

## CUALIFICACIÓN PROFESIONAL:

### Montaje y mantenimiento de instalaciones eléctricas de alta tensión

<i>Familia Profesional:</i>	<b><i>Electricidad y Electrónica</i></b>
<i>Nivel:</i>	<b><i>2</i></b>
<i>Código:</i>	<b><i>ELE766_2</i></b>
<i>Estado:</i>	<b><i>BOE</i></b>
<i>Publicación:</i>	<b><i>RD 45/2022</i></b>

### Competencia general

Efectuar operaciones de montaje, reparación, mantenimiento, revisión y desmontaje de instalaciones eléctricas de alta tensión -en centros de transformación, subestaciones, centrales eléctricas convencionales, renovables o generación para autoconsumo con conexión en alta tensión-, en el alcance de competencias de su categoría como persona instaladora, aplicando los procedimientos especificados en la documentación de referencia, cumpliendo la normativa relativa al Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, protección medioambiental, planificación de la actividad preventiva y los estándares de calidad.

### Unidades de competencia

- UC2559\_2:** Realizar operaciones de montaje de centros de transformación
- UC2560\_2:** Ejecutar operaciones de mantenimiento en centros de transformación
- UC2561\_2:** Realizar operaciones de montaje de subestaciones eléctricas
- UC1533\_2:** Ejecutar operaciones de mantenimiento en subestaciones eléctricas

### Entorno Profesional

#### Ámbito Profesional

Desarrolla su actividad profesional en el área de instalaciones eléctricas, en entidades de naturaleza pública o privada, empresas instaladoras de alta tensión habilitadas, dependiendo, en su caso, funcional o jerárquicamente de un superior. Puede tener personal a su cargo en ocasiones. Su actividad profesional está sometida a regulación por la Administración competente. En el desarrollo de la actividad profesional se aplican los principios de accesibilidad universal y diseño universal o diseño para todas las personas de acuerdo con la normativa aplicable.

#### Sectores Productivos

Se ubica en el sector eléctrico, en el subsector relativo a instalaciones eléctricas de alta tensión -en centros de transformación, subestaciones, centrales eléctricas convencionales, renovables o generación para autoconsumo con conexión en alta tensión-.

#### Ocupaciones y puestos de trabajo relevantes

*Los términos de la siguiente relación de ocupaciones y puestos de trabajo se utilizan con carácter genérico y omnicomprensivo de mujeres y hombres.*

- Instaladores de alta tensión, categoría AT2
- Instaladores de alta tensión, categoría AT1

## Formación Asociada (750 horas)

### Módulos Formativos

- MF2559\_2:** Montaje de centros de transformación (180 horas)
- MF2560\_2:** Operaciones de mantenimiento en centros de transformación (180 horas)
- MF2561\_2:** Montaje de subestaciones eléctricas (180 horas)
- MF1533\_2:** Operaciones de mantenimiento en subestaciones eléctricas (210 horas)

## UNIDAD DE COMPETENCIA 1

### Realizar operaciones de montaje de centros de transformación

Nivel: 2

Código: UC2559\_2

Estado: Tramitación BOE

#### Realizaciones profesionales y criterios de realización

**RP1:** Efectuar el montaje de centros de transformación tipo intemperie, sobre apoyo, pórtico o bajo poste, a partir de la documentación técnica del proyecto, para proporcionar suministro eléctrico con distribución aérea, a clientes aislados o por servicio a obras u otras necesidades provisionales.

**CR1.1** Los materiales y equipamientos del centro de transformación, tales como: seccionador, fusibles, interruptor de baja tensión, autoválvulas, transformador, elementos auxiliares, herrajes, mando mecánico u otros, así como las herramientas y equipos de protección colectiva o individual, en particular para trabajos en altura -casco con barboquejo, arneses, líneas de vida- se acopian, trasladándolos desde el almacén de origen con ayuda de medios técnicos según dimensiones y peso, en condiciones de seguridad, fijando la carga durante el transporte con ayuda de eslingas y sistemas de amarre para evitar vibraciones, golpes u otros daños.

**CR1.2** El replanteo de zanjas, arquetas y otros elementos para las redes de puesta a tierra se efectúa, marcando su posición con medios de señalización permanente, cumpliendo con las especificaciones del proyecto, teniendo en cuenta la naturaleza del terreno, bajo supervisión de la persona responsable.

**CR1.3** Los elementos de acceso a los apoyos -peldaños fijos, reposapiés, elementos y argollas de amarre, anilla de línea de vida-, soportes de los cortacircuitos fusibles y del transformador, así como crucetas para las cadenas de amarre, se montan sobre los apoyos -de maniobra y del centro de transformación-, siguiendo la disposición recogida en el proyecto.

**CR1.4** El transformador se iza al poste o pórtico con ayuda de medios de manipulación según su peso y dimensiones, como grúa o polipasto con ménsula móvil auxiliar, utilizando los orificios de alzado del propio transformador y eslingas de longitud tal que permitan un ángulo menor de 60 grados entre ellas, fijándolo en su soporte de manera que quede centrado y vertical.

**CR1.5** Los cortacircuitos fusibles y las cadenas de amarre se instalan sobre el poste de maniobra, en la disposición recogida en el proyecto, efectuando las conexiones con el conductor de línea aérea que le corresponde, respetando las distancias mínimas establecidas en la normativa aplicable vinculada a la seguridad de las instalaciones de alta tensión, según los valores de tensión de servicio.

**CR1.6** Las cadenas de amarre, autoválvulas, el interruptor de baja tensión -su mando y reenvío-, se montan sobre el poste del centro de transformación, en la disposición recogida en el proyecto, realizando las conexiones en su parte de alta tensión y de baja tensión con el conductor de línea aérea o aislado que le corresponde en cada caso, manteniendo las distancias mínimas establecidas en la normativa aplicable vinculada a la seguridad de las instalaciones de alta tensión, según los valores de tensión de servicio.

**CR1.7** El sistema de tierras -de herraje y neutro- se configura:

- Conectando los herrajes metálicos, la cuba del transformador, el bastidor del interruptor de baja tensión, el propio apoyo de celosía o el borne de tierra de los postes de hormigón armado, entre otros, a los electrodos de tierra de cada apoyo, para constituir la red de tierra de herrajes,
- Conectando el neutro de la línea de baja tensión a la tierra de neutro según especificaciones del proyecto, en su caso en el primer apoyo de la línea aérea de baja tensión que parte del centro de transformación.

**CR1.8** Las líneas aéreas de entrada y salida se tienden:

- Entre los apoyos de maniobra y del centro de transformación, en caso de alta tensión,
- Entre el apoyo del centro de transformación y el siguiente apoyo, en caso de baja tensión,
- Tensando los conductores de la línea aérea de alta tensión, y el fiador de la línea de baja tensión para obtener la flecha de la catenaria especificada en el proyecto.
- Conectando los conductores mediante terminales, manguitos de empalme, grapas de amarre y derivaciones, según la sección y naturaleza de los mismos, respetando las distancias mínimas de seguridad.

**CR1.9** Los dispositivos antiescalo se instalan sobre los apoyos, en su caso, si la ubicación del centro de transformación es en entorno público o zona frecuentada y se contempla en el proyecto, desmontando previamente los elementos de acceso provisional -pates- e incluyendo placas de aviso de peligro, a fin de evitar que personas alcancen las partes en tensión.

**CR1.10** Los partes de trabajo y los informes de montaje del centro de transformación tipo intemperie se cumplimentan, utilizando modelos establecidos por la empresa instaladora, incorporando la información establecida en los mismos de acuerdo con las actividades realizadas, las incidencias surgidas y las soluciones adoptadas.

**RP2:** Emplazar el transformador o transformadores, celdas de alta tensión -de medida, protección, otras- y otra aparata, para el montaje de centros de transformación -de interior, para generación renovable, o de otro tipo-, con ayuda de medios técnicos, efectuando las interconexiones interiores de celdas, atendiendo requisitos de manipulación de gases fluorados, en su caso, garantizando el suministro en condiciones de seguridad.

**CR2.1** Los equipos y materiales, tales como transformadores, celdas, herrajes, fusibles y otra aparata, se acopian en la zona de trabajo, atendiendo a las condiciones del terreno, organizándolos según el tipo de material, peso y dimensiones.

**CR2.2** Las celdas de alta tensión se introducen en el local destinado a centro de transformación, utilizando medios de manipulación como transpaleta, sistema de rodillos u otros, planificando la secuencia de manera que los primeros elementos alojados no obstaculicen la introducción o desplazamiento posterior de otros.

**CR2.3** Las celdas de alta tensión se ubican en el recinto de celdas y maniobra sobre la zanja para paso de cables, respetando las distancias mínimas de seguridad hasta las paredes y las indicaciones de anclaje del fabricante de acuerdo con las especificaciones del proyecto.

**CR2.4** Las celdas de alta tensión modulares, en su caso, se ensamblan entre ellas siguiendo un orden progresivo -normalmente de izquierda a derecha, retirando previamente las partes de la envolvente de cada una-, según secuencia de operaciones establecida por el fabricante de los equipos, utilizando la tornillería definida en la guía de montaje y construcción del centro de transformación de interior.

**CR2.5** Las pletinas de tierra para las celdas modulares se montan sobre el borne de tierra de cada celda, aplicando el par de apriete con llave dinamométrica, a fin de constituir el colector general de tierra del conjunto.

**CR2.6** El embarrado principal se monta asegurando que su superficie de contacto esté limpia y libre de óxido, disponiendo los elementos rigidizadores y los deflectores de campo eléctrico según las instrucciones del fabricante de las celdas, impregnando ligeramente con grasa de silicona los elementos aislantes enchufables.

**CR2.7** Las partes de la envolvente retiradas previamente de las celdas se ensamblan de acuerdo con las instrucciones del fabricante para garantizar el grado de protección de los equipos ante el polvo y objetos sólidos o líquidos.

**CR2.8** El transformador -o transformadores- se introduce/n en su alojamiento con ayuda de medios de manipulación según su peso y dimensiones, como puede ser camión grúa si se dispone de acceso a través del techo o embocándolo sobre raíles e introduciéndolo con cabestrante o empujando las ruedas con palancas:

- Evitando esfuerzos mecánicos sobre las aletas de refrigeración o sobre los arrollamientos en caso de transformadores de aislamiento seco,
- Orientándolo según las especificaciones del proyecto o, en su defecto, con el lado de alta tensión más alejado del recinto de celdas,
- Anclándolo en su posición definitiva para evitar desplazamientos por vibraciones o por esfuerzos consecuencia de un cortocircuito.

**RP3:** Montar los elementos de baja tensión del centro de transformación de interior en el local, efectuando las interconexiones interiores, para proporcionar el suministro en los valores de tensión y potencia requeridos en el proyecto de la instalación, siguiendo las instrucciones definidas en la guía de montaje y construcción.

**CR3.1** Los equipos y materiales, tales como cuadro de baja tensión, cuadro de contadores, elementos de alumbrado u otra aparamenta, se acopian en la zona de trabajo, atendiendo a las condiciones del terreno, organizándolos según la función de cada material, dimensiones y características.

**CR3.2** Los elementos de baja tensión se introducen en el local destinado a centro de transformación, utilizando medios de manipulación como transpaleta y otros, planificando la secuencia de manera que los primeros dispositivos alojados no obstaculicen la introducción o desplazamiento posterior de otros.

**CR3.3** Los cuadros de baja tensión y de contadores se ubican en el recinto de celdas, según diseño establecido en el proyecto:

- Anclándolos al suelo en caso de fijación vertical,
- Sobre bastidor anclado al suelo en caso de fijación mural,
- Sobre herrajes previstos para tal fin en caso de edificio prefabricado,
- Sobre una pared de mampostería en caso de edificios no prefabricados,

Verificando que se respeten las dimensiones mínimas de los pasillos de maniobra según normativa aplicable vinculada a la seguridad de las instalaciones de alta tensión, previendo el espacio para los cables del transformador y de los cuadros.

**CR3.4** El cuadro de contadores y la celda de medida se interconectan siguiendo las especificaciones de la compañía eléctrica suministradora, utilizando conductores - habitualmente bajo tubo metálico rígido para evitar intentos de fraude- de características y secciones fijados de forma diferenciada para los circuitos de corriente y de tensión.

**CR3.5** Los elementos de alumbrado de interior y de emergencia, tomas de corriente, mecanismos u otros, se instalan con cableado tendido sobre canaleta o bajo tubo, de sección acorde a la potencia de consumo, aplicando la normativa del reglamento electrotécnico de baja

tensión, y en caso de edificio prefabricado, evitando taladrar las paredes y utilizando necesariamente los anclajes previstos para dichos elementos.

**CR3.6** El contacto de disparo del termómetro o de la central de sondas térmicas de cada transformador se conecta, en su caso, a las bornas previstas en su celda de protección de acuerdo con el esquema eléctrico de la instalación, a fin de generar una alarma en caso de excesivo calentamiento.

**RP4:** Instalar el sistema de tierras -de herrajes y de neutro- del centro de transformación -de interior, para generación renovable, o de otro tipo-, conectando las partes metálicas de cada dispositivo y neutros de los transformadores, fijando un potencial de referencia para las líneas de baja tensión, a fin de garantizar la protección frente a derivaciones.

**CR4.1** El electrodo de tierra -de herrajes- se construye disponiendo un conductor desnudo de cobre o de aluminio, de naturaleza y sección según las especificaciones del proyecto conectándole, en su caso, a picas o placas:

- Colocado en forma de anillo o en disposición lineal, según sea el caso,
- Recorriendo el perímetro del recinto de celdas embutido en el suelo o bajo el suelo técnico, o situado en paralelo a una de sus paredes, según el tipo particular de centro de transformación.
- Derivando latiguillos mediante grapas o extensiones engastadas para poder conectarlo a los elementos de la instalación,
- Conectando los dos extremos del anillo, en su caso, al mismo terminal de la caja de seccionamiento de la tierra de herrajes,
- Fijándolo de manera que no pueda desplazarse en caso de corrientes de cortocircuito.

**CR4.2** Los latiguillos de tierra se conectan a los elementos del centro de transformación por medio de terminales de pala plana engastados, ajustados a la medida del tornillo de conexión del borne de tierra del equipo -celdas, transformador, cuadro de baja tensión, otros- y, dependiendo de la naturaleza de las líneas de tierra y de los bornes de los equipos -cobre o aluminio-, utilizando terminales o arandelas de contacto bimetálicas que eviten la aparición de pares galvánicos.

**CR4.3** Las celdas de alta tensión y la cuba de cada transformador -o el circuito magnético en caso de transformadores de aislamiento seco- se unen al anillo de tierra de herrajes, en el primer caso por ambos extremos de su colector general de tierra, y en el segundo caso por su terminal de conexión específico.

**CR4.4** Los elementos metálicos del centro de transformación accesibles desde el recinto de celdas -vallas, bastidores, rejillas, cuadros, canalizaciones u otros-, no incluidos en las excepciones que establece la normativa de aplicación, y susceptibles de ponerse en tensión por una avería, se conectan a la tierra de herrajes por medio de latiguillos, utilizando arandelas o tuercas de contacto que atraviesen la capa de pintura si no disponen de zonas descubiertas.

**CR4.5** Las armaduras de la envolvente y de los techos cuando son desmontables, en caso de edificio prefabricado de hormigón armado, se ponen a tierra:

- A través de las armaduras de las paredes, o
- Directamente al anillo de tierra en los dos extremos del centro, por medio de flejes, latiguillos o insertos roscados soldados a las mismas.

**CR4.6** El neutro de las líneas de baja tensión que salen fuera de la instalación general se conecta:

- A una tierra separada -tierra de neutro-, llevando un conductor aislado desde el neutro de los cuadros de baja tensión hasta el terminal de la caja de seccionamiento de la tierra de neutro, o
- A la tierra general de herrajes, en caso de que el proyecto lo contemple.

**RP5:** Efectuar las interconexiones entre celdas de alta tensión y transformadores, así como el puente entre cada transformador y su cuadro de baja tensión en el centro de transformación de interior, para dar continuidad al paso de energía, mediante el cableado homologado acorde a los requisitos de potencia, corriente y aislamiento, entre otros, a partir de los esquemas eléctricos definidos en el proyecto.

**CR5.1** Los puentes de interconexión de alta tensión entre cada transformador y su celda de protección se realizan:

- Con el tipo de cable y las terminaciones -abiertas o enchufables- especificadas en el proyecto,
- Determinando la longitud de cada fase para que el cable, una vez terminado, se pueda conectar tanto en el lado de la celda como en el del transformador sin esfuerzos mecánicos sobre los bornes de conexión, respetando el radio mínimo de curvatura en el tendido y de forma que su longitud sobrante no sea excesiva,
- Manteniendo la limpieza durante la confección de las partes aislantes y de control de campo de las terminaciones,
- Fijando los cables en los amarres previstos en las celdas de protección y en uno o varios yugos de amarre junto a los bornes del transformador, de manera que en caso de cortocircuito no se transmitan esfuerzos dinámicos que puedan dañar las bornas de conexión,
- Conectando la trenza de tierra de las terminaciones a la conexión prevista para este fin en la propia celda, pasándola por el interior de los toroidales de protección, en caso de que existan.

**CR5.2** Las celdas o grupos de ellas se interconectan mediante puentes de cable seco, utilizando los proporcionados por el fabricante, o confeccionándolos con los mismos requisitos de tipo de cable y terminaciones:

- Determinando la longitud de cada fase para que el cable, una vez terminado, se pueda conectar en ambos extremos sin realizar esfuerzos mecánicos sobre los bornes de conexión, respetando el radio mínimo de curvatura en el tendido y de forma que su longitud sobrante no sea excesiva,
- Fijando el cable en los amarres dispuestos en cada celda de manera que en caso de cortocircuito no se transmitan esfuerzos dinámicos que puedan dañar los bornes de conexión,
- Conectando la trenza de tierra de las terminaciones a la conexión prevista para este fin en la propia celda, pasándola por el interior de los toroidales de protección, en caso de que existan.

**CR5.3** Los puentes de interconexión entre el transformador y el cuadro de baja tensión se efectúan:

- Con el tipo y número de cables en paralelo por fase y para el neutro indicados en el proyecto,
- Utilizando terminales bimetálicos o arandelas de contacto bimetálicas si la naturaleza del cable o los terminales lo requieren para evitar que aparezcan pares galvánicos,
- Atendiendo a la posición de cada fase en el transformador y en el cuadro de baja tensión,
- Engastando los terminales con una herramienta de compresión, conectando los puentes fase a fase e identificándolos con colores u otros medios, de manera que los cables de la misma fase queden sensiblemente paralelos entre sí,
- Montando los protectores mecánicos o las envolventes del armario, para evitar contactos con partes activas y recuperar el grado de protección IP.

**RP6:** Conectar el centro de transformación -de interior, para generación renovable o de otro tipo- con las instalaciones externas: entradas de alta tensión, salidas de baja tensión, redes de tierra exteriores y sistema de telecontrol, así como con inversores de baja tensión para generación eólica o renovable, en su caso, a fin de integrarlo en la red eléctrica, mediante los cables de características

homologadas según los valores de tensión, intensidad y potencia de la instalación.

**CR6.1** Los cables de alta tensión se conectan:

- Perforando las prerroturas por las que entran al centro de transformación,
- Introduciendo los tres cables de cada línea por el mismo orificio hasta las bornas de la celda a la que irán conectados,
- Embocando el comienzo del tubo en el interior del edificio -en caso de que la línea venga bajo tubo-, facilitando el sellado con la envolvente de hormigón,
- Confeccionando las terminaciones según las instrucciones del fabricante y cuidando la limpieza durante las operaciones,
- Determinando la longitud de cada cable y fijándolo en los amarres previstos en cada celda, de manera que en caso de cortocircuito no se transmitan esfuerzos dinámicos que puedan dañar a las bornas de conexión,
- Conectando la trenza de tierra de las terminaciones en cada celda a la conexión prevista para este fin en la propia celda, pasándola por el interior de los toroidales de protección, en caso de que existan.

**CR6.2** Los cables de baja tensión se conectan perforando las prerroturas por las que salen del centro de transformación, sacando las tres fases y el neutro de cada circuito completo por el mismo orificio -de manera que se minimice el campo magnético generado-, o bien repartiéndolos entre dos o más orificios manteniendo el mismo número de conductores de fase por cada uno de ellos.

**CR6.3** La instalación interior de tierra de herrajes del centro de transformación se une a un borne de la caja de seccionamiento de la red de tierras exteriores, mediante cable desnudo, perforando una prerrotura o aprovechando una de las utilizadas para las líneas de alta tensión.

**CR6.4** El neutro de las líneas de baja tensión se une al borne de la caja de seccionamiento de tierra de neutros, utilizando cable aislado, perforando una prerrotura o aprovechando una de las utilizadas para las líneas de baja tensión.

**CR6.5** Las entradas de cables al interior del centro de transformación se sellan para evitar la entrada de agua y humedad en el mismo, utilizando empaquetaduras o conjuntos de estanqueidad para el ingreso de los cables si así lo recomienda el fabricante, o mediante masillas o espumas imputrescibles, sellando también la parte interior de los tubos si se han embocado en el interior de la envolvente.

**CR6.6** El sistema de telecontrol y automatización de red, en su caso, se instala ubicando la antena, sensores -para fuego, agua, detección de presencia u otros- y armario con los equipos electrónicos de comunicaciones, conectando los dispositivos a través de cables y conectores homologados -coaxial, Ethernet, entre otros- y al cuadro de baja tensión, siguiendo los esquemas de conexión y el manual técnico de operación de la compañía eléctrica propietaria.

**CR6.7** Los partes de trabajo y los informes de montaje del centro de transformación se cumplimentan, utilizando los modelos establecidos por la empresa instaladora, incorporando las operaciones efectuadas, las incidencias surgidas y las modificaciones adoptadas.

**RP7:** Efectuar las verificaciones previas a la puesta en servicio del centro de transformación -de intemperie, de interior, para generación renovable o de otro tipo-, bajo supervisión de la persona responsable, para garantizar el suministro de energía con parámetros de calidad, siguiendo los procedimientos establecidos en la normativa de aplicación sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión.

**CR7.1** Los equipos de medida y ensayo para las verificaciones, como telurómetro, medidor de aislamiento, pértiga detectora de tensión, pértiga de puesta a tierra, multímetro, miliohmímetro, medidor de tensiones de paso y contacto, cámara de termografía, equipo verificador de continuidad de circuitos y otros, así como los equipos y medios de protección individual, se seleccionan en función del nivel de tensión, asegurando su funcionamiento y vigencia del estado de calibración.

**CR7.2** La naturaleza y características de los equipos y aparata instalados en el centro de transformación, tales como la relación de transformación y grupo de conexión, sección de los cables, potencias asignadas, niveles de aislamiento y otras, se verifican, comprobando que cumplen con los requisitos y cálculos establecidos en el proyecto de la instalación, disponen de la correspondiente declaración de conformidad y cumplimentando el informe de verificación.

**CR7.3** La señalización de los recintos -distintiva de riesgo eléctrico, instrucciones de primeros auxilios y otras-, máquinas y aparatos principales, el esquema eléctrico unifilar de la instalación y los manuales con instrucciones de operación y mantenimiento de los equipos y materiales se comprueban, reflejando en el informe de verificación la relación de documentos y su ubicación.

**CR7.4** Las distancias de seguridad se miden:

- Entre las partes activas de las conexiones al transformador y los elementos cercanos puestos a tierra cuando se utilicen bornas no enchufables,
  - Entre las partes en tensión, y entre éstas y tierra, de los elementos que no han sido sometidos a ensayos de aislamiento,
  - En los pasillos de acceso y zonas de protección, tanto en planta como en altura,
- Comprobando que se cumplen los valores mínimos exigidos para cada una de las situaciones en los reglamentos reguladores de instalaciones de alta y baja tensión, y sus instrucciones técnicas complementarias.

**CR7.5** La instalación de puesta a tierra se revisa mediante inspección visual, medida de continuidad del circuito de tierra y de su resistencia, medidas de tensiones de paso y contacto, comprobando la coincidencia entre las condiciones reales de la instalación y las del proyecto, asegurando los rangos que permitan obtener el informe técnico con resultado favorable.

**CR7.6** El estado del aislamiento principal y de la cubierta exterior de los cables de alta tensión y puentes de cable ejecutados en obra se ensaya:

- Mediante tensión soportada a corriente alterna o por la medida de descargas parciales a la tensión de red con o sin carga, para la comprobación del aislamiento,
- Mediante corriente continua con un megóhmetro para la comprobación de la cubierta.

**CR7.7** Los elementos de maniobra de la instalación, los relés de protección con los ajustes asociados a las condiciones de explotación, los sistemas auxiliares -control, comunicaciones, ventilación, otros- y los enclavamientos -mecánicos o eléctricos- montados en obra se verifican mediante ensayos funcionales, para comprobar su operatividad conforme a las prestaciones esperadas, a fin de garantizar las condiciones de seguridad de los trabajadores.

**CR7.8** El informe técnico de las verificaciones efectuadas se cumplimenta utilizando el modelo establecido por la empresa instaladora del centro de transformación, incorporando el resultado de las revisiones, los posibles defectos, incidencias y modificaciones efectuadas, para su custodia y posterior consulta.

## Contexto profesional

### Medios de producción

Herramientas manuales para trabajos mecánicos y trabajos eléctricos. Llaves dinamométricas. Instrumentos de medida: telurómetro, pinza voltiamperimétrica, megóhmetro, micróhmetro, miliohmímetro, comprobadores de ausencia de tensión, equipos de radar, inyectores de intensidad, ensayador de tensiones de paso y contacto. Estrellas y pértiga de puesta a tierra y en cortocircuito y

pértigas detectoras de tensión. Cámara termográfica. Equipo verificador de la continuidad de conductores. Conexiones a tierra portátiles. Grupo electrógeno de potencia mínima de 5kVA. Equipamiento para la realización de ensayos dieléctricos. Medidor de aislamiento por descargas parciales. Equipos relacionados con la manipulación de gases fluorados: detección, medida de presión, toma de muestras, extracción o recuperación. Herramientas informáticas para la elaboración de documentación. Herramientas, equipos y medios de protección colectiva e individual, tales como casco dieléctrico, guantes de protección de acuerdo al trabajo a realizar, botas dieléctricas, gafas de seguridad, arneses y líneas para trabajos en altura y otros. Cabestrantes, poleas de tendido, poleas reguladoras. Equipamientos propios de un centro de transformación.

