



ANEXO I

INSTRUCCIÓN TÉCNICA

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE CABLES ELÉCTRICOS DE ALTA TENSIÓN PARA INSTALACIONES EN METRO DE MADRID

1. OBJETO

Esta especificación describe las características constructivas y los requisitos a cumplir de los cables eléctricos de Alta Tensión de todas las instalaciones eléctricas de Metro Madrid.

2. GENERALIDADES DEL CABLE DE ALTA TENSIÓN

Las características estructurales de los cables a emplear serán de acuerdo a la norma IEC 60502 para “Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extraídos para tensiones nominales de 1kV a 30 kV” dónde se incluye cualidades de los materiales que configuran cada uno de los componentes del cable, criterios de diseño, características dimensionales, así como los requisitos eléctricos que se les exige.

En general estos cables serán de aluminio y estarán formados por capas semiconductoras sobre conductor y sobre aislamiento aplicadas junto con el aislamiento por triple extrusión simultánea. Sobre el semiconductor exterior se aplicará una pantalla de cinta de cobre para cables tripulares y de hilo de cobre para cables unipolares. Las fases para los cables tripulares, se cablearán con paso largo y las pantallas estarán en contacto eléctrico. El cable ha de estar protegido por una cubierta exterior que le confieran al cable las siguientes propiedades:

- No propagador del incendio
- Baja emisión de humos y gases tóxicos



- Baja emisión de gases ácidos o corrosivos
- Nula emisión de halógenos

La tensión nominal debe ser adecuada a las condiciones de operación de la red dónde va a ser instalado y basándonos en la norma IEC 60502 consideraremos la categoría de la red “B”. La tensión nominal del cable sera 12/20 kV con una tensión nominal de red del sistema trifásico de 15 kV.

Los tipos de cable serán RHZ1, de GENERAL CABLE, PRYSMIAN, 2XSH de CABLEL o similar aprobado, debiendo figurar en su cubierta la referencia y marca del fabricante.

3. NORMAS Y REGLAMENTOS

Los cables afectados por esta especificación cumplirán obligatoriamente con los requisitos establecidos por las normas siguientes, en su última edición:

UNE 211435 Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/ 1 kV para circuitos de distribución.

UNE- EN 60228 Conductores de cables aislados.

UNE 211620-5E Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV. Parte 5: Cables unipolares y unipolares reunidos con aislamiento XLPE – Sección E-1: Cables con cubierta de compuesto de poliolefina (tipo 5E-1, 5E4 y 5E5).

UNE-HD 620-1 Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV. Parte 1: Requisitos generales.



- IEC- 60502-2** Cables para tensiones desde 6kV hasta 30 kV.
- UNE- EN 60332-1-2** Ensayo de resistencia a la propagación vertical de la llama para un conductor individual aislado o cable.
Quemador de llama premezclada 1 kW **[NO PROPAGADOR DE LA LLAMA]**
- UNE- EN 60332-2-3** Ensayo de propagación vertical de la llama de cables colocados en capas en posición vertical. Parte 2-2. **Categoría B.**
[NO PROPAGADOR DEL INCENDIO]
- UNE- EN 50267-2-1** Determinación de la cantidad de gases halógenos.
[LIBRE DE HALÓGENOS]
- UNE- EN 50267-2-2** Determinación del grado de acidez de gases de los materiales por medida del ph y la conductividad.
[BAJA ACIDEZ Y CORROSIVIDAD]
- UNE- EN 61034-2** Medida de la densidad de los humos producidos por cables en combustión. **[DENSIDAD DE HUMOS]**
- HN 33-S-34** Protección contra las perturbaciones electromagnéticas.



4. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

4.1. General

Los cables a utilizar en los circuitos de Alta Tensión serán de los siguientes tipos:

Cables de Alta Seguridad (AS) No propagadores del incendio

- **Con protección mecánica y anti-roedores (Armadura)**

Estos cables se utilizarán en túneles e instalaciones de estaciones/paradas tanto interiores como exteriores.

Designación técnica: **RHZ1FA3Z1-20L (AS)** para cables unipolares (1x)

RHZ1F3Z1 (AS) para cables tripolares (3x)

- **Sin protección mecánica ni anti-roedores**

Estos cables se utilizarán en túneles e instalaciones de estaciones/paradas tanto interiores como exteriores.

Designación técnica: **RHZ1-20L (AS)** para cables unipolares (1x)

RHZ1 (AS) para cables tripolares (3x)

Todos los cables serán **libres de halógenos, de limitada opacidad de humos**, y de baja acidez y corrosividad de los gases emitidos durante la combustión, según las normas indicadas en el apartado 2 de esta especificación.



