ESTUDIO DE NORMATIVA A APLICAR EN LA CARACTERIZACIÓN DE ÁRIDOS UTILIZADOS COMO BALASTO EN OBRAS DE FERROCARRILES

Dario Chioli, Oscar Rebollo, Cecilia Soengas, Gerardo Botasso, Carolina Gerardi, Ignacio Zapata Ferrero

LEMaC, Centro de Investigación Vial. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata. Avenida 60 y 124, (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina. Te +54-221-4890413.
lemac@frlp.utn.edu.ar

Palabras clave: Balasto, ferrocarriles, petrografía, agregados

RESUMEN

El balasto, según la definición de la Norma FA. 7040-75 (Ferrocarriles Argentinos), es el material que se coloca sobre la superficie de apoyo, a los efectos de la sustentación, elasticidad, drenaje de la vía y repartición uniforme de la carga de los vehículos, debiendo cumplir las exigencias solicitadas por la normativa de los ferrocarriles.
Dada la demanda actual de este material por la reactivación de los ferrocarriles en Argentina y visto que la Norma que los rige tiene ensayos que no están alcanzados por IRAM (por ejemplo obtención del Índice de Lajas y determinación del Núcleo de Arcilla) y la existencia a nivel internacional de requisitos adicionales en este tipo de materiales (como por ejemplo análisis de petrografía con el fin de valorar la roca de origen del material balasto), es de interés poder realizar una guía de trabajo y evaluar la posibilidad de incluir todos los ensayos bajo la normativa IRAM.
Dada esta realidad, desde el LEMaC, Centro de Investigaciones Viales de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata, se estudiaron diferentes muestras de balasto, que encuadran en la Norma FA. 7040-75, y las diversas normativas internacionales citadas, buscando una base del conocimiento que permita unificar todos los ensayos existentes en una ampliación de la norma FA. 7040-75 y presentarlos para su consideración en el IRAM.
De esta forma el presente trabajo pretende ser una guía de ensayos que se ajusten a la normativa FA. 7040-75; se vuelcan los resultados obtenidos de 5 muestras pertenecientes a productores de la región, indicando los complementos entre IRAM y FA.

INTRODUCCION

Se denomina balasto al elemento de la superestructura de la vía que se coloca sobre la plataforma (plano de formación), para brindar apoyo al emparrillado formado por los durmientes y los rieles. Se trata en la generalidad de los casos de un material granular.

El balasto cumple varias funciones dentro de estructura de la vía (Oliveros Rives - 1977), entre las que se pueden citar:

- Repartir uniformemente sobre el plano de formación las cargas que recibe de los durmientes, de forma tal que la tensión admisible de la plataforma no sea superada.
- Estabilizar vertical, longitudinal y lateralmente la vía, con el fin de impedir desplazamientos.

- Amortiguar las acciones de los vehículos sobre la vía, gracias a su estructura pseudo-elástica.
- Proporcionar una rodadura suave a los vehículos y un notable confort a los viajeros.
- Proteger a la plataforma de las variaciones de humedad debidas al medio ambiente y a la acción de las heladas.
- Facilitar la evacuación de las aguas de lluvia.
- Permitir la recuperación de la calidad geométrica de la vía mediante operaciones de alineación y nivelación.

Para poder cumplir con las funciones referidas, los materiales utilizados como balasto deben poseer ciertos atributos (González Fernández y Fuentes Losa - 2010):

- Elasticidad suficiente para absorber las acciones de los vehículos y repartir sus cargas.
- Suficiente resistencia para impedir los desplazamientos horizontales de la vía.
- Proporción de huecos adecuada, sin afectar la elasticidad, para permitir evacuar eficazmente el agua de lluvia.
- Estabilidad física frente a la acción del agua y del hielo.
- Ser fácilmente bateable (consolidación del balasto bajo los durmientes), en forma mecánica, con el fin de permitir recuperar la calidad geométrica de la vía.