### Productos y resultados

Operaciones de montaje de centros de transformación de intemperie, efectuadas. Emplazamiento y montaje de elementos de alta tensión y de baja tensión en centros de transformación, efectuados. Instalación del sistema de tierra, efectuado. Interconexiones entre los elementos del centro de transformación y con las instalaciones externas, efectuadas. Operaciones de verificación previas a la puesta en servicio, efectuadas.

### Información utilizada o generada

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Reglamento electrotécnico de Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Normativa sobre comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos. Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Normas: Normalización Electrotécnica Nacional e Internacional: UNE, IEC, CENELEC. Normas de las Comunidades Autónomas. Normas particulares de las compañías eléctricas. Procedimientos de descargo. Proyecto del centro de transformación. Esquemas unifilares y otros tipos de esquemas eléctricos. Esquemas de montaje. Manuales técnicos del fabricante de aparata, transformadores y otros equipamientos del centro de transformación. Manuales de operación y mantenimiento de los equipos. Órdenes de trabajo. Partes de trabajo cumplimentados. Informe técnico de verificaciones.

## UNIDAD DE COMPETENCIA 2

### Ejecutar operaciones de mantenimiento en centros de transformación

Nivel: 2

Código: UC2560\_2

Estado: Tramitación BOE

#### Realizaciones profesionales y criterios de realización

**RP1:** Determinar los elementos y características de la instalación eléctrica del centro de transformación, para establecer las técnicas de ejecución de las maniobras eléctricas, en condiciones de seguridad, aplicando los procedimientos requeridos sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico y los criterios técnicos de utilización de la aparatamenta de maniobra según las prescripciones de los fabricantes.

**CR1.1** El acceso al recinto del centro de transformación, así como a celdas, armarios y demás envolventes de material eléctrico, se solicita al titular de la instalación, accediendo al mismo una vez concedida la autorización formal, en cumplimiento de la normativa aplicable para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

**CR1.2** Los esquemas eléctricos de la instalación, al menos de tipo unifilar, se localizan en los locales o espacios destinados al centro de transformación o salas de control, o bajo soporte informático si está disponible, junto con las instrucciones generales de servicio, identificando sobre los esquemas la disposición real de la aparatamenta de maniobra y otros aspectos relevantes de la instalación, tales como accionamientos, puertas, palancas, ventilación y otros.

**CR1.3** Los aparatos de maniobra de las instalaciones eléctricas del centro de transformación: celdas de acometida, celdas de corte y los interruptores generales de baja tensión se comprueban mediante inspección visual, interpretación de carteles y sinópticos, y otras informaciones disponibles en los frontales de las cabinas o celdas que se vayan a maniobrar, confirmando que coinciden con las características indicadas en los esquemas unificables.

**CR1.4** Los sistemas de bloqueo disponibles, así como enclavamientos eléctricos y mecánicos de los aparatos de la instalación, se revisan a partir de los esquemas y elementos de señalización, ratificando que coinciden con la información disponible en la documentación de servicio y que operan según las características esperadas de maniobrabilidad.

**CR1.5** Los elementos de seguridad y emergencia en el centro de transformación: banqueta aislante, guantes aislantes, instrucciones de servicio, pértiga de salvamento, equipo de respiración artificial, puesta a tierra y otros, se localizan en sus locales o salas de control, comprobando su estado de conservación y que no han sobrepasado su fecha de caducidad.

**CR1.6** La ordenación secuencial del proceso de corte del suministro eléctrico -desenergización- en los elementos sobre los que se va a intervenir, tanto de alta como de baja tensión, se establece, teniendo en cuenta sus características definidas por los fabricantes, priorizando los dispositivos que dispongan de poder de corte, o que se puedan abrir en condiciones nominales y relegando los seccionadores al último lugar, a fin de garantizar las condiciones de seguridad del personal y equipamiento.

**CR1.7** El informe técnico de revisión de los elementos y características de la instalación eléctrica del centro de transformación se cumplimenta, utilizando el modelo establecido por la empresa de mantenimiento, reflejando el estado de: enclavamientos, esquemas, dispositivos de

seguridad, emergencia y otros, incorporando al informe el resultado de las revisiones y, en su caso, los posibles defectos, incidencias o modificaciones realizadas.

**RP2:** Efectuar las operaciones previas requeridas para trabajos sin tensión, en proximidad o con tensión en un centro de transformación, para garantizar la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, siguiendo los procedimientos de descargo y delimitación de zonas de trabajo, de peligro o de proximidad, bajo supervisión de la persona responsable, en su caso.

**CR2.1** El corte de todas las fuentes de alimentación -para trabajos sin tensión- se realiza, una vez recibida la autorización de descargo por el responsable/titular de la instalación, mediante los aparatos de corte ubicados en los puntos de aislamiento, comprobando que sea visible o efectivo y, en este caso, por medio de la señalización del indicador de posición del elemento utilizado.

**CR2.2** Los dispositivos o aparatos de maniobra: interruptores automáticos, interruptores en carga y seccionadores -para trabajos sin tensión-, se bloquean,

- En todos los modos de maniobra que existan -local, remota y a distancia- para evitar cualquier posible reconexión,
- Manteniéndolos en la posición de abierto, quedando señalizados en prohibición de maniobrar,
- Indicando fecha y hora del bloqueo, así como forma y procedimiento de contacto,
- Desactivando, si las hubiera, las fuentes de energía auxiliar de los mismos, tanto para maniobra como para alimentación.

**CR2.3** La ausencia de tensión -para trabajos sin tensión- en todos los elementos activos de la instalación y en cada uno de los conductores separados de las fuentes de tensión y ubicados a partir del punto de aislamiento, se comprueba:

- Equipado con guantes, gafas de protección y calzado dieléctrico, así como otros equipos de protección individual, aislantes y para trabajos en altura, si procede,
- Teniendo en cuenta las distancias mínimas de seguridad, tanto en planta como en altura,
- Mediante un sistema verificador de tensión integrado en la cabina o dispositivo, si lo hubiera, o mediante pértiga detectora de ausencia de tensión,
- Comprobando el funcionamiento del dispositivo verificador, antes y después de su utilización.

**CR2.4** La puesta a tierra y en cortocircuito de las instalaciones -para trabajos sin tensión- se ejecuta:

- Mediante el cierre de seccionador de puesta a tierra en aquellas zonas que disponen del mismo o,
- Colocando tierras portátiles en el caso de cables o aparatos que no dispongan de sistema de puesta de tierra y en cortocircuito,
- Señalizando en cualquiera de los casos la operación efectuada con carteles.

**CR2.5** La zona de trabajo -para trabajos sin tensión- se delimita mediante cintas, carteles, cadenas u otros elementos de señalización de seguridad, protegiéndola frente a elementos próximos en tensión, si los hubiera, mediante barrera física o envolventes, aplicando las distancias mínimas para la zona de peligro y la zona de proximidad según se establece en la normativa vigente sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión.

**CR2.6** Las medidas de protección previas a la realización de trabajos en proximidad de tensión se implementan -bajo la dirección y vigilancia de la persona responsable en caso de zonas de alta tensión-:

- Identificando los elementos en tensión y reduciendo su número,
- Colocando pantallas, barreras, envolventes o protectores aislantes cuyas características - mecánicas y eléctricas- garanticen su eficacia protectora,

- Delimitando la zona de trabajo respecto a las zonas de peligro,
- Mediante otras acciones según normativa aplicable en materia de protección frente a riesgos eléctricos.

**CR2.7** Los equipos y materiales para trabajos en tensión, tales como pantallas, cubiertas, vainas -para el recubrimiento de partes activas o masas-, los útiles aislantes o aislados -herramientas, pinzas, puntas de prueba, otros-, las pértigas aislantes, los dispositivos aislantes o aislados -banquetas, alfombras, plataformas de trabajo, otros-, los dispositivos de protección individual -guantes, gafas, cascos, otros-, se seleccionan, teniendo en cuenta las características del trabajo y en particular la tensión de servicio, manteniéndolos y revisándolos según las instrucciones del fabricante.

**CR2.8** La zona de trabajo -para trabajos en tensión- se habilita:

- Mediante un apoyo sólido y estable que permita tener las manos libres,
  - En condiciones de visibilidad para poder realizar el trabajo,
  - Señalizándola y delimitándola físicamente,
  - Evitando el contacto accidental con cualquier otro elemento a potencial distinto al suyo,
  - Teniendo en cuenta las condiciones ambientales o climáticas desfavorables,
- Y otras medidas según normativa aplicable en materia de protección frente a riesgos eléctricos, bajo la dirección y vigilancia de la persona responsable.

**RP3:** Aplicar el programa de mantenimiento predictivo de los componentes del centro de transformación, para comprobar su evolución a partir de los parámetros mecánicos, térmicos y eléctricos más significativos, detectando anomalías o averías previas a su ocurrencia, operando en las condiciones más desfavorables de funcionamiento, a plena carga, siguiendo las indicaciones técnicas del fabricante de la aparamenta.

**CR3.1** Las condiciones de los locales se comprueban mediante inspección visual, detección de fugas por olor a ozono u otras derivaciones eléctricas o condiciones de explotación anómalas del centro de transformación.

**CR3.2** Las fugas de aceite o gas, en radiadores de transformadores o interruptores, se detectan mediante visualización de nivel o de protección del relé de supervisión de nivel de líquidos, así como por la presencia de manchas de aceite en el recinto de retención para recogida, o mediante presostato o manómetro -para las fugas de gas-, procediendo a programar un corte de tensión si fuera necesario rellenar el nivel de aceite o cortando aguas arriba para reparar y rellenar.

**CR3.3** La temperatura y carga en los puntos críticos de los elementos del centro de transformación, susceptibles de deterioro por excesivo calentamiento debido a falsas conexiones, consumo excesivo, armónicos u otros, se determina mediante cámara de termografía infrarroja y pinza amperimétrica, programando su reparación o sustitución en función de la gravedad de la anomalía surgida.

**CR3.4** El consumo de los transformadores, generadores y motores se mide mediante la instrumentación eléctrica específica situada en los frontales y cabinas o en los cuadros de control, o mediante pinza amperimétrica, comprobando que la carga de los circuitos y el consumo de las máquinas se corresponde con lo establecido en sus especificaciones técnicas, planificando una intervención de mantenimiento en función de la gravedad de las anomalías detectadas.

**CR3.5** Las tensiones, intensidades, potencia y factor de potencia de los transformadores de tensión e intensidad se comprueban mediante los equipos de medición de parámetros eléctricos -vatímetros, cosímetros y otros- disponibles en los frontales de celdas o en los

secundarios de dichos transformadores, para controlar la alimentación a máquinas y líneas eléctricas.

**CR3.6** El ruido y vibraciones en transformadores se mide con sonómetro u otro instrumento específico, procediendo a su nivelación si se detectan anomalías y al reapriete del anclaje si se sobrepasan las referencias de vibraciones del núcleo, según prescripciones del fabricante.

**CR3.7** El informe técnico de aplicación del programa de mantenimiento predictivo se cumplimenta, utilizando el modelo establecido por la empresa de mantenimiento, incorporando los datos obtenidos para su seguimiento periódico y análisis de la evolución de los fallos o deterioros detectados en los sucesivos chequeos.

**RP4:** Llevar a cabo operaciones de mantenimiento preventivo sobre el recinto y las redes de tierra del centro de transformación, para reducir la probabilidad de fallos y posibilitar la máxima disponibilidad de las instalaciones, en situación libre de tensión, cumpliendo las indicaciones técnicas de la apartada y las recomendaciones de los fabricantes.

**CR4.1** El estado general de los locales del centro de transformación se revisa, procediendo a su limpieza, chequeando: deterioro del sellado de las entradas de cables, filtraciones de agua sobre la apartada o sobre los elementos de obra civil, cerraduras de las puertas, rejillas y extractores de ventilación, sistemas de aire acondicionado, placa con instrucciones de primeros auxilios, estado de escaleras, si las hubiera, accesos u otros.

**CR4.2** Los accionamientos mecánicos de los mandos de interruptores y seccionadores, cabinas, enclavamientos, bloqueos de puertas, el estado de la pintura, anclajes de celdas y otros, se chequean, procediendo a limpiar, ajustar, lubricar y engrasar las partes móviles, de acuerdo con las instrucciones del fabricante, reparándolos o sustituyéndolos si se detecta un deterioro significativo.

**CR4.3** Las distancias de seguridad se miden:

- Entre las partes activas de las conexiones al transformador y los elementos cercanos puestos a tierra cuando se utilicen bornas no enchufables,
- Entre las partes en tensión y entre éstas y tierra, de los elementos que no han sido sometidos a ensayos de aislamiento,
- En los pasillos de acceso y zonas de protección,

Comprobando que se cumplen los valores mínimos exigidos en la normativa aplicable sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión

**CR4.4** Las redes de puesta a tierra se comprueban mediante inspección visual, medida de continuidad del circuito de tierra, tensiones de paso y contacto, así como de su resistencia, con instrumento específico y telurómetro, procediendo al riego de los electrodos o al tratamiento con sales higroscópicas o geles, así como a la ampliación del número de picas o placas en caso de obtener valores óhmicos superiores a los admitidos en la normativa de aplicación relativa a instalaciones de alta tensión.

**CR4.5** El informe técnico de las intervenciones de mantenimiento preventivo sobre el recinto y las redes de tierra del centro de transformación se cumplimenta, utilizando el modelo establecido como registro de plan de mantenimiento del centro de transformación, incorporando los resultados, posibles defectos, incidencias o modificaciones efectuadas, para su conservación y envío al Organismo competente.

**RP5:** Llevar a cabo operaciones de mantenimiento preventivo de los elementos eléctricos del centro de transformación, para determinar el estado de las instalaciones, así como reducir la probabilidad de fallos, realizando, en situación

libre de tensión, las revisiones periódicas requeridas para cada elemento, atendiendo requisitos de manipulación de gases fluorados, en su caso, cumpliendo las indicaciones técnicas de los equipos y aparataje, así como las recomendaciones de los fabricantes.

**CR5.1** Los elementos eléctricos tales como: aisladores de apoyo, bornes de transformadores, columnas en transformadores secos, cables, placas aislantes, tulipas o polos de interruptores se revisan mediante operaciones de limpieza, reapriete de conexiones eléctricas, refuerzo y recubrimiento a base de tratamientos dieléctricos desengrasantes, procediendo a su reparación o sustitución si se detecta un deterioro significativo.

**CR5.2** Las líneas aéreas o subterráneas de acceso al centro de transformación se comprueban:

- Midiendo su aislamiento principal mediante tensión soportada a corriente alterna o por la técnica de descargas parciales a la tensión de red con o sin carga,
- Utilizando un megóhmetro -corriente continua- para la comprobación de la cubierta,
- En el caso de los cables subterráneos, verificando también la continuidad y resistencia óhmica de la pantalla metálica, uniendo las pantallas de los tres cables, desconectadas de tierra, evitando introducir resistencia adicional y aplicando medidas combinadas mediante procedimiento específico establecido en las normas de aplicación sobre condiciones de seguridad en instalaciones de alta tensión.

**CR5.3** Los relés de protección, directos o indirectos, se verifican, para garantizar una desconexión rápida y fiable en caso de fallo, asegurando que las regulaciones sean acordes a la máquina o línea a proteger, mediante la inyección de intensidades, comprobando que los tiempos de actuación del relé, así como la transmisión del disparo, tienen lugar en los rangos establecidos por los fabricantes para despejar la falta originada -según lo previsto en los requerimientos de la empresa suministradora- y procediendo al ajuste, regulación o sustitución del relé en caso necesario.

**CR5.4** El aislamiento y resistencia de los bobinados de los transformadores, así como de los contactos de la aparataje -seccionadores, interruptores, otros- se mide mediante ensayo normalizado con medidor de aislamiento -megóhmetro-, y micróhmetro para obtener los valores de la resistencia de contactos en los rangos de miliohmios o microhmios, verificando que cumplen las prescripciones de los fabricantes, procediendo a su corrección, en su caso, o evaluando los defectos, si no fuera posible acometer la tarea in situ, para su posterior resolución.

**CR5.5** Los fusibles se revisan:

- Comprobando su estado de conservación: presión de las mordazas, intensidad nominal, idéntico calibre y fabricante en las tres fases, orientación del percutor hacia la timonería de disparo, calibre según la máquina a proteger -motor, transformador, generador-, sección de la línea a proteger,
- Realizando medidas de continuidad con micróhmetro u otro instrumento,
- Verificando la transmisión del disparo a su dispositivo asociado, en el caso de interruptores o seccionadores de corte en carga.

**CR5.6** Los elementos dieléctricos, así como de seguridad, bloqueo y presión de la aparataje, con aislamiento en gas o en vacío, se verifican, comprobando su estanqueidad, utilizando manómetros, presostatos y el ensayo de la rigidez de los fluidos dieléctricos contenidos en transformadores con depósito de expansión, interruptores y otros, mediante equipo específico -chispómetro- a fin de establecer su estado, procediendo a su regeneración o sustitución en caso de deterioro significativo.

**CR5.7** El suministro de alimentación eléctrica al centro de transformación -energización- se repone, en su caso, una vez recibida la autorización del responsable/titular de la instalación, siguiendo el protocolo establecido para su puesta en servicio, teniendo en cuenta las normas

particulares de las compañías suministradoras, utilizando los equipos de protección individual, EPI y las medidas de protección colectiva y señalización previstas.

**CR5.8** El informe técnico de las intervenciones de mantenimiento preventivo sobre los elementos eléctricos del centro de transformación se cumplimenta, utilizando el modelo establecido como registro de plan de mantenimiento, incorporando el resultado de las revisiones, los posibles defectos, incidencias o modificaciones efectuadas, para su conservación y su envío al Organismo competente.

**RP6:** Llevar a cabo operaciones de mantenimiento correctivo de los componentes del centro de transformación, para subsanar el defecto o daño surgidos de manera imprevista, procediendo al corte de tensión mediante las técnicas reglamentadas o valorando la posibilidad de intervenir con tensión, acometiendo las reparaciones o la sustitución de materiales o equipos y verificando los resultados de la intervención efectuada.

**CR6.1** La disfunción o avería de los elementos de centro de transformación se detecta a través de los síntomas o los efectos que produce: señales de tipo acústico o visual en alarma técnica, pérdida de suministro, sobrecalentamiento visible, incendio u otros, e informando de la incidencia al responsable de la instalación según el protocolo establecido en el plan de mantenimiento.

**CR6.2** La avería detectada se diagnostica a fin de determinar su tipo -mecánico, eléctrico, electrónico, químico-, gravedad, la causa original y los elementos afectados, consultando el registro de averías, realizando medidas, en su caso, de los parámetros característicos -voltaje, presión, temperatura u otros- en puntos de test especificados y comparándolos con los valores esperados, a partir del manual de servicio de cada dispositivo, estableciendo posibles soluciones o requiriendo, según la complejidad del fallo, la supervisión o intervención de un jefe de trabajo.

**CR6.3** El elemento averiado se repara o sustituye tomando como referencia los esquemas disponibles:

- Siguiendo la secuencia establecida en la información del fabricante u otra documentación técnica del centro de transformación,
- Atendiendo, en su caso, requisitos de manipulación de gases fluorados -toma de muestras, extracción u otros-, siguiendo su normativa de aplicación.
- En caso de sustitución, utilizando un dispositivo equivalente y compatible en sus características mecánicas o eléctricas, desmontándolo -junto a otros componentes si fuera necesario-, montando y conectando el nuevo dispositivo en su lugar.

**CR6.4** Los cables aéreos de acceso al centro de transformación, deteriorados o cortados, si no se determina su sustitución, se reparan mediante kit de empalme, con herramientas específicas como cizalla, peladora de cubierta y aislamiento.

**CR6.5** Los cables subterráneos de acceso al centro de transformación, deteriorados o cortados, se reparan o sustituyen, previa localización del punto de avería y su profundidad mediante un equipo radar, procediendo a la apertura de la zanja, empalme de los cables y posterior medida y verificación de aislamiento, bajo supervisión de la persona responsable.

**CR6.6** Los elementos reparados o sustituidos se ajustan o comprueban en sus aspectos mecánicos, distancias mínimas, medidas de aislamiento, continuidad, temperatura o presión, fijación y revisión de cableados, resistencia y conexión de la toma de tierra, tensiones de paso y contacto u otros, asegurando que se recuperan las prestaciones originales, utilizando en cada caso el procedimiento establecido por el fabricante o las especificaciones técnicas que permitan la disponibilidad del servicio de suministro eléctrico.

**CR6.7** El suministro de alimentación eléctrica al centro de transformación -energización- si procede, se repone, una vez recibida la autorización del responsable de la instalación, siguiendo el protocolo establecido para su puesta en servicio, teniendo en cuenta las normas particulares de las compañías suministradoras, utilizando los equipos de protección individual, y las medidas de protección colectiva y señalización previstas.

**CR6.8** El informe técnico de las reparaciones efectuadas por mantenimiento correctivo se cumplimenta, utilizando el modelo establecido por la empresa de mantenimiento para el registro de incidencias del centro de transformación, incorporando el resultado de las operaciones o modificaciones realizadas, para su custodia y posteriores consultas.

## Contexto profesional

### Medios de producción

Herramientas manuales para trabajos mecánicos, trabajos eléctricos y líquidos dieléctricos. Llaves dinamométricas. Instrumentos de medida: telurómetro, pinza voltiamperimétrica, megóhmetro, micróhmetro, miliohmímetro, comprobadores de ausencia de tensión, equipos de radar, inyectores de intensidad, ensayador de tensiones de paso y contacto. Estrellas y pértiga de puesta a tierra y en cortocircuito y pértigas detectoras de tensión. Cámara termográfica. Equipo verificador de la continuidad de conductores. Medidor de rigidez dieléctrica de aislantes líquidos. Conexiones a tierra portátiles. Grupo electrógeno de potencia mínima de 5 kVA. Equipamiento para la realización de ensayos dieléctricos. Medidor de aislamiento por descargas parciales y medidor de tangente delta. Equipos relacionados con la manipulación de gases fluorados: detección, medida de presión, toma de muestras, extracción o recuperación. Herramientas informáticas para la elaboración de documentación. Terminal portátil para la gestión de operaciones de mantenimiento. Herramientas, equipos y medios de protección colectiva e individual, tales como casco dieléctrico, guantes de protección de acuerdo al trabajo a realizar, botas dieléctricas, gafas de seguridad y otros. Equipamientos propios de un centro de transformación.

### Productos y resultados

Reconocimiento e identificación de los equipamientos y características de la instalación de centro de transformación, efectuado. Operaciones previas requeridas para trabajos en entorno sin tensión, en proximidad o con tensión, efectuadas. Operaciones de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, efectuadas. Cumplimentación de informes de trabajo y documentos del plan de mantenimiento, efectuados.

### Información utilizada o generada

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Reglamento electrotécnico de Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Normativa sobre comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos. Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Normas: Normalización Electrotécnica Nacional e Internacional UNE, IEC, CENELEC. Normas de las Comunidades Autónomas. Normas particulares de las compañías eléctricas. Procedimientos de descarga. Fichas de mantenimiento. Histórico de averías. Órdenes de trabajo. Partes de descripción de averías. Esquemas unifilares y otros tipos de esquemas eléctricos. Manuales técnicos del fabricante de apartamiento, transformadores y otros equipamientos del centro de transformación. Manuales de operación y mantenimiento de los equipos.

## UNIDAD DE COMPETENCIA 3

### Realizar operaciones de montaje de subestaciones eléctricas

Nivel: 2

Código: UC2561\_2

Estado: Tramitación BOE

#### Realizaciones profesionales y criterios de realización

**RP1:** Verificar las características de las bancadas, apoyos, canalizaciones y otras operaciones de la infraestructura de obra civil que sustentan la subestación eléctrica según su tipo de aislamiento: por aire -AIS-, gas -GIS- o híbrido -HIS-, realizando las conexiones de elementos estructurales a los electrodos del sistema de red de tierras, para mantener la equipotencialidad del suelo, según las especificaciones y características definidas en el proyecto de la instalación.

**CR1.1** Las condiciones de la infraestructura de obra civil, tales como cimentación de estructuras, dimensionado de zanjas, arquetas, canalizaciones, drenajes y otros, según el tipo de subestación, se revisan mediante cinta métrica, comprobadores de ángulos y niveles, a partir de las especificaciones técnicas del proyecto y planos de ubicación, verificando el cumplimiento de los requisitos mínimos de señalización de seguridad.

**CR1.2** Las dimensiones y disposición de los apoyos se comprueban mediante un medidor láser u otros instrumentos, teniendo en cuenta las distancias reglamentarias que garanticen la protección del personal contra contactos directos -con partes activas de los materiales o equipos- accidentales.

**CR1.3** Las características de la bancada de cada transformador de potencia se verifican comprobando la coincidencia entre las condiciones reales de la instalación -dimensiones, equilibrado, disposición de la cubeta de retención para recogida de fugas de aceite, muro cortafuegos, si lo hubiera y otros- y las especificaciones definidas en el proyecto.

**CR1.4** Los electrodos de puesta a tierra -malla o red de tierras- se conectan a las estructuras metálicas y apoyos, así como a las armaduras de los edificios de hormigón armado o elementos metálicos que salen fuera de la instalación, en su caso, mediante soldadura aluminotérmica o tornillos y grapas de puesta a tierra, para garantizar la seguridad de las personas, y la protección de equipos e instalaciones, empleando herramientas manuales como llaves de tubo dinamométrica, con par de apriete, que aseguren la permanencia de la unión.

**CR1.5** Las conexiones de puesta a tierra se miden empleando un telurómetro, obteniendo el valor óhmico reglamentado, teniendo en cuenta la resistividad del terreno, la resistencia de tierra del electrodo, así como el efecto de la humedad y la temperatura, bajo supervisión de la persona responsable.

