

# **PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS**

**EVALUACIÓN DEL SILICATO DE CALCIO COMO  
SUSTITUTO DE LA ARENA DE SÍLICE EMPLEADA  
ACTUALMENTE EN METRO LIGERO**



## CONTROL DOCUMENTAL:

<b>Autor del proyecto:</b>	Francisco Caverio Domínguez	
<b>Director del Proyecto:</b>	Carlos Rodriguez	
<b>Director Técnico:</b>	María Lorenzo Moral	
<b>Edición</b>	<b>Fecha</b>	<b>N.º Actividad</b>
01	9/12/2025	IM_25-002E-ML

## INDICE

<b>1. OBJETO .....</b>	<b>2</b>
<b>2. ALCANCE .....</b>	<b>2</b>
<b>3. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS .....</b>	<b>3</b>
<b>3.1 CONDICIONES EXIGIDAS PARA EL CUMPLIMIENTO EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES DE LOS TRABAJOS A DESARROLLAR .....</b>	<b>3</b>
<b>3.2 NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>4</b>
3.2.1 NORMAS GENERALES PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS.....	4
3.2.2 NORMAS DE METRO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS .....	4
3.2.3 HORARIOS Y LIMITACIONES EN LOS TRABAJOS DE INSTALACIÓN .....	5
<b>4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>6</b>
<b>4.1 RECEPCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>4.2 CERTIFICACIÓN FINAL DE LA VALIDACIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>4.3 DOCUMENTACIÓN FINAL.....</b>	<b>8</b>
4.3.1 PROPIEDAD DE LA DOCUMENTACIÓN .....	8
<b>5. PLANIFICACIÓN .....</b>	<b>8</b>

## 1. OBJETO

El objetivo del presente Pliego de Prescripciones Técnicas (en adelante, PPT), es la definición y valoración de las operaciones necesarias para posibilitar, si procede, la sustitución de la arena de sílice por una alternativa válida como pudiera ser el silicato de calcio, utilizado por otras entidades ferroviarias.

Se considerará finalizado el proyecto cuando la validación (o no) del material haya sido debidamente testada y justificada, no incurriendo en ninguna degradación de la operativa del material rodante como pudiera ser un aumento de la distancia de frenado o un incremento de la resistividad eléctrica del material que impida el correcto funcionamiento de los circuitos de vía.

## 2. ALCANCE

El alcance comprende la validación (si procede) de un material alternativo como sustituto real de la arena de sílice para la operación del Metro Ligero.

De cara a la aceptación del material sustitutivo, será necesario realizar todos los test y ensayos correspondientes.

Todos los test y ensayos técnicos deben de ser informados, acordados y aprobados con Metro de Madrid, así como las pruebas funcionales, que deberán realizarse siempre en las condiciones más desfavorables posibles, evidenciándose que se cumple con las prestaciones de freno, detección de tranvía con los circuitos de vía, etc.

Los entregables mínimos que se deben aportar son:

- Protocolo de los ensayos y pruebas tipo a realizar, debiéndose acordar y aprobar por Metro de Madrid y Metro Ligero de cara a coordinar dichos tests acorde a la normativa de circulación sin poner en riesgo la operación bajo ningún concepto. En principio, se considerarán las pruebas prescritas en el capítulo 8.6.2 del documento nº PEB 052 001 (freno de urgencia) teniendo en cuenta la normativa de referencia UNE EN 13452, UNE EN 1683 (o equivalentes).
- Informe del análisis cristalográfico del material sustituto que garantice la compatibilidad del material con las instalaciones y el sistema de arenado, así como el análisis de sus propiedades que determinen su efecto futuro en el sistema de rodadura (incidencia en su banda de rodadura).
- Informe de validación final incluyendo las conclusiones de prestaciones del nuevo producto durante el periodo de pruebas.
- Actualización de la documentación de operación y mantenimiento al nuevo producto en

- caso de ser validado, así como las normas técnicas de los sistemas (si procede).
- Documento que recopile la documentación desarrollada y presente las conclusiones del proyecto, así como su recomendación de modo de uso del nuevo producto.
  - Verificación de que el cambio de arena no afecta al freno de socorro ni al freno emergencia (patín electromagnético).

