




**EMPRESA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS  
METRO S.A.  
DIVISIÓN PROYECTOS DE EXPANSIÓN**

**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS DE VÍAS  
SUMINISTRO DE CARGAS PARA SOLDADURAS ALUMINOTÉRMICAS DE  
RIELES, DE PISTA METÁLICAS DE RODAMIENTOS Y DE BARRAS GUÍA**

|   |                 |                                   |                           |                        |                           |
|---|-----------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| <b>0</b>  | <b>31/01/18</b> | <b>USO</b>                        | <b>Montserrat Bustíos</b> | <b>Pablo Contreras</b> | <b>R. Carrasco</b>        |
| <b>REV N°</b>   | <b>FECHA</b>    | <b>EMITIDO PARA</b>               | <b>ELABORADO POR</b>      | <b>REVISADO POR</b>    | <b>APROBADO POR</b>       |
|  |                 | <b>L2-1502000-00-5VI-ETG-0023</b> |                           |                        | <b>Página<br/>1 de 16</b> |
|   |                 |                                   |                           |                        | <b>Revisión<br/>0</b>     |

## APROBACIONES

| DIVISIÓN PROYECTOS DE EXPANSIÓN |                    | FIRMAS | FECHA |
|---------------------------------|--------------------|--------|-------|
| PREPARADO POR                   | Montserrat Bustíos |        |       |
| REVISADO POR                    | Pablo Contreras    |        |       |
| APROBADO POR                    | Roberto Carrasco   |        |       |

## CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CONTENIDO.....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>CONTROL DE CAMBIOS.....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>1. OBJETIVO .....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>2. GENERALIDADES .....</b>  | <b>6</b>  |
| 2.1. Documentos Utilizados.....  | 6         |
| 2.2. Garantía de Calidad.....  | 6         |
| 2.2.1. Dominio de la Calidad de las Fabricaciones .....  | 6         |
| 2.2.2. Procedimiento de Garantía de Calidad.....   | 7         |
| <b>3. CARACTERÍSTICAS DEL PROCEDIMIENTO .....</b>  | <b>8</b>  |
| 3.1. Principio.....  | 8         |
| 3.2. Puesta en Práctica.....   | 8         |
| 3.3. Tipo de Metal de Aporte.....  | 9         |
| 3.4. Materiales y Herramientas Necesarias.....   | 9         |
| 3.4.1. Cargas Aluminotérmicas .....  | 9         |
| 3.4.2. Moldes.....   | 9         |
| 3.4.3. Crisoles.....   | 9         |
| 3.4.4. Dispositivos de Precalentamiento .....  | 10        |
| 3.4.5. Dispositivos para la Fijación de los Moldes - Soporte de Crisol - Recipiente de Corindón..... | 10        |
| 3.4.6. Puesta en Marcha .....  | 10        |
| 3.5. Aprobación .....  | 10        |
| <b>4. CARACTERÍSTICAS DE LAS SOLDADURAS REALIZADAS CON LAS CARGAS.....</b>                           | <b>11</b> |
| 4.1. Medios de Verificación de las Cargas .....  | 11        |
| 4.2. Definición de los Ensayos que se van a Realizar.....  | 12        |
| 4.2.1. Resistencia a la Flexión .....  | 12        |
| 4.2.2. Duración .....  | 12        |

---

|  |           |
|--|-----------|
| 4.2.3. Estructura Interna.....                             | 12        |
| 4.3. Resultados a Obtener.....                             | 12        |
| 4.3.1. Aspecto .....                                       | 12        |
| 4.3.2. Ensayo de Flexión.....                              | 13        |
| 4.3.3. Medida de Dureza .....                              | 13        |
| 4.3.4. Estructura Interna.....                             | 14        |
| <b>5. RECEPCION DE LAS CARGAS .....</b>                    | <b>14</b> |
| 5.1. Naturaleza y Cantidad de los Ensayos y Controles..... | 14        |
| 5.2. Condiciones de Aceptación y de Rechazo.....           | 15        |
| 5.2.1. Aceptación.....                                     | 15        |
| 5.2.2. Contraensayos.....                                  | 15        |
| 5.2.3. Recepción de las Cargas.....                        | 15        |
| 5.2.4. Negación de Aprobación.....                         | 15        |
| 5.2.5. Rechazo de un Lote.....                             | 15        |
| <b>6. DISPOSICIONES DIVERSAS .....</b>                     | <b>16</b> |
| 6.1. Acondicionamiento y Almacenaje de las Cargas .....    | 16        |
| 6.2. Plazo de Garantía .....                               | 16        |
| 6.3. Derechos de Patente.....                              | 16        |

## CONTROL DE CAMBIOS

| Rev. | Punto   | Título | Modificación Realizada |
|------|---------|--------|------------------------|
| 0    | General | N/A    | Aprobación             |

## **1. OBJETIVO**

La presente especificación tiene por objeto definir las condiciones de recepción y de garantía de las cargas para soldaduras aluminotérmicas de perfiles de desplazamiento (rieles y pistas metálicas) o de guía (barra de hierro angular), para una vía con desplazamiento sobre neumáticos.