**CR1.6** Las comprobaciones, medidas y parámetros revisados se registran/anotan en el programa de puntos de inspección -PPI- de calidad, incorporando operaciones, datos resultantes, tiempos de ejecución y materiales empleados, entre otras informaciones, para su custodia y posteriores consultas.

**RP2:** Montar los equipos eléctricos principales de la subestación: transformadores de potencia, interruptores, seccionadores, transformadores de tensión e intensidad,

autoválvulas, celdas y aisladores de alta tensión, para su posterior conexión a la red eléctrica, a partir de las condiciones de montaje establecidas por el fabricante, bajo supervisión de la persona responsable, atendiendo requisitos de manipulación de gases fluorados, en su caso, utilizando equipos de protección asociados al manejo de grandes cargas mecánicas.

**CR2.1** Las herramientas -destornilladores, tenazas, llaves dinamométricas, otras- y equipos de protección colectiva o individual, en particular para trabajos en altura -casco con barboquejo, cinturones de sujeción y retención, arneses, líneas de vida u otros- se seleccionan teniendo en cuenta la zona de intervención y las características del trabajo, manteniéndolos y revisándolos según las instrucciones del fabricante.

**CR2.2** Los equipos eléctricos principales se reciben, ubicando los elementos en la zona de almacenaje establecida por la persona responsable, siguiendo las indicaciones del fabricante, comprobando la integridad del embalaje, el estado de los equipos recibidos y asegurando que la relación de materiales se corresponde con el pedido solicitado.

**CR2.3** Los equipos eléctricos principales se emplazan en su lugar definitivo, con ayuda de medios de manipulación según su peso y dimensiones -camión grúa, plataformas elevadoras, polipasto, raíles, cabestrante-, atendiendo a los planos de situación y el replanteo, las recomendaciones del fabricante para su disposición, las distancias de aislamiento y de seguridad entre elementos y pasillos y zonas de protección, asegurando el anclaje a la bancada o torre mediante tornillos, tuercas u otros, así como la orientación y equilibrado de cada equipo.

**CR2.4** Los equipos eléctricos principales se conectan internamente a partir de la orden de trabajo, siguiendo los planos del proyecto, empleando cables y bornes cuya sección y tamaño se ajusten a las intensidades que soportará cada equipo y señalizando con la codificación homologada por organismos de normalización los elementos que lo forman.

**CR2.5** Las partes metálicas de los equipos o equipamientos que no se encuentren sometidas a tensión -cubas de transformadores, chasis y bastidores de aparatos de maniobra, puertas, vallas, armaduras, otros- se conectan a la red de tierra de protección, fijando con abrazaderas la unión al electrodo a fin de obtener la mínima resistencia, de manera que no pueda desconectarse involuntariamente, aportando seguridad ante derivaciones en caso de avería.

**CR2.6** Los dispositivos de protección de sobretensiones, tales como autoválvulas o pararrayos y los neutros de los transformadores de potencia se unen a la red de tierra de servicio, estableciendo un potencial de referencia para el neutro, mediante conductor que puede estar protegido por tubo y abrazaderas que aseguren la unión eléctrica con mínima resistencia.

**CR2.7** El informe de los trabajos/las operaciones de montaje de los equipos eléctricos principales de la subestación se cumplimenta utilizando el modelo establecido por la empresa instaladora, incorporando operaciones, tiempos y materiales y, en su caso, las incidencias o modificaciones introducidas.

**RP3:** Montar los armarios y equipos electrónicos de control, protección, comunicaciones y servicios auxiliares de la subestación -o central generadora-, para su posterior conexión a los equipos principales y a la red de suministro, bajo supervisión de la persona responsable, teniendo en cuenta las características definidas en el proyecto de la subestación para cada uno de los dispositivos y las indicaciones del fabricante sobre el conexionado de los mismos.

**CR3.1** Los armarios y equipos electrónicos de control, protección, comunicaciones y servicios auxiliares se reciben en la zona de almacenaje establecida por la persona responsable,

comprobando el embalaje, el estado de los equipos recibidos y asegurando que la relación de materiales se corresponde con el pedido solicitado.

**CR3.2** Los armarios, bastidores o pupitres de control se emplazan en su lugar definitivo, según la disposición determinada en los planos de situación del proyecto, atendiendo al replanteo y teniendo en cuenta el diseño de la bancada, con capacidad para soportar sin deformaciones las vibraciones que se pudieran transmitir de las máquinas próximas, asegurando su fijación/anclaje y equilibrado.

**CR3.3** Los elementos de control y comunicación de la subestación, como scadas y relés de protección, se instalan en los cuadros de protección y control, ubicándolos y conectándolos a partir de los esquemas eléctricos y las prescripciones de los fabricantes, efectuando su configuración según la programación desarrollada en el proyecto.

**CR3.4** Los armarios, bastidores o pupitres de control se interconectan:

- Con herramientas manuales -destornilladores, tenazas y otros- siguiendo los planos del proyecto,
- Empleando cables aislados, preferiblemente de conductor flexible, no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida y
- Con bornes dimensionados para soportar los esfuerzos térmicos y mecánicos previsibles, cuya sección y tamaño se ajusten a la sección de los conductores que hayan de recibir.
- Marcando las regletas y sus bornas, así como los hilos o cables terminales, posibilitando su identificación en caso de producirse desconexión de los mismos.

**CR3.5** Las partes metálicas de los armarios -bastidores, envolventes, puertas, otros- se unen/conectan a la tierra de protección, normalmente a través de suelo técnico, utilizando cable de sección homologada, preferentemente bajo tubo, fijando la unión al electrodo de tierra con mínima resistencia mediante abrazaderas, para garantizar la seguridad ante derivaciones en caso de avería.

**CR3.6** Los letreros indicadores se dispondrán de forma visible sobre el panel o bastidor de cada máquina, línea, transformador o servicio, así como sobre los aparatos montados en el interior del cuadro o pupitre, junto a elementos desmontables existentes, de tal forma que si se desmontan, pueda identificarse de nuevo su posición.

**CR3.7** El informe de las operaciones de montaje de armarios y equipos electrónicos de control, protección, comunicaciones y servicios auxiliares de la subestación eléctrica se cumplimenta utilizando el modelo establecido por la empresa instaladora, incorporando operaciones, tiempos y materiales y, en su caso, las incidencias o modificaciones introducidas.

**RP4:** Instalar las baterías de acumuladores en la subestación -o central eléctrica-, asociados con sus rectificadores/cargadores alimentados por corriente alterna, preferiblemente en local independiente, incorporando medidas de seguridad ante riesgos químicos y eléctricos, para el suministro mediante corriente continua de los sistemas de protección, control y telecomunicaciones.

**CR4.1** Las baterías de acumuladores se eligen por su tipología -principalmente alcalinas-, y por sus características, tales como el tipo de descarga, tecnología de fabricación, capacidad, número de elementos u otros, valorando factores como su ubicación, temperatura del local o plan de mantenimiento previsto.

**CR4.2** Las baterías de acumuladores se instalan:

- En local independiente, con ventilación y extracción de gases,
- O bien en local destinado a otros fines, con ventilación natural o forzada y, en este segundo caso, incorporando un sistema de parada automática en caso de incendio,

- Preferentemente en el interior de armarios metálicos que pueden llevar incorporados los equipos de carga, así como los interruptores de protección de los circuitos de salida de corriente continua,
- De forma que permita el eventual relleno de electrolito, así como la limpieza y la sustitución de elementos sin riesgo de contactos accidentales peligrosos -por sustancias químicas o descargas eléctricas-.

**CR4.3** Las medidas de protección de carácter eléctrico para las baterías de acumuladores se aplican, incorporando:

- Bornes aislados de tierra, o en caso de alimentar sistemas de comunicaciones, pudiendo conectar a tierra el polo positivo,
- Instalación de cartuchos fusibles calibrados con señalización de fusión o interruptor automático de corte bipolar,
- Instalación de un dispositivo detector que indique la falta de alimentación a la batería,
- Instalación de sistemas de alarma de falta de corriente continua en los circuitos esenciales, tales como protección y maniobra,

Otras medidas contempladas en la normativa de aplicación sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones de alta tensión, a fin de garantizar la integridad de los equipamientos.

**CR4.4** Las baterías de acumuladores se asocian a un circuito de carga equipado con conmutador manual-automático, protecciones contra sobrecarga y cortocircuito, cableado no propagador del incendio, con emisión de humos y opacidad reducida, entre otros requisitos establecidos en la normativa aplicable de instalaciones de alta tensión.

**CR4.5** El cartel o carteles con las características principales de las baterías de acumuladores y las medidas de seguridad a observar en caso de recarga, mantenimiento o contacto accidental con el electrolito, se dispone en lugar visible del local en que estén instaladas o en el exterior de los armarios metálicos, en su caso.

**CR4.6** El informe de las operaciones de instalación de las baterías de acumuladores se cumplimenta utilizando el modelo establecido por la empresa de montaje, incorporando operaciones, tiempos y materiales y, en su caso, las incidencias o modificaciones introducidas.

**RP5:** Conectar los equipos eléctricos principales de la subestación: transformadores de potencia, interruptores, seccionadores, transformadores de tensión e intensidad, autoválvulas, celdas y aisladores de alta tensión, así como las líneas de alta tensión de entrada/salida de suministro eléctrico, bajo supervisión de la persona responsable, mediante el cableado homologado acorde a los requisitos de potencia, corriente y aislamiento, entre otros, a partir de los esquemas definidos en el proyecto, según normativa aplicable sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión.

**CR5.1** Las bobinas de cable para la conexión de los equipos eléctricos principales con los cuadros de protección y control, se ubican en el almacén de la obra, con ayuda de medios de manipulación según su peso y dimensiones, clasificándolas según características, longitud y sección de los conductores, forma de amarre y tipo de aisladores.

**CR5.2** Los cables de tipo aéreo se tienden con poleas de tendido, dinamómetro, cabestrante o poleas reguladoras, utilizando equipos de protección colectiva o individual, en particular para trabajos en altura -casco con barboquejo, cinturones de sujeción y retención, arneses, líneas de vida u otros-, de tal manera que los conductores queden tensados para el conexionado con la aparamenta dispuesta en la subestación eléctrica.

**CR5.3** Los herrajes y elementos de sujeción para los conductores aéreos, como grapas, grilletes, anillas de bola, eslabones y tirantes, entre otros, se fijan sobre apoyo o cruceta, siguiendo los planos de montaje, utilizando herramientas como niveles, tenazas, llaves dinamométricas u otras.

**CR5.4** Los cables de tipo subterráneo se tienden a través de las canalizaciones disponibles, agrupándolos y sujetándolos con grapas, de tal manera que queden tensados para el conexionado de la aparamenta dispuesta en la subestación eléctrica.

**CR5.5** La aparamenta de alta tensión se conecta entre sí y a los armarios de control y protección, siguiendo los esquemas eléctricos y las especificaciones del proyecto, colocando el ferrulado para la identificación y señalización de los cables.

**CR5.6** El informe de las operaciones de conexión de los equipos eléctricos principales, así como de las líneas de alta tensión, se cumplimenta utilizando el modelo establecido por la empresa de montaje, incorporando la descripción de las operaciones efectuadas, tiempos y materiales y, en su caso, las incidencias o modificaciones introducidas.

**RP6:** Efectuar las verificaciones y operaciones previas a la puesta en servicio de la subestación eléctrica, bajo supervisión de la persona responsable, para garantizar el suministro de energía con los parámetros de calidad establecidos por la compañía suministradora, según normativa de aplicación relativa a la seguridad de las instalaciones de alta tensión.

**CR6.1** El estado general del parque de intemperie y del interior de los edificios que albergan la aparamenta de alta y baja tensión se comprueba:

- Atendiendo las condiciones de orden, limpieza, pintura o humedades,
- Retirando cualquier objeto que pueda interferir o dificultar el funcionamiento de los equipamientos, así como las operaciones de maniobra o mantenimiento,
- Verificando la presencia de cartelería relativa a: acceso a las áreas o locales, señalización de evacuación y socorro, primeros auxilios, plan de autoprotección, soporte vital, manejo de gases de hexafluoruro de azufre -SF<sub>6</sub>-, en su caso, material antiderrame, u otros.

**CR6.2** Los equipos de medida y ensayo para las verificaciones, como telurómetro, medidor de aislamiento, pértiga detectora de tensión, pértiga de puesta a tierra, miliohmímetro, medidor de tensiones de paso y contacto, cámara de termografía, medidor de rigidez dieléctrica de aislantes líquidos y otros, así como los equipos de protección individual, se seleccionan en función del nivel de tensión o potencia y las necesidades de la instalación, asegurando la vigencia de su estado de calibración.

**CR6.3** Las características de los equipos y aparamenta instalados en la subestación eléctrica, tales como la relación de transformación y desfase, sección de los cables, potencias nominales, niveles de aislamiento, presión de gas, en su caso y otras, se verifican, constatando que cumplen con los requisitos y cálculos establecidos en el proyecto de la instalación, disponen de la correspondiente declaración de conformidad y cumplimentando el informe de revisión.

**CR6.4** Los esquemas eléctricos de la instalación, en particular de tipo unifilar, y los manuales con instrucciones de operación y mantenimiento de los equipos y materiales se localizan en los locales y, en su caso, en sistema de almacenamiento informático, reflejando la relación de documentos y su ubicación en el informe de revisión.

**CR6.5** Las distancias mínimas de aislamiento en aire entre partes en tensión y entre éstas y tierra, así como el estado del aislamiento y en particular de la rigidez dieléctrica de los aislantes líquidos cuando proceda, se miden, utilizando equipo láser, medidor de estado de aislamiento y otros procesos homologados indicados en el plan de puesta en servicio, contrastando que se encuentran en el rango de valores establecidos en el proyecto.

**CR6.6** La instalación de puesta a tierra se revisa mediante inspección visual, medida de continuidad del circuito de tierra y de su resistencia, obteniendo los valores de tensión de paso y contacto con técnicas de inyección de alta corriente, verificando que las condiciones reales de la instalación se encuentran en los rangos aceptables establecidos en el proyecto.

**CR6.7** El ensayo de los cables de alta tensión y puentes de cable se efectúa, para comprobar el estado del aislamiento y cubierta de los cables aislados, mediante la técnica de descargas parciales a la tensión de red con o sin carga, la comprobación de la cubierta con un megóhmetro y otros métodos descritos en instrucciones técnicas del reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión.

**CR6.8** Las pruebas dieléctricas, en los casos de aislamiento por gas, de los puentes de cables de transformador a GIS o de los propios transformadores, se realizan mediante sistema resonante - en camión- que aplica frecuencia variable hasta obtener la frecuencia de resonancia que permite el ensayo dieléctrico.

**CR6.9** Los sistemas de la subestación eléctrica, como posiciones de línea, posiciones de transformador, transformadores de medida y protección, relés de protección, interruptores automáticos de alta tensión, sistema de control y comunicación y otros, se prueban funcionalmente con equipos específicos de pruebas trifásicas para comprobar el funcionamiento de las alarmas y resto de señales, los enclavamientos eléctricos montados en obra y otros.

**CR6.10** El informe técnico de las verificaciones y operaciones previas a la puesta en servicio se cumplimenta utilizando el modelo establecido por la empresa de montaje de la subestación eléctrica, incorporando el resultado de las revisiones, los posibles defectos, incidencias y modificaciones efectuadas, para su custodia y posterior consulta.

## Contexto profesional

### Medios de producción

Herramientas manuales para trabajos mecánicos y eléctricos. Llaves dinamométricas. Instrumentos de medida: telurómetro, pinza voltiamperimétrica, megóhmetro, micróhmetro, miliohmímetro, comprobador de ausencia de tensión. Equipos de prueba: equipo de radar, inyector de intensidad, ensayador de tensiones de paso y contacto. Cabestrantes, poleas de tendido, poleas reguladoras. Estrellas y pértiga de puesta a tierra y pértigas detectoras de tensión. Cámara termográfica. Equipo verificador de la continuidad de conductores. Medidor de rigidez dieléctrica de aislantes líquidos. Conexiones a tierra portátiles. Grupo electrógeno de potencia mínima de 5 kVA. Equipos relacionados con la manipulación de gases fluorados: detección, medida de presión, toma de muestras, extracción o recuperación. Herramientas informáticas para la elaboración de documentación. Equipos y medios de protección colectiva e individual, tales como casco dieléctrico, guantes de protección de acuerdo al trabajo a realizar, botas dieléctricas, gafas de seguridad, taponos auditivos, arneses y líneas para trabajos en altura y otros. Equipamientos propios de una subestación eléctrica.

### Productos y resultados

Comprobación de bancadas, apoyos, y conexiones de elementos estructurales a la red de tierras, efectuadas. Montaje de los equipos principales de la subestación eléctrica, efectuado. Montaje de los sistemas de protección, control, comunicaciones y servicios auxiliares, efectuado. Conexión de los equipos principales, con los sistemas de protección y control y con las líneas de alta tensión, efectuada. Verificaciones y operaciones previas a la puesta en servicio de la subestación eléctrica, efectuadas.

### Información utilizada o generada

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Reglamento sobre condiciones técnicas y

garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Reglamento electrotécnico de Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Normativa sobre comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos. Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Normas: Normalización Electrotécnica Nacional e Internacional UNE, IEC, CENELEC, IEEE. Normas de las Comunidades Autónomas. Normas particulares de las compañías eléctricas. Procedimientos de descargo. Proyecto de la instalación. Esquemas de montaje. Esquemas unifilares y otros tipos de esquemas eléctricos. Órdenes de trabajo. Manuales técnicos del fabricante de aparatos, transformadores y otros equipamientos de la subestación eléctrica. Manuales de operación y mantenimiento de los equipos.

## UNIDAD DE COMPETENCIA 4

### Ejecutar operaciones de mantenimiento en subestaciones eléctricas

Nivel: 2

Código: UC1533\_2

Estado: Tramitación BOE

#### Realizaciones profesionales y criterios de realización

**RP1:** Determinar los elementos, equipos, sistemas y características de la subestación eléctrica, para establecer las técnicas de ejecución de las maniobras eléctricas según su tipo de aislamiento: por aire -AIS-, gas -GIS- o híbrido -HIS-, en condiciones de seguridad, aplicando los procedimientos requeridos en la normativa aplicable sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico y los criterios técnicos de utilización de la aparata de maniobra según las prescripciones de los fabricantes.

**CR1.1** El acceso al recinto de la subestación eléctrica, así como a celdas, armarios y demás envolventes de material eléctrico, se solicita a la entidad titular de la instalación, accediendo al mismo una vez concedida la autorización formal, en cumplimiento de la normativa aplicable para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

**CR1.2** Los canales de comunicación con la persona responsable se establecen al inicio de los trabajos, a fin de prevenir accidentes o incidentes, informando o recibiendo instrucciones específicas como parte del proceso de ejecución de las tareas de mantenimiento, ya sean de tipo preventivo o correctivo.

**CR1.3** Los planos de disposición y esquemas eléctricos de la instalación se localizan en los locales principales de la subestación eléctrica, junto con las instrucciones generales de servicio, identificando sobre los esquemas, la interconexión con las líneas exteriores, la disposición real de los elementos principales, aparata de maniobra, dispositivos de protección del sistema, comunicación y otros, tales como accionamientos, puertas, palancas y ventilación.

**CR1.4** Los sistemas de bloqueo, así como enclavamientos eléctricos y mecánicos disponibles en los aparatos de la instalación, se revisan a partir de los esquemas disponibles y elementos de señalización, asegurando que coinciden con la información disponible en la documentación de servicio y que operan según las características esperadas de maniobrabilidad.

**CR1.5** Los elementos de seguridad y emergencia en la subestación eléctrica: banqueta y guantes aislantes, gafas de protección, instrucciones de servicio, pértiga de salvamento, pértiga para extracción y reposición de fusibles, equipo de respiración artificial, placa de primeros auxilios, extintor, puesta a tierra y otros, se localizan en los locales o salas de control, comprobando su estado de conservación y que no han sobrepasado la fecha de caducidad.

**CR1.6** Las líneas de alta tensión aéreas, subterráneas u otras instalaciones eléctricas existentes en la zona de trabajo o en sus cercanías se localizan, a fin de prever las medidas que puedan evitar el riesgo eléctrico, como la planificación del corte de tensión o las acciones preventivas para trabajos en proximidad de tensión.

**CR1.7** El informe técnico de revisión se cumplimenta, utilizando el modelo establecido por la empresa de mantenimiento o de la empresa propietaria, reflejando las características,

declaración de conformidad de los equipos y el estado de los elementos inspeccionados - transformadores, enclavamientos, esquemas, dispositivos de seguridad, emergencia y otros- en el proceso de identificación, incorporando el resultado de las revisiones y, en su caso, los posibles defectos, incidencias, modificaciones realizadas y recomendaciones de mejora.

**RP2:** Efectuar las operaciones previas requeridas para trabajos sin tensión, en proximidad o con tensión en una subestación eléctrica, aplicando las técnicas y procedimientos establecidos en la normativa vigente sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, bajo supervisión de la persona responsable.

**CR2.1** El corte de todas las fuentes de alimentación, para trabajos sin tensión, se efectúa, una vez recibida la autorización de descargo por el responsable/titular de la instalación, mediante los aparatos de corte ubicados en los puntos de aislamiento, comprobando que sea visible y, en caso de transformadores de potencia y de medida -tensión o intensidad- asegurando que se impide la presencia de tensión en cualquiera de sus partes.

**CR2.2** Los dispositivos o aparatos de maniobra: interruptores automáticos, interruptores en carga y seccionadores -para trabajos sin tensión-, se bloquean, en todas las formas de acceso que estén instaladas -local, remota y a distancia- para evitar cualquier posible reconexión, manteniéndolos en la posición de abierto, y quedando señalizados en prohibición de maniobrar, desactivando las fuentes de energía auxiliar de los mismos.

**CR2.3** La ausencia de tensión -para trabajos sin tensión- en todos los elementos activos y líneas de la instalación se comprueba:

- Teniendo en cuenta las distancias mínimas de seguridad, tanto en planta como en altura,
- Equipados con guantes, gafas de protección y calzado dieléctrico, así como otros equipos de protección individual, aislantes y para trabajos en altura, si procede,
- Mediante un sistema verificador de tensión integrado en la cabina o dispositivo, si lo hubiera, o mediante pértiga detectora de ausencia de tensión,
- Comprobando el funcionamiento del dispositivo verificador, antes y después de su utilización.

**CR2.4** La puesta a tierra y en cortocircuito de la parte de las instalaciones donde se efectúen los trabajos sin tensión, se lleva a cabo:

- Colocando cables de puesta a tierra portátiles, dispuestos en cortocircuito por el lado de las fuentes de tensión y, en caso de disponer de ellos, mediante los seccionadores de puesta a tierra,
- Señalizando la operación con carteles en cualquiera de los casos.

**CR2.5** La zona de trabajo -para trabajos sin tensión- se delimita, mediante cintas, carteles, cadenas u otros elementos de señalización de seguridad, protegiéndola si fuera necesario interponiendo barreras físicas o envolventes, frente a elementos próximos en tensión, y aplicando las distancias mínimas para la zona de peligro y la zona de proximidad, según se establece en la normativa vigente sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión.

**CR2.6** Las medidas de protección previas a la realización de trabajos en proximidad de tensión se implementan:

- Identificando y reduciendo, en su caso, el número de elementos en tensión,
- Colocando pantallas, barreras, envolventes o protectores aislantes cuyas características - mecánicas y eléctricas- garanticen su eficacia protectora,
- Delimitando la zona de trabajo respecto a las zonas de peligro, definidas a partir de las distancias mínimas a respetar hacia las partes en tensión.
- Mediante otras acciones según normativa aplicable en materia de protección frente a riesgos eléctricos, bajo la dirección y vigilancia de la persona responsable.

**CR2.7** Los equipos y materiales para trabajos en tensión, tales como pantallas, cubiertas, vainas -para el recubrimiento de partes activas o masas-, los útiles aislantes o aislados -herramientas, pinzas, puntas de prueba y otros-, las pértigas aislantes, los dispositivos aislantes o aislados -banquetas, alfombras, plataformas de trabajo, otros-, los dispositivos de protección individual -guantes, gafas, calzado, cascos y otros- se seleccionan, teniendo en cuenta las características del trabajo y en particular la tensión de servicio, manteniéndolos y revisándolos según las instrucciones del fabricante.

**CR2.8** La zona de trabajo -para trabajos en tensión- se habilita:

- Mediante un apoyo sólido y estable que permita tener las manos libres,
- En condiciones de visibilidad para poder realizar el trabajo,
- Señalizándola y delimitándola,
- Evitando el contacto accidental con cualquier otro elemento a potencial distinto al suyo,
- Teniendo en cuenta las condiciones ambientales o climáticas desfavorables,

Y otras medidas según normativa aplicable en materia de protección frente a riesgos eléctricos, bajo la dirección y vigilancia de la persona responsable.

**RP3:** Aplicar operaciones de mantenimiento sobre elementos estructurales de la subestación eléctrica de intemperie, tales como cimentaciones y estructuras de hormigón, estructuras metálicas -pórticos, apoyos, celosías, otros-, canalizaciones o galerías y red de tierra, según normativa aplicable vinculada a la seguridad de las instalaciones de alta tensión, calidad, protección medioambiental y la planificación de la actividad preventiva.

**CR3.1** Las herramientas, de tipo manual o eléctrico, y equipos de protección colectiva o individual, como: calzado, gafas, escaleras aislantes, pértigas aislantes elementos de seguridad para trabajos en altura -arneses, eslingas, casco con barboquejo, líneas de vida-, se seleccionan, a partir de los listados definidos en el plan de mantenimiento de la instalación, verificando las hojas de inspección, calibración, fechas de caducidad y su estado según la periodicidad establecida por el fabricante, utilizándose en todas las operaciones a realizar.