4.2. Tensión de aislamiento

Las tensiones nominales de los cables serán de:

- 12 / 20 kV

4.3. Formación y sección de los conductores

Los cables serán unipolares (1x) o tripolares (3x).

El conductor podrá ser de **Cobre o Aluminio** recocido **clase 2**, según UNE-EN 60228. En cualquiera de los dos tipos el **conductor será siempre obturado**.

La obturación del conductor permite bloquear el agua en caso de que se introduzca en el conductor.

La sección de los conductores se determinará en función de la intensidad máxima admisible en régimen permanente, según UNE 211435 y aplicando el método de instalación y posibles condiciones correctoras, considerando la intensidad de cortocircuito prevista en la red.

4.4. Aislamiento y capas semiconductoras

Sobre el conductor se aplicarán tres capas extruídas simultáneamente de semiconductor interior, aislamiento de polietileno reticulado (**XLPE**) y semiconductor exterior pelable:

- El semiconductor interior será según UNE-HD 620-1, apartado 4.3.2
- El aislamiento será según HD 620-1, tabla 2ª, tipo DIX 3.
- El semiconductor exterior será según UNE-HD 620-1, apartado 4.3.3

Los espesores para cada una de las tres capas serán los indicados en la norma UNE 211620-5E.



El proceso de reticulación de la triple extrusión se realizará obligatoriamente mediante nitrógeno en atmósfera seca (Dry Curing).

La reticulación mediante nitrógeno en atmósfera seca (Dry Curing) asegura que no se produzca la entrada ni de agua ni de humedad, garantizando la ausencia de vacuolas microscópicas que con el tiempo acortan la vida útil del cable, al generar descargas parciales que acaban provocando la perforación del cable y la consecuente interrupción del suministro.

4.5. Pantalla

Los cables unipolares (1x) dispondrán de una pantalla de corona de hilos de Cu de aplicación helicoidal de sección nominal geométrica mínima de 16 mm^2 .

Esta podrá ser superior en función de la intensidad y la duración del cortocircuito previsto. Sobre esta pantalla se aplicará helicoidalmente una cinta de fleje de Cu de una sección mínima de 1 mm^2 . La pantalla estará obturada longitudinalmente.

Los cables tripulares (3x), la pantalla individual para cada fase consiste en una cinta de cobre aplicada helicoidalmente, con una sobreposición mínima del 15%.

4.6. Cableado de los conductores aislados

En las formaciones tripulares, los conductores aislados irán cableados con un paso máximo de 20 veces el diámetro del cableado.

4.7. Asiento de la armadura

Sobre la pantalla o sobre el conjunto de conductores cableados se aplicará un asiento de armadura extruido con un compuesto poliolefínico **ignífugo** extruido.

Los espesores para los distintos tipos, serán los indicados en IEC 60502-2 y el color del mismo será **NEGRO**.



4.8. Armadura

Los cables con armadura se instalarán en aquellas instalaciones donde metro de Madrid lo estime conveniente.

La protección mecánica y anti-roedores es necesaria para proteger los cables de M.T. de posibles desgarros, golpes, roturas de cubierta y de cualquier otra agresión mecánica que pudiera producirse durante el tendido, o una vez ya instalados en operaciones de mantenimiento u obras. La armadura metálica evita también que los roedores acaben “comiéndose” el aislamiento, lo que acabaría produciendo un cortocircuito y la consiguiente interrupción del suministro. Adicionalmente, la armadura de fleje longitudinal corrugado, solapado y sellado confiere al cable estanqueidad radial frente al agua.

La armadura metálica estará compuesta de un fleje longitudinal corrugado de **Aluminio** para los cables unipolares y de **Fe Sn** para los cables tripulares.

Los requisitos mínimos a cumplir de la armadura son los siguientes:

- Altura de corrugación: $1 \pm 0,05$ mm.
- Solape mínimo: 5 mm.
- Número de corrugaciones por pulgada: 9-15

El solape de la armadura estará sellado obteniendo características de estanqueidad.

La armadura de conectará a la misma tierra de la pantalla, evitando así posibles inducciones o tensiones en la misma.

La impedancia de transferencias de la armadura tiene que medirse entre las frecuencias de 0 y 1 kHz según norma HN 33-S-34.