## **2. GENERALIDADES**

### **2.1. Documentos Utilizados**

Normas utilizadas en la presente especificación:

- UIC 860-0
- EN 14730-1, EN 14730-2
- EN ISO 6506-1, ISO 9001
- NF A05-150

Los documentos citados, tales como las fichas UIC (Union Internationale des Chemins de fer), normas ISO (International Organization for Standardization), normas francesas (NF) u otras (ASTM, DIN, etc.) son los que se encuentran en vigencia a la fecha que figura en la página de título de la especificación. En caso de modificación posterior, deben ser reemplazados por los documentos vigentes en el momento de la orden de pedido de los suministros objeto de la especificación.

### **2.2. Garantía de Calidad**

#### **2.2.1. Dominio de la Calidad de las Fabricaciones**

El Contratista debe poner en práctica una organización, métodos y medios que le permitan asegurar la calidad de los productos y el control de los suministros.

Debe establecer y mantener operativo un sistema de identificación y de rastreo de los productos y de los elementos constituyentes de los productos que subcontrata, de manera de poder encontrar fácilmente el historial de los datos que le conciernen, relacionarlos entre ellos y atribuirlos con certeza a los productos en cuestión.

El rastreo se refiere esencialmente a:

- El origen de las materias primas, el modo de elaboración de los suministros y sus características contractuales.
- Las operaciones de transformación y de tratamiento.
- Los controles dimensionales.

El rastreo debe permitir recuperar todas las piezas que hayan sido objeto de las mismas operaciones de fabricación y de control.

### **2.2.2. Procedimiento de Garantía de Calidad**

En lugar del control directo en la fábrica por Metro según las disposiciones definidas por la presente especificación, el Contratista puede solicitar el goce del beneficio de un procedimiento de garantía de calidad definido por la norma ISO 9001 relativa al modelo para la garantía de calidad en la producción e instalación y al modelo para la garantía de calidad en control y ensayos finales.

Este procedimiento sólo puede ponerse en práctica si el Contratista ya ha obtenido una certificación de Garantía de Calidad y una habilitación de parte de un organismo oficial (red ferroviaria o de METRO, etc.) El Contratista debe entonces entregar a Metro un manual de calidad, un plan de calidad y un plan de control de verificación y de ensayo que permita verificar la aplicación de las prescripciones de la presente especificación.

Después de examinar los documentos, Metro procede a hacer una "auditoria" donde el Contratista para verificar los procedimientos y los medios de control durante la fabricación al igual que los documentos con los resultados de los ensayos.

Si Metro encuentra este examen satisfactorio, autoriza luego al Contratista para que proceda sólo al control de sus productos. Sin embargo, Metro se reserva el derecho de ejercer supervisión:

- Mediante sondeos de controles y ensayos durante la fabricación.
- Mediante inspecciones o "auditorias" parciales para verificar la aplicación efectiva de los planes de calidad de los procedimientos y de su eficacia, en especial después de una interrupción prolongada de la fabricación.

En caso de diferencias significativas en relación con los procedimientos aceptados y no corregidos, Metro puede suspender el procedimiento de garantía de calidad y hacer aplicar el control directo dispuesto en la especificación.

### **3. CARACTERÍSTICAS DEL PROCEDIMIENTO**

#### **3.1. Principio**

El principio aluminotérmico se basa en el fenómeno del desprendimiento de calor que resulta de la reducción altamente exotérmica de un óxido de hierro por el aluminio.

En su aplicación para las vías férreas, el metal en fusión obtenido mediante esta operación, a partir de una carga en polvo, es vaciado a un molde prefabricado que rodea los extremos de empalmes del perfil que se va a soldar, los cuales han sido previamente calentados a una temperatura de alrededor de 900° C.

El calor aportado por la colada permite que se fundan los empalmes que se encuentran reunidos mediante un metal de características semejantes a las de un metal de base, gracias a los aditivos adecuados que contiene la carga.