**CR3.2** Las distancias mínimas de seguridad entre las herramientas u objetos que se puedan manipular de forma voluntaria o accidental y posibles elementos con tensión, se delimitan, tanto en planta como en altura, en las condiciones más desfavorables, también para el vehículo que pueda ser utilizado por el interior del recinto, a partir de los planos de disposición de la subestación eléctrica y listados disponibles en el proyecto de la instalación.

**CR3.3** Las cimentaciones y estructuras de hormigón se examinan en su estado de conservación, recubrimientos -de tipo vegetal u otros-, descascarillado o posibles fisuras, corrigiendo los defectos mediante rellenado y otros procedimientos establecidos en el plan de mantenimiento de la instalación o planificando, en su caso, posteriores trabajos de intervención a partir de las deficiencias observadas.

**CR3.4** Las estructuras metálicas, -pórticos, apoyos, celosías u otras- se revisan: en sus fijaciones y anclajes -corrigiendo las deficiencias mediante herramientas específicas como llave dinamométrica-, en grietas presentes en las soldaduras, así como en las protecciones ante la corrosión -pintura o galvanizado-, planificando, en su caso, posteriores trabajos de intervención a partir de las deficiencias observadas.

**CR3.5** Las canalizaciones, canales revisables, zanjas prefabricadas y galerías visitables, así como las arquetas, se inspeccionan:

- Atendiendo, en caso de ser espacio confinado, a los riesgos asociados -animales, insectos, presencia de gases tóxicos o asfixiantes, ventilación natural desfavorable, deficiencia de oxígeno u otros- mediante equipo de medición de oxígeno y otros sistemas de protección,

- Retirando objetos indeseados o elementos de maleza,
- Revisando el estado de cajas y armarios de interconexión, soportes, bandejas, tubos, anclajes, aisladores y cadenas de aisladores de apoyo, de suspensión, pasamuros y pasatapas, botellas terminales, grapas u otros elementos,
- Comprobando el aislamiento de los cables mediante inspección visual y medición.

**CR3.6** La red de puesta a tierra se comprueba mediante la inspección y verificación de:

- La configuración del sistema de tierras, identificando los electrodos, sus características, condiciones físicas, así como efectuando el reapriete de sus conexiones, si procede,
- La continuidad de las conexiones electrodo-cable y cable-cable,
- El sulfatado o corrosión de bornes o conexiones, reemplazándolos, en su caso,
- Gravilla o grava, procediendo a la supresión de malezas,
- La resistencia de puesta a tierra, midiendo su valor con un telurómetro,
- Las tensiones de paso y contacto mediante un equipo específico de medida, en los puntos definidos en el plan de mantenimiento, o si se han producido variaciones constructivas en el entorno inmediato de la instalación.

**CR3.7** El informe técnico de las operaciones de mantenimiento sobre elementos estructurales de la subestación se cumplimenta, utilizando el modelo establecido por la empresa propietaria, incorporando el resultado de las revisiones, los posibles defectos, incidencias, modificaciones efectuadas y recomendaciones de mejora.

**RP4:** Efectuar operaciones de mantenimiento preventivo sobre elementos conductores y aislantes y sus accesorios, tales como cables y barras desnudas, barras de fase aislada, aisladores y otros, en una subestación eléctrica de intemperie, en situación libre de tensión, para reducir la probabilidad de fallos y posibilitar la máxima disponibilidad de las instalaciones, bajo supervisión de la persona responsable.

**CR4.1** Las herramientas, de tipo manual o eléctrico, y equipos de protección colectiva o individual, como: calzado, gafas, escaleras aislantes, pértigas aislantes, elementos de seguridad para trabajos en altura -arneses, eslingas, casco con barboquejo, líneas de vida-, se seleccionan, a partir de los listados definidos en el plan de mantenimiento de la instalación, verificando las hojas de inspección, calibración, fechas de caducidad y su estado según la periodicidad establecida por el fabricante, utilizándose en todas las operaciones a realizar.

**CR4.2** Las distancias mínimas de seguridad entre las herramientas u objetos que se puedan manipular de forma voluntaria o accidental y posibles elementos con tensión, se delimitan, tanto en planta como en altura, en las condiciones más desfavorables, también para el vehículo que pueda ser utilizado por el interior del recinto, a partir de los planos de disposición de la subestación eléctrica y listados disponibles en el proyecto.

**CR4.3** Los cables o barras desnudas, de aluminio o cobre -barras colectoras- y sus aisladores, conectores y herrajes asociados, se revisan en su aspecto exterior y elementos mecánicos, mediante la inspección y verificación de:

- El estado general del material, condiciones físicas y mecánicas,
- Soportes: cadenas, grapas, resortes y conectores,
- Aisladores, procediendo a su limpieza con trapo sin pelusa impregnado con líquido dieléctrico,
- Tornillería y terminales, efectuando el reapriete según el par indicado en el manual de mantenimiento para cada elemento.

**CR4.4** Los cables o barras desnudas y sus aisladores, se comprueban en sus propiedades eléctricas verificando y realizando medidas, si procede, de:

- Las conexiones eléctricas con alta resistencia de contacto, mediante cámara termográfica o midiendo la resistencia de contacto,
- La resistencia de aislamiento de la barra entre fase-fase y fase-tierra de cada una de las fases, mediante megóhmetro,
- La rigidez dieléctrica de los aisladores, en equipos nuevos o renovados, mediante un dielectrómetro.

**CR4.5** El aislamiento principal y de la cubierta de las líneas eléctricas con conductores aislados y, en caso de tensión nominal igual o superior a 220 kV, el estado del aislamiento de las terminaciones y de los puentes con cables aislados que interconectan elementos de la instalación de alta tensión, se comprueban, utilizando métodos de ensayo tales como: descargas parciales, medidas de continuidad y resistencia eléctrica de las pantallas y de los conductores, según periodicidad y normativa aplicable vinculada a la seguridad de las instalaciones de alta tensión.

**CR4.6** Las barras de fase aislada se chequean mediante equipo específico de diagnóstico de interferencia electromagnética, a fin de detectar fallos como piezas metálicas sueltas o corroídas, aislamiento defectuoso, objetos extraños dentro de la barra colectora, fusibles abiertos, conectores defectuosos u otros.

**CR4.7** El informe técnico de las operaciones de mantenimiento sobre elementos conductores y aislantes y sus accesorios, se cumplimenta, utilizando el modelo establecido por la empresa propietaria, incorporando el resultado de las revisiones, los posibles defectos, incidencias, modificaciones efectuadas y recomendaciones de mejora.

**RP5:** Llevar a cabo operaciones de mantenimiento sobre los elementos eléctricos principales de una subestación eléctrica de intemperie: transformadores de potencia, de tensión e intensidad -para medida y protección-, interruptores de potencia, seccionadores, pararrayos autoválvula u otros, bajo supervisión de la persona responsable, atendiendo requisitos de manipulación de gases fluorados, en su caso, para asegurar su disponibilidad e integridad, garantizando el suministro en condiciones de seguridad.

**CR5.1** Los elementos principales de la subestación eléctrica: transformadores de potencia, tensión e intensidad, interruptores de potencia, seccionadores, pararrayos autoválvula u otros, se revisan en sus partes externas y elementos mecánicos mediante la inspección y verificación de:

- Estado de la pintura o galvanizado, oxidación y hermeticidad de las envolventes,
- Alineación y anclaje sobre su bancada o soporte,
- Puesta a tierra, comprobando las conexiones y procediendo al ajuste de los terminales,
- Tornillería en conectores de alta tensión, procediendo a aplicar grasa conductora en los terminales,
- Articulaciones y partes móviles, aplicando lubricación,
- Presión o niveles de aceite, reponiendo en su caso,
- Presión del gas en los equipos de aparamenta que lo incluyan,
- Bornas tipo bushing con cuerpo aislante, procediendo a su limpieza,
- Porcelanas o resina de los aisladores, limpiándolas con trapos sin pelusa impregnado con líquido dieléctrico,

Y otras operaciones específicas descritas en el plan de mantenimiento de la instalación para estos dispositivos, utilizando los equipos de protección individual, para trabajos en altura y respetando las distancias mínimas de seguridad en planta y en altura.

**CR5.2** Los transformadores de potencia se revisan en sus aspectos eléctricos verificando y realizando medidas, si procede, de:

- La operatividad y ajuste de las alarmas y circuitos de disparo de los indicadores de temperatura,
- Los ventiladores u otros sistemas de refrigeración, sus conexiones de alimentación eléctrica, elementos de rotación, y sistema de protección propios,
- Las conexiones eléctricas, mediante termografía o medida de la resistencia de contacto, que permitan detectar sobrecalentamientos,
- El relé Buchholz, en su caso, realizando pruebas operativas sobre el mismo,
- El funcionamiento de los dispositivos de control local y remoto, procediendo a las pruebas operativas,

Y otras operaciones específicas descritas en el plan de mantenimiento de la instalación para estos dispositivos.

**CR5.3** Los transformadores de medida -tensión e intensidad- se comprueban, en sus aspectos eléctricos, mediante la verificación y realizando mediciones, si procede, de:

- Las conexiones de alta y baja tensión,
- El aislamiento entre devanados y entre éstos y tierra, mediante megóhmetro,
- Los fusibles existentes,
- Los sobrecalentamientos en conexiones eléctricas, aplicando cámaras termográficas o midiendo la resistencia de contacto,

Así como otras operaciones específicas descritas en el plan de mantenimiento de la instalación para estos dispositivos.

**CR5.4** Los interruptores de potencia se comprueban, en sus aspectos eléctricos, mediante la verificación y realizando medidas, si procede, de:

- Mando local y a distancia, apertura y cierre,
- Prueba de operación del mecanismo de accionamiento,
- Contador de operaciones de apertura-cierre, anotando las efectuadas,
- Disparo por protecciones,
- Aislamiento de gas, en su caso, para tensiones superiores a 220 kV, en condiciones normales de explotación, mediante la medida de descargas parciales por métodos electromagnéticos, ópticos, acústicos, químicos u otras técnicas alternativas,
- Estado de la calefacción en el armario de mando y control,

Y otras operaciones específicas descritas en el plan de mantenimiento de la instalación para estos dispositivos según su tipo de accionamiento -neumático, hidráulico o de resorte- y el medio de extinción del arco eléctrico -vacío, aceite, o hexafluoruro de azufre, utilizado.

**CR5.5** Los seccionadores se revisan en sus aspectos eléctricos, mediante la verificación y realizando medidas, si procede, de:

- Apertura y cierre, en local y en remoto,
- Operación de seccionador de puesta a tierra,
- Comprobación en el armario de mando del estado de la calefacción,
- Operación manual en las diferentes direcciones, detectando o identificando cualquier anomalía en sus rodamientos,

Y otras operaciones específicas descritas en el plan de mantenimiento de la instalación para estos dispositivos.

**CR5.6** Las propiedades de los gases fluorados se verifican, en particular en subestaciones con aislamiento por gas SF<sub>6</sub> -GIS- o híbridas -HIS-, utilizando equipamiento para determinar sus características, como humedad y punto de rocío, aire en el gas, productos de descomposición, detección de fugas, así como dispositivo de recarga y evacuación del gas.

**CR5.7** Los pararrayos autoválvula se comprueban mediante las pruebas normalizadas de aislamiento, establecidas en el plan de mantenimiento y, en su caso, de corriente de fuga incluyendo la verificación del funcionamiento del contador de descargas.

**CR5.8** Las reparaciones en caso de avería imprevista -mantenimiento correctivo-, se llevan a cabo:

- Procediendo al corte de tensión mediante las técnicas reglamentadas o valorando la posibilidad de intervenir con tensión, bajo supervisión de la persona responsable,
- Localizando el origen y características de la avería: tipo mecánico, eléctrico, electrónico, o químico,
- Determinando su gravedad, así como los elementos o componentes afectados,
- Realizando mediciones, en su caso, de los parámetros característicos -tensión, presión, temperatura u otros- en puntos de inspección especificados y comparándolos con los valores esperados, a partir del manual de servicio del dispositivo,
- Interviniendo sobre gases fluorados -toma de muestras, extracción u otros- en los dispositivos que lo requieran, atendiendo a su normativa de aplicación.
- Procediendo a la reparación o sustitución del elemento dañado por uno equivalente y compatible en sus características mecánicas y eléctricas, desmontándolo -junto a otros componentes si se requiere-, tomando como referencia los planos y esquemas disponibles, siguiendo la secuencia establecida en la información del fabricante u otra documentación técnica y montando y conectando el nuevo dispositivo en su lugar.

**CR5.9** El informe técnico de las operaciones de mantenimiento sobre los elementos eléctricos principales de la instalación, se cumplimenta, utilizando el modelo establecido por la empresa propietaria, describiendo las actividades realizadas, el alcance de los trabajos ejecutados, el procedimiento o protocolo de pruebas llevado a cabo, los resultados obtenidos, modificaciones efectuadas y recomendaciones de mejora.

**RP6:** Realizar operaciones de mantenimiento sobre los sistemas de mando, señalización, control, protección y medida, tanto en corriente alterna como en corriente continua, en su estado general, aspectos electro-mecánicos, eléctricos, electrónicos y de comunicaciones, fiabilidad y seguridad de las conexiones, estado de envejecimiento de los componentes, así como pruebas de operatividad.

**CR6.1** El estado general del interior de los edificios que albergan los sistemas de control, mando, señalización, protección y medida, se comprueba:

- Atendiendo las condiciones de orden, limpieza, pintura y humedades,
- Retirando cualquier objeto que pueda interferir o dificultar el funcionamiento de los equipamientos, así como las operaciones de maniobra o mantenimiento,
- Verificando la presencia y legibilidad de cartelería relativa a: acceso, señalización de evacuación y socorro, plan de autoprotección, soporte vital, manejo de gases de hexafluoruro de azufre SF<sub>6</sub>, material antiderrame u otros.

**CR6.2** Los cuadros, armarios y paneles que albergan los equipos de mando, señalización, control, protección y medida se revisan en sus partes externas y elementos mecánicos mediante la inspección visual y verificación de:

- Pintura o galvanizado de las envolventes,
- Estado del anclaje al suelo,
- Estado de soldaduras, tornillería y herrajes,
- Barras, cables y regleteros de bornas,
- Puesta a tierra, revisando las conexiones y procediendo al ajuste de los terminales,
- Los fusibles, chequeando el calibre y el estado de las mordazas,

- El carro de interruptor automático, en su caso, verificando el desplazamiento de entrada y salida,
  - La señalización en frontales de celdas y tableros, atendiendo a su legibilidad,
- Así como otras operaciones específicas descritas en el plan de mantenimiento de la instalación para estos sistemas.

**CR6.3** El sistema de calefacción de partes de las celdas y cuadros, paneles y armarios de control, así como la iluminación de las zonas frontales y traseras se comprueban, a fin de garantizar las condiciones de conservación, visibilidad para la lectura de los instrumentos y la operatividad en las intervenciones.

**CR6.4** Los elementos de los sistemas de mando, señalización, control y protección-relés de protección, relés auxiliares, contactores, pulsadores, selectores, conmutadores, lámparas, pilotos LED, avisadores, centralitas de alarmas y otros- se revisan en su funcionalidad, asegurando la operatividad esperada ante cada acción o evento, conforme a los criterios establecidos en el plan de mantenimiento.

**CR6.5** El informe técnico de las operaciones de mantenimiento sobre los sistemas de mando, señalización, control, protección y medida, se cumplimenta, utilizando el modelo establecido por la empresa propietaria, describiendo las actividades realizadas, el alcance de los trabajos ejecutados, el procedimiento o protocolo de pruebas llevado a cabo, los resultados obtenidos, las modificaciones efectuadas y las recomendaciones de mejora.

**RP7:** Efectuar operaciones de mantenimiento sobre los servicios auxiliares de corriente alterna, sistema rectificador-batería, sala de batería de acumuladores y equipo electrógeno de emergencia, para garantizar la continuidad del suministro a los dispositivos de la subestación, chequeando sus propiedades mecánicas, prestaciones eléctricas y características químicas y ambientales, bajo supervisión de la persona responsable.

**CR7.1** Los locales de ubicación, tanto de las baterías de acumuladores como de los equipos rectificadores, se revisan, comprobando las condiciones de ventilación, humedad, suelo y desagüe, toma de agua, pintura, documentación y registros de mantenimiento, utensilios para el mantenimiento, equipos de protección individual, así como cartelería visible -características principales, prohibición de fumar e introducir utensilios de llama, medidas de seguridad a observar en caso de recarga, mantenimiento o contacto accidental con el electrolito- y otros requisitos, según normativa aplicable a locales con riesgos de incendio o explosión y con características especiales.

**CR7.2** Las baterías de acumuladores se chequean en sus características eléctricas y químicas, tales como: tensión proporcionada, densidad y nivel del electrolito mediante hidrómetro, corrosión en los bornes, orificio de ventilación en el tapón de cada celda, temperatura en condiciones de carga lenta o rápida, así como las conexiones entre celdas y a los armarios de distribución.

**CR7.3** Los equipos rectificadores para la carga de baterías se comprueban en su anclaje, sistema de calefacción, hermeticidad de sus envolventes, enclavamientos, características eléctricas tales como: conexión de puesta a tierra, identificación de cables y bornes, mandos, instrumentos y alarmas locales incorporadas en el frontal, valores de tensión e intensidad que proporciona, pruebas de operatividad u otras.

**CR7.4** El equipo electrógeno de emergencia, se chequea en su aspecto exterior y características mecánicas, revisando:

- El anclaje, nivelación, alineación y sistemas de antivibración,
- Las conexiones al tanque de aceite combustible para motores.

- El nivel de aceite, así como los filtros de aire y aceite, reponiendo en su caso,
- La envolvente y el grado de insonorización según normativa de aplicación relativa a niveles de ruido.

**CR7.5** El equipo electrógeno de emergencia se chequea, en sus características eléctricas y sistemas de control, revisando:

- La puesta a tierra: conexiones y terminales, procediendo a su apriete, en su caso,
- La batería de arranque de motor, midiendo su intensidad y tensión, aplicando vaselina en los bornes y reponiendo nivel de agua, si procede,
- Los enclavamientos, equipos de medida y señalización,
- El sistema de refrigeración,
- El cuadro de control, con el equipo de potencia y los elementos de mando y control, lámparas indicadoras, medidores, pulsadores de arranque-parada, conmutador selector de tipo de funcionamiento u otros.

**CR7.6** La iluminación en las distintas dependencias, viales y parque de intemperie, así como de emergencia se comprueba, sustituyendo las luminarias, proyectores o lámparas dañadas, atendiendo a los puntos con requisitos especiales de visibilidad, como el entorno de transformadores de potencia y aparamenta, de forma que se garantice la operatividad de los trabajos en todo tipo de condiciones, así como en horario nocturno.

**CR7.7** El suministro de alimentación eléctrica sobre los elementos o zona de la subestación en los que se haya aplicado procedimiento de descargo, se repone, una vez recibida la autorización del responsable/titular de la instalación, siguiendo el protocolo establecido para su puesta en servicio, teniendo en cuenta las normas particulares de la compañía suministradora, aplicando la señalización preceptiva de zonas y dispositivos, utilizando, en todo caso, las medidas y equipos de protección colectiva e individual.

**CR7.8** El informe técnico de las operaciones de mantenimiento sobre los servicios auxiliares de corriente alterna, sistema rectificador-batería, sala de batería de acumuladores y equipo electrógeno de emergencia se cumplimenta, utilizando el modelo establecido por la empresa propietaria, describiendo las actividades realizadas, el alcance de los trabajos ejecutados, los procedimientos y protocolos de pruebas llevados a cabo, los resultados obtenidos, modificaciones efectuadas y recomendaciones de mejora.

## Contexto profesional

### Medios de producción

Herramientas manuales para trabajos mecánicos y trabajos eléctricos. Llaves dinamométricas. Instrumentos de medida: telurómetro, pinza voltiamperimétrica, megóhmetro, micróhmetro, miliohmímetro, comprobadores de ausencia de tensión. Equipos de prueba: inyectores de intensidad, medidor de tensiones de paso y contacto, pértiga de puesta a tierra y pértiga detectora de tensión. Cámara termográfica. Medidor de aislamiento de al menos 10 kV. Equipo verificador de continuidad. Medidor de rigidez dieléctrica de aislantes líquidos. Medidor de capacidad/tangente de delta. Medidor de tiempos de cierre y apertura de interruptores automáticos. Grupo electrógeno de potencia mínima de 5 kVA. Equipamiento para la realización de ensayos dieléctricos. Medidor de aislamiento por descargas parciales y medidor de tangente delta. Equipos relacionados con la manipulación de gases fluorados: detección, medida de presión, toma de muestras, extracción o recuperación. Conexiones a tierra portátiles. Terminal portátil para la gestión de operaciones de mantenimiento. Herramientas informáticas para la elaboración de documentación. Herramientas, equipos y medios de protección colectiva e individual, tales como casco dieléctrico, guantes de protección de acuerdo al trabajo a realizar, botas dieléctricas, gafas de seguridad, arnés, líneas de tierra, tapones auditivos, entre otros. Equipamientos propios de una subestación eléctrica.

### Productos y resultados

Elementos, equipos, sistemas y características de la subestación eléctrica, identificados. Operaciones previas requeridas para trabajos sin tensión, en proximidad o con tensión efectuadas. Operaciones de mantenimiento sobre elementos estructurales, canalizaciones y red de tierra, elementos conductores y aislantes, realizadas. Operaciones de mantenimiento sobre los elementos eléctricos principales, completadas. Operaciones de mantenimiento sobre los sistemas de mando, señalización, control, protección y medida, efectuadas. Operaciones de mantenimiento sobre los servicios auxiliares de energía, realizadas.

### Información utilizada o generada

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Reglamento electrotécnico de Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Normativa sobre comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos. Normativa sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Normas: Normalización Electrotécnica Nacional e Internacional UNE, IEC, CENELEC, IEEE. Normas de las Comunidades Autónomas. Normas particulares de las compañías eléctricas. Procedimientos de descargo. Fichas y documentación para el mantenimiento: hojas de ciclo de vida de los equipos, procedimientos para la realización de pruebas, históricos de averías y otros. Órdenes de trabajo. Partes de descripción de averías críticas y no críticas. Esquemas unifilares y otros tipos de esquemas eléctricos -desarrollados, de interconexión, de cableado interno-. Listado de equipos, cables y señales. Listas de TAGS. Manuales técnicos del fabricante de aparata, transformadores y otros equipamientos de la subestación eléctrica. Manuales de operación y mantenimiento de los equipos.

## MÓDULO FORMATIVO 1

### Montaje de centros de transformación

Nivel:	2
Código:	MF2559_2
Asociado a la UC:	UC2559_2 - Realizar operaciones de montaje de centros de transformación
Duración (horas):	180
Estado:	Tramitación BOE

### Capacidades y criterios de evaluación

**C1:** Aplicar técnicas de montaje de centros de transformación tipo intemperie, sobre apoyo, pórtico o bajo poste, a partir de la documentación de un proyecto.

**CE1.1** Describir los materiales y equipamientos que forman parte de un centro de transformación de intemperie, detallando sus características, tanto físicas como eléctricas.

**CE1.2** Identificar las herramientas y equipos de protección colectiva o individual, en particular para trabajos en altura -casco con barboquejo, arneses, líneas de vida-, determinando el ámbito de aplicación de cada uno.

**CE1.3** En un supuesto práctico de replanteo de zanjas, arquetas y otros elementos para el montaje de un centro de transformación tipo intemperie, representar la posición de dichos elementos a montar atendiendo las especificaciones del proyecto y la naturaleza del terreno.

**CE1.4** En un supuesto práctico de montaje de los equipos y dispositivos de un centro de transformación de intemperie:

- Identificar los elementos de acceso a los apoyos, soportes de los cortacircuitos fusibles y del transformador, crucetas para las cadenas de amarre, así como las herramientas precisas para su montaje.

- Ejemplificar el proceso de izado del transformador a su ubicación en poste o pórtico.

- Localizar sobre la documentación del proyecto la disposición de cortacircuitos fusible, cadenas de amarre, y otros elementos, así como las distancias mínimas que deben respetarse.

- Ejecutar el proceso de montaje de las cadenas de amarre, autoválvulas, interruptor de baja tensión, así como sus conexiones en la parte de alta y baja tensión, con el conductor de línea aérea o aislado que le corresponda en cada caso.

- Configurar el sistema de tierras -de herraje y neutro- conectando los elementos metálicos a los electrodos de tierra de cada apoyo y el neutro de la línea de baja tensión a la tierra de neutro según especificaciones dadas.

**CE1.5** Describir el proceso de tendido, tensado y conexión de líneas aéreas que conectan al centro de transformación de intemperie, tanto de alta tensión como de baja tensión.

**CE1.6** Representar la disposición de elementos antiescalo que deban instalarse, en su caso, sobre los apoyos de un centro de transformación de intemperie, junto con las placas de aviso de peligro.

**CE1.7** En un supuesto práctico de informe de montaje de un centro de transformación de intemperie, redactar el documento incluyendo información de las actividades realizadas, incidencias surgidas y posibles soluciones.

**C2:** Aplicar técnicas de organización de los equipamientos de un centro de transformación, teniendo en cuenta el espacio disponible, los accesos y la

necesidad, en su caso, de apoyos técnicos para la manipulación -elevación, descenso o transporte- de cargas de elevado peso.

**CE2.1** Identificar los equipos y materiales, tales como transformadores, celdas, herrajes, fusibles y otra aparatada, que constituyen un centro de transformación, describiendo sus tipos y características.

**CE2.2** En un supuesto práctico de ubicación de equipos, atendiendo a la documentación de un proyecto de un centro de transformación:

- Describir la secuencia ordenada de introducción de máquinas y dispositivos, según el espacio de maniobra, la posible obstaculización o la necesidad de desplazamientos posteriores por el propio recinto.

- Aplicar técnicas para introducir las celdas de alta tensión utilizando medios de manipulación como transpaleta, sistema de rodillos u otros, ubicándolas en la zona especificada, respetando las distancias mínimas hasta las paredes y las indicaciones de anclaje.

- Aplicar técnicas para ensamblar las celdas de alta tensión modulares, en su caso, siguiendo la secuencia de operaciones definida por un fabricante.

