

Soterramiento de la 1ª línea aérea de 400 kV en España



Instalación de cables XLPE de 2.500 mm² en galería ventilada para el proyecto aeropuerto de Madrid “Barajas”

Las Autoridades Aeroportuarias Españolas han lanzado un proyecto gigante para realizar la ampliación del aeropuerto de Barajas (Madrid). En el proyecto se ha previsto, entre otros, la construcción de dos nuevas pistas de aterrizaje y un nuevo edificio terminal. Cada una de las nuevas pistas de aterrizaje tienen una longitud de 3,5 km que requiere una superficie de actuación de obra civil de más de 400 Ha. Este gran frente de obra afecta a una serie de infraestructuras existentes, entre las que destaca una línea aérea doble de 400 kV con una potencia de transporte de 1.720 MVA por línea, que se hace necesario soterrar porque dificultaría las operaciones de aterrizaje y despegue de los aviones.

Para realizar el proyecto de soterramiento se barajaron distintas opciones, optando al final por el sistema de cable eléctrico subterráneo.

La longitud total del trazado a soterrar es de 12.800 metros. Tomando en consideración la gran potencia a transportar y el recorrido por los terrenos del aeropuerto ha sido posible basar el proyecto instalando las dos ternas de los cables de potencia en una galería enterrada común, equipada con ventilación forzada de aire.

Red Eléctrica de España, propietaria de las líneas aéreas de transporte a 400 kV afectadas, adjudicó el soterramiento de una de las ternas a Pirelli Cables y Sistemas.

Proyecto adoptado

En base a los parámetros eléctricos y térmicos a respetar se ha basado el proyecto en los términos siguientes:



Construcción de la galería.

Las dos ternas de cables irán instaladas en una galería común rectangular construida como mínimo a 2 metros de profundidad, con unas dimensiones de 2 m de ancho y 2.25 m de altura. Los cables de cada terna irán posicionados en un plano vertical a cada lateral de la galería con una separación entre ejes de cables de 0.5 m.

Se ha realizado el proyecto del cable considerando optimizar las pérdidas. Como resultado de los cálculos realizados se adopta un cable con una sección de conductor de cobre de 2500 mm² y una sección de pantalla de aluminio de 529 mm².

Cuando se ha realizado el proyecto faltaba definir con exactitud la longitud total del trazado, debido a que no se tenía la certeza de la ubicación de los puntos de transición en ambos extremos.

Por este motivo se decide dividir el trazado en tramos cross bonding, excepto en ambos extremos que se considera realizar un tramo en single point. Se define por tanto realizar cinco tramos completos de cross bonding con piezas de 810 metros de longitud y añadir un single point en cada extremo de una longitud inferior a 400 m para que las tensiones inducidas en las pantallas en caso de cortocircuito, en el lado en que está aislada de tierra, no resulte de un valor demasiado elevado.

Debido a la importante potencia a transportar, con independencia del proyecto del cable, que lo hace único hasta el momento, se precisa un estudio concienzudo del aspecto térmico del entorno de los cables. Para ello la ventilación de la galería y control de la misma se convierte en prioritario. Para dicho menester se aplica el sistema RTTR (Real Time Thermal Rating) desarrollado por Pirelli.

Datos básicos de partida para realizar el proyecto de soterramiento

Tensión nominal	400 kV
Tensión máxima	420 kV
Tensión mínima	380 kV
Potencia invierno	2x1720 MVA
verano	2x1390 MVA
Intensidad cortocircuito	50 kA/0.5 seg
Nivel de aislamiento:	
Maniobra fase-tierra	1050 kV
Impulso 1.2/50 ms	1425 kV
Instalación	En galería

Altitud: Hasta 1000 m sobre el nivel del mar

Temperatura ambiente:

	En verano	En invierno
Máxima aire exterior	+42 °C	+25 °C
Mínima aire exterior		-10 °C
Media de las máximas	+35 °C	+22 °C
Media de las mínimas		-3,5 °C
Máxima en la galería	+50 °C	

Velocidad máxima del aire en la galería: 5 m/s

Detalles de la instalación

La instalación se ha calculado para fijar los cables cada 6 m formando festones. En la zona intermedia de cada festón los tres cables de cada una de las ternas van unidos por abrazaderas distanciadoras para contrarrestar las fuerzas electrodinámicas generadas por las corrientes de cortocircuito, evitando deformaciones incontroladas de los cables.

La flecha a la máxima temperatura de servicio de los cables se fija en 0.2 m.

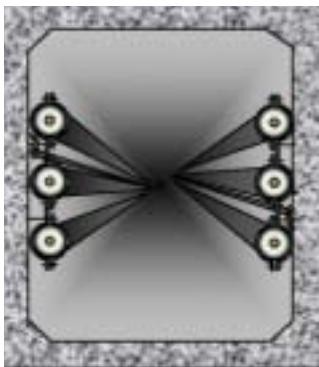
Soportación de los cables en la galería

Todas las guías acopladas a las paredes de la galería, como las ménsulas y abrazaderas han sido construidas para que puedan resistir los esfuerzos electrodinámicos ocasionados por un cortocircuito a la máxima potencia.