Estas características están vinculadas a:

a. Naturaleza de la roca originaria
b. Curva granulométrica
c. Forma geométrica de las partículas
d. Resistencia al choque
e. Resistencia al desgaste
f. Resistencia a la acción de las heladas
g. Limpieza del balasto

a. Naturaleza

Para poder soportar elásticamente las cargas que el durmiente le transmite, el balasto necesita ser bateado, o sea, compactado mediante la acción de unos bates mecánicos vibratorios, y por lo tanto, el material debe resistir esta acción sin llegar a la ruptura, debiendo ser por esto un material duro.
Las distintas administraciones ferroviarias internacionales recomiendan utilizar rocas ígneas o metamórficas, tales como los granitos o cuarcitas, aunque estas últimas se utilizan en menor medida debido a su elevado costo.
En general, los áridos provenientes de rocas calcáreas o calizas son menos duras y presentan menor resistencia al desgaste que las procedentes de rocas ígneas o silíceas. Debido, en parte a estas propiedades, se trituran y tienden a ligarse y aglomerarse entre sí en presencia de agua, alterando las características elásticas que debe poseer la cama de balasto y las condiciones para permitir los trabajos de mantenimiento de la vía referidos a su nivelación y alineación (REDENFE- 2003).

b. Curva Granulométrica

La granulometría del balasto para uso ferroviario se determina de manera de obtener las mejores condiciones para: facilitar el bateo mecánico, producir un buen apoyo de los

durmientes, obtener una cama de balasto elástica y asegurar la estabilidad horizontal de la vía. Las partículas muy grandes producen un mal apoyo de los durmientes, mientras que las partículas muy pequeñas hacen que el balasto pierda elasticidad y además se colmate fácilmente, perdiendo permeabilidad y capacidad de drenaje.
Los elementos de menor tamaño deben ocupar los huecos existentes de manera tal que proporcionen una efectiva interacción entre partículas generando buena superficie de contacto, estabilizando la cama de balasto; no deben ser muy pequeñas porque actúan como lubricante.
Las investigaciones han puesto de manifiesto que el balasto más adecuado es aquel formado por piedra partida cuya relación de tamaños, entre el máximo y el mínimo, es aproximadamente igual a dos. Se ha determinado que, para facilitar el bateo y lograr que la cama de balasto sea estable, vertical y horizontalmente, el tamaño de la piedra debe estar comprendido entre 20 y 60 mm.

c. Forma Geométrica de las Partículas

Diversos estudios han demostrado que la forma extremadamente plana tiene una desfavorable influencia en la deformación plástica del balasto, en relación con la forma cúbica (Oliveros Rives et al, 1977). Por otra parte, el carácter lajoso del balasto dificulta su compactación por los bates mecánicos. Por estos motivos es necesario que las partículas de balasto tengan una forma poliédrica con aristas vivas; de aquí la importancia de una buena trituración de la piedra.

d. Resistencia al Choque

La experiencia indica que el balasto debe tener una alta resistencia al choque, ya que está expuesto a este fenómeno por diversos motivos:
La circulación de los vehículos ferroviarios origina sobre la vía una onda de avance, con la cual se elevan los durmientes delante del vehículo. Este hecho determina el posterior descenso del durmiente, el cual golpea al balasto. En las juntas de rieles eclisadas se produce un golpe similar. Durante el proceso de bateo mecánico para mantener la nivelación también se golpea el balasto.
En general las rocas duras son más resistentes al choque (RENFE-1987).

e. Resistencia al Desgaste

El roce al que está sometido el balasto, causa un desgaste que deteriora sus cualidades, redondeando sus formas geométricas. Particularmente, con el creciente uso de pesados durmientes de hormigón, se observa una mayor abrasión que con el uso de durmientes de madera.
La resistencia al desgaste se mide, por el conocido ensayo Los Ángeles. En Argentina se recomienda que el coeficiente de desgate Los Ángeles no sea mayor de 30% para evitar una degradación prematura del balasto bajo la carga del tránsito ferroviario.

f. Resistencia a la Acción de las Heladas

La resistencia del balasto a la acción de las heladas depende fundamentalmente de las características de las rocas y de su porosidad. En las rocas que presentan una absorción de agua superior al 1,5% de su peso, es de esperar una acción destructiva de la helada, por lo tanto se desaconseja su uso. En general las rocas de mayor dureza tienen menor coeficiente de absorción de agua y la acción destructiva de la helada es menos probable.

g. Limpieza del Balasto

La limpieza del balasto es fundamental para el drenaje correcto del agua. El balasto debe estar exento de polvo, sea procedente de la trituración de la piedra, sea consecuencia de la contaminación de los acopios por el viento o proceda de una maniobra defectuosa de carga que incorpore material del suelo.