**CE2.3** En un supuesto práctico de montaje de elementos de un centro de transformación de interior:

- Aplicar técnicas para el montaje de las pletinas de tierra para las celdas modulares, así como el montaje del embarrado principal, según las instrucciones de un fabricante.

- Ejemplificar el ensamblado de las partes de la envolvente retiradas previamente.

**CE2.4** Describir un procedimiento normalizado de manipulación de gases fluorados -detección, medida de presión, toma de muestras, extracción o recuperación- que pueda requerirse en la instalación de aparatada que los incorpore.

**CE2.5** Describir las técnicas para el alojamiento del transformador en el recinto de un centro de transformación de interior, tales como la necesidad de protección de las aletas de refrigeración, orientación, anclaje que evite desplazamientos por vibraciones u otros aspectos-, considerando la necesidad de ayuda de medios de manipulación, según su peso y dimensiones.

**C3:** Aplicar técnicas para el montaje de los elementos de baja tensión de un centro de transformación de interior, para generación renovable o de otro tipo, atendiendo las instrucciones de un proyecto de instalación.

**CE3.1** Describir los equipos y materiales que forman la parte de baja tensión de un centro de transformación, tales como cuadro de baja tensión, cuadro de contadores, elementos de alumbrado u otra aparatada, identificando sus características físicas y eléctricas.

**CE3.2** Aplicar técnicas para ubicar los elementos de baja tensión en un centro de transformación, siguiendo una secuencia ordenada, respetando la necesidad de anclaje seguro, distancias mínimas de los pasillos de maniobra y espacio para los cables del transformador y de los cuadros.

**CE3.3** En un supuesto práctico de conexión de los elementos de baja tensión que forman un centro de transformación:

- Implementar la conexión del cuadro de contadores y la celda de medida, así como los inversores de baja tensión, en su caso, según especificaciones de una compañía eléctrica, utilizando conductores de características y secciones fijados de forma diferenciada para los circuitos de corriente y de tensión.

- Instalar los elementos de alumbrado de interior y de emergencia, toma de corriente, mecanismos u otros, según normativa de aplicación en baja tensión.

- Utilizar, en caso de edificio prefabricado, los anclajes previstos evitando taladrar las paredes.

**CE3.4** Definir el método de montaje del contacto de disparo del termómetro o de la central de sondas térmicas de cada transformador a las bornas previstas en su celda de protección, según el esquema eléctrico de la instalación.

**C4:** Aplicar técnicas para la instalación del sistema de tierras -de herrajes y de neutro- de un centro de transformación de interior, para generación renovable o de otro tipo, distinguiendo las partes metálicas de cada dispositivo y neutros de los transformadores, así como la necesidad de fijar un potencial de referencia para las líneas de baja tensión.

**CE4.1** En un supuesto práctico de construcción del electrodo de tierra de herrajes mediante un conductor desnudo de cobre o aluminio, según las especificaciones de un proyecto:

- Disponer en forma de anillo y en forma lineal, mostrando los motivos para cada elección.
- Situar por el perímetro del recinto de celdas embutido en el suelo, bajo un suelo técnico o en paralelo a una de las paredes, según el tipo de centro de transformación.
- Derivar latiguillos mediante grapas o extensiones engastadas.
- Proceder a la conexión de los extremos del anillo, en su caso, al mismo terminal de la caja de seccionamiento.
- Aplicar técnicas de fijación de manera que no pueda desplazarse en caso de corrientes de cortocircuito.

**CE4.2** Practicar el proceso de conexión de los latiguillos de tierra a los elementos del centro de transformación, por medio de terminales de pala plana engastados o terminales o arandelas de contacto bimetálicas, que eviten la aparición de pares galvánicos.

**CE4.3** Describir las técnicas de conexión a la tierra de herrajes de: las celdas de alta tensión, la cuba de cada transformador, así como de los elementos metálicos del centro de transformación accesibles desde el recinto de celdas -no incluidos en las excepciones que establece la normativa de aplicación- y susceptibles de ponerse en tensión por una avería.

**CE4.4** Esbozar, en el caso de un edificio prefabricado de hormigón armado, la puesta a tierra de las armaduras de la envolvente y de los techos cuando son desmontables, bien a través de las armaduras de las paredes o directamente al anillo de tierra por medio de flejes, latiguillos o insertos roscados soldados a las mismas.

**CE4.5** Diferenciar las situaciones en las que el neutro de las líneas de baja tensión que salen fuera de la instalación general se pueda conectar a una tierra separada -de neutro-, o a la tierra general de herrajes, en caso de que un proyecto lo contemple.

**C5:** Aplicar técnicas para la interconexión entre celdas de alta tensión y transformadores, así como el puente de interconexión entre cada transformador y su cuadro de baja tensión, mediante el cableado homologado acorde a los requisitos de potencia, corriente y aislamiento, entre otros, a partir de los esquemas definidos en un proyecto.

**CE5.1** En un supuesto práctico de implementación de los puentes de interconexión de alta tensión entre cada transformador y su celda de protección, según especificaciones de un proyecto:

- Seleccionar el tipo de cable y las terminaciones -abiertas o enchufables-.
- Determinar la longitud de cada fase, respetando el radio mínimo de curvatura en el tendido, evitando longitud sobrante excesiva.
- Aplicar técnicas de fijado de los cables en los amarres previstos en las celdas de protección y en uno o varios yugos de amarre junto a los bornes del transformador.

- Establecer la conexión de la trenza de tierra de las terminaciones a la conexión de tierra prevista para este fin en la propia celda, considerando los toroidales de protección, en caso de que existan.

**CE5.2** Ejemplificar el proceso de interconexión de celdas o grupos de celdas mediante puentes de cable seco, proporcionados por un fabricante, o confeccionados con los mismos requisitos de tipo de cable y terminaciones, respetando el radio mínimo de curvatura aplicando técnicas de conexión fiable y segura.

**CE5.3** En un supuesto práctico de implementación de los puentes de interconexión entre el transformador y el cuadro de baja tensión, según especificaciones de un proyecto:

- Seleccionar el tipo y número de cables en paralelo por fase y para el neutro.
- Identificar los terminales bimetálicos o arandelas de contacto bimetálicas, según la naturaleza del cable y los terminales.
- Aplicar técnicas de engastado de los terminales con una herramienta de compresión, conectando los puentes fase a fase, identificándolos con colores u otros medios, de manera que los cables de la misma fase queden sensiblemente paralelos entre sí.
- Montar los protectores mecánicos o las envolventes del armario, asegurando la ausencia de contactos con partes activas y el grado de protección IP.

**C6:** Aplicar las técnicas de conexión de un centro de transformación con las instalaciones externas: entradas de alta tensión, salidas de baja tensión y redes de tierra exteriores, mediante cables de características homologadas según los valores de tensión, intensidad y potencia de la instalación, a partir de la documentación de un proyecto.

**CE6.1** En un supuesto práctico de conexión de los cables de alta tensión:

- Mostrar el proceso de introducción de los tres cables de cada línea de alta tensión a un centro de transformación, hasta las bornas de la celda a la que irán conectados.
- Confeccionar las terminaciones según las instrucciones de un fabricante.
- Establecer la longitud de cada cable y la forma de fijación en los amarres previstos en cada celda, de manera que en caso de cortocircuito no se transmitan esfuerzos dinámicos excesivos a las bornas de conexión.
- Aplicar técnicas para la conexión de la trenza de tierra -de las terminaciones en cada celda- a la conexión de tierra prevista en la propia celda, pasándolo por el interior de los toroidales de protección, en su caso.

**CE6.2** Mostrar el procedimiento para conectar los cables de baja tensión de un centro de transformación a las líneas de baja tensión, sacando las tres fases y el neutro de cada circuito completo por el mismo orificio, o bien repartiéndolos entre dos o más orificios, manteniendo el mismo número de conductores de fase por cada uno de ellos.

**CE6.3** Ejemplificar el proceso de la instalación interior de tierra de herrajes de un centro de transformación, así como de la conexión del neutro de las líneas de baja tensión a su correspondiente caja de seccionamiento, mediante cable desnudo, a través de una nueva prerrotura o aprovechando las utilizadas para las líneas de alta tensión.

**CE6.4** Describir las técnicas de sellado de las entradas de cable al interior de un centro de transformación, utilizando empaquetaduras o conjuntos de estanqueidad para el ingreso de los cables, siguiendo las recomendaciones de un fabricante, o mediante masillas o espumas imputrescibles, aplicando el sellado también a la parte interior de los tubos si se han embocado en el interior de la envolvente.

**CE6.5** Identificar los tipos de partes de trabajo o informes técnicos de montaje de un centro de transformación, según modelos de una empresa instaladora, que incluyan operaciones efectuadas, así como posibles incidencias y modificaciones que se adopten.

**C7:** Emplear técnicas de verificación previas a la puesta en servicio de un centro de transformación, siguiendo los procedimientos establecidos en la normativa de aplicación sobre condiciones de seguridad en instalaciones de alta tensión.

**CE7.1** Escoger los equipos de medida y ensayo para las verificaciones, tales como telurómetro, medidor de aislamiento, pértiga detectora de tensión, pértiga de puesta a tierra, multímetro, miliohmímetro, medidor de tensiones de paso y contacto, cámara de termografía, equipo verificador de continuidad de circuitos y otros, así como los equipos y medios de protección individual, EPI, en función del nivel de tensión y otras características eléctricas de la instalación.

**CE7.2** Describir las técnicas para verificar la naturaleza y características de los equipos y aparatos instalados en un centro de transformación, tales como la relación de transformación y grupo de conexión, sección de los cables, potencias asignadas, niveles de aislamiento y otras, de forma que se cumplan los requisitos y cálculos establecidos en un proyecto de la instalación.

**CE7.3** Implementar la señalización de un recinto de centro de transformación y de sus elementos principales, incluyendo documentación de obligada disponibilidad, como un esquema eléctrico unifilar y manuales con instrucciones de operación y mantenimiento de los equipos y materiales.

**CE7.4** En un supuesto práctico de medida de distancias de seguridad en un centro de transformación:

- Obtener las distancias entre las partes activas de las conexiones al transformador y los elementos cercanos puestos a tierra cuando se utilicen bornas no enchufables.
- Obtener las distancias entre las partes en tensión, y entre éstas y tierra -suponiendo que no han sido sometidos a ensayos de aislamiento-.
- Medir las distancias mínimas de seguridad en los pasillos de acceso y zonas de protección.
- Identificar en cada caso los valores mínimos exigidos en la normativa de aplicación.

**CE7.5** Describir el proceso de revisión de la instalación de puesta a tierra con técnicas tales como: inspección visual, medida de continuidad del circuito de tierra y de su resistencia, medidas de tensiones de paso y contacto u otras, reconociendo los rangos que permitan obtener el informe técnico con resultado favorable.

**CE7.6** Aplicar las técnicas homologadas para el ensayo del estado del aislamiento principal y de la cubierta exterior de los cables de alta tensión y puentes de cable de un centro de transformación.

**CE7.7** En un supuesto práctico de comprobación de los elementos montados en un centro de transformación, aplicar ensayos funcionales sobre: los relés de protección con los ajustes asociados a las condiciones de explotación, los sistemas auxiliares -control, comunicaciones, ventilación, otros- y los enclavamientos -mecánicos o eléctricos-, utilizando documentación y manuales de servicio tipo.

**CE7.8** Presentar un informe técnico de verificaciones previas a la puesta en marcha de un centro de transformación, mediante modelo establecido por una entidad instaladora o compañía suministradora, que incluya descripción de operaciones efectuadas y posibles incidencias.

## Capacidades cuya adquisición debe ser completada en un entorno real de trabajo

C1 respecto a CE1.3, CE1.4 y CE1.7; C2 respecto a CE2.2 y CE2.3; C3 respecto a CE3.3; C4 respecto a CE4.1; C5 respecto a CE5.1 y CE5.3; C6 respecto a CE6.1; C7 respecto a CE7.4 y CE7.7.

## Otras Capacidades:

Adaptarse a la organización de la empresa integrándose en el sistema de relaciones técnico-laborales.

Ejecutar correctamente las instrucciones que recibe responsabilizándose de la labor que desarrolla, dentro de su ámbito competencial.

Participar activamente y coordinar, en su caso, el equipo de trabajo.

Demostrar el grado de autonomía requerido en la resolución de contingencias, dentro de su ámbito competencial.

Comunicarse de manera eficaz con la persona adecuada en cada momento.

Mostrar una actitud de respeto hacia los compañeros, procedimientos y normas de la empresa.

## Contenidos

- 1 Regulación de la actividad y seguridad en el montaje de centros de transformación**

Normativa y reglamentación vigente para prevención del riesgo eléctrico en trabajos realizados en instalaciones eléctricas.

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones de alta tensión, en su aplicación al montaje de centros de transformación.

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas de alta tensión, en su aplicación al montaje de centros de transformación.

Normativa sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, EPI.

Relación de normativa vigente -estatal y autonómica- sobre impacto ambiental de instalaciones de alta tensión.

Protecciones de transformadores, motores, generadores y líneas de tercera categoría.

Seguridad para trabajos en instalaciones de alta tensión de tercera categoría.

Factores y situaciones de riesgo, incluso de origen no eléctrico.

Técnicas de primeros auxilios.
- 2 Esquemas y documentación para el montaje de centros de transformación**

Normalización de la documentación electrotécnica.

Simbología.

Interpretación de planos y esquemas.

Plano de alzado y planta de la instalación.

Esquemas unifilares.

Planos de detalles de los componentes de la instalación -transformadores, celdas, otros-.

Documentación para el montaje de centros de transformación.

Proyectos tipo de instalación de centros de transformación.

Manuales de montaje de equipos.

Órdenes de trabajo; Informes de intervención.

Programas de puntos de inspección -PPI-.
- 3 Elementos constitutivos y exigencias para los equipos y materiales de centros de transformación**

Elementos constitutivos de centros de transformación sobre apoyo o pórtico.

Apoyos: tipos y características -metálicos/hormigón-.

Transformador tipo poste: características.

Cuadro de baja tensión.

Pararrayos autoválvula, aisladores y cadenas de suspensión y amarre.

Interconexión: Pararrayos-Trafo, Trafo-Cuadro de baja tensión.

Instalación de Puesta a Tierra -PaT- en centros de transformación sobre apoyo o pórtico.  
Elementos de maniobra: seccionadores unipolares o tripolares, cortacircuitos de expulsión, entre otros.  
Elementos de protección: fusibles, pararrayos autoválvula, entre otros.  
Elementos de medida. Elementos de señalización y enclavamiento.  
Elementos constitutivos de centros de transformación de interior, para generación renovable o de otro tipo.  
Envolventes prefabricadas: tipos y características -maniobra interior/exterior, de superficie o subterránea-.  
Recintos para centro de transformación de obra civil o en edificios para otros usos.  
Celdas prefabricadas de alta tensión: tipos y características -compactas/modulares, tipo de aislamiento-.  
Transformador tipo caseta: tipos y características -aislamiento líquido/seco-.  
Cuadros modulares de baja tensión para centros de transformación.  
Fusibles limitadores de alta tensión.  
Cables de alta tensión y terminaciones abiertas y enchufables.  
Interconexiones: celda-trafo, trafo-cuadro de baja tensión en centros de transformación.  
Instalación de puesta a tierra -PaT- en centros de transformación.  
Elementos de maniobra en centros de transformación: seccionadores y seccionadores de puesta a tierra, interruptores, interruptores combinados con fusibles, interruptores automáticos, entre otros.  
Elementos de protección en centros de transformación: fusibles, pararrayos autoválvula, transformadores de protección, relés de protección, entre otros.  
Elementos de medida y contaje. Elementos de señalización y enclavamiento.

#### 4 Técnicas de montaje de centros de transformación sobre poste

Tipos de documentación e instrucciones requeridas para el montaje de centros de transformación sobre poste.  
Herramientas utilizadas en instalaciones eléctricas de alta tensión: tipos y manejo.  
Medios técnicos y equipos de protección individual, en el montaje de centros de transformación tipo poste.  
Técnicas de replanteo de la instalación.  
Instalación de herrajes de acceso y de anclaje de elementos.  
Procedimientos de izado y anclaje del transformador.  
Instalación de cadenas, seccionadores, fusibles, cuadro de baja tensión y otros elementos.  
Conexión a tierra de los herrajes de los elementos y del neutro del transformador.  
Interconexión de los elementos y tendido de líneas.  
Procedimientos de verificación de distancias de seguridad y montaje.  
Montaje de elementos de señalización y seguridad.  
Retirada de útiles de acceso y montaje.  
Recogida de embalajes y residuos del proceso de montaje.

#### 5 Técnicas de montaje de centros de transformación de interior, para generación renovable o de otro tipo

Tipos de documentación e instrucciones requeridas para el montaje de centros de transformación de interior, para generación renovable o de otro tipo.  
Herramientas utilizadas en instalaciones eléctricas de alta tensión: tipos y manejo.  
Medios técnicos y equipos de protección individual, EPI, en el montaje de centros de transformación de interior, para generación renovable o de otro tipo.  
Técnicas de replanteo de la instalación.

Tipos de emplazamiento y anclaje del transformador. Emplazamiento, cosido y anclaje de las celdas.

Técnicas de emplazamiento y anclaje del cuadro de baja tensión, cuadro de contadores y otros elementos.

Realización del anillo de tierras y conexión de los elementos a la tierra de herrajes.

Conexiones: neutro del transformador a la tierra de neutro; entre celdas y transformadores; entre transformadores y cuadros de baja tensión; entre celda de medida y cuadro de contadores.

Alumbrado general, alumbrado de emergencia, conexiones de alimentación de elementos.

Técnicas de montaje y verificación de enclavamientos.

Conexiones exteriores de alta y baja tensión y a las tierras exteriores.

Sellado de entradas de cables a la envolvente.

Técnicas de montaje de elementos de señalización y seguridad.

Retirada de útiles de acceso y montaje. Recogida de embalajes y residuos del proceso de montaje.

## 6 Técnicas de verificación previas a la puesta en servicio de centros de transformación

Técnicas de selección y utilización de equipos de medida y ensayo, según entorno.

Procedimientos de verificación de la naturaleza, características y calibres de los equipamientos y aparataje según el proyecto.

Procedimientos de verificación de la señalización, esquemas y disponibilidad de documentación.

Procedimientos de comprobación de las distancias de seguridad y dimensiones de pasillos de maniobra e inspección.

Instalaciones de puesta a tierra, resistencias de tierra, tensiones de paso y de contacto según proyecto.

Técnicas de chequeo de: estado del aislamiento principal, aislamiento de la cubierta exterior de los cables de alta tensión y puentes de cable ejecutados en obra.

Procedimientos de pruebas funcionales sobre: elementos de maniobra, relés de protección, según proyecto -ajustes-, sistemas auxiliares -control, comunicaciones, ventilación, otros-, enclavamientos.

Informes técnicos de verificaciones: tipos y ejemplos.

## 7 Manipulación de conmutadores eléctricos fijos que contengan gases fluorados de efecto invernadero

Cambio climático, protocolos internacionales (Kioto), potencial de calentamiento atmosférico y otras cuestiones medioambientales.

Normativa de ámbito europeo y nacional sobre gases fluorados de efecto invernadero y Reglamentos de aplicación.

Propiedades físicas, químicas y ambientales del hexafluoruro de azufre, SF<sub>6</sub>.

Efectos sobre la salud de los productos de descomposición del SF<sub>6</sub>.

Usos del SF<sub>6</sub> en los equipos eléctricos -aislamiento, enfriamiento del arco voltaico, etc.- y comprensión del diseño de los equipos eléctricos.

Calidad, control de calidad y toma de muestras del SF<sub>6</sub> según las normas industriales.

Almacenamiento y transporte de SF<sub>6</sub>.

Manejo de equipos de extracción, recuperación del SF<sub>6</sub>, y manejo de sistemas estancos de perforación.

Recuperación, Mezclas, Depuración y Reutilización del SF<sub>6</sub> y diferentes clases de reutilización.

Trabajo en compartimientos abiertos con SF<sub>6</sub>, Detectores de SF<sub>6</sub>.

Neutralización de subproductos de SF<sub>6</sub>.

Fin de vida de equipos con atmósfera de SF<sub>6</sub>.

Seguimiento del SF<sub>6</sub> y obligaciones de registro de los datos oportunos en virtud del Derecho nacional o comunitario o de acuerdos internacionales.

Reducción de fugas y controles de fugas.

Tecnologías alternativas para sustituir o reducir el uso de gases fluorados de efecto invernadero y la manera segura de manipularlos. Condiciones de seguridad en el manejo de estas tecnologías.

## Parámetros de contexto de la formación

### Espacios e instalaciones

Los talleres e instalaciones darán respuesta a las necesidades formativas de acuerdo con el contexto profesional establecido en la unidad de competencia asociada, teniendo en cuenta la normativa aplicable del sector productivo, prevención de riesgos laborales, accesibilidad universal y protección medioambiental. Se considerará con carácter orientativo como espacios de uso:

- Taller de 6 m<sup>2</sup> por alumno o alumna.
- Instalación de 2 m<sup>2</sup> por alumno o alumna.

### Perfil profesional del formador o formadora:

1. Dominio de los conocimientos y las técnicas relacionados con la realización de operaciones de montaje de centros de transformación, que se acreditará mediante una de las dos formas siguientes:

- Formación académica de nivel 2 (Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior) o de otras de superior nivel relacionadas con el campo profesional.
- Experiencia profesional de un mínimo de 4 años en el campo de las competencias relacionadas con este módulo formativo.

2. Competencia pedagógica acreditada de acuerdo con lo que establezcan las Administraciones competentes.

## MÓDULO FORMATIVO 2

### Operaciones de mantenimiento en centros de transformación

Nivel:	2
Código:	MF2560_2
Asociado a la UC:	UC2560_2 - Ejecutar operaciones de mantenimiento en centros de transformación
Duración (horas):	180
Estado:	Tramitación BOE

### Capacidades y criterios de evaluación

**C1:** Clasificar los elementos y características que forman la instalación eléctrica de un centro de transformación, estableciendo los procedimientos requeridos para la protección de la salud y seguridad de la persona trabajadora frente al riesgo eléctrico y los criterios técnicos de utilización de la aparata de maniobra según las prescripciones de un fabricante.

**CE1.1** Exponer los requisitos de acceso al recinto de un centro de transformación, así como a celdas, armarios y demás envolventes de material eléctrico, mediante autorización formal de una entidad titular.

**CE1.2** Identificar los esquemas eléctricos preceptivos, así como instrucciones generales de servicio para un centro de transformación tipo, reconociendo sobre la documentación la disposición real de la aparata de maniobra y otros aspectos relevantes de la instalación, tales como accionamientos, puertas, palancas o sistema de ventilación.

**CE1.3** Describir las características de los aparatos de maniobra de las instalaciones eléctricas de un centro de transformación: celdas de acometida, celdas de corte y los interruptores generales de baja tensión, tipo de aislamiento -vacío, aceite, gas-, en su caso, así como el significado de carteles y sinópticos disponibles en un recinto o en frontales de las cabinas o celdas.

**CE1.4** En un supuesto práctico de revisión de los sistemas de bloqueo, así como de enclavamientos eléctricos y mecánicos disponibles en los aparatos de una instalación, verificar su estado a partir de esquemas y elementos de señalización, contrastando que operan según las características esperadas de maniobrabilidad para cada elemento.

**CE1.5** Identificar los elementos de seguridad y emergencia de un centro de transformación, tales como: banqueta aislante, guantes aislantes, instrucciones de servicio, pértiga de salvamento, equipo de respiración artificial, puesta a tierra y otros, describiendo su ámbito de utilización y requisitos obligatorios -como pueden ser calibración y no haber alcanzado su fecha de caducidad-.

**CE1.6** En un supuesto práctico para determinar la secuencia del proceso de corte del suministro eléctrico en los elementos sobre los que se va a intervenir en un centro de transformación, priorizar los dispositivos que dispongan de poder de corte, o que se puedan abrir en condiciones nominales, relegando los seccionadores al último lugar.

**CE1.7** Redactar un informe técnico de revisión de los elementos y características que forman la instalación eléctrica de un centro de transformación, utilizando el modelo de una entidad de mantenimiento, incluyendo información de las actividades realizadas/a realizar y posibles incidencias.

**C2:** Aplicar técnicas preceptivas para trabajar en entornos sin tensión, en proximidad o con tensión en un centro de transformación, atendiendo los procedimientos de descargo y delimitación de zonas de trabajo, de peligro o de proximidad.

**CE2.1** Ejemplificar el proceso de corte de todas las fuentes de alimentación de una instalación, para trabajos sin tensión, identificando los aparatos de corte ubicados en los puntos de aislamiento, atendiendo la necesidad de que sea visible o efectivo y, en este caso, comprobando la señalización del indicador de posición del elemento utilizado.

**CE2.2** En un supuesto práctico de bloqueo de los dispositivos o aparatos de maniobra, - interruptores automáticos, interruptores en carga y seccionadores-, para trabajos sin tensión:

- Aplicar el bloqueo en todos los modos de maniobra que estén instalados -local, remota y a distancia-,
- Mantener en la posición de abierto, de forma que quede señalizada la prohibición de maniobrar,
- Identificar fecha/hora del bloqueo, así como un procedimiento de contacto,
- Desactivar, si las hubiera, las fuentes de energía auxiliar de los dispositivos, tanto para maniobra como para alimentación.

**CE2.3** Especificar el proceso de comprobación de ausencia de tensión -para trabajos sin tensión-, en todos los elementos activos de una instalación y en cada uno de los conductores separados de las fuentes de tensión y ubicados a partir del punto de aislamiento, teniendo en cuenta:

- La necesidad de utilización de equipos de protección individual,
- Las distancias mínimas de seguridad, tanto en planta como en altura, para una instalación particular,
- Los requisitos de uso del sistema verificador de tensión integrado o pértiga detectora de ausencia de tensión.

**CE2.4** Describir las técnicas de puesta a tierra y en cortocircuito de una instalación, para trabajos sin tensión, tales como el cierre de seccionador de puesta a tierra, la colocación de tierras portátiles, y la preceptiva señalización en cualquiera de los casos.

