

# ANEXO PARA TRABAJOS DE ENERGÍA PARA SUBSISTEMAS EN DEPÓSITOS, COCHERAS, TALLERES Y OFICINAS DE MANTENIMIENTO DE MATERIAL MÓVIL



## ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. OBJETO .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2. ALCANCE .....</b>                                       | <b>3</b>  |
| <b>3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES .....</b>              | <b>4</b>  |
| <b>3.1 DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA .....</b>                      | <b>5</b>  |
| 3.1.1 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN (CT) .....                    | 5         |
| 3.1.2 CUADRO GENERAL DE BAJA TENSION (CGBT) .....             | 6         |
| 3.1.3 ACOMETIDA EN BAJA TENSIÓN DE SOCORRO (ABS) .....        | 6         |
| 3.1.4 ILUMINACIÓN DE RECINTOS INDUSTRIALES (ILD) .....        | 7         |
| <b>3.2 ELECTRIFICACIÓN .....</b>                              | <b>7</b>  |
| 3.2.1 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO.....                       | 8         |
| 3.2.1.1 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN EN VÍAS GENERALES .....      | 8         |
| 3.2.1.2 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN EN DEPÓSITOS Y COCHERAS..... | 10        |
| 3.2.2 LÍNEA AÉREA DE CONTACTO DATOS GEOMÉTRICOS .....         | 11        |
| 3.2.3 TIPOS DE LÍNEA AÉREA DE CONTACTO .....                  | 11        |
| 3.2.3.1 HILO TRANVIARIO NO COMPENSADO EN VÍAS GENERALES ..... | 12        |
| 3.2.3.2 HILO TRANVIARIO COMPENSADO.....                       | 13        |
| 3.2.3.3 CATENARIA CONVENCIONAL NO COMPENSADA .....            | 13        |
| 3.2.3.4 CATENARIA CONVENCIONAL COMPENSADA .....               | 14        |
| 3.2.3.5 CATENARIA RÍGIDA.....                                 | 15        |
| 3.2.3.6 LÍNEA AÉREA DE CONTACTO EN DEPÓSITOS Y COCHERAS ..... | 16        |
| 3.2.3.7 TRANSICIONES DE TENSIÓN .....                         | 16        |
| <b>4. OBJETO .....</b>  | <b>17</b> |
| <b>4.1 TRABAJOS DE APOYO TÉCNICO .....</b>                    | <b>17</b> |
| 4.1.1 INSPECCIONES.....                                       | 17        |
| 4.1.2 PRUEBAS .....   | 18        |
| 4.1.3 SUPERVISIÓN.....  | 18        |
| 4.1.4 GESTIÓN Y ELABORACIÓN DE DOCUMENTACIÓN .....            | 19        |
| 4.1.4.1 Auditoría documental .....                            | 20        |
| 4.1.4.2 Auditoría de la instalación .....                     | 20        |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.1.4.3 Proceso administrativo .....   | 21        |
| <b>4.2 TRABAJOS DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN .....</b>                              | <b>21</b> |
| <b>5. NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>                          | <b>22</b> |
| 5.1.1 HORARIOS Y LIMITACIONES EN LOS TRABAJOS DE INSTALACIÓN .....                 | 22        |
| <b>6. NORMATIVAS Y REFERENCIAS, DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS .....</b> | <b>23</b> |
| <b>7. PRESENCIA DE AMIANTO .....</b>   | <b>24</b> |

## 1. OBJETO

Metro de Madrid prevé en los próximos años la realización de importantes inversiones encaminadas a la renovación e implementación de equipamiento en sus recintos destinados al mantenimiento de trenes y vehículos auxiliares.

El objeto del presente documento es la definición de las posibles acciones en el ámbito de las instalaciones de energía, que se pueden demandar para la realización de instalaciones y trabajos que se definiesen en los pliegos de licitación que surjan dentro del Acuerdo Marco.

## 2. ALCANCE

El alcance de las acciones englobadas en el Acuerdo Marco, que en todo caso se realizarán bajo la supervisión e inspección de los técnicos de METRO que se indiquen en cada momento, podrán consistir en:

### Sistemas de Distribución de Energía

- Realización de cálculos y dimensionamiento de instalaciones eléctricas.
- Diseño y propuesta de soluciones.
- Realización de diseños de iluminación con DIALUX.
- Reforma de instalaciones de baja tensión (incluyendo sustitución de cuadros eléctricos, cableado, luminarias, canalizaciones, etc.).
- Instalación de situaciones provisionales de alimentación eléctrica.
- Instalación de sistemas de alumbrado.
- Instalación y puesta en servicio de sistemas de control y telemando.
- Levantamiento de planos y documentación de las instalaciones eléctricas.
- Realización de pruebas y mediciones, incluyendo la reparación de las deficiencias detectadas.
- Trámites con compañías eléctricas.
- Realización de inspecciones por organismos de control autorizados.
- Tramitación de documentación legal.

### Sistemas de Electrificación

- Montaje y desmontaje de catenaria en los recintos afectados, incluyendo todos los elementos requeridos para ello

- Situaciones provisionales para aislar zonas de trabajo, tanto en positivo (catenaria) como en negativo (carril)
- Movimiento/desplazamiento de instalaciones afectadas (Catenaria, cableado de tracción, pórticos, soportes, etc)
- Instalación/modificación de seccionadores, incluyendo su control y telemando si fuera preciso
- Instalación de elementos particulares asociados a la catenaria (como sistemas de enclavamiento con pasarelas de mantenimiento de trenes, etc).
- Modificación de configuración y/o agrupación de vías en las playas de vías
- Actuaciones en sistemas de carril, cableado de retorno y puesta a tierra si fuera necesario
- En general, cualquier actuación sobre la catenaria y los elementos asociados (seccionadores, postes, soportes, alimentaciones, aisladores, etc.) que se puedan requerir para permitir los trabajos principales objetos de este acuerdo marco
- Programación de trabajos y cortes de tracción según procedimientos vigentes de Metro de Madrid.
- Aportación de las figuras asociadas a los trabajos en catenaria según procedimientos de trabajo de Metro de Madrid (agente de comprobación de cortes, gestor de cortes, conductores y vehículos autorizados, etc.)

