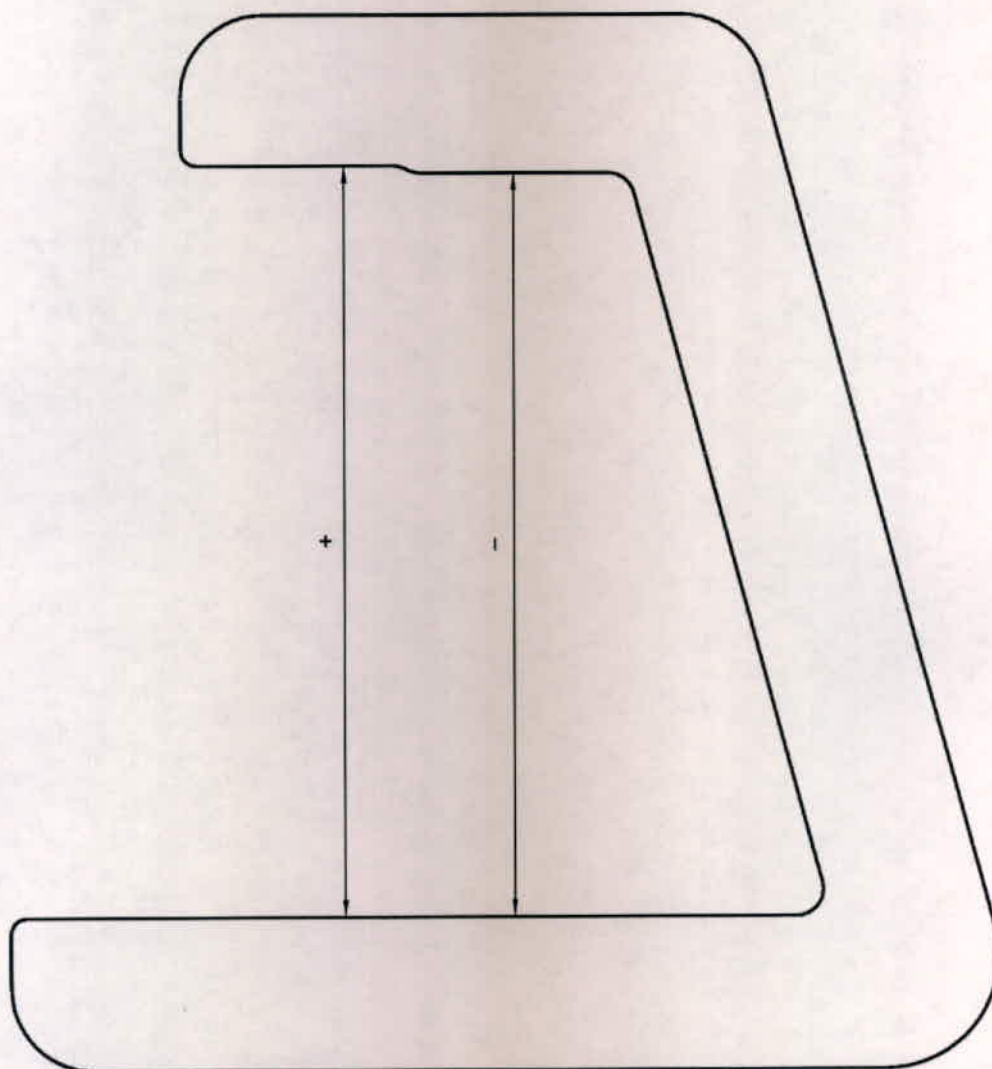

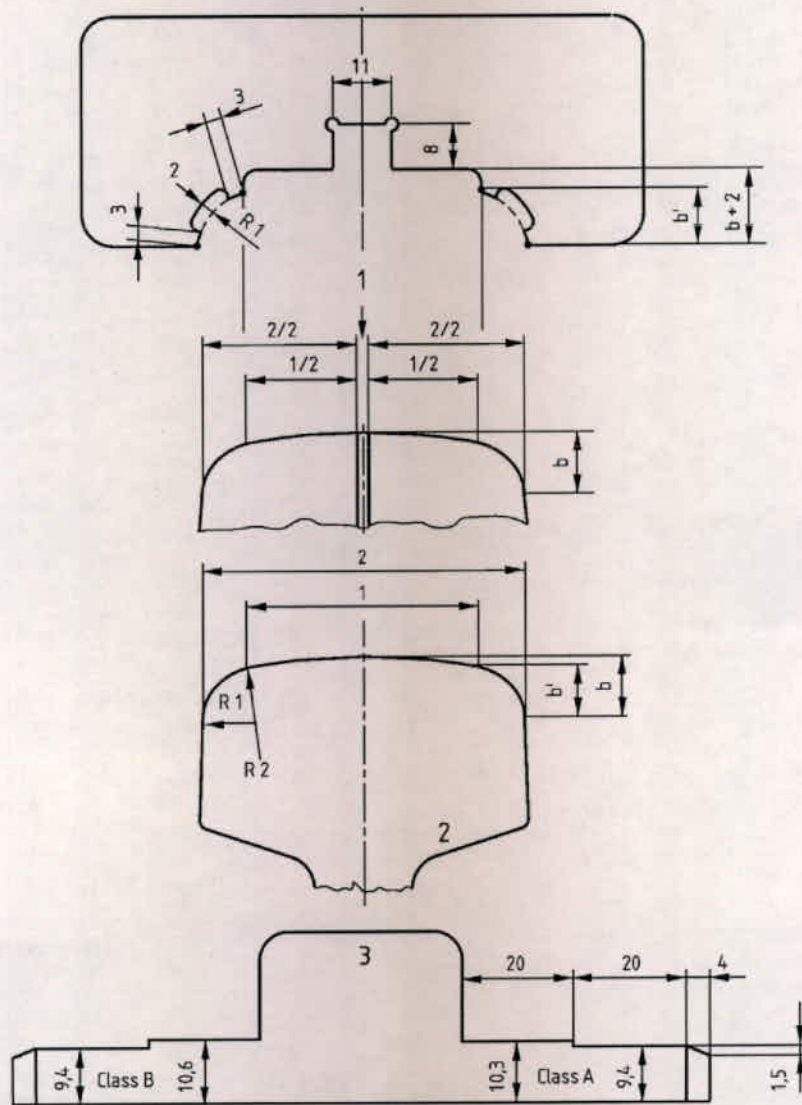


Figura E.3 – Altura del carril


Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA


Arq. SILVIA POT
Coord. Gral. Planif Control
Subgcla. Infraestructura - LGR



Leyenda

- 1 Anchura máxima de la tolerancia de la cabeza de carril
- 2 Perfil teórico
- 3 Galga para verificar la superficie de rodadura, espesor de 10 mm

Figura E.4 – Perfil de cabeza de carril

Ing. Luis Alberto Diaz
 Coordinador Gral. Vis.
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgols. Infraestructura - LGR