**CE2.5** Identificar una zona de trabajo -para trabajos sin tensión- en un centro de transformación y los elementos a utilizar para delimitarla: cintas, carteles, cadenas u otros útiles de señalización de seguridad, barrera física, envoltentes u otras.

**CE2.6** Describir las medidas de protección previas a la realización de trabajos en proximidad de tensión, tales como: identificar y reducir el número de elementos en tensión, colocar pantallas, barreras, envoltentes o protectores aislantes, delimitar una zona de trabajo respecto a una zona de peligro, incluyendo la necesidad de vigilancia de una persona responsable, u otras.

**CE2.7** Seleccionar un conjunto de equipos y materiales, útiles y herramientas aislantes o aislados, pértigas aislantes, así como dispositivos de protección individual, que se requieren para trabajos en tensión en un centro de transformación, teniendo en cuenta características del trabajo como puede ser la tensión de servicio, detallando los aspectos de mantenimiento de cada uno de ellos, según las instrucciones del fabricante.

**CE2.8** En un supuesto práctico de habilitación de una zona de trabajo para realizar trabajos en tensión, atendiendo las directrices de una persona responsable:

- Establecer un apoyo sólido que permita tener las manos libres,
- Determinar las condiciones de visibilidad,
- Señalizar y delimitar el entorno,
- Identificar las condiciones ambientales o climáticas desfavorables,

**C3:** Aplicar técnicas de mantenimiento predictivo sobre los componentes de un centro de transformación, en las situaciones más desfavorables de funcionamiento, considerando plena carga y siguiendo las especificaciones de la aparatamenta aportadas por un fabricante.

**CE3.1** Describir las técnicas para detectar fugas eléctricas por olor a ozono u otras derivaciones eléctricas en una instalación.

**CE3.2** Identificar los tipos de fugas -aceite o gas- que pueden generarse en radiadores de transformadores o interruptores, interpretando la información proporcionada por instrumentos de medida tales como relé de supervisión de nivel de líquidos, presostato o manómetro y seleccionando las acciones que deben realizarse en cada caso, atendiendo la normativa que regula la manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos.

**CE3.3** En un supuesto práctico de detección predictiva de anomalías en puntos críticos de los elementos de un centro de transformación, susceptibles de excesivo consumo o calentamiento, aplicar cámara de termografía infrarroja determinando, en su caso, la necesidad de programar reparación o sustitución.

**CE3.4** En un supuesto práctico de chequeos predictivos de transformadores, generadores o motores de un centro de transformación:

- Aplicar técnicas para determinar anomalías en el consumo de transformadores, generadores o motores, interpretando la información proporcionada por instrumentación eléctrica situada en los frontales y cabinas o en los cuadros de control, o mediante pinza amperimétrica.

- Detectar riesgos en la alimentación de máquinas y líneas eléctricas mediante la comprobación de las tensiones, intensidades, potencia y factor de potencia de los transformadores de tensión e intensidad, a partir de las medidas de parámetros eléctricos, contrastando si los valores obtenidos corresponden a las especificaciones técnicas o requieren actuaciones de reparación.

- Verificar los niveles de ruido y vibraciones en los transformadores mediante instrumento específico -sonómetro u otro-, disponiendo, en su caso, la mejora de fijación, anclaje o nivelación de dichos transformadores.

**CE3.5** Redactar un informe técnico de aplicación de un programa de mantenimiento predictivo, a partir de un modelo establecido por una entidad habilitada, que refleje las intervenciones efectuadas y el análisis de la evolución de anomalías o fallos detectados en sucesivos chequeos.

**C4:** Aplicar procedimientos de mantenimiento preventivo sobre los componentes de un centro de transformación, a partir de la documentación de servicio técnico de la aparatamenta que lo forma y las recomendaciones de sus fabricantes.

**CE4.1** Describir los puntos de revisión de los locales de un centro de transformación, tales como: limpieza, filtraciones de agua, sellado de las entradas de cable, cerraduras de puertas, rejillas y extractores de ventilación, sistemas de aire acondicionado, estado de escaleras u otros.

**CE4.2** Aplicar técnicas de limpieza, ajuste, lubricación y engrasado en partes móviles: accionamientos mecánicos de los mandos de interruptores y seccionadores, puertas, cabinas, enclavamientos, bloqueo de puertas u otros elementos, a partir de las instrucciones de cada fabricante, determinando, según el dispositivo, los criterios para proceder a su reparación o sustitución.

**CE4.3** Obtener las distancias mínimas de seguridad que deben mantenerse en cada zona -partes activas, pasillos de acceso, zonas de protección- de un centro de transformación, identificando en cada caso los valores mínimos exigidos en la normativa de aplicación sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión.

**CE4.4** Describir el proceso de comprobación de la instalación de puesta a tierra con técnicas tales como: inspección visual, medida de continuidad del circuito de tierra y de su resistencia,

medidas de tensiones de paso y contacto u otras, así como las soluciones a aplicar en caso de obtener valores óhmicos superiores a los admitidos en la normativa de aplicación.

**CE4.5** Identificar los tipos de partes de trabajo y de informes técnicos de intervención de mantenimiento, según modelos de una empresa o entidad mantenedora habilitada, que incluyan los resultados de las revisiones, así como posibles incidencias y modificaciones que se adopten.

**C5:** Aplicar técnicas de mantenimiento preventivo -revisiones periódicas- sobre los elementos eléctricos de un centro de transformación, atendiendo la documentación de servicio técnico de cada equipo y aparataje, así como las recomendaciones de sus fabricantes.

**CE5.1** Describir las operaciones de revisión periódica -limpieza, reapriete de conexiones eléctricas, tratamientos dieléctricos desengrasantes, y otras- sobre elementos eléctricos tales como: aisladores de apoyo, bornes de transformadores, columnas en transformadores secos, cables, placas aislantes, tulipas, polos de interruptores, determinando, según cada dispositivo, los criterios para proceder a su reparación o sustitución.

**CE5.2** En un supuesto práctico de comprobación de las líneas aéreas o subterráneas de acceso a un centro de transformación:

- Medir su aislamiento principal mediante tensión soportada a corriente alterna o por la técnica de descargas parciales a la tensión de red con o sin carga,
- Comprobar la cubierta mediante un megóhmetro,
- Verificar, en el caso de los cables subterráneos, la continuidad y resistencia óhmica de la pantalla metálica, describiendo las técnicas de aplicación.

**CE5.3** Describir las técnicas para la verificación de los relés de protección de la instalación, según lo previsto en los requerimientos de una empresa suministradora, estableciendo los criterios que ocasionarían el ajuste, regulación o sustitución del relé, en su caso.

**CE5.4** Ejemplificar la medida del aislamiento y resistencia de los bobinados de los transformadores, así como de los contactos de la aparataje -seccionadores, interruptores, otros-, describiendo el procedimiento de ensayo normalizado con instrumentación específica.

**CE5.5** Identificar los tipos de fusibles presentes en los elementos de un centro de transformación, así como los aspectos a revisar en intervenciones de mantenimiento preventivo: presión de las mordazas, intensidad nominal, idéntico calibre y fabricante en las tres fases, orientación del percutor hacia la timonería de disparo, calibre según la máquina a proteger -motor, transformador, generador y otros- o sección de la línea a proteger y la instrumentación de medida a utilizar.

**CE5.6** En un supuesto práctico de verificación de elementos dieléctricos, de seguridad, bloqueo y presión de la aparataje de un centro de transformación:

- Aplicar técnicas para la comprobación de la estanqueidad,
- Especificar el uso de manómetros y presostatos, en equipos que dispongan de gases fluorados,
- Disponer el ensayo de la rigidez de los fluidos dieléctricos, para aplicar en transformadores con depósito de expansión o interruptores de potencia,
- Identificar el grado de deterioro que pueda requerir la regeneración o sustitución de los elementos.

**CE5.7** Ejemplificar la reposición de alimentación eléctrica -energización- a un centro de transformación, aplicando los requisitos preceptivos en cuanto a autorizaciones, normas particulares de una compañía suministradora, utilización de equipos de protección individual, EPI, medidas de protección colectiva y señalización.

**CE5.8** Redactar un informe de operaciones efectuadas para mantenimiento preventivo, según modelo de una empresa o entidad mantenedora habilitada, que incluya los resultados de las revisiones, así como posibles incidencias y modificaciones que se adopten.

**C6:** Aplicar técnicas de mantenimiento correctivo de los componentes de un centro de transformación, detectando y diagnosticando las posibles averías, abordando las reparaciones pertinentes o la sustitución de materiales o equipos y verificando los resultados de una intervención efectuada.

**CE6.1** Identificar los síntomas y los efectos que pueden producir distintas averías: señales de tipo acústico o visual en alarma técnica, pérdida de suministro, sobrecalentamiento visible, incendio u otros, determinando las consecuencias para el suministro de energía, así como los posibles riesgos para las instalaciones o el personal.

**CE6.2** En un supuesto práctico de avería detectada, aplicar técnicas de diagnóstico para:

- Determinar su tipo -mecánico, eléctrico, electrónico, químico- y gravedad,
- Identificar la causa original y los elementos afectados,
- Efectuar medidas de parámetros característicos: voltaje, presión, temperatura u otros, en puntos de test especificados en un manual de servicio,
- Establecer posibles soluciones o la necesidad de recurrir a una persona responsable.

**CE6.3** En un supuesto práctico de reparación o sustitución de un elemento averiado:

- Determinar si se repara o se sustituye el elemento según los daños identificados,
- Desmontar el elemento -junto a otros componentes si es necesario- tomando como referencia un esquema disponible o la secuencia establecida en la documentación de un fabricante,
- Reparar o sustituir el elemento, procediendo al montaje y reponiendo las conexiones originales.

**CE6.4** Describir un procedimiento normalizado de manipulación de gases fluorados -detección, medida de presión, toma de muestras, extracción o recuperación- que pueda requerirse en el mantenimiento de aparata que los incorpore.

**CE6.5** Describir los procedimientos de intervención en caso de deterioro o corte de los cables aéreos o subterráneos de acceso a un centro de transformación, en cuanto a la localización del punto de la avería, apertura de zanjas en su caso, técnicas de empalme y posterior medida y verificación de aislamiento, identificando la necesidad de intervención de una persona responsable.

**CE6.6** En un supuesto práctico de ajuste y comprobación de un elemento reparado o sustituido:

- Localizar el procedimiento específico establecido por un fabricante,
- Proceder a los ajustes mecánicos, medidas de aislamiento, continuidad, temperatura o presión, fijación y revisión de cableados, resistencia y conexión de la toma de tierra, tensiones de paso y contacto u otros que procedan, utilizando las herramientas e instrumentación acorde en cada caso,
- Verificar que se recuperan las prestaciones originales del dispositivo y del conjunto de la instalación.

**CE6.7** Ejemplificar la reposición de alimentación eléctrica -energización- a un centro de transformación, aplicando los requisitos preceptivos en cuanto a autorizaciones, normas particulares de una compañía suministradora, utilización de equipos de protección individual, medidas de protección colectiva y señalización.

**CE6.8** Redactar un informe de una intervención de mantenimiento correctivo, según modelo de una empresa o entidad mantenedora habilitada, que incluya los resultados de las actuaciones, así como posibles incidencias y modificaciones que se adopten.

## Capacidades cuya adquisición debe ser completada en un entorno real de trabajo

C1 respecto a CE1.4 y CE1.6; C2 respecto a CE2.2 y CE2.8; C3 respecto a CE3.3 y CE3.4; C5 respecto a CE5.2 y CE5.6; C6 respecto a CE6.2, CE6.3 y CE6.6.

### Otras Capacidades:

Adaptarse a la organización de la empresa integrándose en el sistema de relaciones técnico-laborales.

Ejecutar correctamente las instrucciones que recibe responsabilizándose de la labor que desarrolla, dentro de su ámbito competencial.

Participar activamente y coordinar, en su caso, el equipo de trabajo.

Demostrar el grado de autonomía requerido en la resolución de contingencias, dentro de su ámbito competencial.

Comunicarse de manera eficaz con la persona adecuada en cada momento.

Mostrar una actitud de respeto hacia los compañeros, procedimientos y normas de la empresa.

## Contenidos

### 1 Regulación de la actividad y seguridad en el mantenimiento de centros de transformación

Normativa sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Incluye: definiciones, técnicas y procedimientos de trabajo, trabajos sin tensión y en tensión, trabajos en proximidad de elementos en tensión, maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones, trabajos en emplazamientos con riesgo de incendio o explosión.

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, ITC: terminología, clasificación de las instalaciones de alta tensión, normas de obligado cumplimiento -UNE-, mantenimiento, verificaciones periódicas e inspecciones de las instalaciones, distancias mínimas de seguridad.

Instaladores y empresas instaladoras de alta tensión.

Prescripciones definidas en las ITC del Reglamento relativas a las tareas de mantenimiento de centros de transformación.

Reglamento electrotécnico de Baja Tensión, REBT y sus Instrucciones Técnicas Complementarias: baja tensión en los cuadros generales de los centros de transformación.

Normativa sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, en particular el riesgo eléctrico, para los distintos tipos y zonas de trabajo.

Inspecciones del Organismo de control habilitado, OCA.

Contratos de mantenimiento de centros de transformación.

### 2 Medios técnicos para el mantenimiento de centros de transformación

Equipos de medida y ensayo. Tipos.

Evaluación de riesgos al operar con la instrumentación de medida.

Principios de funcionamiento.

Descripción y características de los equipos de medida y ensayo.

Medidores de tensiones de paso y contacto para instalaciones de tercera categoría y para instalaciones de categoría superior.

Medidor de red de tierras: telurómetro.

Medidores de aislamiento: megóhmetros para baja tensión y alta tensión.

Medidor de pequeñas resistencias: micróhmetro, con inyección de intensidad.

Medidores de ausencia de tensión: pértigas y cabezas detectoras, acústicas y luminosas.

Equipos de puesta a tierra y en cortocircuito.

Medidor de capacidad: capacímetro.

Detección de puntos calientes y falsas conexiones: cámara termográfica.

Equipo de ensayos y verificación de protecciones eléctricas: maletas de inyección de intensidad y tensión.

Aparatos y categorías de los aparatos de medición: multímetros y otros para medición de tensiones e intensidades en corriente continua, alterna y resistencias.

Equipos y sistemas de compensación de energía reactiva.

Equipos complementarios para la categoría AT2.

Técnicas de medida, según equipo y entorno de trabajo.

Herramientas y útiles según zonas de trabajo: con tensión -alta y baja tensión-, en contacto, a potencial, a distancia; en proximidad de tensión; sin tensión.

### 3 Equipos y medios de protección para la intervención en centros de transformación

Señalización de la obligación de usar equipos de protección individual, EPI.

Equipos de protección individual, EPI, para trabajos con tensión, en proximidad o sin tensión: guantes, cascos, calzado, indumentaria. Aspectos a considerar en su selección y uso.

Indumentaria aislante o conductora según tipo de trabajo.

Ropa de protección frente a los riesgos térmicos derivados del arco eléctrico.

Protección ocular frente al arco eléctrico.

Trabajos en atmósferas explosivas. Riesgos de choque eléctrico, de arco eléctrico o de ambos.

Trabajos donde existen simultáneamente atmósferas explosivas y tensiones peligrosas.

Equipos de protección individual, EPI, para trabajos en altura.

### 4 Esquemas eléctricos y documentación en el mantenimiento de centros de transformación

Normalización de la documentación electrotécnica.

Grupos de normalización.

Comités de normalización.

Esquemas eléctricos de baja potencia.

Esquemas eléctricos de tipo industrial.

Esquemas unifilares.

Esquemas eléctricos de centros de transformación.

Documentación para el mantenimiento de centros de transformación.

Manuales de mantenimiento de equipos,

Órdenes de trabajo,

Informes de intervención,

Programas de puntos de inspección -PPI-.

### 5 Centros de transformación. Tipos, características y componentes

Arco eléctrico. Manifestaciones y efectos del arco eléctrico. Sistemas de extinción.

Poder de corte/potencia de ruptura.

Aparatos de maniobra en alta tensión: seccionadores de línea, puesta a tierra, aislamiento, otros; Interruptor, cortacircuitos fusibles en media tensión; interruptor de potencia/ interruptor automático o disyuntor.

Centros de transformación: estructura y características generales, función en el sistema eléctrico, clasificación según emplazamiento, tipo de propietario o acometida.

Centros de transformación especiales para generación renovable.

Centros de obra civil. Casetas y envolventes. Herrajes.  
Clasificación de las tensiones en España.  
Cabinas, celdas o conjuntos prefabricadas.  
Esquemas de las celdas de un centro de transformación: números funcionales de los dispositivos utilizados en los sistemas eléctricos de potencia: objeto y campo de aplicación; funciones de los dispositivos; adiciones de prefijos y sufijo; definición de sufijos alfabéticos; esquema de aplicación con funciones de los dispositivos.  
Transformadores de potencia.  
Transformadores secos, al aire y en resinas sintéticas.  
Transformadores en líquidos refrigerantes.  
Comparación entre los transformadores refrigerados con líquidos aislantes y los secos.  
Líquidos aislantes y refrigerantes, resinas, sustancias y gases utilizados en alta tensión.  
Aceites aislantes utilizados en transformadores, interruptores y condensadores.  
Líquidos con combustión superior a 300°C.  
Los policlorobifenilos -PCB- y el medio ambiente.  
El hexafluoruro de azufre -SF<sub>6</sub>-.  
Protecciones propias de los transformadores.  
Relés de protección de sobreintensidad: relés directos, relés indirectos, con alimentación auxiliar y autoalimentados.  
Transformadores de protección y medida.  
Alarmas en los centros de transformación.  
Baterías/cargadores de alimentación de protecciones y seguridades.  
Cuadro de baja tensión. Contadores.  
Acometidas: aérea o subterránea.  
Sistemas de telemando.  
Elementos de señalización.

## 6 Técnicas de intervención en el mantenimiento de centros de transformación

Capacitación de los trabajadores.  
Distancias de seguridad.  
Tipos de detectores de presencia de tensión: fijos en celdas y pértigas detectoras.  
Maniobras de explotación de instalaciones eléctricas.  
Señalización de las instalaciones eléctricas.  
Mantenimiento: definiciones y clasificación -predictivo, preventivo y correctivo-.  
Técnicas de bloqueo: enclavamientos y seguridades en los centros de transformación.  
Enclavamientos básicos.  
Esquemas básicos de enclavamientos.  
Procedimientos de descargo de instalaciones. Aplicación de las cinco reglas de oro.  
Técnicas de mantenimiento predictivo: inspecciones visuales, sensores: presión, vibración, temperatura, detección de consumo anormal, termografía infrarroja, puntos calientes.  
Técnicas de mantenimiento preventivo: verificación de las instalaciones, operaciones / revisiones programadas, inspección visual, medidas de toma de tierra, chequeos o ensayos sobre los elementos eléctricos: transformadores, relés de protección, interruptores, fusibles, elementos dieléctricos, líneas aéreas o subterráneas de acceso al centro de transformación.  
Técnicas de mantenimiento correctivo: tipos de averías, averías típicas en centros de transformación, técnicas de detección y diagnóstico, secuencias de desmontaje y montaje según equipo, manuales de servicio, reparación o sustitución de elementos, pruebas de funcionamiento.

## 7 Manipulación de conmutadores eléctricos fijos que contengan gases fluorados de efecto invernadero

Cambio climático, protocolos internacionales (Kioto), potencial de calentamiento atmosférico y otras cuestiones medioambientales.

Normativa de ámbito europeo y nacional sobre gases fluorados de efecto invernadero y Reglamentos de aplicación.

Propiedades físicas, químicas y ambientales del hexafluoruro de azufre, SF6.

Efectos sobre la salud de los productos de descomposición del SF6.

Usos del SF6 en los equipos eléctricos -aislamiento, enfriamiento del arco voltaico, etc.- y comprensión del diseño de los equipos eléctricos.

Calidad, control de calidad y toma de muestras del SF6 según las normas industriales.

Almacenamiento y transporte de SF6.

Manejo de equipos de extracción, recuperación del SF6, y manejo de sistemas estancos de perforación.

Recuperación, Mezclas, Depuración y Reutilización del SF6 y diferentes clases de reutilización.

Trabajo en compartimentos abiertos con SF6, Detectores de SF6.

Neutralización de subproductos de SF6.

Fin de vida de equipos con atmósfera de SF6.

Seguimiento del SF6 y obligaciones de registro de los datos oportunos en virtud del Derecho nacional o comunitario o de acuerdos internacionales.

Reducción de fugas y controles de fugas.

Tecnologías alternativas para sustituir o reducir el uso de gases fluorados de efecto invernadero y la manera segura de manipularlos. Condiciones de seguridad en el manejo de estas tecnologías.

## Parámetros de contexto de la formación

### Espacios e instalaciones

Los talleres e instalaciones darán respuesta a las necesidades formativas de acuerdo con el contexto profesional establecido en la unidad de competencia asociada, teniendo en cuenta la normativa aplicable del sector productivo, prevención de riesgos laborales, accesibilidad universal y protección medioambiental. Se considerará con carácter orientativo como espacios de uso:

- Taller de 6 m<sup>2</sup> por alumno o alumna.

- Instalación de 2 m<sup>2</sup> por alumno o alumna.

### Perfil profesional del formador o formadora:

1. Dominio de los conocimientos y las técnicas relacionados con la ejecución de operaciones de mantenimiento de centros de transformación, que se acreditará mediante una de las dos formas siguientes:

- Formación académica de nivel 2 (Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior) o de otras de superior nivel relacionadas con el campo profesional.

- Experiencia profesional de un mínimo de 4 años en el campo de las competencias relacionadas con este módulo formativo.

2. Competencia pedagógica acreditada de acuerdo con lo que establezcan las Administraciones competentes.

## MÓDULO FORMATIVO 3

### Montaje de subestaciones eléctricas

Nivel:	2
Código:	MF2561_2
Asociado a la UC:	UC2561_2 - Realizar operaciones de montaje de subestaciones eléctricas
Duración (horas):	180
Estado:	Tramitación BOE

### Capacidades y criterios de evaluación

**C1:** Ejemplificar las características de las bancadas, apoyos y otras operaciones de la infraestructura de obra civil que sustentan una subestación eléctrica mostrando los elementos estructurales y el sistema de red de tierras.

**CE1.1** Identificar las condiciones de la infraestructura de obra civil en cuanto a dimensionado de zanjas, arquetas, canalizaciones, drenajes y otros, mediante útiles de medida, comprobadores de ángulos, niveles u otras herramientas, listando los requisitos mínimos de una señalización de seguridad.

**CE1.2** Especificar las distancias mínimas reglamentarias, tanto en planta como en altura, de los pasillos, entre apoyos y otros espacios en una subestación eléctrica, según tensiones de trabajo.

**CE1.3** Describir los requisitos de la bancada de un transformador de potencia de una subestación eléctrica en cuanto a dimensiones, equilibrado, disposición de la cubeta de retención para recogida de fugas de aceite, muro cortafuegos y otros, a partir de las especificaciones definidas en un proyecto.

**CE1.4** En un supuesto práctico de conexión de los electrodos de puesta a tierra -malla o red de tierras-:

- Conectar las estructuras metálicas y apoyos, así como las armaduras de un edificio de hormigón armado o elementos metálicos como vallas, mediante soldadura aluminotérmica o tornillos y grapas de puesta a tierra,
- Medir la conexión de puesta a tierra mediante telurómetro, comparando los resultados según resistividad del terreno, resistencia de tierra del electrodo, efecto de la humedad, temperatura, y otras variables.

**CE1.5** Presentar un ejemplo de Programa de Puntos de Inspección -PPI- de calidad, reflejando medidas y parámetros revisados, tiempos de ejecución y materiales empleados, relativos a características de las bancadas, apoyos y otras operaciones de la infraestructura de obra civil que sustentan una subestación eléctrica.

**C2:** Aplicar técnicas de montaje de los equipos eléctricos principales de una subestación eléctrica: transformadores de potencia, interruptores, seccionadores, transformadores de tensión e intensidad, autoválvulas, celdas y aisladores de alta tensión, teniendo en cuenta las características eléctricas y condiciones de montaje establecidas por un fabricante, así como la utilización de equipos de protección y medios técnicos de ayuda asociados al manejo de grandes cargas mecánicas.

**CE2.1** Seleccionar herramientas y equipos de protección colectiva e individual, para el montaje de equipos eléctricos, así como para trabajos en altura, especificando sus características según zona de intervención, y los requisitos de uso y mantenimiento.

**CE2.2** Describir las prestaciones de los equipos eléctricos principales de una subestación eléctrica: características físicas, potencias, tensiones, intensidades, aislamientos, según el tipo de subestación: elevadoras, reductoras, de central, de intemperie, de interior, u otras, a partir de las especificaciones de un proyecto.

**CE2.3** Describir un procedimiento normalizado de manipulación de gases fluorados -detección, medida de presión, toma de muestras, extracción o recuperación- que pueda requerirse en la instalación de aparataje que los incorpore.

**CE2.4** En un supuesto práctico de montaje de los equipos eléctricos principales de una subestación eléctrica, a partir de un proyecto tipo:

- Emplazar los equipos atendiendo a los planos de situación y el replanteo, teniendo en cuenta las recomendaciones de un fabricante para su disposición, las distancias de aislamiento y de seguridad entre elementos y pasillos y zonas de protección,
- Conectar cada equipo según una orden de trabajo, siguiendo los planos del proyecto tipo, empleando cables y bornes cuya sección y tamaño se ajusten a las intensidades que soportará cada equipo y señalizándolos con codificación homologada,
- Llevar a tierra de protección las partes metálicas de los equipos o equipamientos que no se encuentren sometidas a tensión -cubas de transformadores, chasis y bastidores de aparatos de maniobra, puertas, vallas, armaduras, otros- asegurando con abrazaderas la unión al electrodo a fin de obtener la mínima resistencia, evitando que pueda desconectarse involuntariamente,
- Llevar a tierra de servicio los dispositivos de protección de sobretensiones, tales como autoválvulas o pararrayos y los neutros de los transformadores de potencia, mediante conductor que puede estar protegido por tubo y abrazaderas que aseguren la unión eléctrica con mínima resistencia.