En caso de no llegar a validarse la solución propuesta por parte del contratista, se deberán repetir los ensayos modificándose la granulometría del material e incluso proponiéndose otro elemento que pueda superar todos los ensayos requeridos para su validación, si así se acuerda entre las partes.

Todas las prescripciones y especificaciones técnicas que se formulen en el presente pliego por referencia a cualesquiera de las tipologías normativas recogidas por el artículo 42.3 b) de la Directiva 2014/24/UE, de 26 de febrero, sobre Contratación Pública, habrán de entenderse hechas también a sus equivalentes, correspondiendo al licitador acreditar dicha equivalencia en la forma establecida en el artículo 42.5 de la mencionada Directiva.

### **3. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS**

En general, serán de aplicación las prescripciones que figuran en las normas, instrucciones o reglamentos oficiales que guarden relación con los servicios del presente PPT, con sus instalaciones complementarias o con los trabajos necesarios para realizarlas y que se encuentran en vigor en el momento de redactar el presente PPT.

Se considerarán todas las modificaciones y ampliaciones de las citadas normas.

En caso de discrepancias entre las normas y salvo manifestación expresa en contra, se entenderá válida la prescripción más restrictiva.

Cuando en algunas disposiciones legales se haga referencia a otra que haya sido modificada o derogada, se entenderá que dicha modificación o derogación se extiende a aquella parte de la primera que haya quedado afectada.

De la misma forma, se deberán considerar siempre las últimas versiones o actualizaciones de todos los documentos referenciados a lo largo del presente PPT.

#### **3.1 CONDICIONES EXIGIDAS PARA EL CUMPLIMIENTO EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES DE LOS TRABAJOS A DESARROLLAR**

Los trabajos desarrollados dentro de este PPT deberán cumplir los requisitos legales en materia de prevención de riesgos laborales según lo establecido por METRO en su Sistema de Gestión

de Prevención de Riesgos Laborales dentro de su Proceso referente a “Coordinación de Actividades Empresariales”.

### **3.2 NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS**

Con carácter general, los trabajos que se proyecten básicamente consistirán en lo siguiente:

- Trabajos de replanteo y transporte en general.
- Pruebas de validación de nuevos materiales
- Ensayos de laboratorio
- Ensayos dinámicos con material móvil
- Instalación e integración del equipamiento.
- Puesta en servicio de todos los sistemas.
- Garantía y asistencia técnica.

#### **3.2.1 Normas generales para la realización de los trabajos**

Los trabajos objeto del presente contrato se llevarán a efecto mediante la plena observancia y cumplimiento de todas las disposiciones jurídicas vigentes, actuales y futuras, que afecten a dichos trabajos, ya se trate de normas, reglamentaciones, ordenanzas, instrucciones o cualquier otro rango, y tanto tengan carácter o ámbito europeo, nacional, autonómico o local.

El CONTRATISTA se compromete a realizar los trabajos teniendo en cuenta el cumplimiento de las normas vigentes en METRO, como son las normas para corte y reposición de alta tensión, comunicaciones con trenes y vehículos, etc., las cuales deberán hacer conocer al personal involucrado en los trabajos antes del inicio de estos.

En caso de que el CONTRATISTA incurra en el incumplimiento de estas normas, la DIRECCIÓN FACULTATIVA podrá paralizar los trabajos hasta que el CONTRATISTA asegure y demuestre el cumplimiento de las mismas.

En el supuesto de que la EMPRESA LICITADORA requiera conocer dichas normas, podrán solicitarlas a METRO durante el periodo de elaboración de la oferta.

#### **3.2.2 Normas de METRO para la realización de los trabajos**

El CONTRATISTA se compromete a realizar los trabajos teniendo en cuenta el cumplimiento de las normas vigentes en METRO, las cuales deberán hacer conocer a su personal responsable de los trabajos.

Estas normas, que se recogerán oportunamente, son las siguientes:

- Normas maniobras de corte y reposición Instalaciones Eléctricas.
- Normas para la seguridad de los agentes en relación con la circulación.
- Procedimiento de homologación de conductores de empresas externas.
- Normas maniobras de corte y reposición Alta Tensión.
- Evaluación general de riesgos de lugares de trabajo.
- Manual de estilo para las comunicaciones establecidas con trenes y vehículos.