En Argentina la norma de aplicación sobre la provisión y utilización de balasto ferroviario es la FA. 7040 del año 1975. En esta Especificación están determinados dos tipos de balasto (FFRR, 1975):

- El balasto Grado A-1: Es el balasto para capa de bateado. Es el tipo de balasto exigido en la renovación y construcción de nuevas vías con balasto de piedra.
- El balasto Grado A-2: Se trata de un balasto de menor granulometría que el A-1, utilizado antiguamente en trabajos de levante calibrado de vía. En la actualidad no se realiza este tipo de levante.

METODOLOGIA Y RESULTADOS

Para el cumplimiento de estas características Ferrocarriles Argentinos usa su Norma FA. 7040-75, la cual establece una serie de ensayos y tolerancias a cumplir, siendo éstos los siguientes:

1. Análisis granulométrico (Norma IRAM 1505).
2. Ensayo de abrasión con la máquina "Los Ángeles" (Norma IRAM 1532).
3. Ensayo de durabilidad de los agregados por ataque con sulfato de sodio (Norma IRAM 1525).
4. Ensayo de los agregados para determinar el porcentaje de material que atraviesa el tamiz IRAM 74 µm (N° 200) (Norma IRAM 1540).
5. Porcentaje de partículas blandas (Norma IRAM 1644).
6. Determinación de la masa unitaria (Norma IRAM 1548).
7. Ensayo para la determinación de núcleos de arcilla o material similar en agregados (Norma ASTM C-142).
8. Lajosidad (sin Norma asignada).

Como puede observarse, existen ensayos en el listado que no cuentan con una Norma IRAM que los respalde.

Además, de la revisión a nivel internacional que se detalla a continuación, se observa que en la mayoría de los casos se instrumenta como complemento a los ensayos citados, el análisis petrográfico de la roca de origen del balasto.

La normalización de balasto en Europa distingue tres niveles:

1. Comité especial D-182 del European Reserch Institute (ERRI) de la Unión Internacional de Ferrocarriles (U.I.C.). Evalúa la calidad del balasto, método de ensayo y evaluación de las condiciones de balasto en vía.
2. Grupo “Ad hoc Ballast”, englobado en el Subcomité SC-4. Reúne representantes de las Administraciones Ferroviarias y suministradoras de balasto; Estudio conjunto de la “Norma sobre Especificaciones Técnicas y descripción del sistema de garantía de calidad para balasto ferroviario”, elaborada por el Comité D-182; Asegurar que el Comité D-182 del ERRI no proponga condiciones técnicas inviables en la fase de producción del balasto.
3. Subcomité SC-4 y la estructura de normalización del Comité Europeo de Normalización de Áridos CEN/TC/154 “Aggregates”. Normalización de los áridos, incluyendo el balasto.

Análisis granulométrico

La Norma IRAM 1501 establece los tamices de ensayo; la Norma IRAM 1505 expresa el método de análisis granulométrico y, la Norma FA. 7040-75 establece al Balasto Grado A y las curvas granulométricas que deben cumplir los agregados para diferenciarlos entre Balasto para Capa Bateado Grado A–1 ó Balasto para Levante Calibrado Grado A–2, los que se observan en la Tabla 1.

	Grado A-1	**Grado A-2**
Designación del Tamiz	**Balasto para Capa Bateado**	**Balasto para Levante Calibrado**
	Material que pasa (% en masa)	**Material que pasa (% en masa)**
IRAM 63 mm (2 ½”)	100	---
IRAM 51 mm (2”)	85 a 100	---
IRAM 38 mm (1 ½”)	35 a 70	---
IRAM 25 mm (1”)	0	100
IRAM 19 mm (3/4”)	---	15 a 100
IRAM 16 mm (5/8”)	---	0 a 30
IRAM 9,5 mm (3/8”)	---	0

Tabla 1. Granulometrías exigidas a los distintos grados de balasto.

En el LEMaC se han ensayado últimamente Balastos de distintas canteras de la zona de Olavarría y Tandil, los resultados granulométricos obtenidos se muestran en la Tabla 2.