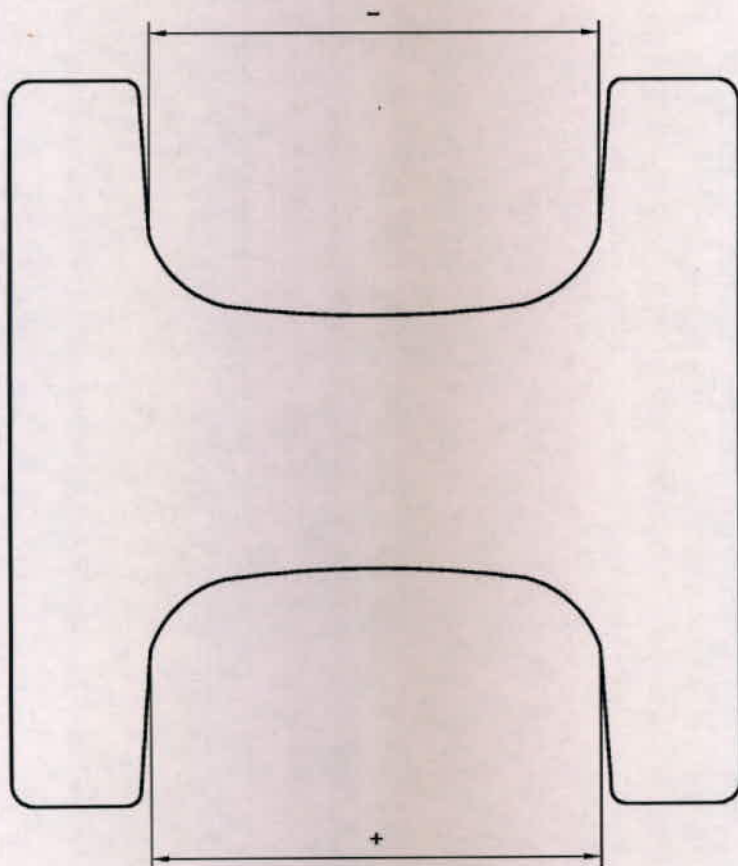


Figura E.5 – Anchura de la cabeza de carril

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROSA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgcia. Infraestructura - LGR