Siguiendo el mismo principio, una variante del método permite suprimir el precalentamiento. Para compensar el aporte de calor proporcionado por esta operación, es necesario aumentar la carga de la soldadura.

También se utiliza un procedimiento intermedio con un "ligero precalentamiento".

#### **3.2. Puesta en Práctica**

En el estado actual de la experiencia adquirida con respecto a los diferentes procedimientos, sólo se autoriza uno de los dos procedimientos con precalentamiento o con precalentamiento ligero. El procedimiento de soldadura sin precalentamiento de los empalmes no está autorizado en el marco de la presente especificación.

La elección entre los dos procedimientos se define como sigue:

- Para el riel de rodamiento: mediante el procedimiento con precalentamiento.
- Para la barra de guía y de toma de corriente: mediante uno de los dos procedimientos, con precalentamiento o con precalentamiento ligero.

La elección de uno de los dos procedimientos debe ser precisada por Metro en su pedido.



### **3.3. Tipo de Metal de Aporte**

La composición de las cargas debe adaptarse a las características del metal de los perfiles que se van a soldar, de manera que cumpla las características mecánicas de las soldaduras terminadas definidas en los párrafos 4.2 y 4.3.

En lo que se refiere a los rieles de rodamiento, las características físicas y químicas se encuentran definidas en la especificación técnica correspondiente que precisa la elección entre los dos tipos 700 y 900 A (N/mm<sup>2</sup>) definidas por la ficha UIC 860-O.

Sin embargo, todas las soldaduras destinadas a rieles del tipo 700 o 900 A se hacen con cargas correspondientes al tipo 900 A.

### **3.4. Materiales y Herramientas Necesarias**

#### **3.4.1. Cargas Aluminotérmicas**

Las cargas deben ser entregadas listas para ser usadas según las condiciones de los párrafos 6.1 y 6.2.

#### **3.4.2. Moldes**

Los moldes deben ser:

- Prefabricados y adaptados a los perfiles que se van a soldar.
- Maquinable o premunido de un dispositivo de estanqueidad que permita soldar perfiles que presenten una diferencia de desgaste máximo de 3 mm.
- Resistentes a solicitaciones normales de puesta en marcha y al precalentamiento.
- Concebidos para impedir cualquier rebase de materia en fusión en pendiente peralte máximo de 180 mm.

#### **3.4.3. Crisoles**

Los crisoles deben:

- Ser resistentes a los productos en fusión (ni hundimiento ni fuga).
- Ser estables e impedir cualquier rebase de materia en fusión en pendiente peralte máximo de 180 mm.

- Estar equipados con dispositivos que permitan realizar automáticamente la colada (salida automática) y que limite las proyecciones.

#### **3.4.4. Dispositivos de Precalentamiento**

El dispositivo de precalentamiento debe:

- Estar alimentado por una fuente de energía corriente y de empleo cómodo, estar previamente ajustado o ser de regulación cómoda y confiable y permitir la obtención de una temperatura externa de la cabeza del riel igual a 350° C.
- No provocar ningún riesgo de fusión, incluso localizado, de los empalmes de los perfiles.

#### **3.4.5. Dispositivos para la Fijación de los Moldes - Soporte de Crisol - Recipiente de Corindón**

Deben respetar la integridad del riel y de los moldes y el peso del conjunto no debe exceder los 25 kg.

#### **3.4.6. Puesta en Marcha**

La soldadura por aluminotermia se debe poder realizar:

- En lugar de trabajo móvil, en la vía o fuera de la vía, en taller o en lugar de trabajo fijo y por dos personas a lo más, soldadura desbastada y temperatura del riel reducida a 350° C.

### **3.5. Aprobación**

Antes de comenzar la fabricación de las cargas, el Contratista debe recibir la aprobación de Metro. Para esto, el Contratista debe dar a Metro un documento que especifique las modalidades de ejecución propuestas, en especial lo siguiente:

- El procedimiento propuesto si éste no está especificado en el pedido: con precalentamiento normal o con precalentamiento ligero.
- Las condiciones particulares de puesta en marcha: abertura nominal de la unión con tolerancias, características y control del precalentamiento, características de los moldes, etc.

- El material postulado para la realización de las soldaduras en la vía para los dos tipos de procedimientos.

Excepto acuerdo en contrario de Metro o de su representante (si las soldaduras que se van a realizar son ya objeto de fabricación continua por parte del Contratista y esto está en conocimiento de Metro o de su representante), el Contratista debe proceder a la realización de soldaduras de prueba según las condiciones previstas en el párrafo 5.3.