Exigencias de la Norma FA. 7040-75				**Cantera 1**	**Cantera 2**	**Cantera 3**	**Cantera 4**	**Cantera 5**
Abertura de Tamiz Pulgadas	Abertura de Tamiz (µm)	Límite Inferior LI (%)	Límite Superior LS (%)	Porcentaje en peso acumulado	Porcentaje en peso acumulado	Porcentaje en peso acumulado	Porcentaje en peso acumulado	Porcentaje en peso acumulado
2" 1/2	63000	100	100	100	100	100	100	100
2"	51000	85	100	86,0	86,8	**81,9**	91,5	88,5
1" 1/2	38000	35	70	62,4	37,8	58,9	59,5	45,2
1"	25000	0	15	14,9	1,6	10,3	7,5	9,1
3/4"	19000	0	0	**4,3**	**0,1**	**1,4**	**0,6**	0,0
7/16"	11000	0	0	**0,7**	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabla 2. Resultados granulométrico obtenidos en el LEMaC

La norma fija además las siguientes tolerancias en función de la granulometría del Balasto.

a) Tolerancias de Balasto para Capa Bateado.

El porcentaje de piedra partida retenida por el tamiz IRAM 63 mm (2 ½") no debe exceder el 5% en masa pero debe pasar en todos los sentidos por el tamiz IRAM 89 mm (3 ½").
El porcentaje de piedra partida pasante por el tamiz IRAM 19 mm (¾") no debe exceder el 5% en masa, pero debe quedar retenido por el tamiz IRAM 11 mm (7/16").

b) Tolerancias de Balasto para Levante Calibrado.

El porcentaje de piedra partida retenida por el tamiz IRAM 25 mm (1") no debe exceder el 5% en masa pero debe pasar en todos los sentidos por tamiz IRAM 32 mm (1 ¼").
El porcentaje de piedra partida pasante por el tamiz IRAM 9,5 mm (⅜") no debe exceder el 5% en masa, pero debe ser retenido por tamiz IRAM 4,8 mm (N° 4).

En la Tabla 2 se han remarcado los resultados que están fuera del rango establecido por la normativa bajo las tolerancias de balasto para Capa Bateado. Todas las Canteras solicitaron los servicios para clasificar al balasto como capa bateado. Por lo cual se desprende que solo la Cantera 5 es la que cumple, las tolerancias establecidas para todos los tamices como Balasto para Capa Bateado.

Ensayo de Abrasión con la Máquina Los Ángeles

El ensayo de desgaste Los Ángeles se realiza según la Norma IRAM 1532. Este es un ensayo muy utilizado, los valores obtenidos en este caso por el LEMaC se muestran en la Tabla 3 (página siguiente), siendo el máximo admitido de 30% para los Balasto tipo A.

Ensayo de Durabilidad de los Agregados por Ataque con Sulfato de Sodio

Se excluyen aquellos materiales que contengan carbonatos y/o sulfatos como así también la escoria de alto horno. Ensayado el material de acuerdo a lo indicado en la norma, éste no debe tener una pérdida de masa mayor del 10%, después de 5 ciclos.
El balasto debe ser extraído de bancos sanos (roca fresca) de la cantera, con exclusión de aquellos bancos o variedad de rocas que presenten alteración (material blando). No debe presentar componentes frágiles tales como determinados vidrios de origen magmático o cementante, formando parte de la masa, el porcentaje de partículas blandas es determinado de acuerdo con la Norma IRAM 1644.
En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos.

Densidad a Granel y de los Espacios Vacíos

La determinación de la Densidad a Granel y de los Espacios Vacíos se realiza de acuerdo a la Norma IRAM 1548. Dicha norma define la densidad a granel como la masa de la unidad de volumen de materiales a granel, en las condiciones de compactación y humedad en que se efectúa el ensayo. Se define a los espacios vacíos como los espacios entre partículas en una masa de agregado no ocupado por materia mineral sólida, por unidad de volumen de agregado.
En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos del ensayo.

Ensayo de Absorción

Se define al ensayo como el volumen de los vacíos permeables del material, expresados en porciones del peso en el aire del mismo, secado en estufa a 105/110 °C hasta peso constante, según la Norma IRAM 1533.
Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3.