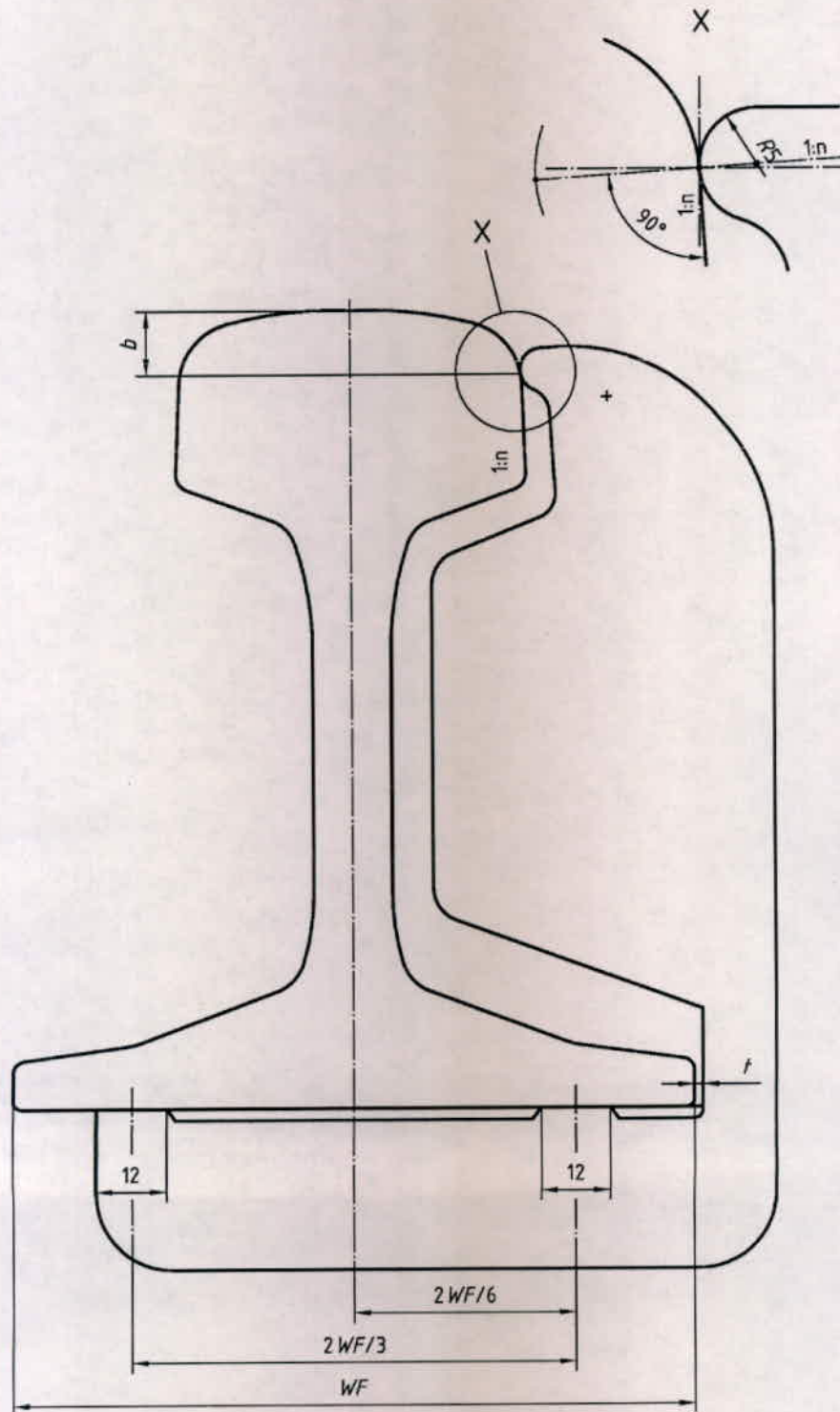


Figura E.6 – Asimetría del carril

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA RDOCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgoia. Inf. estructura - LGR