Los trabajos se deberán realizar según los procedimientos de trabajo vigentes en Metro de Madrid. En particular, los vehículos utilizados deberán estar autorizados para circular por el recinto afectado en el momento de realización de los trabajos, así como los conductores de los mismos. Los trabajos deberán realizarse sin afección al servicio ni a la operativa habitual de Metro de Madrid. Por tanto, los horarios y procedimientos de trabajo deberán ajustarse a las necesidades de Metro de Madrid, pudiendo requerirse trabajos en horarios nocturnos, festivos o con las restricciones que proceda en cada caso.

### 3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

A lo largo del presente punto se realiza una breve descripción de los sistemas sobre los que versarán las actuaciones que surjan en el proceso de realización de obras, a fin de las distintas empresas puedan analizar su experiencia y aportación dentro de los distintos campos que forman el sistema. La relación de elementos y sistemas descritos pueden no ser exhaustiva en algún caso o puede sufrir modificaciones, evoluciones tecnológicas o sustituciones integrales asociadas a la evolución tecnológica de los sistemas que se pueden producir, las cuales no impedirán que sigan siendo objeto del alcance de éste.

### 3.1 DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA

Las instalaciones de distribución de energía son las encargadas de suministrar alimentación eléctrica en Baja Tensión a las instalaciones fijas integradas en estaciones, túneles y recintos de Metro de Madrid.

Podemos diferenciar tres áreas diferenciadas.

- Alta Tensión: suministro, distribución y transformación a baja tensión.
- Baja Tensión: distribución y suministro eléctrico a los diferentes receptores.
- Alumbrado: sistemas de iluminación tanto en estaciones y recintos como en túnel.

En grandes bloques, podría decirse que las instalaciones de distribución de energía se componen de los siguientes subsistemas:

- Centros de Transformación (CT).
- Cuadro General de Baja Tensión (CGBT).
- Acometida en Baja Tensión de Socorro.
- Iluminación de recintos industriales.

#### 3.1.1 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN (CT)

La distribución en Alta Tensión es la encargada de suministrar alimentación eléctrica en Alta Tensión (15 kV) a cada uno de los centros de transformación (CT) existentes en la red de Metro de Madrid. La alimentación eléctrica en 15kV llega a los Centros de Transformación, donde se realiza la transformación a baja tensión (400Vac/230Vac) para la alimentación los distintos servicios del recinto.

Los CT están divididos en dos zonas claramente diferenciadas: la zona de Alta Tensión (AT) y la de Baja Tensión (BT).

- En la zona de Alta Tensión, normalmente, se encuentran dos transformadores redundantes, uno reserva del otro, que aseguran el suministro en baja tensión, tanto ante un fallo ocasional de uno de ellos como el mantenimiento y su sustitución, sin afectar al servicio de explotación de la red de Metro.
- En la zona de Baja Tensión se encuentran los Cuadros Generales de Baja Tensión (CGBT). Se instala un Cuadro General de Baja Tensión en cada recinto, alimentado desde los dos transformadores gracias a una conmutación automática que permite conmutar la carga del transformador, en el caso de fallo de uno de ellos, manteniendo la continuidad del servicio.

La configuración típica de la parte de alta tensión de un CT en los recintos es la siguiente:

- Una, dos o tres celdas de línea. Dependiendo si la distribución primaria se realiza desde una subestación o desde un CT.

- Una celda de protección de transformador.
- Un transformador de potencia AT (15 kV) / BT (400/230Vac).
- Un cuadro de protección de salida de transformador en el lado de baja tensión, con centralita de protección térmica.
- Un cuadro con el equipamiento necesario para realizar el control, telemando y supervisión del sistema de AT.

Los CT, en su zona de Baja Tensión disponen típicamente de los siguientes componentes:

- Cuadro General de Baja Tensión, compuesto por módulos funcionales.
- Cuadro de acometida de socorro del recinto.
- Un cuadro con el equipamiento necesario para realizar el control, telemando y supervisión del sistema de BT.

El sistema de control distribuido y telemando de los Centros de Transformación desempeña las funciones propias de control, supervisión y telemando. Se diferencia el control de los sistemas de alta y baja tensión, puesto que su gestión se realiza típicamente desde diferentes puestos.

### **3.1.2 CUADRO GENERAL DE BAJA TENSION (CGBT)**

El Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) tiene la finalidad de alimentar eléctricamente en baja tensión a los receptores asociados a éste.

Este cuadro general consta de varios módulos y de un embarrado general con dos interruptores generales de entrada, motorizados y enclavados, con conmutación automática, alimentados cada uno de los dos transformadores (mediante los denominados cable nº1 y cable nº2).

De este cuadro parten, a través de las protecciones correspondientes, los circuitos de alumbrado, bombas, comunicaciones y demás receptores.

### **3.1.3 ACOMETIDA EN BAJA TENSIÓN DE SOCORRO (ABS)**

El sistema de distribución de energía en Baja Tensión cuenta con una acometida exterior independiente (denominada alimentación de socorro). Se trata de una acometida exterior proveniente de una Compañía Eléctrica en cada estación.

Esta acometida asegura la alimentación eléctrica a los sistemas esenciales ante la falta de suministro eléctrico de la red primaria del Metro, a través de una conmutación automática en el cuadro general de baja tensión.

