

## ANEJO Nº 8

# CARACTERÍSTICAS DE LA RED Y PROTECCIÓN CONTRA ACCIDENTES ELÉCTRICOS



## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. CRITERIOS DISEÑO ELÉCTRICO .....	2
2.1. TENSIÓN 400/230 V.....	3
2.2. TENSIÓN 13,2 KV .....	5
2.3. TENSIÓN 1.500 Vcc .....	6
3. RESUMEN Y RECOMENDACIÓN FINAL.....	7

## 1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este Anejo es analizar técnicamente los criterios de diseño que se han seguido en la ejecución de las instalaciones eléctricas en el tramo objeto de este Proyecto, en lo que se refiere a la seguridad personal contra riesgos de electrocución.

## 2. CRITERIOS DISEÑO ELÉCTRICO

El suministro habitual de energía eléctrica a las instalaciones definidas en este proyecto se efectúa en un nivel de tensión: 13,2 kV, que se reduce a 400 Vca al pasar por dos transformadores que trabajan en paralelo. Esta alimentación en baja tensión se encarga de suministrar energía a toda la estación o salida de emergencia. Se le denomina acometida o embarrado normal.

Además, en las estaciones se considera una acometida de complementaria en baja tensión, que en varias ocasiones es la propia acometida en baja tensión solicitada durante la fase de ejecución de las obras. Esta acometida se encarga de alimentar varias cargas de la estación que se consideran importantes de cara a la explotación del servicio y la seguridad de los viajeros. Se le denomina acometida o embarrado de emergencia.

Las unidades de tren precisan para su funcionamiento de una tensión de 1.500 Vcc, proporciona por medio de la catenaria, que recorre todo el trazado del ferrocarril para este fin. Esta electrificación no es objeto de este proyecto, pero sí se ha considerado a razón de distancias eléctricas y gálibos a respetar, como por ejemplo la ubicación de diverso equipamiento eléctrico a lo largo del túnel.

Por tanto, en las instalaciones de este proyecto, coexisten tres tensiones de alimentación para energizar los diferentes equipos instalados en su interior, siendo necesario proteger a los viajeros y al personal de explotación y mantenimiento contra los contactos eléctricos de cualquiera de las tensiones existentes y sus posibles fallos.

A nivel de baja tensión, se considera por tanto que la alimentación puede realizarse tanto desde la propia red de ETS de 13,2 kV, régimen TN-S, como la de compañía suministradora, régimen TT, con neutro de transformador de potencia rígido a tierra.

Esto supone que es necesario instalar protecciones diferenciales en aquellas cargas susceptibles de alimentarse desde la compañía suministradora (embarrado de emergencia).

Las cargas que cargan del embarrado normal, aunque en principio, por tratarse de régimen TN-S, no necesitarían protección de fuga diferencial, se sigue las recomendaciones de la norma IEC 60364-4-41:2005/A1:2017 que para los siguientes casos recomienda firmemente la utilización de diferenciales de sensibilidad 30 mA máximo:

- Circuitos con toma de corriente para corrientes nominales menores o iguales a 32 A en cualquier ubicación
- Circuitos con toma de corriente en ubicaciones húmedas para todas las especificaciones de corriente
- Circuitos con toma de corriente en instalaciones provisionales

- Circuitos de suministro a lavanderías y piscinas.
- Circuitos de alimentación a lugares de trabajo, caravanas, barcos de entretenimiento y ferias.
- Altamente recomendada para circuitos de tomas de corriente mayores o iguales a 20 A (obligatoria si van a alimentar equipos portátiles para uso en exterior).
- Se recomienda limitar a 10 tomas de corriente por cada circuito.

## 2.1. TENSION 400/230 V

Estas tensiones, procedentes de la transformación de la tensión de 13,2 kV efectuada en los Cuartos de Transformación, son las encargadas de alimentar a los circuitos trifásicos o monofásicos de los diferentes equipos eléctricos, electromecánicos y de comunicaciones.

Debido a la cantidad de equipos que utilizan esta tensión, su ubicación próxima a las personas y la frecuencia con la que las éstas están en contacto con estos aparatos, son las tensiones que pueden dar lugar a más incidentes.

Las personas que se encuentren en el túnel deben tener garantizada su seguridad frente a contactos directos e indirectos.