**CE2.5** Identificar los tipos de partes de trabajo o informes técnicos de las operaciones de montaje de una subestación eléctrica, según modelos de una empresa instaladora, que incluyan operaciones efectuadas, así como posibles incidencias y modificaciones que se adopten.

**C3:** Aplicar técnicas de montaje de armarios y equipos electrónicos de control, protección, comunicaciones y servicios auxiliares de la subestación eléctrica, teniendo en cuenta las características definidas en un proyecto de la subestación para cada uno de los dispositivos y las indicaciones de un fabricante sobre el conexionado de los mismos.

**CE3.1** Describir las prestaciones de los armarios y equipos electrónicos de control, protección, comunicaciones y servicios auxiliares: características físicas, sistemas de conexión, aislamientos, tomas de tierra, a partir de las especificaciones de un proyecto.

**CE3.2** Definir las técnicas de fijación de armarios, bastidores o pupitres de control en una ubicación determinada en los planos de situación de un proyecto, evitando el efecto de vibraciones de las máquinas próximas y asegurando su fijación, equilibrado y accesibilidad.

**CE3.3** Identificar elementos de control y comunicación de una subestación eléctrica, como scadas y relés de protección, sus funciones, prestaciones, formas de conexión y configuración, a partir de las especificaciones de un fabricante.

**CE3.4** En un supuesto práctico de conexión de armarios, bastidores o pupitres de control:

- Seleccionar las herramientas manuales -destornilladores, tenazas y otros- y herrajes.
- Disponer los cables aislados, preferiblemente de conductor flexible, no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

- Interconectar armarios, bastidores o pupitres de control mediante bornes dimensionados para soportar los esfuerzos térmicos y mecánicos previsibles, cuya forma y tamaño se ajusten a la sección de los conductores dispuestos.
- Identificar regletas, bornas, hilos o cables terminales.
- Poner a tierra de protección las partes metálicas de los armarios -bastidores, envolventes, puertas, otros- utilizando cable de sección homologada, preferentemente bajo tubo, fijando la unión al electrodo de tierra con mínima resistencia mediante abrazaderas.

**CE3.5** Listar los letreros identificadores de uso en recintos/salas de control de una subestación eléctrica, en paneles, bastidores, línea, transformador o servicio y sobre los aparatos montados en el interior de un cuadro o pupitre.

**CE3.6** Redactar un informe de montaje de armarios y equipos electrónicos de control, protección, comunicaciones y servicios auxiliares de una subestación eléctrica incluyendo información de las actividades realizadas, incidencias surgidas y posibles soluciones.

**C4:** Aplicar técnicas de instalación de baterías de acumuladores -asociados con sus rectificadores/cargadores alimentados por corriente alterna- de una subestación eléctrica atendiendo los requisitos establecidos en el reglamento de aplicación.

**CE4.1** Describir los tipos de baterías de acumuladores según su tipología y por sus características, tales como el tipo de descarga, tecnología de fabricación, capacidad, número de elementos u otros, exponiendo su uso según factores como la ubicación en un local, temperatura del entorno o especificaciones de un plan de mantenimiento.

**CE4.2** En un supuesto práctico de instalación de baterías de acumuladores:

- Seleccionar un local, preferiblemente independiente, con ventilación y extracción de gases,
- Adaptar un local destinado a otros fines, teniendo en cuenta la ventilación y disponiendo de sistema de parada automática en caso de incendio,
- Montar las baterías de acumuladores preferiblemente en el interior de armarios metálicos,
- Facilitar, en todo caso, el eventual relleno de electrolito, así como la limpieza y la sustitución de elementos sin riesgo de contactos accidentales peligrosos.

**CE4.3** Exponer las medidas de protección de carácter eléctrico para una instalación de baterías de acumuladores, tales como: bornes aislados de tierra, cartuchos fusibles calibrados con señalización de fusión o interruptor automático de corte bipolar, dispositivo detector que indique la falta de alimentación a la batería u otras contempladas en la normativa aplicable sobre condiciones técnicas y garantías de instalaciones de alta tensión.

**CE4.4** Definir los requisitos de asociación de las baterías de acumuladores a un circuito de carga, tales como conmutador manual-automático, protecciones contra sobrecarga y cortocircuito, cableado no propagador del incendio, con emisión de humos y opacidad reducida, entre otros establecidos en la normativa aplicable de instalaciones de alta tensión.

**CE4.5** Disponer carteles que muestren las características principales de unas baterías de acumuladores y las medidas de seguridad a observar en caso de recarga, mantenimiento o contacto accidental con el electrolito, señalando zona para su ubicación -parte visible del local o el exterior de los armarios metálicos-.

**CE4.6** Identificar los tipos de partes de trabajo o informes técnicos de las operaciones de instalación de unas baterías de acumuladores de una subestación eléctrica, según modelos de una empresa instaladora, que incluyan operaciones efectuadas, así como posibles incidencias y modificaciones que se adopten.

**C5:** Aplicar técnicas de conexión de los equipos principales de la subestación: transformadores de potencia, interruptores, seccionadores, transformadores de

tensión e intensidad, autoválvulas, celdas y aisladores de alta tensión, así como con las líneas de alta tensión de entrada/salida de suministro eléctrico, mediante el cableado homologado acorde a los requisitos de potencia, corriente y aislamiento, entre otros, a partir de los esquemas definidos en un proyecto.

**CE5.1** Identificar los tipos de cable para la conexión de los equipos eléctricos principales de una subestación eléctrica, según materiales -aluminio o cobre-, aislamiento -desnudos o aislados-, tipo de cubierta, sección, tensión nominal, u otros.

**CE5.2** Describir las técnicas de tendido y tensado de cables aéreos -con poleas de tendido, dinamómetro, cabestrante o poleas reguladoras- así como los equipos de protección colectiva e individual requeridos para trabajos en altura.

**CE5.3** Clasificar los herrajes y elementos de sujeción para conductores aéreos, como grapas, grilletes, anillas de bola, eslabones y tirantes, entre otros, así como las herramientas de uso -niveles, tenazas o llaves dinamométricas-, a partir de catálogos o planos de montaje de estructuras metálicas -apoyos-.

**CE5.4** Definir los requisitos para el tendido de cable subterráneo sobre una canalización, formas de agrupación, sujeción y técnicas de tensado, así como los equipos de protección colectiva e individual de uso obligatorio para recintos subterráneos.

**CE5.5** En un supuesto práctico de conexión de aparata de alta tensión, entre sí y a los armarios de control y protección de una subestación eléctrica:

- Seguir los esquemas eléctricos y las especificaciones de un proyecto,
- Colocar el ferrulado para la identificación y señalización de los cables.

**CE5.6** Redactar un informe tipo de operaciones de conexión de los equipos eléctricos principales de una subestación eléctrica, así como las líneas de alta tensión, utilizando un modelo establecido por una empresa de montaje, incorporando la descripción de las operaciones efectuadas, tiempos y materiales.

**C6:** Emplear técnicas de verificación previas a la puesta en servicio de una subestación eléctrica, siguiendo los procedimientos establecidos en la normativa de aplicación sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión.

**CE6.1** Describir las condiciones generales del parque de intemperie y del interior de los edificios que albergan la aparata de alta y baja tensión de una subestación eléctrica, tales como: orden, limpieza, pintura, humedades o cartelería.

**CE6.2** Mostrar los equipos de medida y ensayo para las verificaciones previas a la puesta en marcha de una subestación eléctrica, tales como: telurómetro, medidor de aislamiento, pértiga detectora de tensión, pértiga de puesta a tierra, miliohmímetro, medidor de tensiones de paso y contacto, cámara de termografía, medidor de rigidez dieléctrica de aislantes líquidos y otros, así como los equipos y medios de protección individual, en función de las condiciones del entorno o el nivel del tensión, exponiendo sus características.

**CE6.3** Identificar las prestaciones de los principales equipos y aparata de una subestación, tales como la relación de transformación y desfase, sección de los cables, potencias nominales, niveles de aislamiento y otras a partir de los esquemas y documentación de un proyecto.

**CE6.4** En un supuesto práctico de verificaciones previas a la puesta en marcha de una subestación eléctrica:

- Medir las distancias mínimas de aislamiento en aire entre partes en tensión y entre éstas y tierra, así como el estado del aislamiento,

- Inspeccionar la instalación de puesta a tierra, midiendo la continuidad del circuito de tierra y de su resistencia, las tensiones de paso y contacto y comparando los valores reales de una instalación con los rangos establecidos en el proyecto,
- Efectuar el ensayo de los cables de alta tensión y puentes de cable mediante la medida de descargas parciales a la tensión de red con o sin carga, la comprobación de la cubierta con un megóhmetro y otros métodos descritos en instrucciones técnicas del reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión,
- Probar funcionalmente los sistemas de la subestación eléctrica, como posiciones de línea, posiciones de transformador, transformadores de medida y protección, relés de protección, interruptores automáticos de alta tensión, sistema de control y comunicación y otros.

**CE6.5** Identificar los tipos de partes de trabajo o informes técnicos de las verificaciones y operaciones previas a la puesta en servicio, según modelos de una empresa instaladora, que incluyan operaciones efectuadas, así como posibles incidencias y modificaciones que se adopten.

## Capacidades cuya adquisición debe ser completada en un entorno real de trabajo

C1 respecto a CE1.4; C2 respecto a CE2.4; C3 respecto a CE3.4; C4 respecto a CE4.2; C5 respecto a CE5.5 y C6 respecto a CE6.4.

### Otras Capacidades:

Adaptarse a la organización de la empresa integrándose en el sistema de relaciones técnico-laborales.

Ejecutar correctamente las instrucciones que recibe responsabilizándose de la labor que desarrolla, dentro de su ámbito competencial.

Participar activamente y coordinar, en su caso, el equipo de trabajo.

Demostrar el grado de autonomía requerido en la resolución de contingencias, dentro de su ámbito competencial.

Comunicarse de manera eficaz con la persona adecuada en cada momento.

Mostrar una actitud de respeto hacia los compañeros, procedimientos y normas de la empresa.

## Contenidos

### 1 Regulación de la actividad y seguridad en el montaje de subestaciones eléctricas

Normativa sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Definición del riesgo eléctrico y accidente eléctrico.

Riesgos derivados de la electricidad: contacto eléctrico directo e indirecto, arco eléctrico y electricidad estática.

Definiciones y medidas de protección frente al riesgo eléctrico.

Técnicas y procedimientos de trabajo. Seguridad en la realización de trabajos y maniobras.

Puntos en tensión accesibles. Distancias de peligro y proximidad. Distancias de seguridad.

Clasificación de los trabajos: trabajos sin tensión y en tensión, trabajos en proximidad de elementos en tensión, maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones, trabajos en emplazamientos con riesgo de incendio o explosión.

Capacitación del personal para trabajos con riesgo eléctrico.

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, ITC-RAT: terminología; clasificación de las instalaciones de alta tensión; distancias de aislamiento, pasillos y zonas de protección para subestaciones con aislamiento al aire; elementos de las instalaciones de puesta a tierra y

condiciones de montaje; instalaciones de acumuladores; señalización; cuadros para el control de subestaciones eléctricas; montaje y puesta en servicio de Instalaciones de alta tensión.

Prescripciones definidas en las ITC del Reglamento relativas a las tareas de montaje de subestaciones eléctricas.

Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión -REBT- y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-BT.

Manuales y guías técnicas de aplicación de los Reglamentos de alta tensión, AT, y baja tensión, BT.

Prescripciones y especificaciones técnicas de compañías eléctricas para el montaje de subestaciones eléctricas.

Normativa sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual -EPI-.

Normativa de aplicación -estatal y autonómica- sobre impacto ambiental de instalaciones de alta tensión.

Inspecciones del Organismo de control habilitado, OCA.

## 2 Subestaciones eléctricas. Tipos, características y componentes

Sistema eléctrico: generación, transporte y distribución.

Subestaciones eléctricas: estructura y características generales; clasificación según función - transporte, distribución, maniobra-, tipo de ubicación -de central generadora, intemperie, interior, blindada GIS- o tecnología de aislamiento.

Elementos estructurales: cimentaciones y estructuras de hormigón.

Estructuras metálicas: pórticos, apoyos, celosías, otros.

Sistema de red de tierra: el terreno y los electrodos, mallas de tierra, picas, cables y otros elementos. Tierra de protección y tierra de servicio.

Elementos conductores y aislantes y sus accesorios: cables; configuración de barras: simple, doble, especiales; aisladores.

Acometidas: aérea o subterránea.

Transformadores de potencia: núcleo y devanados, conexión; tipos de aislamiento: en baño de aceite, silicona, seco; sistema de refrigeración: natural, forzada; elementos de protección.

Celdas de la subestación eléctrica.

Tipos de celdas: convencionales, envolvente metálica, aisladas en gas SF6.

Tipos de conexionado de celdas. Configuración de una celda.

Transformadores de tensión e intensidad: para medida y para protección.

Aparamenta de maniobra y corte: interruptores: poder de corte, métodos de extinción. Seccionadores.

Elementos de protección: relés de protección, fusibles, autoválvulas.

Sistemas de telecontrol: sistemas de mando y control; alarmas y disparos.

Servicios auxiliares de corriente alterna y corriente continua, sistema rectificador-batería y grupo electrógeno de emergencia.

Instalaciones auxiliares: iluminación, sistema de protección contra incendios, sistema de vigilancia.

## 3 Esquemas y documentación en el montaje de subestaciones eléctricas

Interpretación de planos y esquemas.

Esquemas de ubicación, planta y alzado.

Esquemas unifilares y esquemas desarrollados.

Esquemas de detalle: embarrado, transformador de potencia, aparamenta eléctrica, otros.

Normalización de la documentación electrotécnica.

Documentación para el montaje de subestaciones eléctricas.

Proyectos tipo de instalación.

Manuales de montaje de equipos, manuales de fabricante.

Órdenes de trabajo.  
Informes de intervención.  
Programas de puntos de inspección -PPI-.

#### 4 Medios técnicos y equipos de protección para el montaje de subestaciones eléctricas

Herramientas manuales para trabajos mecánicos y eléctricos. Llaves dinamométricas.  
Cabestrantes, poleas de tendido, poleas reguladoras.  
Instrumentos de medida: principios de funcionamiento, descripción y características, ajustes o calibración.  
Instrumentos de medida en el montaje de subestaciones eléctricas.  
Medidores de aislamiento: megóhmetro.  
Medidores de resistencia: micróhmetro.  
Medidores de tensión: verificadores de ausencia de tensión.  
Medidor de red de tierras: telurómetro.  
Medidor de tensiones de paso y contacto.  
Equipo verificador de la continuidad de conductores.  
Medidor de rigidez dieléctrica de aislantes líquidos.  
Otros medidores: pinza voltiamperimétrica, multímetro, maletas de inyección de intensidad y tensión, cámaras termográficas.  
Evaluación y plan de prevención de riesgos laborales.  
Capacitación del personal para el trabajo.  
Técnicas de medida, según equipo y entorno de trabajo.  
Señalización de la obligación de usar equipos de protección individual.  
Equipos de protección individual: guantes, cascos, calzado, indumentaria, otros. Equipamiento para trabajos en altura. Aspectos a considerar en su selección y uso.  
Factores y situaciones de riesgo, incluso de origen no eléctrico.  
Técnicas de primeros auxilios: proteger, avisar y socorrer. Incidentes, accidentes, factores influyentes y malas prácticas.

#### 5 Técnicas de montaje y verificaciones de subestaciones eléctricas

Fundamentos mecánicos y eléctricos aplicados al montaje de subestaciones eléctricas.  
Identificación y características de una subestación a partir de planos de disposición y esquemas eléctricos.  
Identificación de los equipos y de los elementos de seguridad y emergencia.  
Técnicas de instalación del sistema de red de tierra.  
Principios de montaje de estructuras metálicas.  
Fijación y conexión de equipos: transformadores, interruptores, seccionadores, otros.  
Conexión de elementos de protección de alta tensión, como aisladores o autoválvulas,  
Conexión de cables, aéreos o subterráneos.  
Montaje de armarios y equipos electrónicos de control, protección, comunicaciones y servicios auxiliares.  
Instalación de las baterías de acumuladores.  
Verificaciones previas a la puesta en servicio.  
Cartelería de información, prevención y seguridad.  
Presencia de: esquemas de la instalación, manuales de mantenimiento, elementos de seguridad y emergencia.  
Comprobación de características de equipos y aparatos.  
Distancias mínimas de aislamiento  
Medidas de la red de puesta a tierra.

Condiciones de impacto ambiental.  
Ensayo de los cables de alta tensión y puentes de cable.  
Prueba funcional de equipos y enclavamientos.  
Prueba dieléctrica de subestaciones y medida de descargas parciales.  
Protecciones de transformadores de potencia, reactancias, líneas y barras.  
Protecciones de GIS -subestaciones eléctricas encapsuladas-.

## 6 Manipulación de conmutadores eléctricos fijos que contengan gases fluorados de efecto invernadero

Cambio climático, protocolos internacionales (Kioto), potencial de calentamiento atmosférico y otras cuestiones medioambientales.  
Normativa de ámbito europeo y nacional sobre gases fluorados de efecto invernadero y Reglamentos de aplicación.  
Propiedades físicas, químicas y ambientales del hexafluoruro de azufre, SF<sub>6</sub>.  
Efectos sobre la salud de los productos de descomposición del SF<sub>6</sub>.  
Usos del SF<sub>6</sub> en los equipos eléctricos -aislamiento, enfriamiento del arco voltaico, etc.- y comprensión del diseño de los equipos eléctricos.  
Calidad, control de calidad y toma de muestras del SF<sub>6</sub> según las normas industriales.  
Almacenamiento y transporte de SF<sub>6</sub>.  
Manejo de equipos de extracción, recuperación del SF<sub>6</sub>, y manejo de sistemas estancos de perforación.  
Recuperación, Mezclas, Depuración y Reutilización del SF<sub>6</sub> y diferentes clases de reutilización.  
Trabajo en compartimientos abiertos con SF<sub>6</sub>, Detectores de SF<sub>6</sub>.  
Neutralización de subproductos de SF<sub>6</sub>.  
Fin de vida de equipos con atmósfera de SF<sub>6</sub>.  
Seguimiento del SF<sub>6</sub> y obligaciones de registro de los datos oportunos en virtud del Derecho nacional o comunitario o de acuerdos internacionales.  
Reducción de fugas y controles de fugas.  
Tecnologías alternativas para sustituir o reducir el uso de gases fluorados de efecto invernadero y la manera segura de manipularlos. Condiciones de seguridad en el manejo de estas tecnologías.

## Parámetros de contexto de la formación

### Espacios e instalaciones

Los talleres e instalaciones darán respuesta a las necesidades formativas de acuerdo con el contexto profesional establecido en la unidad de competencia asociada, teniendo en cuenta la normativa aplicable del sector productivo, prevención de riesgos laborales, accesibilidad universal y protección medioambiental. Se considerará con carácter orientativo como espacios de uso:

- Taller de 7 m<sup>2</sup> por alumno o alumna.
- Instalación de 2 m<sup>2</sup> por alumno o alumna.

### Perfil profesional del formador o formadora:

1. Dominio de los conocimientos y las técnicas relacionados con la realización de operaciones de montaje de subestaciones eléctricas, que se acreditará mediante una de las dos formas siguientes:
  - Formación académica de nivel 2 (Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior) o de otras de superior nivel relacionadas con el campo profesional.
  - Experiencia profesional de un mínimo de 4 años en el campo de las competencias relacionadas con este módulo formativo.

2. Competencia pedagógica acreditada de acuerdo con lo que establezcan las Administraciones competentes.

## MÓDULO FORMATIVO 4

### Operaciones de mantenimiento en subestaciones eléctricas

Nivel:	2
Código:	MF1533_2
Asociado a la UC:	UC1533_2 - Ejecutar operaciones de mantenimiento en subestaciones eléctricas
Duración (horas):	210
Estado:	Tramitación BOE

### Capacidades y criterios de evaluación

**C1:** Clasificar los elementos y características de una subestación eléctrica tipo, estableciendo las técnicas de ejecución de las maniobras eléctricas, precisando las condiciones de seguridad que establece la normativa aplicable sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico y los criterios técnicos de utilización de la aparataje de maniobra.

**CE1.1** Exponer los requisitos de acceso al recinto de una subestación eléctrica, así como a celdas, armarios y demás envolventes de material eléctrico, mostrando modelos de autorización formal de una entidad titular.

**CE1.2** Identificar las formas de comunicación que deben realizarse en un recinto de una subestación eléctrica con otro personal operario o responsables, describiendo el proceso de envío de información o recepción de instrucciones específicas, como parte de la ejecución de las tareas de mantenimiento, ya sean de tipo preventivo o correctivo.

**CE1.3** Reconocer los planos de disposición y esquemas eléctricos preceptivos, así como instrucciones generales de servicio para una subestación eléctrica tipo, identificando sobre la documentación la interconexión con las líneas exteriores, la disposición real de la aparataje de maniobra y otros aspectos relevantes de la instalación, tales como accionamientos, puertas, palancas o sistema de ventilación.

**CE1.4** En un supuesto práctico de revisión de los sistemas de bloqueo, así como de enclavamientos eléctricos y mecánicos disponibles en los aparatos de una instalación, verificar su estado a partir de esquemas y elementos de señalización, contrastando que operan según las características esperadas de maniobrabilidad para cada elemento.

**CE1.5** Identificar los elementos de seguridad y emergencia de una subestación eléctrica, tales como: banqueta y guantes aislantes, instrucciones de servicio, pértiga de salvamento, pértiga para extracción y reposición de fusibles, equipo de respiración artificial, extintor, puesta a tierra y otros, describiendo su ámbito de utilización y requisitos obligatorios -como pueden ser calibración y no haber alcanzado su fecha de caducidad-.

**CE1.6** Definir medidas para evitar el riesgo eléctrico por proximidad de tensión, así como una planificación de corte de tensión, teniendo en cuenta la presencia de líneas de alta tensión aéreas, subterráneas u otras instalaciones eléctricas cerca de una zona de trabajo.

**CE1.7** Redactar un informe técnico de revisión de los elementos que forman una subestación eléctrica y sus características, utilizando el modelo de una empresa de mantenimiento, reflejando la declaración de conformidad de los equipos y el estado de los elementos, e incluyendo información de las actividades realizadas y posibles incidencias.

**C2:** Aplicar las técnicas preceptivas para trabajar en entornos sin tensión, en proximidad o con tensión en una subestación eléctrica, atendiendo los procedimientos de descargo y delimitación de zonas de trabajo, de peligro o de proximidad.

**CE2.1** Ejemplificar el proceso de corte de todas las fuentes de alimentación de una instalación, para trabajos sin tensión, identificando los aparatos de corte ubicados en los puntos de aislamiento, atendiendo la necesidad de que dicho corte sea visible o efectivo y, en caso de transformadores de potencia y de medida -tensión o intensidad- asegurando que se impide la presencia de tensión en cualquiera de sus partes.

**CE2.2** En un supuesto práctico de bloqueo de los dispositivos o aparatos de maniobra, - interruptores automáticos, interruptores en carga y seccionadores-, para trabajos sin tensión:

- Aplicar el bloqueo en todas las formas de acceso que estén instaladas -local, remota y a distancia-,
- Mantener en la posición de abierto, de forma que quede señalizada la prohibición de maniobrar,
- Visibilizar los datos del bloqueo, incluyendo un procedimiento de contacto,
- Desactivar las fuentes de energía auxiliar de los dispositivos.

**CE2.3** Especificar el proceso de comprobación de ausencia de tensión -para trabajos sin tensión-, en todos los elementos activos y líneas de la instalación teniendo en cuenta:

- La necesidad de utilización de equipos de protección individual,
- Las distancias mínimas de seguridad, tanto en planta como en altura, para una instalación particular,
- Los requisitos de uso del sistema verificador de tensión integrado o pértiga detectora de ausencia de tensión.

**CE2.4** Describir las técnicas de puesta a tierra y en cortocircuito de una instalación, para trabajos sin tensión, tales como el cierre de seccionador de puesta a tierra, la colocación de tierras portátiles, y la preceptiva señalización en cualquiera de los casos.

**CE2.5** Identificar una zona de trabajo -para trabajos sin tensión- en una subestación eléctrica y los elementos a utilizar para delimitarla: cintas, carteles, cadenas u otros útiles de señalización de seguridad, barrera física, envoltentes u otras.

**CE2.6** Describir las medidas de protección previas a la realización de trabajos en proximidad de tensión, tales como: identificar y reducir el número de elementos en tensión, colocar pantallas, barreras, envoltentes o protectores aislantes, delimitar una zona de trabajo respecto a una zona de peligro, identificando la necesidad de intervención de una persona responsable.

**CE2.7** Seleccionar un conjunto de equipos y materiales, útiles y herramientas aislantes o aislados, pértigas aislantes, así como equipos de protección individual, que se requieren para trabajos en tensión en una subestación eléctrica:

- Detallando los aspectos de uso y mantenimiento de cada uno de ellos, según las instrucciones de sus fabricantes,
- Teniendo en cuenta las características del trabajo, en particular la tensión de servicio.

**CE2.8** En un supuesto práctico de habilitación de una zona de trabajo para realizar trabajos en tensión en una subestación eléctrica, atendiendo las directrices de una persona responsable:

- Establecer un apoyo sólido que permita tener las manos libres,
- Determinar las condiciones de visibilidad que permitan realizar el trabajo, incorporando iluminación artificial, en su caso,
- Señalizar con cartelería y delimitar el entorno con barreras,
- Identificar las condiciones ambientales o climáticas desfavorables -lluvia, viento, otras-, teniendo en cuenta la información meteorológica.

**C3:** Aplicar técnicas de mantenimiento sobre elementos estructurales de una subestación eléctrica de intemperie, tales como cimentaciones y estructuras de hormigón, estructuras metálicas -pórticos, apoyos, celosías, otros-, canalizaciones o galerías visitables y red de tierra, según normativa aplicable vinculada a la seguridad de las instalaciones de alta tensión.