Son considerados servicios esenciales los relativos a los sistemas de emergencia y evacuación, así como aquellos que afecten a la explotación.

Las instalaciones de enlace se componen típicamente de:

- Módulo de protección y medida, que alberga la caja general de protección, línea general de alimentación y el contador.
- Derivación individual hasta el cuadro de socorro.
- Cuadro de socorro.

### 3.1.4 ILUMINACIÓN DE RECINTOS INDUSTRIALES (ILD)

La iluminación de emplazamientos dedicados a la actividad industrial de Depósitos, Cocheras, Talleres, etc., se basa generalmente en sistemas convencionales de iluminación industrial con lámparas LED propias de iluminación en entornos para actividades interiores de naves industriales.

En exteriores, como playas de vías, viales, zonas de aparcamiento, zonas peatonales etc., se utilizan sistemas de proyectores e iluminación convencional para exteriores, sobre báculos y/o palomillas de fachada, con luminarias LED típicas de alumbrado exterior.

## 3.2 ELECTRIFICACIÓN

El sistema de electrificación está formado por los elementos que hacen posible el transporte de la energía eléctrica desde los centros de tracción (CTR) a los trenes. Sus límites son las salidas de los rectificadores y el punto de interacción con el pantógrafo.

En Metro de Madrid sólo se utilizan sistemas de captación aérea mediante pantógrafo.

Se puede descomponer el sistema en los siguientes subsistemas para facilitar su clasificación e inventariado:

- **Línea aérea de contacto (LAC):** Es el conjunto de elementos con los cuales interactúa el pantógrafo para captar o devolver corriente a la red. Incluye el o los hilos de contacto, los cables de refuerzo de sección (*feeders* de acompañamiento) si existen, las conexiones eléctricas y las estructuras necesarias para la suportación mecánica de todos ellos.
- **Sistema de alimentación:**
  - **Cables de alimentación o de *feeder*:** Forman la línea de transporte tanto de positivo como de negativo y su función es que la energía de tracción esté disponible en la línea aérea y retorne del carril de vía al rectificador.
  - **Seccionadores de puenteo:** Permiten modificar la longitud y configuración de los sectores eléctricos en función de las necesidades operativas.



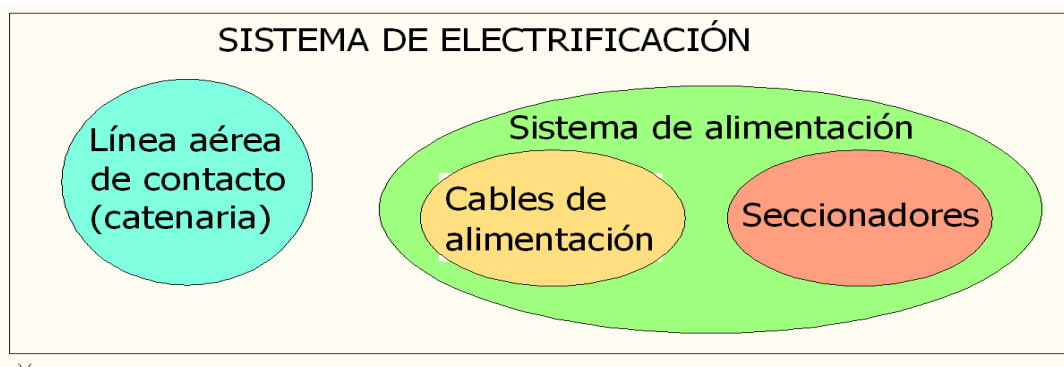


Figura 1: subsistemas de las instalaciones de electrificación

### 3.2.1 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

#### 3.2.1.1 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN EN VÍAS GENERALES

Las características fundamentales del esquema de tracción de Metro de Madrid son las siguientes:

- Dos centros de tracción adyacentes alimentan en paralelo el tramo de vía general entre ellas.
- Vía I y vía II no pueden seccionarse de manera independiente salvo en las estaciones.
- Existe un seccionador de puenteo en cada estación y en algunas interestaciones cuando así se considere necesario operativamente en función del número de estaciones entre los dos centros de tracción adyacentes y la distancia entre ellos.

La aplicación concreta a cada línea se recoge en los planos denominados “Esquema de tracción de línea”. Estos documentos se actualizan de manera continua para recoger las modificaciones y/o ampliaciones de la red. Se trata de una representación simbólica del esquema de positivo e incluyen otra información adicional como los imanes de vía o los puntos kilométricos de los puntos de conexión de las galerías de los centros de tracción al túnel.

Según la posición abierto/cerrado de los seccionadores de estación o interestación cada línea puede configurarse en paralelo e en antena; en este último caso con frontera en cualquier seccionador. La configuración por defecto de las líneas de Metro de Madrid es en paralelo o T.

Los seccionadores se integran dentro de un armario de dos compartimentos:

- Compartimento de potencia: Contiene, entre otros elementos, el interruptor propiamente dicho, los embarrados de conexión y los transductores de tensión.

- Compartimento de control: Contiene, entre otros elementos, el autómata que controla las maniobras, un *switch* y una entrada de fibra óptica para el telemando, entrada y aparellaje de baja tensión y visualizadores y pilotos de tensión (y en algunos casos de intensidad).



Figura 2: armario seccionador

Actualmente existen en las líneas de Metro de Madrid dos modelos de interruptores seccionadores, uno de fabricante Ferraz y otro General Electric. Las especificaciones mínimas de ambos son las siguientes:

- Tensión nominal: 1.500 Vcc
- Tensión de aislamiento: 3.500 Vcc
- Intensidad nominal: 4.000 A
- Intensidad de cortocircuito según IEC 947.2: 25 kA.

Todos los seccionadores de línea disponen de un sistema de telemando y están integrados en el Scada del puesto de mando de energía.