### **3.2.3 Horarios y limitaciones en los trabajos de instalación**

Los trabajos correspondientes al alcance de este PPT se efectuarán en los centros de trabajo o instalaciones designados por METRO.

Los trabajos en una zona sin servicio no se verán afectados por limitación de horario.

El horario de los trabajos será cualquiera que permita cumplir con los plazos indicados y será el CONTRATISTA quien deba adaptarlos a la disponibilidad de los trenes en depósito.

En METRO se contempla la actividad para efectuar trabajos durante las 24 h del día siempre que sea compatible con la operativa de los trenes y coordinado con el resto de los trabajos a efectuar sobre los trenes. Como norma general, no se contempla la paralización de las composiciones para la ejecución de los trabajos.

Previo a la realización de la actividad a desarrollar sobre la unidad de tren, si se considera necesario, se desarrollará un protocolo básico de verificación de estado de esta unidad, de forma que se recojan aquellas incidencias que se localicen en origen.

En los trabajos a efectuar en los tramos en explotación, el CONTRATISTA tendrá que realizar necesariamente los trabajos teniendo en cuenta lo siguiente:

#### Trabajos en túnel:

Normalmente se autoriza el posible paso al túnel alrededor de las 2:30 h. de la madrugada, y una hora antes de abrir servicio debe retirarse todo el personal que pueda estar trabajando en el túnel, permitiendo así el movimiento inicial de las unidades de tren para situarse en su punto de partida y poder comenzar el servicio sin demora alguna. A todos los efectos se considerará un tiempo diario disponible de 2 horas y 30 minutos.

#### Trabajos en estación:

Los trabajos de instalación dentro de las estaciones pueden preverse que se realicen desde las 2 h. de la madrugada hasta las 6 h. de la mañana, con un período disponible de 4 h.

Los trabajos dentro de los cuartos o en zonas que no interfieran al público podrán realizarse en jornada normal de 8 horas incluso en horario diurno, siempre que no afecten a los servicios que se encuentran en explotación.

La apertura de taquillas se efectúa actualmente desde las 6:00 h. de la mañana hasta la 1:30 h. de la madrugada, comprendiendo la circulación de trenes un período lógicamente mayor.

#### Solicitud de trabajos:

Todos los trabajos deberán ser programados y autorizados por METRO.

Por razones del Servicio de Mantenimiento, y otras causas, se podrán suspender trabajos programados, o bien acortar los períodos disponibles, no admitiéndose reclamación alguna por parte del CONTRATISTA.

## **4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS**

Con el fin de garantizar la compatibilidad técnica del nuevo material propuesto respecto a la arena de sílice se deberán realizar los ensayos y pruebas funcionales pertinentes que sean necesarios.

Entre estas pruebas se enumeran las siguientes como propuesta inicial (se acordarán entre las partes las pruebas finales):

- Ensayo en banco de discos gemelos (Twin Disc) para garantizar que el comportamiento de la arena de sílice y el nuevo elemento es similar (en su ausencia informe de resultados previos)
- Pruebas de funcionalidad real de frenado:
  - Frenada con freno de urgencia con el tren a tara nominal utilizándose la arena convencional de sílice y el producto nuevo para poder compararlas en las mismas condiciones de operación.
  - Frenada con freno de urgencia con el tren a carga máxima nominal utilizándose la arena convencional de sílice y el producto nuevo para poder compararlas en las mismas condiciones de operación.
  - Frenada con freno de urgencia con el tren a tara nominal utilizándose la arena convencional de sílice y el producto nuevo para poder compararlas en las mismas condiciones de operación.

- Frenada con freno de urgencia con el tren a carga máxima nominal utilizándose la arena convencional de sílice y el producto nuevo para poder compararlas en las mismas condiciones de operación.
- Repetición, si fuera necesario, de las pruebas tipo asociadas al freno que sean necesarias
- Medición de los parámetros de seguridad, salud y medioambiente
- Verificación del freno de socorro y de emergencia.
- Se adoptará una metodología para integrar el sistema nuevo gradualmente en base a la experiencia del contratante, lo que se indicará en el informe final como recomendación para la correcta operación, mantenimiento, etc. por parte del usuario.