**CE3.1** Especificar las herramientas de tipo manual y eléctrico y los equipos de protección individual, propios para las operaciones de mantenimiento sobre elementos estructurales de una subestación eléctrica de intemperie, mostrando sus características, requisitos de calibración y periodos de caducidad.

**CE3.2** Obtener las distancias mínimas de seguridad que deben mantenerse en cada entorno - partes activas, pasillos de acceso, zonas de protección-, tanto en planta como en altura, de una subestación eléctrica, en las condiciones más desfavorables, a partir de sus planos de disposición y listados extraídos de un proyecto de instalación.

**CE3.3** En un supuesto práctico de aplicación de operaciones de mantenimiento sobre los elementos estructurales de una subestación eléctrica:

- Examinar el estado de conservación de las cimentaciones y estructuras de hormigón, recubrimientos -de tipo vegetal u otros-, descascarillado o fisuras, indicando los procedimientos de subsanación de los defectos.

- Revisar las estructuras metálicas -pórticos, apoyos, celosías u otras- en sus fijaciones y anclajes, en grietas presentes en las soldaduras, así como en las protecciones ante la corrosión - pintura o galvanizado-, mostrando las técnicas de corrección de las deficiencias.

- Inspeccionar las canalizaciones, canales revisables, zanjas prefabricadas y galerías visitables, así como las arquetas, atendiendo, en caso de ser espacio confinado, a los riesgos asociados, retirando objetos indeseados o elementos de maleza, revisando el estado de cajas y armarios de interconexión, soportes, bandejas, anclajes, aisladores y cadenas de aisladores de apoyo, de suspensión, pasamuros y pasatapas, botellas terminales, grapas u otros elementos y comprobando el aislamiento de los cables mediante inspección visual y mediciones.

**CE3.4** En un supuesto práctico de comprobación de una red de puesta a tierra de una subestación eléctrica:

- Identificar los electrodos, sus características, condiciones físicas y la necesidad de reapretar sus conexiones, si procede,

- Verificar la continuidad de las conexiones electrodo-cable y cable-cable, así como el sulfatado o corrosión de bornes y conexiones, reemplazándolos, en su caso,

- Inspeccionar la gravilla o grava, procediendo a la supresión de malezas,

- Medir la resistencia de puesta a tierra con un telurómetro,

- Medir las tensiones de paso y contacto mediante instrumentación específica, en los puntos definidos en un plan de mantenimiento.

**CE3.5** Identificar los tipos de partes de trabajo y de informes técnicos de intervención de mantenimiento sobre elementos estructurales de una subestación, según modelos de una empresa o entidad mantenedora habilitada, que incluyan los resultados de las revisiones, así como posibles incidencias y modificaciones que se adopten.

**C4:** Aplicar técnicas de mantenimiento preventivo sobre elementos conductores y aislantes y sus accesorios, tales como cables y barras desnudas, barras de fase aislada, aisladores y otros, en una subestación eléctrica de intemperie, en situación libre de tensión.

**CE4.1** Especificar las herramientas de tipo manual y eléctrico, los equipos de protección individual, y los elementos de seguridad para trabajos en altura, propios de las operaciones de mantenimiento preventivo sobre elementos conductores y aislantes y sus accesorios, tales como cables y barras desnudas, barras de fase aislada, aisladores y otros, mostrando sus características, requisitos de calibración y periodo de caducidad.

**CE4.2** Obtener las distancias mínimas de seguridad que deben mantenerse entre las herramientas u objetos que se puedan manipular de forma voluntaria o accidental y posibles elementos con tensión, tanto en planta como en altura, incluyendo vehículos, en las condiciones más desfavorables, a partir de unos planos de disposición del recinto de una subestación y listados disponibles en un proyecto.

**CE4.3** En un supuesto práctico de revisión de cables o barras desnudas y sus aisladores, de una subestación eléctrica:

- Inspeccionar su aspecto exterior y elementos mecánicos: estado general, soportes, aisladores -procediendo a su limpieza-, así como tornillería y terminales -efectuando el reapriete-,
- Comprobar sus propiedades eléctricas: conexiones con alta resistencia de contacto, resistencia de aislamiento de la barra entre fase-fase y fase-tierra de cada una de las fases y rigidez dieléctrica de los aisladores, mediante instrumentación específica como cámara termográfica y megóhmetro.

**CE4.4** Describir los métodos de ensayo -tales como: descargas parciales, medidas de continuidad y resistencia eléctrica de las pantallas y de los conductores-, utilizados para comprobar el aislamiento principal y de la cubierta de las líneas eléctricas con conductores aislados y el estado del aislamiento de las terminaciones y de los puentes con cables aislados que interconectan elementos de una subestación eléctrica.

**CE4.5** Ejemplificar el chequeo de las barras de fase aislada, mediante equipo específico de diagnóstico de interferencia electromagnética, a partir de sus especificaciones técnicas.

**CE4.6** Redactar un informe técnico de las operaciones de mantenimiento preventivo efectuadas sobre elementos conductores y aislantes y sus accesorios de una subestación eléctrica, utilizando el modelo de una entidad de mantenimiento, incluyendo información de las actividades realizadas y posibles incidencias.

**C5:** Aplicar técnicas de mantenimiento sobre los elementos eléctricos principales de una subestación eléctrica de intemperie: transformadores de potencia, de tensión e intensidad -para medida y protección-, interruptores de potencia, seccionadores, pararrayos autoválvula u otros.

**CE5.1** Catalogar los dispositivos eléctricos principales de una subestación eléctrica - transformadores de potencia, tensión e intensidad, interruptores de potencia, seccionadores, pararrayos autoválvula u otros-, tipos, características mecánicas y eléctricas, así como los riesgos para la seguridad durante su funcionamiento.

**CE5.2** En un supuesto práctico de revisión de los elementos principales de una subestación eléctrica: transformadores de potencia, tensión e intensidad, interruptores de potencia, seccionadores, pararrayos autovalulares u otros, en sus partes externas y elementos mecánicos:

- Inspeccionar visualmente el estado de la pintura o galvanizado, oxidación y hermeticidad de las envolventes,
- Comprobar la alineación y anclaje de cada elemento sobre su bancada o soporte, mediante alineadores manuales o laser,
- Proceder al ajuste de los terminales y revisión de las conexiones de puesta a tierra, mediante llave dinamométrica y detección visual de fisuras.
- Ajustar la tornillería en conectores de alta tensión, aplicando grasa conductora en los terminales,

- Reponer, en su caso, la presión o niveles de aceite,
- Limpiar la porcelana o resina de aisladores con trapo sin pelusa impregnado con líquido dieléctrico,

Así como otras operaciones específicas descritas en un plan de mantenimiento de una instalación para estos dispositivos, utilizando los equipos de protección individual, para trabajos en altura y respetando las distancias mínimas de seguridad en planta y en altura.

**CE5.3** Aplicar técnicas de verificación y medida sobre un transformador de potencia, tales como:

- Inspeccionar la operatividad y ajuste de las alarmas y circuitos de disparo de los indicadores de temperatura, aplicando test de prueba.
- Revisar los ventiladores u otros sistemas de refrigeración, sus conexiones de alimentación eléctrica, elementos de rotación y sistema de protección propios, mediante inspección visual, medidas de ruido y consumo.
- Comprobar el sobrecalentamiento de las conexiones eléctricas, mediante termografía o medida de la resistencia de contacto,
- Probar operativamente el relé Buchholz, en su caso,
- Chequear el funcionamiento de los dispositivos de control local y remoto, mediante batería de test establecida en un plan de mantenimiento.

**CE5.4** Definir las propiedades de los transformadores de medida -tensión e intensidad-, identificando sus formas de conexión, los elementos de protección propios y los principales riesgos de mal funcionamiento o avería.

**CE5.5** Describir los tipos de interruptores de potencias, explicando sus sistemas de apertura y cierre, de mando -local o a distancia-, mecanismos de accionamiento -neumático, hidráulico o de resorte-, contador de operaciones, disparo por protecciones, riesgos del arco eléctrico y medios de extinción -vacío, aceite, o hexafluoruro de azufre-.

**CE5.6** Describir un procedimiento normalizado de manipulación de gases fluorados -detección, medida de presión, toma de muestras, extracción o recuperación- que pueda requerirse en el mantenimiento de aparata que los incorpore.

**CE5.7** Pormenorizar los tipos de seccionadores y sus funciones, así como las operaciones de mantenimiento que se llevan a cabo sobre ellos, extraídas de un plan de mantenimiento o programa de puntos de inspección.

**CE5.8** Precisar las pruebas normalizadas de aislamiento que se aplican a los pararrayos autoválvula, describiendo los métodos para medir su corriente de fuga y la verificación del funcionamiento del contador de descargas.

**CE5.9** En un supuesto práctico de reparación en caso de avería imprevista -mantenimiento correctivo-:

- Proceder al corte de tensión mediante las técnicas preceptivas o valorar la posibilidad de intervenir con tensión, bajo supervisión de una persona responsable,
- Determinar su gravedad, según sean los elementos o componentes afectados,
- Identificar el origen y características de la avería: tipo mecánico, eléctrico, electrónico, o químico, a partir de los síntomas detectados,
- Realizar medidas, en su caso, de los parámetros característicos -tensión, presión, temperatura u otros- en puntos de inspección especificados en el manual de servicio del dispositivo, contrastando con los valores esperados,
- Proceder a la reparación o sustitución del elemento dañado por uno equivalente y compatible en sus características mecánicas y eléctricas, desmontándolo -junto a otros componentes si se requiere-, tomando como referencia los planos y esquemas disponibles, siguiendo la secuencia establecida en la información del fabricante u otra documentación técnica y montando y conectando el nuevo dispositivo en su lugar.

**CE5.10** Redactar un informe técnico de las operaciones de mantenimiento efectuadas sobre los elementos eléctricos principales de una instalación, utilizando el modelo de una entidad de mantenimiento, describiendo las actividades realizadas, el alcance de los trabajos ejecutados, el procedimiento o protocolo de pruebas llevado a cabo, los resultados obtenidos, modificaciones efectuadas y recomendaciones de mejora.

**C6:** Aplicar técnicas de mantenimiento sobre los sistemas de mando, señalización, control, protección y medida, tanto en corriente alterna como en corriente continua, en su estado general, aspectos electro-mecánicos, eléctricos y electrónicos, fiabilidad y seguridad de las conexiones, estado de envejecimiento de los componentes, así como pruebas de operatividad.

**CE6.1** Presentar las medidas de revisión del estado general del interior de los edificios que albergan los sistemas de control, mando, señalización, protección y medida, como pueden ser: condiciones de orden, limpieza, pintura y humedades, retirada de objetos que pueda interferir o dificultar el funcionamiento de los equipamientos, presencia y legibilidad de cartelería relativa a: acceso, señalización de evacuación y socorro, plan de autoprotección, soporte vital, manejo de gases de hexafluoruro de azufre, material antiderrame u otros.

**CE6.2** Extraer, de un documento de plan de mantenimiento o de un programa de puntos de inspección, los dispositivos y operaciones a efectuar, en sus partes externas y elementos mecánicos, de los cuadros, armarios y paneles que albergan los equipos de mando, señalización, control, protección y medida de una subestación eléctrica.

**CE6.3** Exponer las condiciones de conservación, calefacción, visibilidad sobre de los instrumentos y criterios de operatividad que deben aplicarse en las intervenciones sobre cuadros, paneles y armarios de control.

**CE6.4** En un supuesto práctico de revisión de los elementos de los sistemas de mando, señalización, control y protección, probar la funcionalidad de: relés de protección, relés auxiliares, contactores, pulsadores, selectores, conmutadores, lámparas, pilotos LED, avisadores, centralitas de alarmas y otros, contrastando los resultados con la operatividad esperada ante cada acción o evento, conforme a los criterios establecidos en un plan de mantenimiento.

**CE6.5** Identificar los tipos de partes de trabajo y de informes técnicos de intervención de mantenimiento sobre los sistemas de mando, señalización, control, protección y medida de una subestación eléctrica, según modelos de una empresa propietaria, que incluyan el resultado de las revisiones, así como posibles incidencias y modificaciones que se adopten.

**C7:** Aplicar técnicas de mantenimiento sobre los servicios auxiliares de corriente alterna, sistema rectificador-batería, sala de batería de acumuladores y equipo electrógeno de emergencia, para garantizar la continuidad del suministro a los dispositivos de una subestación eléctrica, chequeando sus propiedades mecánicas, prestaciones eléctricas y características químicas y ambientales.

**CE7.1** Listar las condiciones de un local de ubicación de las baterías de acumuladores y de los equipos rectificadores, en cuanto a: ventilación, humedad, suelo y desagüe, toma de agua, pintura, documentación y registros de mantenimiento, utensilios para el mantenimiento, equipos de protección individual, cartelería visible y otros, según normativa aplicable a locales con riesgos de incendio o explosión o de características especiales.

**CE7.2** Describir los tipos y características de las baterías de acumuladores, exponiendo sus aspectos eléctricos y químicos tales como: tensión proporcionada, intensidad, densidad y nivel

del electrolito, temperatura en condiciones de carga lenta o rápida, conexiones entre celdas u otras.

**CE7.3** Precisar las técnicas de revisión de los equipos rectificadores para la carga de baterías de una subestación eléctrica atendiendo a: sistema de calefacción, hermeticidad de sus envolventes, enclavamientos, conexión de puesta a tierra, identificación de cables y bornes, mandos, instrumentos y alarmas locales incorporadas en el frontal, valores de tensión e intensidad proporcionadas, pruebas de operatividad u otras.

**CE7.4** En un supuesto práctico de chequeo de un equipo electrógeno de emergencia:

- Inspeccionar su aspecto exterior y características mecánicas: anclaje, nivelación, sistemas de antivibración, nivel de aceite, filtros, envolvente, grado de insonorización u otros,
- Chequear las prestaciones eléctricas y sistemas de control: puesta a tierra, batería de arranque de motor, enclavamientos, equipos de medida y señalización, sistema de refrigeración, cuadro de control, lámparas indicadoras, medidores, pulsadores de arranque-parada, u otros, a partir de la documentación de un plan de mantenimiento.

**CE7.5** Reconocer los puntos de iluminación en dependencias, viales y parque de intemperie de una subestación eléctrica, diferenciando aquellos que son de emergencia, así como los requisitos especiales de visibilidad que debe cumplir el entorno de transformadores de potencia y aparamenta.

**CE7.6** Ejemplificar el proceso de suministro de alimentación eléctrica sobre los elementos o zona de una subestación eléctrica en los que se haya aplicado procedimiento de descargo, siguiendo el protocolo para su puesta en servicio, teniendo en cuenta las normas particulares de una compañía suministradora, aplicando la señalización preceptiva de zonas y dispositivos, utilizando, en todo caso, las medidas y equipos de protección colectiva e individual.

**CE7.7** Redactar un informe técnico de las operaciones de mantenimiento efectuadas sobre los servicios auxiliares de corriente alterna, sistema rectificador-batería, sala de batería de acumuladores y equipo electrógeno de emergencia, utilizando un modelo de una empresa propietaria, describiendo las actividades realizadas, el alcance de los trabajos ejecutados, el procedimiento o protocolo de pruebas llevado a cabo, los resultados obtenidos, modificaciones efectuadas y recomendaciones de mejora.

## Capacidades cuya adquisición debe ser completada en un entorno real de trabajo

C1 respecto a CE1.4; C2 respecto a CE2.2 y CE2.8; C3 respecto a CE3.3 y CE3.4; C4 respecto a CE4.3; C5 respecto a CE5.2, CE5.3 y CE5.9; C6 respecto a CE6.4; C7 respecto a CE7.4.

### Otras Capacidades:

Adaptarse a la organización de la empresa integrándose en el sistema de relaciones técnico-laborales.

Ejecutar correctamente las instrucciones que recibe responsabilizándose de la labor que desarrolla, dentro de su ámbito competencial.

Participar activamente y coordinar, en su caso, el equipo de trabajo.

Demostrar el grado de autonomía requerido en la resolución de contingencias, dentro de su ámbito competencial.

Comunicarse de manera eficaz con la persona adecuada en cada momento.

Mostrar una actitud de respeto hacia los compañeros, procedimientos y normas de la empresa.

## Contenidos

### 1 Regulación de la actividad y seguridad en el mantenimiento de subestaciones eléctricas

Normativa sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, ITC.

Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, REBT, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

Manuales y guías técnicas de aplicación de los Reglamentos de alta tensión, AT, y baja tensión, BT.

Prescripciones de compañías eléctricas para el mantenimiento de subestaciones.

Programas de mantenimiento de empresas eléctricas.

Normativa sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, EPI, en particular el riesgo eléctrico, para los distintos tipos y zonas de trabajo.

Normativa de aplicación -estatal y autonómica- sobre impacto ambiental de instalaciones de alta tensión.

Guías de las inspecciones de los Organismos de control habilitados, OCA.

Tipos y alcance de los contratos de mantenimiento de subestaciones.

## 2 Subestaciones eléctricas y sus elementos constitutivos

Estructura y características generales de una subestación eléctrica. Ubicación: de central generadora, intemperie, interior, blindada GIS-.

Tipos -de maniobra, de transformación, móvil-, funciones y clasificación según función.

Posiciones en una subestación.

Partes y estructuras metálicas.

Sistema de servicios auxiliares.

Sistema de telecontrol.

Sistema de seguridad.

Funcionamiento general de una subestación eléctrica.

Elementos eléctricos según su función.

Transformadores de potencia: en baño de aceite y de silicona; transformadores secos; fluidos peligrosos y su localización; refrigeración de los transformadores; protecciones propias.

Aparamenta de maniobra.

Arco eléctrico. Manifestaciones y efectos del arco eléctrico. Sistemas de extinción.

Poder de corte.

Seccionador de línea y seccionador de puesta a tierra.

Interruptor automático.

Ruptofusible.

Cabinas de una subestación eléctrica, tipos y disposiciones: según la aparamenta interna; según el aislamiento; según la tecnología de la cámara de corte.

Disposiciones de montaje de cabinas.

Disposiciones de conexionado externo de potencia y de control.

Disposiciones de ubicación de transformadores de medida y protección.

Disposiciones de ubicación de relés de protección.

Transformadores de protección y medida: de tensión y de intensidad.

Relés de protección: funciones de protección según normativa.

Relés directos e indirectos para protección de sobreintensidad.

Sistema de telecontrol: maniobras, medidas, alarmas y disparos.

Otros elementos constitutivos de la subestación eléctrica: equipos rectificador-batería, cuadros de baja tensión, contadores, elementos de señalización, iluminación.

## 3 Medios técnicos para el mantenimiento de subestaciones eléctricas

Medios técnicos: herramientas manuales y eléctricas.

Equipos de medida, principios de funcionamiento.  
Equipos de ensayo, principios de funcionamiento.  
Evaluación de riesgos al operar con la instrumentación de medida.  
Descripción y características de los equipos de medida y ensayo.  
Medidores de aislamiento: megóhmetros para baja tensión y alta tensión.  
Medidor de pequeñas resistencias: micróhmetro, con inyección de intensidad.  
Medidores de ausencia de tensión: pértigas y cabezas detectoras, acústicas y luminosas.  
Equipos de puesta a tierra y en cortocircuito.  
Medidor de capacidad: capacímetro.  
Medidores de tensiones de paso y contacto.  
Medidor de red de tierras: telurómetro.  
Aparatos y categorías de los aparatos de medición: multímetros, pinza amperimétrica y otros para medición de tensiones e intensidades en corriente continua, alterna y resistencias.  
Detección de puntos calientes y falsas conexiones mediante cámara termográfica.  
Tipos de cámaras termográficas y técnicas de detección.  
Equipos de ensayos y verificación de protecciones eléctricas: maletas de inyección de intensidad y tensión.  
Equipos y sistemas de compensación de energía reactiva.  
Técnicas de medida, aparatos y herramientas según entorno de trabajo: con tensión en contacto, a potencial, en proximidad de tensión, sin tensión.

#### 4 Medios de protección colectiva e individual para el mantenimiento en subestaciones eléctricas

Requisitos de capacitación laboral en instalaciones de alta tensión: obligaciones y autorizaciones.  
Equipos de protección individual, EPI: clasificación, categorías, marcado 'CE'.  
Manipulación manual de cargas: equipos y ayudas mecánicas.  
Trabajos en altura: sistemas de retención, de sujeción, de acceso y anticaída.  
Riesgos de choque eléctrico, de arco eléctrico o de ambos.  
Riesgos eléctricos por: electrocución, quemaduras, explosión y otros.  
Equipos de protección individual frente al riesgo eléctrico: protección de la cabeza, pantalla facial, indumentaria, manos y brazos, calzado.  
Requisitos específicos para intervenciones en alta tensión: sin tensión, en proximidad o con tensión.  
Documentos técnicos sobre selección, uso, calibración, declaración de conformidad y estado de vigencia de EPI.  
Equipos de protección colectiva: barandillas, pasarelas, andamios y redes anticaídas, vallado perimetral, extintores de incendios, señalizaciones e indicativos, barreras de protección térmica, otros.  
Técnicas de primeros auxilios.

#### 5 Documentación para el mantenimiento de subestaciones eléctricas

Planos y esquemas: símbolos normalizados.  
Esquemas eléctricos unifilares.  
Esquemas eléctricos desarrollados.  
Esquemas de cableado interno.  
Esquemas de interconexión.  
Esquemas de baja tensión.  
Planos de situación.  
Documentos para el mantenimiento.  
Listas de equipos o equipamientos.

Listas de señales.  
Manuales de operación y mantenimiento.  
Órdenes de trabajo.  
Programas de puntos de inspección, -PPI-.  
Tablas de procedimientos.  
Informes de intervención.

## 6 Técnicas de intervención en el mantenimiento de subestaciones eléctricas

Tipos de mantenimiento: definición y objetivos del mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo  
Identificación física/descriptiva de elementos.  
Identificación de elementos en los esquemas.  
Distancias de seguridad.  
Procedimientos de descargo de instalaciones. Aplicación de las cinco reglas de oro.  
Detectores de presencia de tensión: fijos en celdas y pértigas detectoras.  
Maniobras típicas en subestaciones.  
Señalización de las instalaciones eléctricas.  
Señalización de las maniobras.  
Técnicas de bloqueo de seguridad: mediante enclavamientos eléctricos o enclavamientos mecánicos.  
Técnicas de mantenimiento predictivo: inspecciones visuales; lectura sobre transmisores de presión, vibración o temperatura; observación de consumos; termografía infrarroja.  
Técnicas de mantenimiento preventivo: verificación de instalaciones; operaciones y revisiones programadas; inspecciones visuales.  
Medidas de resistencia de puesta a tierra.  
Medidas de tensiones de paso y contacto.  
Mantenimiento de transformadores de potencia.  
Mantenimiento de transformadores de medida.  
Mantenimiento de interruptores.  
Mantenimiento de seccionadores.  
Mantenimiento de aisladores.  
Mantenimiento de conductores.  
Mantenimiento de relés de protección.  
Pruebas y medidas de descargas parciales.  
Técnicas de mantenimiento correctivo.  
Tipos de averías según su origen -químicas, mecánicas, eléctricas, otras- o sus efectos.  
Averías típicas en elementos de subestaciones. Averías críticas.  
Secuencias de montaje y desmontaje de elementos principales.  
Secuencias de montaje y desmontaje de equipos auxiliares.  
Pruebas de funcionamiento tras una reparación.  
Informes de reparación o sustitución.

## 7 Manipulación de conmutadores eléctricos fijos que contengan gases fluorados de efecto invernadero

Cambio climático, protocolos internacionales, potencial de calentamiento atmosférico y otras cuestiones medioambientales.  
Normativa de ámbito europeo y nacional sobre gases fluorados de efecto invernadero y Reglamentos de aplicación.  
Propiedades físicas, químicas y ambientales del hexafluoruro de azufre, SF<sub>6</sub>.  
Efectos sobre la salud de los productos de descomposición del SF<sub>6</sub>.

Usos del SF6 en los equipos eléctricos -aislamiento, enfriamiento del arco voltaico, etc.- y comprensión del diseño de los equipos eléctricos.

Calidad, control de calidad y toma de muestras del SF6 según las normas industriales.

Almacenamiento y transporte de SF6.

Manejo de equipos de extracción, recuperación del SF6, y manejo de sistemas estancos de perforación.

Recuperación, Mezclas, Depuración y Reutilización del SF6 y diferentes clases de reutilización.

Trabajo en compartimientos abiertos con SF6, Detectores de SF6.

Neutralización de subproductos de SF6.

Fin de vida de equipos con atmósfera de SF6.

Seguimiento del SF6 y obligaciones de registro de los datos oportunos en virtud del Derecho nacional o comunitario o de acuerdos internacionales.

Reducción de fugas y controles de fugas.

Tecnologías alternativas para sustituir o reducir el uso de gases fluorados de efecto invernadero y la manera segura de manipularlos. Condiciones de seguridad en el manejo de estas tecnologías.

## Parámetros de contexto de la formación

### Espacios e instalaciones

Los talleres e instalaciones darán respuesta a las necesidades formativas de acuerdo con el contexto profesional establecido en la unidad de competencia asociada, teniendo en cuenta la normativa aplicable del sector productivo, prevención de riesgos laborales, accesibilidad universal y protección medioambiental. Se considerará con carácter orientativo como espacios de uso:

- Taller de 7 m<sup>2</sup> por alumno o alumna.
- Instalación de 2 m<sup>2</sup> por alumno o alumna.

### Perfil profesional del formador o formadora:

1. Dominio de los conocimientos y las técnicas relacionados con la ejecución de operaciones de mantenimiento de subestaciones eléctricas, que se acreditará mediante una de las dos formas siguientes:

- Formación académica de nivel 2 (Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior) o de otras de superior nivel relacionadas con el campo profesional.
- Experiencia profesional de un mínimo de 4 años en el campo de las competencias relacionadas con este módulo formativo.

2. Competencia pedagógica acreditada de acuerdo con lo que establezcan las Administraciones competentes.