Los seccionadores asociados a la frontera entre dos salidas de *feeder* de un mismo centro de tracción disponen de un conversor de medios directamente comunicado con fibra óptica con el control del centro de manera que el sistema de arrastres conoce su posición abierto/cerrado y emite una señal de propagación de arrastres a la subestación adyacente en caso de defecto en función de esta información.

En Metro de Madrid se utilizan como cables de alimentación (o cable de *feeder*) cables unipolares de aluminio cubiertos. Deberán venir categorizados e identificados según la normativa CPR (*Construction Product Regulation*) como **Cca-s1b, d1, a1**. Será Cable cubierto de aluminio 1,8/3 kV (1x630mm<sup>2</sup>) RZ1 (AS) clase 2 según norma IEC 60502-1 "Power cables with

*extruded insulation and their accessories for rated voltajes from 1 kV ( $U_m=1,2$  kV) up to 30 kV ( $U_m=36$  kV). Part 1: Cables for rated voltages of 1 kV ( $U_m=1,2$  kV) and 3 kV ( $U_m=3,6$  kV)”*

- No propagador de la llama.
- Baja emisión de humos y gases tóxicos.
- Baja emisión de gases ácidos o corrosivos.
- Nula emisión de halógenos.

En todo tendido nuevo se utilizan cables de aislamiento 1,8/3 kV, si bien quedan en la red tendidos de cable con aislamiento de 0,6/1 kV. Actualmente se instalan con cubierta verde y dos rayas longitudinales rojas para el cable de positivo y dos rayas longitudinales negras para el cable de negativo. Aún queda cableado de *feeder* de cubierta negra.

Según su función dentro del esquema estos tendidos de cable se pueden clasificar en:

1. Alimentación de positivo desde el Centro de Tracción a la línea aérea.
2. Punteo de positivo de dos sectores colaterales de tracción.
3. Puesta en paralelo o *cross-bonding*.
4. Alimentación de negativo desde la vía al Centro de Tracción.

La forma concreta de la conexión de los cables de positivo a la línea depende del tipo de línea aérea de contacto. La conexión del negativo al carril se realiza siempre utilizando una placa de cobre (placa de negativos) a la que acometen los cables de *feeder* del centro de tracción y en la que se establecen unos puentes eléctricos con el carril con cable de cobre de sección 150 mm<sup>2</sup>.

Para estos tendidos los cables se agrupan en grupos de cuatro o seis por sector.

#### 3.2.1.2 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN EN DEPÓSITOS Y COCHERAS

La alimentación a los depósitos de Metro de Madrid se realiza desde una salida de *feeder* dedicada del centro de tracción más cercano.

De manera general el esquema de tracción de los depósitos de Metro de Madrid se configura en haces. Las vías que configuran un haz pueden dejarse sin tracción de manera conjunta por medio de un seccionador de las mismas características que los de las vías generales. En ocasiones, existe un seccionador general de punteo que alimenta a los seccionadores generales de haz.

Para trabajos de mantenimiento del material móvil, dentro de cada depósito o cochera existen unos seccionadores con puesta a negativo que permiten dejar sin tracción una única vía.

El esquema de tracción de los depósitos se recoge siempre puesto al día en los planos denominados “Esquema de tracción de depósito”.

La conexión de los cables de positivo se realiza habitualmente alimentando a los cables de refuerzo de sección (*feeder* de acompañamiento) de cada paquete eléctrico. La conexión del negativo se realiza con un puenteo entre uno de los cables de aluminio que vienen del Centro de Tracción y los carriles directamente con cable de cobre de 150 mm<sup>2</sup>, sin utilizar un elemento intermedio como la placa de negativos.

### 3.2.2 LÍNEA AÉREA DE CONTACTO DATOS GEOMÉTRICOS

En función del tipo de material móvil que circule se adoptan unos valores para altura de hilo de contacto (altura de captación) y descentramiento.

|                 | Altura nominal del hilo de contacto<br>(m) | Descentramiento máximo<br>(cm) |
|-----------------|--|--------------------------------|
| Gálibo estrecho | 3,8  | 10                             |
| Gálibo ancho    | 4,1  | 19                             |

Tabla 1: Altura nominal y descentramiento del hilo de contacto en función del gálibo.

### 3.2.3 TIPOS DE LÍNEA AÉREA DE CONTACTO

En la red de metro de Madrid existen los siguientes tipos de línea aérea de contacto:

- Líneas flexibles:
  - Hilo tranviario:
    - Sin compensar.
    - Compensado mecánicamente.
  - Catenaria convencional:
    - Sin compensar.
    - Compensada mecánicamente.
- Catenaria rígida:
  - Perfil tipo Delachaux de 110 mm.
  - Perfil tipo MetroMadrid.

- Perfiles especiales.

Una línea aérea de contacto compensada mecánicamente es aquella que no sufre variaciones geométricas significativas que afecten a su interacción con el pantógrafo ante los cambios de temperatura.

### 3.2.3.1 HILO TRANVIARIO NO COMPENSADO EN VÍAS GENERALES

Este tipo de línea aérea es la de más antigua implantación en Metro de Madrid. A día de hoy se utiliza en las líneas 4.

Sus características fundamentales son:

- Un hilo de contacto de cobre electrolítico puro (Cu-ETP) de 150 mm<sup>2</sup> de sección. Originariamente se utilizó hilo circular (BC) si bien ahora se utiliza hilo ovalado (BF) tanto en tendidos nuevos como en renovaciones.
- Cuatro *federes* de acompañamiento de aluminio de 645 mm<sup>2</sup> alimentando al hilo de cada vía con cable de cobre de 150 mm<sup>2</sup>
- Seccionamiento eléctrico por medio de aisladores de sección en los piñones de entrada de las estaciones.