### Protección contra contactos directos

Evitar los contactos directos, es decir, con partes activas de los materiales y equipos, solo será posible actuando sobre el material eléctrico contenido dentro de los armarios, cajas o continentes al uso. Este riesgo se localiza preferentemente en los Cuadros de distribución de energía. El personal de mantenimiento que accede a estos equipos está suficientemente preparado y dispone de todos los equipos de seguridad necesarios para poder reparar, modificar o mantener estas instalaciones, sin ningún riesgo para su seguridad.

Los cuadros eléctricos de distribución del presente Proyecto, con el fin de minimizar los riesgos por contacto directo, se construirán tal como se indica en los Pliegos de Prescripciones Técnicas de acuerdo con la norma armonizada UNE-EN 61439-1.

El cumplimiento de dicha norma da presunción de conformidad con las condiciones de seguridad establecidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, Directiva de Baja Tensión 73/23/CEE - 93/68/CEE y por tanto permitirá el marcado CE en los diferentes cuadros distribución.

### Protección contra contactos indirectos

Los contactos indirectos, producidos al tocar una persona una masa accidentalmente bajo tensión, precisan unas medidas específicas de seguridad.

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, obliga a colocar un sistema de protección contra los contactos indirectos en las instalaciones provistas de una tensión superior a 250 V con relación a tierra. El mismo Reglamento permite la elección del sistema de protección y para ello describe dos clases de protecciones: la clase A y la clase B.

La clase A consiste en suprimir el riesgo, haciendo que los contactos no sean peligrosos en ningún caso. Para ello describe los siguientes sistemas:

- Separación de circuitos
- Empleo de pequeñas tensiones
- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección
- Inaccesibilidad simultánea de elementos conductores y masas
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección
- Conexiones equipotenciales

La clase B consiste en la puesta a tierra o a neutro de las masas, asociándola a un dispositivo de corte automático, que origine la desconexión de la instalación defectuosa. Cuando el valor de la impedancia de cierre no permita actuar los dispositivos de corte, se debe instalar un interruptor diferencial, que asegure el disparo ante una intensidad de defecto.

En los proyectos de este tipo se ha elegido la clase de protección B con asociación de interruptores diferenciales y asegurando dos extremos:

1º El conductor de protección se ha llevado a todas las masas de la instalación, de acuerdo con el R.E.B.T.

2º La tierra es única para todas las masas de la instalación. El R.E.B.T. considera masas los elementos metálicos no activos de un equipo eléctrico, como son sus envolventes o soportes o por extensión cualquier elemento metálico que presente un riesgo apreciable de estar bajo tensión.

De acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión ITC-BT-01, una barandilla de escalera fija no es una masa, ya que el riesgo de que se encuentre unido a una parte activa es prácticamente nulo.

Es de destacar también que, establecido este sistema de protección, no es necesario intentar conseguir superficies equipotenciales, sino las que se desprendan del propio sistema sobre las masas existentes y su unión a una única red de tierras.

La sensibilidad de los interruptores diferenciales elegidos en las líneas soterradas es generalmente de 300 mA, lo que nos asegura una protección completa, en suelo húmedo, en masas con resistencia óhmica a tierra de 80 ohmios o menor. Para

tomas de corriente a utilizar por personal de limpieza o Contratistas ajenos al personal de Mantenimiento del explotador, así como para protección de circuitos de alumbrado, cuyas luminarias, señalética estén al alcance de la mano del usuario de la línea, la sensibilidad de los interruptores diferenciales de protección será de 30 mA.

## 2.2. TENSIÓN 13,2 KV

Esta tensión no se distribuye por la galería y está confinada en el centro de transformación de ésta. Por tanto, solo el personal especializado de mantenimiento con sus herramientas y útiles de protección tiene acceso a sus equipos, cuando se lo permitan los sistemas de enclavamiento de seguridad.