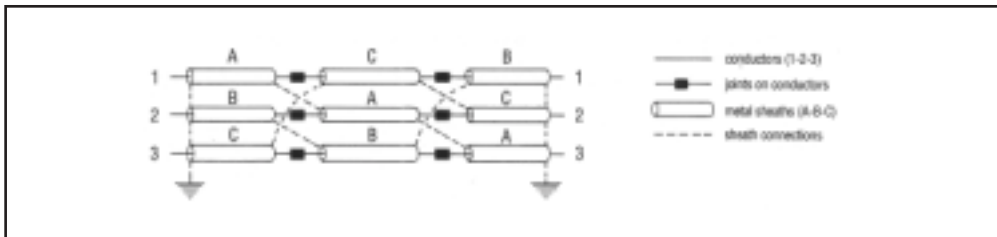
Ventilación galería

Para realizar el proyecto térmico de la instalación se han recogido los datos siguientes: la velocidad del aire en la galería (5 m/s), la temperatura del aire a la entrada en invierno (22 °C), en verano (35 °C) y la temperatura máxima del aire a la salida (50 °C).

El parámetro limitador para el proyecto ha resultado ser la máxima temperatura alcanzada por los



Posición cables.



Esquema Cross Bonding.

empalmes, por lo que los ventiladores han sido dimensionados en base a la máxima longitud de tramo realizable entre dos inyecciones sucesivas del aire exterior:

Los ventiladores son controlados por el sistema RTTR, que, sobre la base de la temperatura registrada en la galería, comanda automáticamente los ventiladores.

Cada tramo de 2480 m está constituido por dos ventiladores situados en los extremos que inyectan aire del exterior: A mitad del tramo está ubicado el camino de salida del aire caliente, común a los dos ventiladores adyacentes.

En la situación de invierno, que representa el caso peor de las condiciones, la temperatura máxima del aire a la entrada es de 22 °C. La máxima temperatura en la galería es de 50 °C, asumida en los cálculos como temperatura máxima a la salida.

Para asegurar el funcionamiento térmico del sistema, en cada cámara de ventilación se ha instalado un ventilador de reserva idéntico a los otros dos, dispuesto a entrar automáticamente en servicio a través del RTTR cuando falle alguno de los principales.

Detección temperatura

La medición de la temperatura de los cables de potencia y la temperatura en el interior de la galería se realiza por medio del sistema DTS (Distributed Temperature Sensor). El elemento sensor es un

cable de fibra óptica adosado a la superficie exterior del cable de potencia (uno en cada fase superior de las dos ternas de cables) y otro adosado a la parte superior de la galería.

Sistema RTTR

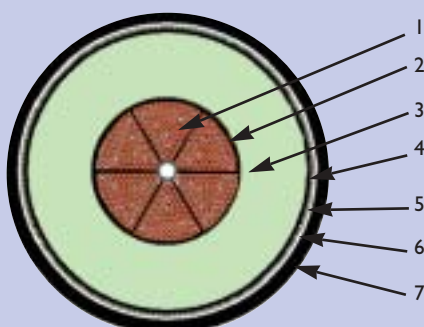
El sistema RTTR se basa en la medición continua de la temperatura de los cables y la del ambiente que le circunda para regular automáticamente la ventilación forzada del aire de la galería y mantener los cables de potencia por debajo de la máxima temperatura de servicio (90 °C en el conductor).

El funcionamiento de los ventiladores viene gestionado por dos sistemas independientes, por una red de termostatos y por el propio RTTR.

Los cables superiores de cada línea van equipados a lo largo de todo su trazado con un cable de fibra óptica que actúa como elemento sensor de temperatura. La medición de la temperatura del interior de la galería se realiza con un cable de fibra óptica igual a los anteriores situado en la parte más alta de la misma.

El sistema RTTR realiza la toma de valores de forma continua de las condiciones de los cables (carga, temperatura del conductor, condiciones térmicas externas) y valora en tiempo real el valor máximo de carga del circuito que sea compatible con la máxima seguridad térmica. Permite trabajar en sobrecarga sin superar la máxima temperatura admisible y realiza el control automático de los ventiladores de refrigeración forzada.

Características constructivas de los cables



	Diámetro (mm)
1. Conductor circular de cobre formado por 6 sectores (Milliken) Encintado semiconductor	65
2. Capa polímero semiconductor extrusionado	71,6
3. Capa aislamiento XLPE	122
4. Capa polímero semiconductor extrusionado	126
5. Encintado semiconductor higroscópico	128,3
6. Pantalla de aluminio soldado	130,9
7. Cubierta exterior de polietileno retardante a la llama	142,5
- Peso del cable: 37 kg/metro	