Figura 3: imagen de una estación con hilo tranviario.

### 3.2.3.2 HILO TRANVIARIO COMPENSADO

En el sistema de electrificación de la línea ML1, además de satisfacer los criterios habituales de calidad de captación, disponibilidad, fiabilidad y mantenibilidad se integra visualmente en el entorno urbano por el que discurre el trazado. La línea aérea de contacto es de tipo hilo tranviario compensado.

Sus características principales son:

- Hilo de contacto: BF-150-CuETP UNE-EN 50149 o equivalente.
- Tensión mecánica: 15 kN.
- Vano máximo en recta: 35 m
- Altura del hilo de contacto:
  - Altura nominal 5,85 m
  - Altura en cruces con la calzada: 6,00 m
  - Altura en túnel: 4,10-4,50 m.
- Compensación mecánica con un sistema muelle-excéntrica
- Ménsulas de tubo de fibra de vidrio con resina y doble aislamiento. Suspensión delta.
- Postes de sección circular sin tirantes.
  - Diámetro: 324 mm.
  - Espesor: de 8 a 14 mm según aplicación.
  - Altura: 8.6, 10 y 11 m, según aplicación.
- Semicantón máximo: 500 metros.
- Seccionamientos de cuatro vanos.
- Aisladores ligeros de barra sin pérdida de contacto autosoportados.
- Cuatro cables de *feeder* de acompañamiento en canalización hormigonada de 185 mm<sup>2</sup> de sección.
- Alimentaciones *feeder*-hilo de contacto con cable de cobre de 150 mm<sup>2</sup>.

### 3.2.3.3 CATENARIA CONVENCIONAL NO COMPENSADA

Este sistema de línea aérea fue el originalmente instalado en las líneas de gálibo ancho. Hoy sólo se encuentra en servicio en la línea 9.



Sus características principales son:

- Sustentador: Cable flexible de cobre de 153 mm<sup>2</sup> de sección.
- Hilo de contacto: Dos hilos Cu-ETP BC-107 mm<sup>2</sup> (Actualmente para las renovaciones de este elemento se utiliza el hilo ovalado BF-107).
- Péndolas: Originalmente de varilla de 5 mm<sup>2</sup>, progresivamente se han ido implantando equipotenciales de cable flexible de 25 mm<sup>2</sup>
- Sección de acompañamiento (*feeder*): Cuatro cables de aluminio de 645 mm<sup>2</sup> de sección.
- Tensión mecánica nominal del sustentador: 1.200 kgf
- Tensión mecánica nominal de los hilos de contacto: 800 kgf



Figura 4: Estación de Línea 9 con catenaria convencional

#### 3.2.3.4 CATENARIA CONVENCIONAL COMPENSADA

Este sistema es el que mayores velocidades permite dentro de la red de Metro de Madrid y el habitualmente instalado en tramos en intemperie. Se encuentra a lo largo de toda la línea 9B y en el tramo en intemperie de la línea 10 con compensación mecánica independiente de hilos y sustentador y en el tramo en intemperie de la línea 5 con compensación sólo en el hilo de contacto.

En la línea 9B y en la línea 10 la línea aérea es prácticamente igual al estándar nacional definido por ADIF y designado CR-160. Sus características principales son las siguientes:

- Sustentador: Cable flexible de cobre de 153 mm<sup>2</sup> de sección (salvo en la línea 5 en intemperie, que es acero de 48 mm<sup>2</sup>).
- Hilo de contacto: Dos hilos Cu-ETP BC-107 mm<sup>2</sup> (salvo en la línea 5 en intemperie, que es BC-150).
- Péndolas: Originalmente de varilla de 5 mm<sup>2</sup>, progresivamente se han ido implantando equipotenciales de cable flexible de 25 mm<sup>2</sup>
- Sección de acompañamiento (*feeder*): Cuatro cables de aluminio de 645 mm<sup>2</sup> de sección.
- Tensión mecánica nominal del sustentador: 1.200 kgf para líneas 9B y 10.
- Tensión mecánica nominal de los hilos de contacto: 800 kgf

### 3.2.3.5 CATENARIA RÍGIDA

Actualmente es el sistema mayoritario en nuestra red y seguirá aumentando su presencia ya que las renovaciones integrales o las líneas nuevas se electrifican con este tipo de línea aérea de contacto.

La catenaria rígida está constituida por un perfil de aluminio extrusionado en el que se inserta el hilo de contacto. Este carril se suspende de unos aisladores que se fijan a la bóveda del túnel o a la correspondiente estructura portante sobre estructuras metálicas que permitan la regulación en altura y en peralte.



Figura 5: imagen de túnel electrificado con catenaria rígida.

En la red de metro de Madrid conviven principalmente dos perfiles de carril de aluminio, el denominado Delachaux y el diseñado por Metro de Madrid.

En algunos tramos con muy poco gálibo disponible para la implantación de los elementos del sistema existen perfiles reducidos especiales.



|                               | Perfil Delachaux        | Perfil MetroMadrid      |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Sección transversal           | 2423 mm <sup>2</sup>    | 2394 mm <sup>2</sup>    |
| Momento de inercia vertical   | 426x104 mm <sup>4</sup> | 734x104 mm <sup>4</sup> |
| Momento de inercia horizontal | 113x104 mm <sup>4</sup> | 108x104 mm <sup>4</sup> |
| Vano máximo                   | 10 m                    | 12 m                    |
| Altura del perfil             | 110 mm                  | 150 mm                  |

Tabla 2: características principales de perfiles de catenaria rígida.