Ensayo para la Determinación de Núcleos de Arcilla o Material Similar en Agregados

Este ensayo se establece en la Norma ASTM C-142. El método de ensayo cubre los procedimientos para una determinación aproximada de terrones de arcilla y partículas friables en agregados. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3.

Ensayo de Lajas

La Norma FA. 7040 considera como laja a la piedra, cuando la medida de una de sus aristas sobrepasa 5 veces la menor arista tomada como espesor. El contenido de lajas se determina sobre una muestra representativa de 100 kg de la que se efectúa su cuarteo y se analizan unos 25 kg. El balasto no debe contener lajas en una proporción mayor del 5 % en masa.
Este ensayo difiere de lo estipulado por la Norma IRAM 1687-1 "Método de Determinación del índice de Lajosidad", donde el fundamento del método se basa en la clasificación de los agregados como lajas, cuando tienen un espesor (menor dimensión) menor a 0.6 veces su tamaño nominal. Este tamaño se toma como valor medio de las aberturas de los tamices límites utilizados para determinar el tamaño de la fracción a la que pertenece la partícula ensayada. El Índice de Lajosidad de una muestra de agregados, se determina separando las partículas lajosas y expresando sus masas como un porcentaje de la masa de la muestra ensayada. El resultado se expresa como el índice de lajosidad por cada fracción "i" ensayada y el índice de lajosidad total.

Los valores obtenidos de las muestras analizadas de las 5 canteras, se muestran en la Tabla 3.

Determinaciones		**Unidad**	**Tolerancia**	**Cantera 1**	**Cantera 2**	**Cantera 3**	**Cantera 4**	**Cantera 5**
Desgaste Los Ángeles	Curva F: 1000 vueltas de tambor con 12 bolas	%	≤ 30	20,3	14,2	19,5	19,0	20,1
Durabilidad de los Agregados por Ataque con Sulfato de Sodio		%	≤ 10	4,2	4,5	3,3	5,2	2,1
Densidad a Granel		kg/m^3	----	1588,1	1260,2	1279,0	1364,0	1400,3
Espacios Vacíos		%	----	44,9	53,8	52,1	49,5	45,9
Absorción		%	-----	0,5	0,9	1,1	1,0	0,6
Núcleo de Arcilla		%	-----	No posee	No posee	No posee	No posee	No posee
Lajas		%	≤ 5	2,5	0,6	2,2	3,0	1,6

Tabla 3: Resultados obtenidos en los distintos ensayos

De la tabla 3 se desprende que los resultados de los ensayos de todas las canteras, cumplen con lo solicitado por la norma FA. 7040.

Ensayo Petrográfico

Este ensayo no está contemplado en la Norma FA. 7040-75 de Ferrocarriles Argentinos, pero sería de mucha importancia agregarlo, dado que con este se podría tener una completa información de la composición de la roca utilizada como Balasto.

Definiciones de Petrografía

1. La Petrología estudia las rocas en su conjunto, sus características geométricas de campo, características petrográficas (componentes), composición química detallada de la misma y de los distintos minerales que la constituyen, condiciones físico-químicas de formación y los procesos evolutivos durante su génesis.
2. Los estudios petrográficos abordan la descripción física en términos visuales de las rocas, mediante la microscopía de luz polarizada (esencialmente con luz transmitida, aunque también reflejada; y en algunos casos microscopía electrónica). Estos estudios ofrecen una valiosa información relativa a la naturaleza de sus componentes (esencialmente minerales), su abundancia, forma, tamaño y relaciones espaciales, lo cual permite clasificar la roca y establecer ciertas condiciones cualitativas o semicuantitativas de formación, así como posibles procesos evolutivos.

Los componentes petrográficos son aquellos elementos de la roca que tienen entidad física, tales como granos minerales, asociaciones particulares de determinados minerales, otros fragmentos de rocas relacionados o no genéticamente con la roca que los engloba, componentes de la matriz y cemento, material amorfo o criptocristalino (vidrio volcánico, geles de sílice...), espacios vacíos (poros, vacuolas...), fracturas discretas o selladas, etc.