## **4. CARACTERÍSTICAS DE LAS SOLDADURAS REALIZADAS CON LAS CARGAS**

### **4.1. Medios de Verificación de las Cargas**

Las cargas para soldaduras se caracterizan por los resultados que se obtendrán con las soldaduras terminadas, en lo que se refiere a:

- El aspecto.
- La resistencia a la flexión.
- La duración.

Para esto, el Contratista debe realizar, de acuerdo con las prescripciones de la especificación técnica relativa a la ejecución de las soldaduras, en las mismas condiciones que en la vía y para cada tipo de perfil, uniones soldadas a partir de dos tramos de 75 cm de largo cada uno.

Enseguida, las uniones son desmoldadas, limpiadas, desarenadas y acabadas en condiciones idénticas a aquellas indicadas en la especificación anterior.

Cada tramo soldado es marcado en sus dos extremos con el punzón del agente recepcionista, el número de la partida de cargas o el número de orden para los ensayos de aprobación.

El suministro de los tramos de perfiles al igual que todos los gastos para la realización de las soldaduras y de los ensayos son de cargo del Contratista.

## **4.2. Definición de los Ensayos que se van a Realizar**

### **4.2.1. Resistencia a la Flexión**

Los ensayos de flexión se realizan por medio de una prensa en 3 tramos de 1,130 m.

Los tramos que se van a ensayar se colocan sobre dos apoyos redondeados ( $R = 60 \text{ mm}$ ) distantes 1 m entre eje y eje. La soldadura se coloca a una distancia media entre los apoyos, el esfuerzo de flexión se ejerce sobre la soldadura por medio de una viga redondeada ( $R = 60 \text{ mm}$ ) fijada sobre el tornillo de la prensa y a una velocidad de  $25 + 2 \text{ mm/mn}$ .

Para cada tipo de perfil, se registra la carga de flexión y la flecha de la deformación en el momento de la ruptura.

### **4.2.2. Duración**

Se mide en los 3 tramos soldados, en la superficie de rodamiento del riel por el procedimiento Brinell en conformidad con la norma EN ISO 6506-1, ensayo normal.

La soldadura debe ser esmerilada sin calentamiento efectivo de manera de permitir la ejecución de las medidas sobre una superficie plana y no endurecida en frío.

Para cada soldadura, se realizan 3 ensayos de dureza Brinell en el plano mediano de la soldadura, uno al centro del perfil, los otros dos a 15 mm de ambas partes del primero.

### **4.2.3. Estructura Interna**

La estructura interna de la zona fundida se verifica mediante un examen micrográfico de una sección transversal en el extremo de la zona rota en el momento del ensayo de flexión.

El examen se realiza en conformidad con la norma francesa NF A05-150 o equivalente.

## **4.3. Resultados a Obtener**

### **4.3.1. Aspecto**

El aspecto de las soldaduras debe estar de acuerdo con los criterios expresados en la especificación técnica relativa a la ejecución de las soldaduras.

#### 4.3.2. Ensayo de Flexión

Los diferentes tipos de perfiles deben responder a los criterios mecánicos y de textura, estipulados a continuación.

**Tabla 1: Criterios mecánicos.**

| <b>Tipo de perfil</b> | <b>Carga de ruptura mínima [kN]</b> | <b>Flecha de deformación permanente para 1 cuerda de 1 metro</b> |
|-----------------------|-------------------------------------|--|
| Riel de rodamiento :  |                                     |  |
| 80 ASCE tipo 900A     | 550                                 | f 55 mm  |
| 100 RE tipo 900A      | 800                                 | f 19 mm  |
| Barra de guía         | 200                                 | 140 f 160 mm   |
| Pista de rodamiento   | 660                                 | 70 f 110 mm  |

Cuando no se puede obtener la ruptura en flexión después de una deformación plástica importante de los rieles, se mantiene el esfuerzo de flexión hasta obtener valores de las flechas máximas estipuladas.

No debe aparecer ninguna grieta ni rotura por debajo de los valores de carga indicados.

Además, en toda la sección rota de la unión correspondiente al perfil del riel, no se debe descubrir ningún rechupe poro, inclusión de corindón, burbuja, porosidad, traza de oxidación, gota fría ni ninguna pegadura.

Todos estos defectos son aceptables en los apéndices, tubos y bebederos de colada.

#### 4.3.3. Medida de Dureza

El promedio de tres valores de la dureza Brinell debe encontrarse en los intervalos siguientes:

- Soldadura de riel tipo 900A : entre 275 y 325 HB
- Soldadura de barra guía y de pista de rodamiento: entre 160 y 200 HB.