### 3.2.3.6 LÍNEA AÉREA DE CONTACTO EN DEPÓSITOS Y COCHERAS

De manera general dentro de los depósitos y cocheras el sistema de línea aérea de contacto en las playas de vías es hilo tranviario sin compensar. La única excepción es la Cuatro Vientos, que dispone en la playa de Línea 10 de catenaria convencional con compensación mecánica en el hilo de contacto.

La instalación de hilo tranviario en la zona de la playa se realiza utilizando pórticos funiculares.

La instalación dentro de las naves se puede realizar con pendolones aislantes al techo (por ejemplo, cuando se trata de una vía con pasarela para acceso a pantógrafos) o con pórticos transversales entre distintos elementos estructurales de la edificación.

Las vías de pruebas están electrificadas en los depósitos que disponen de ellas con catenaria convencional. Según el año de puesta en servicio están compensadas mecánicamente o no.

### 3.2.3.7 TRANSICIONES DE TENSIÓN

Conviven en la red de metro líneas a 600 Vcc y líneas a 1.500 Vcc. Para garantizar la continuidad mecánica de la línea aérea en estos casos y el aislamiento eléctrico en los tramos se montan las transiciones de tensión.

## 4. OBJETO

Dentro de las posibles acciones que se pueden demandar es la realización de instalaciones y trabajos que se definiesen en los pliegos de licitación que surjan dentro del Acuerdo Marco relacionados con los sistemas de Energía, de la Red de Metro de Madrid:

- Sistema de Distribución de Energía en alta tensión.
- Sistema de instalaciones eléctricas en baja tensión.
- Sistema de Alumbrado.
- Sistema de Electrificación.

### 4.1 TRABAJOS DE APOYO TÉCNICO

Las actividades a realizar en los distintos campos y sistemas relacionados se engloban en los siguientes grupos:

- Inspecciones.
- Pruebas.
- Gestión y elaboración de documentación (informes, proyectos, planos, etc.).
- Instalaciones.

#### 4.1.1 Inspecciones

Las empresas deberán disponer de experiencia en los distintos ámbitos competenciales, así como disponer de medios técnicos oportunos para realizar inspecciones exhaustivas de los sistemas de energía. Estas inspecciones podrán incluir lo siguiente:

- Toma de datos e inventariado de la instalación.
- Comprobación del estado general de los equipos pertenecientes al sistema, realización de pruebas y medidas de parámetros de las instalaciones en explotación, emisión de dictámenes técnicos, no conformidades y propuestas de mejora.
- Levantamiento y comprobación de Planos.
- Revisión y actualización de documentación de las instalaciones.
- Revisión de las instalaciones de acuerdo a la normativa en vigor o normativas vigentes en la época de construcción.
- Reportaje fotográfico de los elementos examinados.
- Gestión procedimientos administrativos legales.

#### 4.1.2 Pruebas

Las empresas tendrán que realizar **comprobaciones** in situ sobre los elementos y equipos que pertenecen a los distintos sistemas. Además, **deberá aportar los medios necesarios** para la realización de dichas pruebas, que incluirán:

- Definición de protocolo de pruebas.
- Manejo de equipos.
- Toma de medidas de parámetros.
- Elaboración de procedimientos e instrucciones técnicas.
- Pruebas funcionales y de integración conforme a los procedimientos de operación definidos en diferentes ámbitos.

#### 4.1.3 Supervisión

Durante la ejecución de una obra (modificación sobre una instalación existente o una nueva instalación), el cometido de las empresas seleccionadas podrá ser la inspección, vigilancia y control de calidad de los sistemas, equipos e instalaciones objeto de la obra.

Los tipos de supervisión a realizar sobre la obra serán los siguientes:

- **Control cuantitativo**, consistente en la medición de las diversas unidades de obra o constatación de suministro, comprobando que la misma corresponde a lo previsto en el proyecto y a las modificaciones autorizadas, en especial a aquellas partes y unidades que, por quedar ocultas, son de difícil comprobación posterior. Los resultados de estos controles y seguimientos tendrán su reflejo en la emisión y correspondiente firma de las certificaciones parciales.
- **Control cualitativo**, el cual consiste en garantizar que equipos, sistemas y materiales se ajusten a las prescripciones del proyecto, a la normativa vigente, a los estándares de calidad y a las modificaciones aprobadas. Este apartado incluirá el control sobre la entrega documental a Metro de todo aquello que se considere conveniente disponer para los posteriores trabajos de explotación y mantenimiento.

Genéricamente los trabajos a realizar por las empresas seleccionadas abarcarán:

- Estudio de la documentación de los proyectos y ofertas seleccionadas.
- Estudio de la ingeniería de sistemas a instalar.
- Propuesta de requerimientos de calidad a aplicar según normativa.
- Asistencia a las reuniones de seguimiento de Obra y elaboración de Actas resumen.
- Asistencia a las diferentes fases de pruebas (FAT, Integración, validación) y aceptación generando informes de aceptación o no conformidad.

- Auditoría de sistemas de calidad de contratistas.
- Estudio de los Planes de Seguridad y Salud que, conforme a la normativa vigente, presenten los Contratistas certificando su ajuste a normativa e indicando cuantas objeciones y modificaciones sean precisas para que el Contratista vele por su cumplimiento y tenga plena responsabilidad ante su no observancia.
- Gestión de residuos.
- Estudio, control y plan de calidad de instalaciones (verificación de correcto almacenamiento de materiales en obra, montajes, pruebas, etc.).
- Elaboración de todos los documentos o proyectos específicos que fueran necesarios para la obtención de aquellas licencias, permisos y legalizaciones precisos para la ejecución de la obra y la puesta en marcha, incluidas las licencias de Obras e Instalaciones. Asimismo, se deberán realizar todos los trámites y gestiones necesarios para la consecución de estas licencias, así como llevar a cabo el seguimiento de dichos trámites de modo que la obtención de las licencias se ajuste a la planificación de la obra.
- Tratamiento, seguimiento e informe de las no conformidades detectadas.
- Tratamiento, seguimiento e informe derivados de nuevos requisitos o normativas.
- Colaboración en el seguimiento del proyecto y en la gestión de la calidad del mismo desde el origen, detectando preventivamente desviaciones de plazos y causas para corregirlas o minimizar sus consecuencias.
- Recepción de la obra.
- Elaboración de la documentación de obra terminada.
- Certificado Final de Obra.