Algunos componentes petrográficos se presentan en todos los tipos de rocas, tales como los granos minerales o poros, que son muy abundantes en las rocas sedimentarias e ígneas volcánicas, pero son muy pequeños y escasos en rocas metamórficas e ígneas plutónicas; otros se presentan sólo en algunos tipos, como el vidrio volcánico en las rocas volcánicas; otros se presentan en cualquiera de los tipos rocosos pero sólo ocasionalmente, como las fracturas.

Análisis Petrográfico de la Cantera 5

En base a la solicitud de la Cantera 5 sobre la posibilidad de analizar petrográficamente su producto, es que surge este estudio particular y luego extendido a la búsqueda bibliográfica verificando qué es lo que se exige a nivel Internacional.

Metodología utilizada: Petrografía óptica estándar, con utilización de microscopio de polarización (Leight) en corte delgado de 30 micrones de espesor, montado sobre resina epoxi; se utilizaron objetivos de x4 y x10.

Se observa cuarzo mono y policristalino; cristales de feldespato potásico (microclino) de coloración grisácea muy uniforme, con cierto grado de alteración y cristal de plagioclasa.

La presencia de agua posibilita la alteración en grado significativo en los feldespatos. Este efecto de meteorización química (denominado hidrólisis) comúnmente altera al feldespato potásico a argilominerales en presencia de aguas meteóricas (superficiales-subsuperficiales).

En la Tabla 4 se muestran los valores obtenidos en porcentaje de los componentes de la roca.

Muestra	Cuarzo	Feldespato potásico	Plagioclasa	Otros
	%	%	%	%
Granito	43,3	41,0	10,7	5,0
Clasificación	**"Granito feldespático"**			

Tabla 4: Resultados del ensayo petrográfico

Este ensayo está normalizado por IRAM 1649 Agregados para Hormigones, Examen Petrográfico; además la norma IRAM 1702 evalúa los Agregados para Uso Vial, Método de Análisis Estado Físico de la Roca y por último la IRAM 1703 Agregados Grueso para Uso Vial, Características Basadas en el Análisis del Estado Físico de la Roca.
Por lo expuesto, el examen petrográfico está normado por IRAM para los agregados utilizados tanto en hormigones como para uso vial. Se podría solicitar el estudio a los diferentes Comités (Ingeniería de Ferrocarriles y/o Ingeniería Civil) para incorporar no solo el Ensayo Petrográfico sino también el ensayo de determinación de lajas.

CONCLUSIONES

1. El balasto es un material, según se expuso, que cumple una función muy importante en las vías férreas, de ahí el grado de evaluarlo debidamente.
2. Los ensayos que propone la Norma FA. 7040-75 están en su mayoría normalizados por el IRAM, no así el ensayo de lajas (que difiere por la función del material), el cual si bien no es complejo, podría estar incluido para su normalización.
3. El ensayo Petrográfico podría ser incorporado a la norma FA. 7040, dado que con este ensayo se clasifica la procedencia de la roca que conforma el balasto.
4. El trabajo muestra los ensayos y requerimientos que propone la especificación de Ferrocarriles Argentinos, cumpliendo las cinco canteras con los requisitos.

BIBLIOGRAFIA CITADA EN EL TEXTO

FFRR (1975). “Especificación FA. 7040 – Balasto Grado A”, Departamento Normalización y Métodos Ferrocarriles Argentinos, Argentina.

González Fernández, F.J., Fuentes Losa, J. 2010. Ingeniería Ferroviaria. Editorial Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, España.
Oliveros Rives, A. Lopez Pita, M.J. Megía Puente, F. 1977. Tratado de Ferrocarriles I – Vía. Editorial Rueda, Madrid, España.

Norma ASTM C-142/97 “Método estándar de ensayo para grumos de arcilla y partículas desmenuzables en agregados”.

Olivera Bustamante, F. Estructuración de Vías Terrestres. 1998. Segunda Edición. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 345-352, México.

REDEFE (2003). “Recomendaciones de Diseño para Proyectos de Infraestructura Ferroviaria”, Ministerio de Planificación y Cooperación, Chile.

RENFE (1987). “N.R.V. 3-4-0.0 Balasto: Características determinativas de la calidad – Mantenimiento de Infraestructura”, Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles, España.

Todas las normas IRAM utilizadas para llevar a cabo los procedimientos de ensayos solicitados por la norma FA. 7040-75.