#### 4.3.4. Estructura Interna

El examen micrográfico de la zona fundida debe poner en evidencia una matriz perlítica con ausencia de estructura de temple.

## 5. RECEPCION DE LAS CARGAS

Los representantes Metro tienen libre acceso, en cualquier momento, a los lugares de la fábrica donde se almacenan las cargas y donde se realizan los controles. Allí pueden proceder a todas las verificaciones que estimen necesarias para asegurarse que las condiciones de la presente especificación se han cumplido con exactitud.

Las cargas de soldadura y los moldes se presentan en el estado de entrega en su embalaje. El agente recepcionista toma al azar las cargas y los moldes de acuerdo con las cantidades indicadas a continuación (5.1).

Cada soldadura de ensayo se realiza con los moldes correspondientes a la carga.

### 5.1. Naturaleza y Cantidad de los Ensayos y Controles

La naturaleza y la cantidad de los ensayos y controles al igual que la consistencia de los lotes para la aprobación y las presentaciones en cobranza se definen en el cuadro siguiente. Un lote sólo puede contener cargas y moldes relativos a un mismo perfil.

**Tabla 2: Naturaleza y Cantidad de ensayos y controles.**

| Designación              | Aprobación del contratista         | Recepción de las cargas   |
|--------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Formación de lotes       | 4 soldaduras                       | 1.000 a 1.200 cargas      |
| Ensayo de flexión        | 2 soldaduras                       | 1 soldadura               |
| Medida de duración       | en todas las soldaduras realizadas | en la soldadura realizada |
| Verificación del aspecto | d°                                 | d°                        |

## **5.2. Condiciones de Aceptación y de Rechazo**

### **5.2.1. Aceptación**

Se da la aprobación o la aceptación de un lote cuando el conjunto de los ensayos definidos por los párrafos 4.2 y 5.3, al igual que contraensayos eventuales definidos aquí, cumplen con las condiciones del párrafo 4.3.

### **5.2.2. Contraensayos**

Si hay sólo un resultado no satisfactorio para cada tipo de ensayo, se efectúan dos ensayos suplementarios del mismo tipo en nuevas soldaduras.

### **5.2.3. Recepción de las Cargas**

Si un resultado no es satisfactorio, se vuelve a hacer el mismo en dos nuevas soldaduras del lote correspondiente.

En caso de ensayos complementarios no satisfactorios, Metro puede solicitar la ejecución de macrografías en las soldaduras defectuosas para ver el motivo del problema

### **5.2.4. Negación de Aprobación**

Si el conjunto de los ensayos y contraensayos previstos para la aprobación del Contratista no es satisfactorio, éste debe buscar las causas de los defectos, proceder al mejoramiento de la fabricación o de la ejecución de las soldaduras y al eventual reemplazo de la soldadura, y solicitar una nueva aprobación.

### **5.2.5. Rechazo de un Lote**

Si el conjunto de los ensayos y contraensayos de un lote de carga no es satisfactorio, el lote es rechazado definitivamente y debe ser destruido en presencia del agente recepcionista.

Además, el lote anterior y el siguiente al lote rechazado deben ser sometidos a una nueva serie de ensayos.

## **6. DISPOSICIONES DIVERSAS**

### **6.1. Acondicionamiento y Almacenaje de las Cargas**

Las cargas y los moldes se acondicionan en forma de conjuntos o kits, necesarios para la realización de una soldadura. Cada conjunto se coloca en un cartón protegido por una película plástica termo-retráctil (termo- contraible) impermeable.

Cada conjunto debe hacer mención:

- Del nombre del Proveedor
- Del tipo de equipo (riel, pista o barras guía, etc.)
- Del proceso que se debe usar: precalentamiento normal o precalentamiento ligero.
- Del antecedente respecto al almacenamiento "almacenar al abrigo de la humedad y la intemperie"
- De la fecha de fabricación

Las cargas deben almacenarse lejos de los fósforos de encendido (envasadas, por lo demás) y protegidas de todo riesgo de formación de chispa o de arco eléctrico.

### **6.2. Plazo de Garantía**

La garantía se refiere a la duración de la conservación de las características de los elementos acondicionados en su embalaje de origen.

En condiciones normales de almacenamiento y a reserva del respeto de las indicaciones colocadas en los embalajes y la integridad de su película de protección, la garantía es de 3 (tres) años desde la fecha de fabricación.

### **6.3. Derechos de Patente**

Los derechos de patente eventuales son de cargo del Contratista que garantiza a Metro contra toda reclamación a este respecto.