#### 4.1.4 Gestión y elaboración de documentación

Gran parte del trabajo a realizar por las empresas consistirá en la **elaboración de documentación** de diversa índole:

- Realización de informes técnicos básicos.
- Análisis de viabilidad técnica, normativas y de productos.
- Realización de pliegos básicos o constructivos.
- Análisis de negocio y de retorno de inversión.
- Análisis de riesgos.
- Realización de documentación del sistema corporativo de calidad (solicitud de concurso, solicitud de contratación, etc.).
- Realización y modificación de planos en Autocad.
- Elaboración de inventariado de instalaciones y carga en los sistemas corporativos.
- Actualización de la base documental de sistemas, productos y normativas
- Elaboración de fichas técnicas y actualización del catálogo de sistemas.

- Elaboración de presentaciones e infografías.
- Elaboración e impartición de formación presencial y on-line.
- Modelado Revit de la estación.
- Elaboración de documentación de supervisión de obra.
  - Informes periódicos de avance de trabajos.
  - Procedimientos y documentos recogidos dentro del Plan de Calidad de Ingeniería.
  - Procedimiento para la preparación y seguimiento de los protocolos de pruebas de instalaciones.
  - Procedimiento para la realización de pruebas de recepción de las instalaciones y entrega de documentación.

También se encargará de las labores de **gestión administrativa**, como es la gestión y organización de las tareas que impliquen las actividades de inspección y pruebas en campo anteriormente relacionadas, tales como, petición de permisos para acceder a las instalaciones, dar avisos al Servicio de Seguridad, etc.

#### 4.1.4.1 Auditoría documental

Las instalaciones deberán estar documentadas con certificados que acrediten las condiciones de seguridad de los productos, equipos e instalaciones según los reglamentos de seguridad que resulten de aplicación.

Será objeto del alcance la realización de auditorías de la documentación de “as built” que pueda existir de las instalaciones analizando que se ciñe a lo realmente instalado. En caso de que dicha documentación no se encuentre actualizada en base a las modificaciones que se hayan producido a lo largo del tiempo, la empresa adjudicataria de la legalización deberá levantar nueva documentación incorporando las modificaciones detectadas.

Las empresas que opten dispondrán de técnicos con cualificación adecuada que acrediten mediante su visado y firma que la documentación existente o generada cumple con los requisitos de seguridad que sean de aplicación.

#### 4.1.4.2 Auditoría de la instalación

Respecto a la documentación existente o generada, según el caso, la empresa encargada de la legalización de la instalación se deberá hacer cargo de:

- Se debe de asegurar que la instalación cumple con los planos, es decir, situación de equipos, cableados, etc.
- Se debe de asegurar que los equipos y los materiales se ajustan a las calidades indicadas en el proyecto.

- Se encargará de la realización de las pruebas que asegure el correcto funcionamiento de la instalación.

Los procesos de auditoría de la documentación y de la instalación darán lugar a la emisión de un informe en la que la empresa encargada del proceso se definirá y establecerán las acciones tanto documentales como de modificación o reposición de la instalación existente que se estima necesario.

#### 4.1.4.3 Proceso administrativo

Dentro del proceso administrativo se encuentra se definen la realización de todos los procesos que la empresa asignada para la legalización de la instalación debe realizar para que esta llegue a buen puerto.

Deberá por tanto encargarse, si procediese, de la contratación de la EICI correspondiente y del pago de sus honorarios, recopilación y presentación de la documentación necesaria y del pago de las tasas necesarias hasta la finalización del proceso según el procedimiento normativo correspondiente a las características particulares de la instalación a legalizar.

## 4.2 TRABAJOS DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN

Dentro de las posibles acciones que se pueden demandar en el Acuerdo Marco es la realización de instalaciones y trabajos que se definiesen en los pliegos de licitación que surjan dentro del Acuerdo Marco relacionados con los sistemas de energía en los centros de producción y estacionamiento de material móvil de la Red de Metro de Madrid que se han descrito a lo largo del presente documento y cuyo alcance se definirá en los pliegos de licitación que surgirán dentro de los procesos basados.

Las acciones a realizar en estos sistemas podrán ser tanto trabajos encaminados a la realización de reformas para la mejora o modificación de la instalación existentes de forma que se le puedan dar nuevas funcionalidades o coberturas al sistema, como obras destinadas a la sustitución integral del sistema por obsolescencia tecnológica, o a la incorporación de nuevos sistemas por carencia de ellos, adaptaciones a normativa, etc. Las obras de modificación pueden afectar tanto a los sistemas instalados en campo como a las instalaciones centralizadas de gestión corporativa de los que disponen actualmente cada uno de los sistemas y a los distintos elementos de energía que pueden verse afectadas y asociadas a los trabajos de reforma o nueva implantación de los sistemas en cuestión.

Los trabajos sobre las instalaciones eléctricas, deberán ser ejecutados por empresas y/o personales autorizados y/o cualificados para la instalación de estos elementos. En consecuencia, los pliegos de licitación que surjan dentro del alcance de los basados exigirán las certificaciones que se consideren oportunas para la correcta ejecución de los trabajos.

## 5. NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

El Adjudicatario 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 la obra.

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.