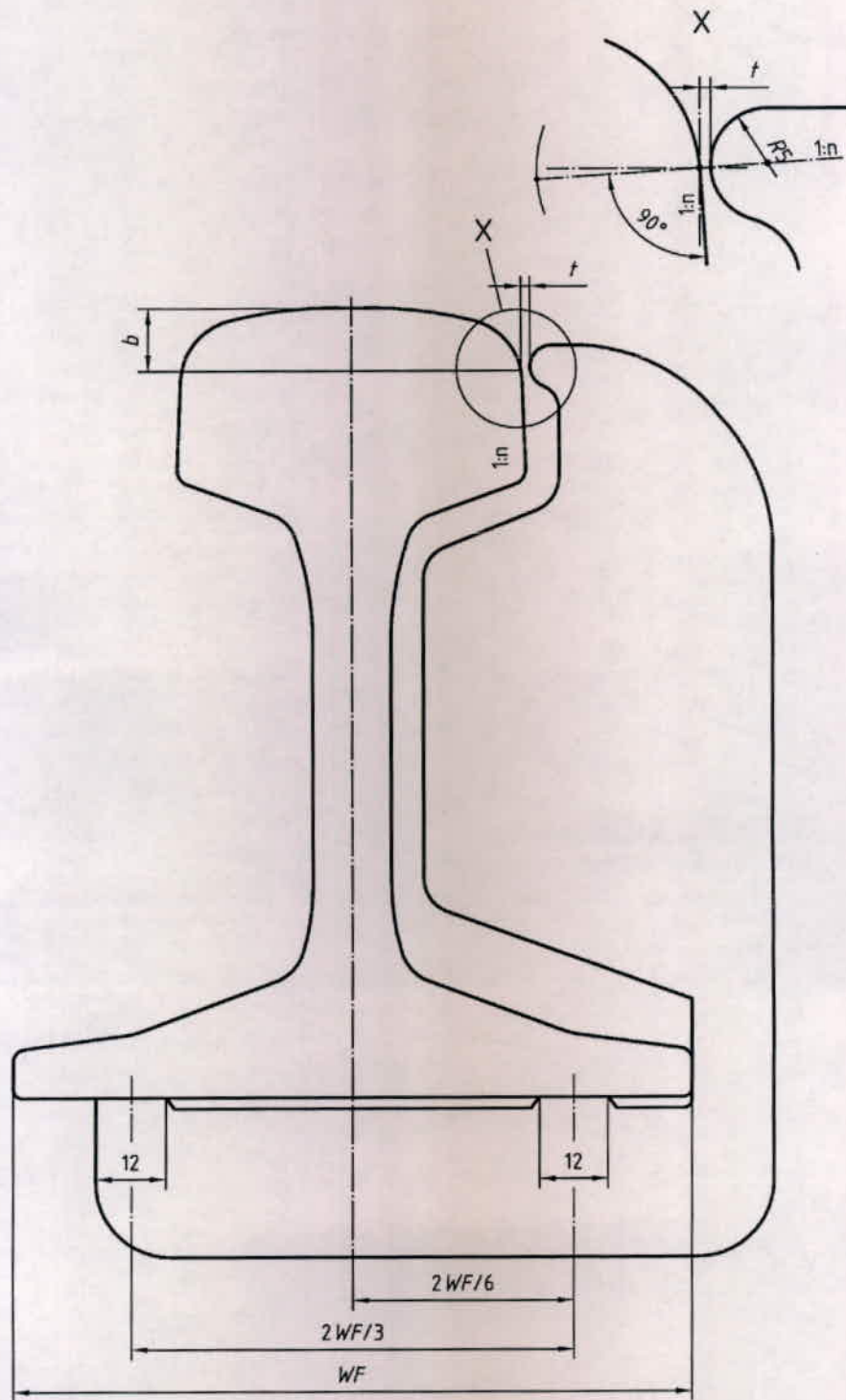
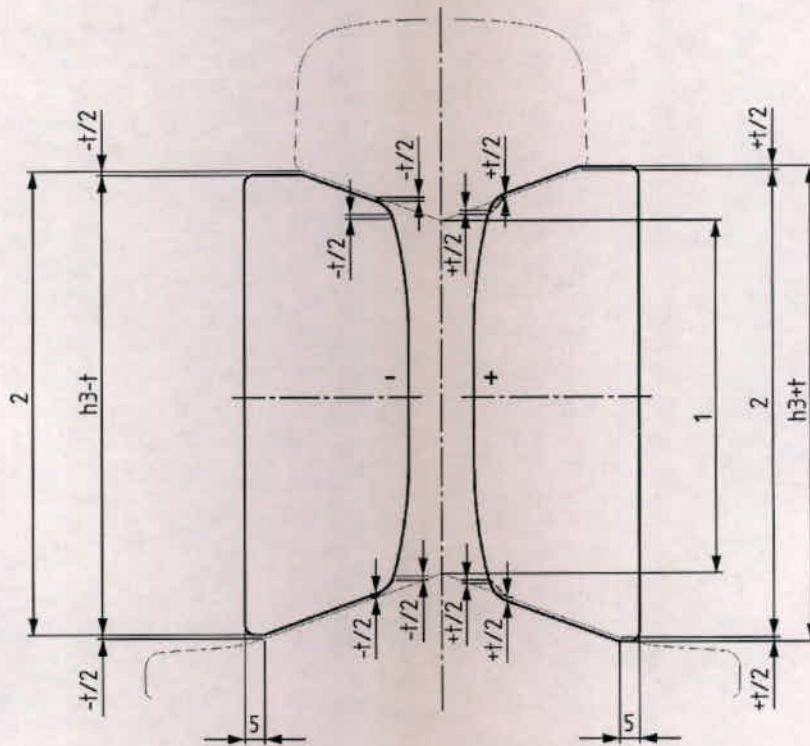


Figura E.7 – Asimetría del carril

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgrs. Infraestructura - LGR

Medidas en milímetros



Leyenda

Marcas 1 y 2 grabadas separadas entre sí 14 mm para indicar los puntos de medición
 h_3 = teórica