Junto con ello, se ha de realizar la entrega, si procede, de la documentación actualizada de operación y mantenimiento con el nuevo producto, así como la entrega de toda la documentación restante resumida en el alcance (informes de validación final, fichas de producto, seguridad y dossier de desarrollo de la validación).

Se prevé que la realización de las pruebas sea en horario diurno; en caso de que no fuera posible por las características del test o por no disponer del tiempo suficiente, se procedería a realizarse en horario nocturno, fuera del periodo de explotación. El conductor que dirija el material móvil será personal de Metro Ligero o de Metro de Madrid.

#### 4.1 RECEPCIÓN

Tras la finalización de los ensayos, se validará la correcta funcionalidad siguiendo el protocolo de pruebas propuesto por el CONTRATISTA y validado por METRO, el cual será firmado por el CONTRATISTA responsabilizándose de las intervenciones realizadas. Se realizarán las mediciones de parámetros y magnitudes de las instalaciones objeto de la recepción, que deberán quedar reflejados en el documento de protocolo.

Este protocolo debe ser remitido a la DIRECCIÓN FACULTATIVA responsable de la contratación de los servicios para su aprobación y archivo.

Si la ejecución de los trabajos no cumpliera con todas las especificaciones, el CONTRATISTA procederá, con toda urgencia, a efectuar las correcciones necesarias hasta que desaparezcan las diferencias señaladas. Una vez efectuado este trabajo, podrá procederse a la recepción de las instalaciones firmando el *Acta de Recepción Provisional*.

La certificación final de los trabajos se llevará a cabo una vez se compruebe que se han cumplido todos los objetivos descritos en el presente PPT (instalación, entrega de documentación, cumplimiento de parámetros de fiabilidad del sistema, etc.) según lo especificado en el siguiente apartado.



## 4.2 CERTIFICACIÓN FINAL DE LA VALIDACIÓN

La instalación final se someterá a las pruebas de recepción y a todas aquellas que, en base a la experiencia en explotación, la DIRECCIÓN FACULTATIVA y el CONTRATISTA, de común acuerdo consideraran aconsejable realizar.

Si el resultado es satisfactorio se realizará la certificación final de los trabajos.

## 4.3 DOCUMENTACIÓN FINAL

La documentación final deberá ser entregada por el CONTRATISTA a la DIRECCIÓN FACULTATIVA, dentro del mes siguiente a la Recepción, en las condiciones y forma que hayan establecido previamente.

Deberá disponer de la calidad suficiente para, a juicio de la DIRECCIÓN FACULTATIVA, asegurar la operación y mantenimiento de todos los elementos de las instalaciones objeto del presente PPT.

### 4.3.1 Propiedad de la documentación

La documentación final podrá ser utilizada por METRO en la forma que estime conveniente, siempre y cuando sea únicamente en su provecho y no para terceros.

## 5. PLANIFICACIÓN

Teniendo en cuenta todos los trabajos descritos en el presente PPT, METRO fija un plazo máximo para la ejecución de estos, incluidas las pruebas de recepción, de **12 meses a partir del día siguiente a la firma del acta de inicio de los trabajos:**

Durante este periodo se procederá a:

- Pruebas necesarias en laboratorio para el análisis de compatibilidad del nuevo material
- Pruebas reales de funcionalidad de freno
- Elaboración de los informes pertinentes constatando la validación (si procede) del material sustituto y cualquier otra documentación solicitada.
- Actualización de las normas técnicas de los sistemas afectados si procede

En cualquier caso, se ha de mantener como periodo máximo establecido de 12 meses de contrato para la realización de los trabajos oportunos, sean cuales sean los ajustes que sean

precisos, en cuyo caso la DIRECCIÓN FACULTATIVA de METRO y del CONTRATISTA acordarán una nueva planificación dentro de dicho periodo.

Madrid, diciembre de 2025	
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO:</b>	<b>AUTOR DEL PROYECTO:</b>
 <b>Dr. Carlos Rodríguez Sánchez</b>	 <b>Francisco Caveró Domínguez</b>
<b>DIRECTOR TÉCNICO</b>	
 <b>D. María Lorenzo Moral</b>	