La protección contra CONTACTOS DIRECTOS por el personal de mantenimiento está asegurada, ya que la construcción de los Centros de transformación seguirá fielmente la siguiente normativa:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación e instrucciones Técnicas Complementarias.
- Norma UNE-EN 62271-200 en lo que a celdas se refiere.
- Normas que rigen los componentes de las celdas, es decir: UNE-EN 62271-1:2019 para los interruptores-seccionadores, UNE-EN IEC 62271-102:2021 para los seccionadores de puesta a tierra y CEI 56 para los disyuntores de protección del primario de los transformadores.
- Norma UNE-EN 60076-11 en lo que a los transformadores se refiere.
- Norma UNE-EN 62271-1:2019, estipulaciones comunes para las normas de aparataje de alta tensión.
- Reglas de corte en función del estado actual de la tecnología.

Solo en caso de falta homopolar a tierra pueden ocasionarse tensiones transferidas a la red de tierras de protección de la estación, que pueden ser peligrosas, si superan los valores marcados por el Reglamento de Centros de Transformación en su MIE-RAT 13.

Las mediciones efectuadas en instalaciones ya en servicio comprobaron, que con un tiempo de disparo de la red 13,2 kV de 300 ms ante una falta homopolar, las tensiones medidas no superaban en ningún punto la tensión máxima permitida de 240 V.

Las condiciones que se presentarán en esta obra serán muy similares a las del resto de las Líneas Bilbao – Donostia y Donostia – Hendaia de ETS, ya que las instalaciones a efectuar y las características del terreno son también similares.



### 2.3. TENSIÓN 1.500 Vcc

Las unidades de tren de ETS actualmente se alimentan mediante una tensión de corriente continua de 1.500 V, esta tensión proviene de las subestaciones de tracción ubicadas a lo largo de la línea y se distribuye mediante la catenaria, que discurre a una determinada altura sobre las vías del trazado, incluyendo el que cruza la caverna de la estación, donde se encuentran los andenes y vestíbulos.

La protección frente a la electrocución debe contemplar dos supuestos, el contacto directo y el indirecto. El contacto directo se protege manteniendo distancias y estableciendo separaciones aislantes de acuerdo con la norma UNE-EN 50122-1:2011/AC:2012 V2.

La protección contra contactos indirectos se efectuará uniéndose a la tierra de protección del túnel, la estructura metálica de suspensiones y atirantados, de acuerdo a la norma UNE-EN 50122-1:2011/AC:2012 V2 y se tendrán en cuenta las tensiones transferidas en el caso de un cortocircuito a tierra. La experiencia demostrada en la línea 1 y línea 2 del F.M.B., demostró que dichas tensiones no ofrecían peligro para las personas que permanecen en la estación o sus proximidades durante la falta. Dichas comprobaciones se efectuaron para el caso más desfavorable de estación más cercana a una Subcentral, de acuerdo con los datos de intensidad de cortocircuito y tiempos de disparo de relés de protección en la Subestación de Tracción. Los resultados eran más favorables que con el sistema de 13,2 kVca ya que los  $I_{cc}$  y tiempos de disparo son inferiores, debido a la utilización de disyuntores extrarrápidos.

### 3. RESUMEN Y RECOMENDACIÓN FINAL

De acuerdo con lo expuesto anteriormente se deduce lo siguiente:

Las instalaciones eléctricas del tramo Lugaritz - Easo, afectadas en este proyecto, se realizarán de acuerdo con las instrucciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, el MIE-RAT 13, el método de cálculo de UNESA para centros de transformación de 3ª categoría y las normas eléctricas de tracción UNE-EN 50122-1:2011/AC:2012 V2 y PNE-prEN 50122-2.

No existe peligro de electrocución frente a tensiones transferidas en las galerías, como así se comprobó en los trabajos anteriores de similares características en Intxaurreondo y Altza, cuyas condiciones son extrapolables a este proyecto.

Con el fin de asegurar la protección de personas contra contactos directos e indirectos, todos los Contratistas que suministran cualquier tipo de aparataje eléctrica deberán cumplir al menos la siguiente normativa:

- Cuadros eléctricos: UNE-EN 61439-1
- Receptores: clase 1 según IEC 60364-4-41:2005/A1:2017

El Contratista del presente Proyecto, como así se indica en los Pliegos de Prescripciones Técnicas, realizará, antes de la entrega de la Instalación, la medición de la resistencia de puesta a tierra y tensiones de paso y contacto de todos los equipos, cuadros eléctricos, mobiliario, etc. de todas las estaciones y salidas de emergencia, si las hubiere.

Comprobará y reparará aquellos puntos que pudieran ofrecer algún peligro al personal usuario.