Figura E.8 – Altura de embrizado

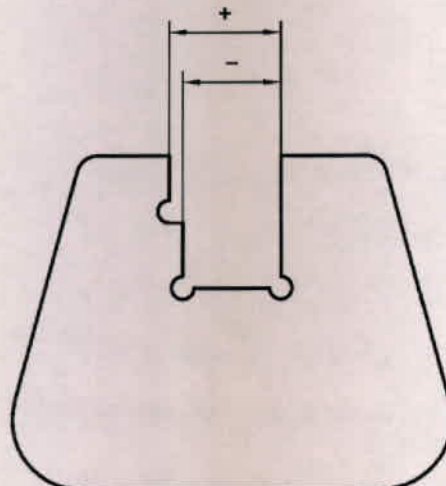


Figura E.9 – Espesor del alma

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LÍNEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subgca. Infraestructura - LGR

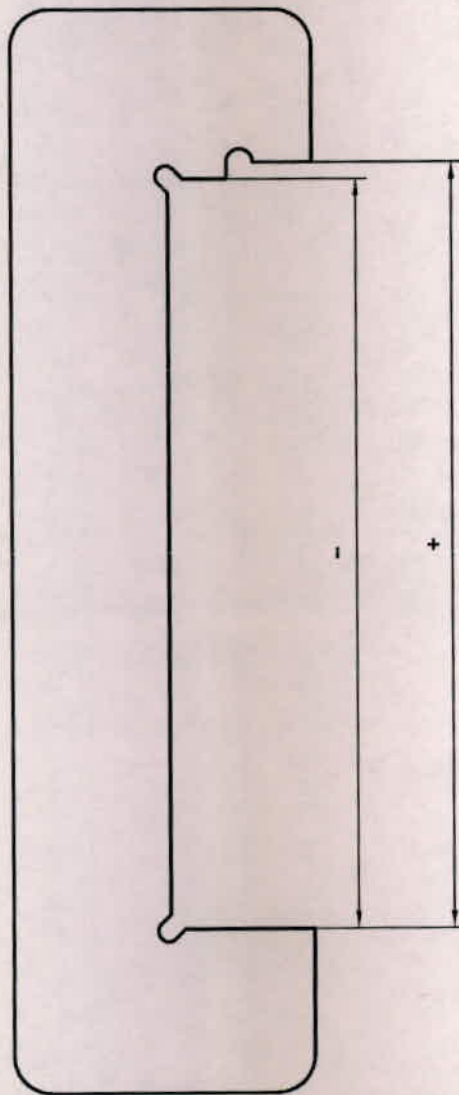
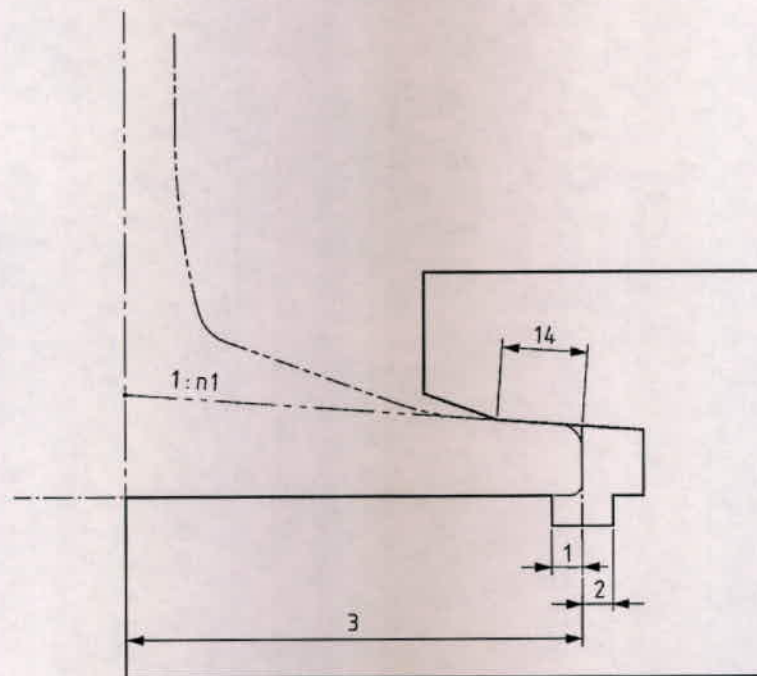