### 5.1.1 Horarios y limitaciones en los trabajos de instalación

Los trabajos en una zona sin servicio no se verán afectados por limitación de horario, sin embargo, en los trabajos a efectuar en los tramos en explotación, el Adjudicatario tendrá que realizar necesariamente los trabajos teniendo en cuenta lo siguiente:

#### Trabajos en estación:

Los trabajos que pudieran afectar a los elementos 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.

#### Trabajos en Depósitos:

Los trabajos dentro de depósitos y naves de mantenimiento podrán realizarse en jornadas normales de 8 horas, incluso en horario diurno, pero siempre adaptándose a los horarios de producción de los mismos a fin de que no afecten a estos.

En caso de que dichos trabajos puedan afectar al proceso productivo, deberá preverse que el horario estará limitado desde las 2 h hasta las 5:30 h de la mañana.

Solicitud de trabajos:

Todos los trabajos que afecten a algún servicio de explotación deberán ser programados y autorizados explícitamente por Metro.

El Adjudicatario solicitará por escrito la programación de los trabajos a la Dirección Facultativa, debiendo ser programados con el tiempo de antelación que la Dirección Facultativa indique.

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 Adjudicatario.

## 6. NORMATIVAS Y REFERENCIAS, DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

Las obras 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 los trabajos, ya se trate de normas, reglamentaciones, ordenanzas, Instrucciones o cualquier otro rango, y tanto tengan carácter o ámbito europeo, nacional, autonómico o local.

En general, serán de aplicación cuantas prescripciones figuren en las Normas, Instrucciones o Reglamentos Oficiales que guarden relación con los trabajos a realizar o con sus instalaciones complementarias y que se hallen en vigor en España en el momento de ejecutarlos.

El Adjudicatario está obligado al cumplimiento de todas las instrucciones o normas promulgadas por la Administración que tengan aplicación en los trabajos a realizar que surjan en a juicio de la Dirección del Servicio de METRO.

Normas de calidad

|   |  |
|---|--|
| - <b>UNE 21302-91/2M</b> o equivalente. | Vocabulario electrotécnico. Confiabilidad y calidad de servicio.   |
| - <b>ISO 9001</b> o equivalente.        | Sistemas de Calidad – Modelo para el aseguramiento de la calidad en el diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio. |
| - <b>UNE-EN 157001</b> o equivalente.   | Criterios generales para la elaboración de proyecto  |



|                               |                        |
|-------------------------------|------------------------|
|                               |                        |
| - ISO 14001 o<br>equivalente. | Gestión Medioambiental |

*Tabla 3: Normativa de Calidad*

También deberán cumplirse todas aquellas que afecten directa o indirectamente a las instalaciones de protección contra incendios, incluyendo normas UNE y EN aplicables y de obligado cumplimiento o equivalentes que cumplan las obligaciones normativas.

## 7. PRESENCIA DE AMIANTO

Los trabajos asociados, en el caso de la aparición de algún material sospechoso de contener amianto, incluyen la obligatoriedad de cumplir las siguientes consideraciones.

Los trabajos que puedan surgir, en caso de estar contemplado en el presupuesto 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. A continuación, se indican algunas:

- Ley 31/1995.
- Real Decreto 396/2006.
- Guía Técnica del INSHT “Para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto”.
- NTP 1021.
- Guía divulgativa del INSHT “Formación y entrenamiento de los trabajadores con riesgo de exposición a amianto”.

Se incluye la obligatoriedad de realizar en tiempo y forma todas las gestiones necesarias para la correcta realización de los trabajos, haciendo énfasis en aquellas, en caso de ser preceptivo, relacionadas con la preparación del Plan de Desamiantado, su presentación ante la Autoridad Laboral con antelación suficiente y el seguimiento de la aprobación del mismo. En las condiciones que define la Normativa aplicable, no se podrán realizar los trabajos sin la aprobación oficial de esta documentación.

De manera específica, se citan las siguientes características de los trabajos a realizar:

- Por las características de este material, es obligado que la manipulación del mismo y el traslado y gestión del material a vertedero se efectúen con arreglo a la Normativa relativa a la Seguridad en los trabajos con Riesgo de Amianto, estableciendo a la vez las condiciones de seguridad requeridas en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Por lo tanto, la empresa que realice los trabajos asociados a materiales con amianto deberá, siempre que así lo indique la normativa vigente, estar inscrita en el registro de empresas con riesgo de amianto (R.E.R.A) y disponer de personal especialmente formado para la ejecución de dichos trabajos. El contratista principal, por tanto, estará obligado a la subcontratación de una empresa certificada R.E.R.A. para la ejecución de estos trabajos.
- La empresa que realice los trabajos redactará, siempre que así lo indique la normativa vigente, un Plan que analice, estudie y desarrolle las condiciones de seguridad para la retirada de los materiales con amianto. Este Plan de Trabajo, Seguridad y Salud tendrá por objeto determinar los posibles riesgos en la ejecución de los trabajos, en general y el particular de manipulación de fibras de amianto; estudiará en consecuencia, que medidas de prevención y seguridad se deben adoptar, precisando:
  - Las normas de seguridad y salud aplicables a los trabajos.
  - La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
  - Relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse, especificando las medidas preventivas a tomar.
  - Medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan otras medidas alternativas.
  - Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.
  - Se deberá garantizar la salud e integridad de los trabajadores, identificando las situaciones de peligro, detectando a tiempo los riesgos específicos en cada fase de trabajo, para definir y adoptar las medidas de seguridad y de protección, teniendo como objetivo reducir los riesgos en el trabajo.
  - Su aplicación será vinculante para todo el personal propio de la empresa contratada para la ejecución de los trabajos y el dependiente de otras empresas subcontratadas por ésta, si las hubiese, para realizar sus trabajos en el interior del recinto de la obra, con independencia de las condiciones contractuales que regulen su intervención en la misma.