4.9. *Cubierta exterior*

El material a emplear en la cubierta exterior de los cables será un compuesto poliolefínico ignífugo del tipo DMZ2, según anexo 7 de la norma UNE 211620-5E. los espesores serán los indicados en el punto 14.3 de la norma IEC 60502-2

Color: **ROJO**

Los cables de Distribución de Energía, serán de color **ROJO** con dos franjas diametralmente opuestas de color **VERDE**. La anchura de las franjas será 5 ± 2 mm.

Los cables de Interconexión entre Subestaciones Eléctricas, serán completamente rojos sin franjas de ningún tipo.



4.10. *Designación*

La designación de los cables de Media Tensión será:

- **Con protección mecánica y anti-roedores (Armadura)**

RHZ1FA3Z1-20L (AS) para cables unipolares (1x)

RHZ1F3Z1 (AS) para cables tripolares (3x)

- **Sin protección mecánica ni anti-roedores**



RHZ1-20L (AS) para cables unipolares (1x)

RHZ1 (AS) para cables tripolares (3x)

Donde:

R – Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE)

H – Pantalla de campo radial

Z1 – Asiento de armadura y cubierta de poliolefina libre de halógenos

FA3 – Armadura de fleje corrugado de aluminio

F3 – Armadura de fleje corrugado de acero galvanizado

20L – Obturación longitudinal de la pantalla y el conductor

4.11. Identificación de los conductores

Los conductores aislados para cables tripolares se identificarán mediante una cinta dispuesta longitudinalmente entre el semiconductor exterior y la pantalla con los colores siguientes: **marrón, verde y amarillo.**

4.12. Marcado de la cubierta exterior

Sobre la cubierta exterior se marcará con los siguientes datos:

- Nombre del fabricante
- Denominación comercial
- Tipo constructivo
- Tensión nominal
- Nº y sección de los conductores
- Las 2 últimas cifras del año de fabricación
- Orden de Fabricación
- Metraje metro a metro.



El marcado en la cubierta de los cables se realizará mediante grabado o por impresión de tinta.

5. ENSAYOS

Los ensayos de rutina, muestreo y de tipo sobre los cables descritos, se realizarán de acuerdo con lo especificado en la norma IEC 60502-1 y en las recogidas en el apartado 3 de esta especificación.

El fabricante deberá de disponer en sus instalaciones de medios propios para realizar todos los ensayos descritos en esta especificación y entregará a **Metro de Madrid**, las correspondientes actas de prueba de cada bobina que suministre.

Todos los cables serán sometidos a los siguientes ensayos:

5.1. *Ensayos individuales o de rutina*

Los ensayos individuales para cables de tensión nominal desde 1 kV hasta 30 kV son:

- Medida de la resistencia eléctrica del conductor
- Ensayo de tensión

5.2. *Ensayos especiales*

Los ensayos especiales serán los siguientes:

- Verificaciones dimensionales. Se comprueban las medidas de los distintos constituyentes del cable.
- Examen del conductor.
- Ensayo de alargamiento en caliente del aislamiento

5.3. *Ensayos tipo*

Los ensayos tipo no eléctricos tratan principalmente de poner a prueba las características mecánicas, físicas y químicas de todos los elementos del cable. Se



seguirá lo expuesto en la norma IEC 60502-1, teniendo especial relevancia los ensayos de comportamiento ante el fuego:

- No propagador del incendio:

UNE-EN 50266-2-4

- No propagador de la llama:

UNE-EN 60332-1-2

- Baja emisión de humos:

UNE-EN 61034-2

- Medida de acidez de los humos:

UNE-EN 50267-2-2

- Nula emisión de halógenos:

UNE-EN 50267-2-1

5.4. Inspección en fábrica

Durante el proceso de fabricación, el personal de **Metro de Madrid** o sus representantes, tendrán acceso a la factoría del fabricante, para realizar los ensayos de rutina sobre cable acabado, en orden a garantizar un correcto suministro.

6. EMBALAJE Y ETIQUETADO

Los cables se suministrarán enrollados en bobinas. Las bobinas dispondrán un etiquetado indeleble, en el que figuren los siguientes datos:

- Nombre del fabricante



- Código del artículo
- Descripción
- Tipo del cable
- Longitud del cable
- Composición
- Tensión
- Metro inicial y metro final
- N° de orden de fabricación
- N° de bobina
- Año (2 dígitos)

7. APLICACIONES GENERALES

Estos cables son los utilizados en Metro de Madrid para la distribución de energía en alta tensión. Las secciones más habituales empleadas son: 3x50 mm² Al. o 3x70 mm² Al. alimentación entre C/T de estaciones y 3x120 mm² Al. alimentación desde S/E a C/T.