Figura E.10 – Anchura del patín

Ing. Luis Alberto Díaz
Coordinador Gral. Vía
Operadora Ferroviaria S.E.
LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
Coord. Gral. Planif Control
Subgca. Infraestructura - LGR



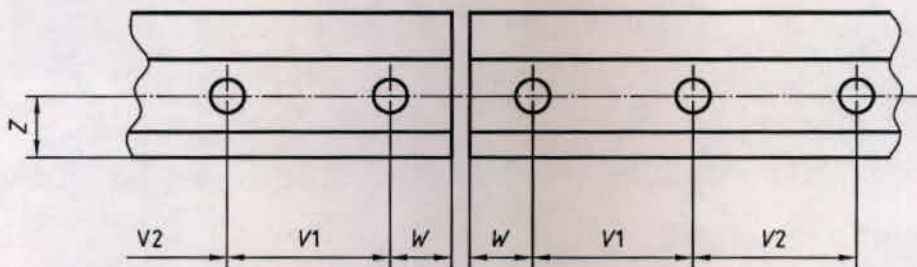
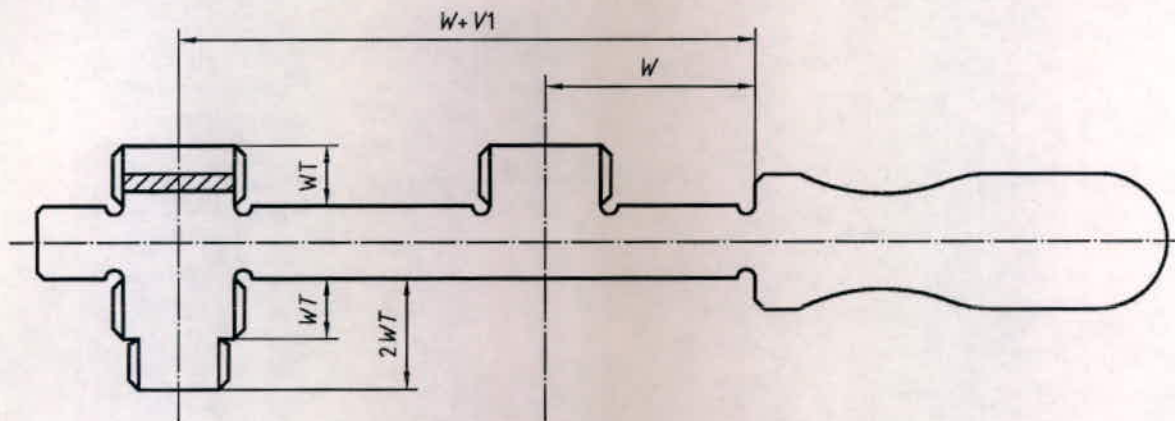
Leyenda

- 1 Máximo = + tolerancia * n1 en mm
- 2 Mínimo = - tolerancia * n1 en mm
- 3 Anchura de patín / 2 o WF/2

Figura E.11 – Espesor del ala del patín

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LÍNEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subj. de Estructura - LGR



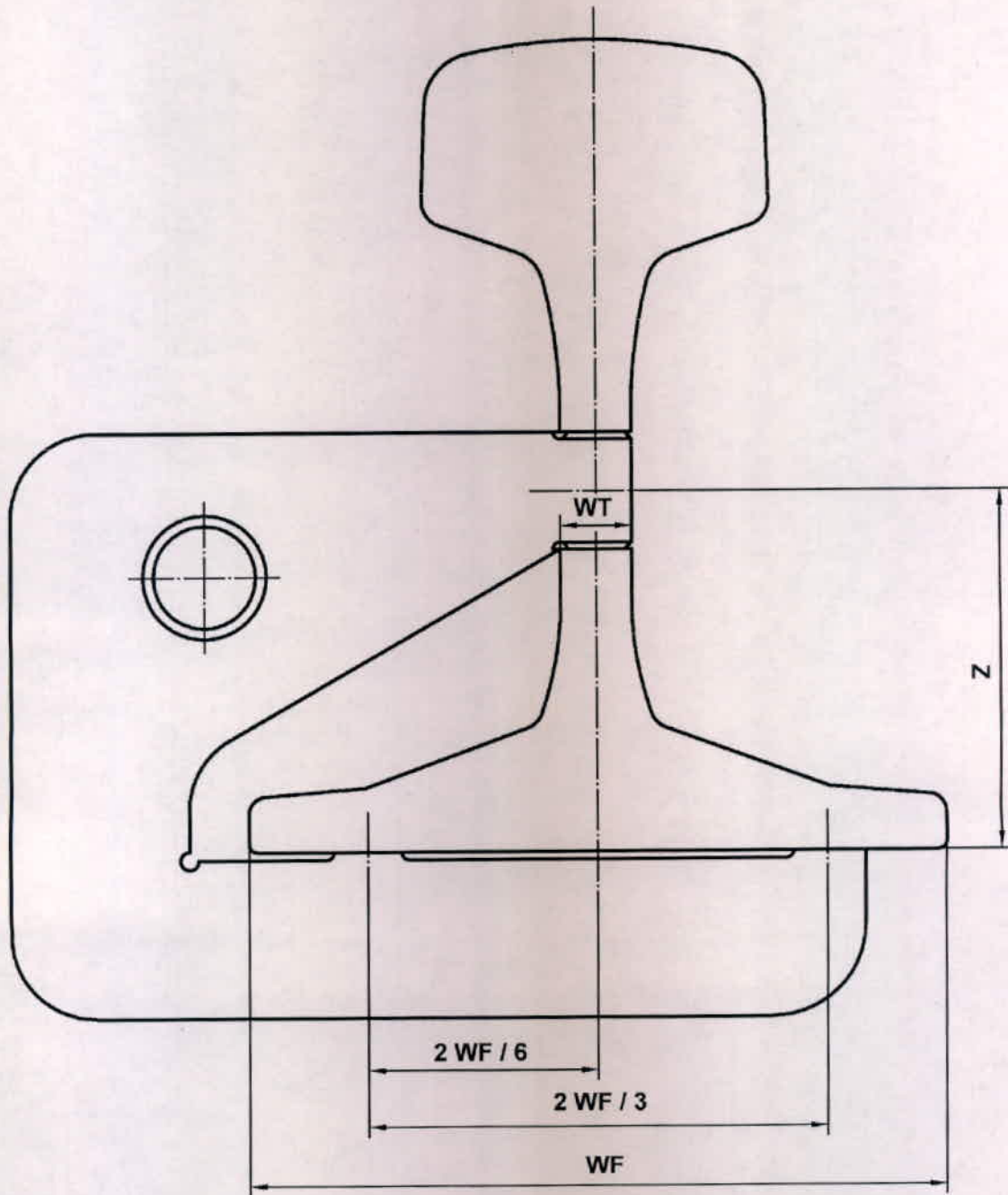
Leyenda

WT Espesor del alma

Figura E.12 – Gálibo para verificar la distancia entre los taladros y el extremo del carril, así como el diámetro de los taladros

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA ROCA

Arq. SILVIA POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Sucois. Infraestructura - LGR



Leyenda

- WF Anchura del patín
- WT Espesor del alma
- Z Distancia entre el centro del taladro y el patín del carril

Figura E.13 – Gálbo para verificar la distancia entre los taladros y el patín del carril

Ing. Luis Alberto Díaz
 Coordinador Gral. Vía
 Operadora Ferroviaria S.E.
 LINEA RDCA

Arq. SILVIA-POL
 Coord. Gral. Planif Control
 Subcic. Infraestructura - LGR