Universidad de Cádiz
Escuela Superior de Ingeniería

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Proyecto de una subestación deslocalizada para eólica marina en el Cabo Trafalgar

AUTOR: Antonio Gutiérrez Baz

Cádiz, marzo 2022

Universidad de Cádiz

Escuela Superior de Ingeniería

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Proyecto de una subestación deslocalizada para eólica marina en el Cabo Trafalgar

DIRECTOR: JUAN MIGUEL NUÑEZ ORIHUELA
AUTOR: ANTONIO GUTIÉRREZ BAZ

Cádiz, marzo 2022

Tabla de contenido

1. Memoria 6
2. Anexos 91
3. Pliego de condiciones 250
4. Mediciones y Presupuesto 272
5. Planos 291

Lista de figuras

Figura 1: Localización del parque eólico
Figura 2: Metodología de diseño
Figura 3: Modelo ENK de ABB
Figura 4: Ejemplo de anillo equipotencial
Figura 5: Conexión a tierra
Figura 6: Tetón de tierra
Figura 7: Tapa desnuda y plana de cobre
Figura 8: Bornas de espárrago de doble palma
Figura 9: Tapas de barras de tierra múltiple
Figura 10: Diseño general de protección contra el rayo
Figura 11: Ejemplo de traceado eléctrico
Figura 12: Diseño general del sistema de climatización
Figura 13: Gráficas de coste por longitud
Figura 14: Distribución de la potencia reactiva
Figura 15: Grafica UNE-EN 60909-0 para μ
Figura 16: Grafica ITC RAT 13 para tiempo de falta
Figura 17: Coeficientes k1 y k2 de la ecuación de Schwarz
Figura 18: Obtención del Área de protección en AutoCAD
Figura 19: Mapa andaluz de probabilidad de impacto de rayo
Figura 20: Diseño de una red de dispositivos de captación
Figura 21: Mapa de densidad de impactos sobre el terreno
Figura 22: Línea de fuga según nivel de contaminación

1. Memoria

ÍNDICE

1. Objeto
2. Alcance
3. Antecedentes
4. Normas y referencias
   4.1. Disposiciones generales y normas aplicadas
      4.1.1. Estándares comunes
      4.1.2. Para instalación y transporte
      4.1.3. Estándares particulares para el tipo de equipo
   4.2. Programas de cálculo
5. Definiciones y abreviaturas
6. Requisitos de diseño
   6.1. Bases del diseño
   6.2. Localización de la subestación
   6.3. Segregación de áreas
   6.4. Localización y necesidad de equipo
   6.5. Condiciones de servicio
   6.6. Protección contra la corrosión
7. Análisis de soluciones
8. Resultados finales
   8.1. Modulo superior de la subestación
      8.1.1. Disposición y configuración del esquema eléctrico
      8.1.2. Principal equipo eléctrico
      8.1.3. Conducto de gas aislado (GIBs)
      8.1.4. Aparamenta de 72,5 kV
      8.1.5. Transformadores de potencia
      8.1.6. Aparamenta de 245 kV
      8.1.7. Reactores Shunt
      8.1.8. Red de tierras
      8.1.9. Sistemas auxiliares
      8.1.10. Generador auxiliar principal
      8.1.11. Generador de emergencia
      8.1.12. Transformadores auxiliares / de puesta a tierra
      8.1.13. Iluminación
      8.1.14. Traceado eléctrico
      8.1.15. Cuadros de distribución, SAI y baterías
      8.1.16. Cableado y accesorios
      8.1.17. Sistemas de climatización industrial
      8.1.18. Sistemas de seguridad
9. Planificación

1. Objeto

El objeto del proyecto es el diseño de las instalaciones eléctricas para una subestación deslocalizada situada en el Cabo Trafalgar que elevará la tensión de 66kV procedentes del parque eólico propiedad de Iberdrola y Red Eléctrica española a 220kV que se transmitirá a través de cables submarinos hasta la subestación "El Parralejo" localizada en la costa.

Este proyecto entra en el marco de la generación y exportación de energía a la red, mejorando al suministro y contribución de energía renovable al "mix" energético nacional, además de la contribución a los planes de Transición Ecológica planteados desde el Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico. En concreto a la estrategia de Descarbonización a Largo Plazo la cual plantea los compromisos de España como Estado miembro de la Unión Europea y con el Acuerdo de París marcando la senda para la lograr la neutralidad climática antes de 2050.

El diseño eléctrico completo e integral de la subestación tendrá en cuenta las necesidades y los requerimientos del sistema, eligiendo la configuración y disposición que mejor puedan adecuarse a su demanda.

2. Alcance

En cuanto a lo pertinente al alcance de la subestación, se elegirá la disposición, tecnología y aparamenta a utilizar correspondiente y necesaria para este tipo especial de subestaciones localizadas en alta mar en base a los planos de planta iniciales que se otorgan de la subestación. También se realizarán los cálculos y planos necesarios para la implantación de la subestación con sus justificaciones y comentarios cuando sea necesario.

Se definirán las protecciones del sistema, los servicios auxiliares y la especificación de la obra civil.

No entrarán en nuestro alcance el cálculo estructural de la estructura en chaqueta o de la misma subestación ni justificaciones sobre contraincendios y salubridad más allá de las menciones necesarias para los cálculos eléctricos y la propia disposición de la subestación en cuanto edificación.

La estructura en chaqueta queda excluida del alcance de trabajos de la subestación. Se ultimarán, además, los presupuestos generales de la instalación.

3. Antecedentes

Después de varios estudios y trabajos, no tan convincentes y viables, tanto por parte de la administración como de empresas energéticas para buscar el emplazamiento y condiciones favorables para la realización de un proyecto integral de un parque eólico marino en costas gaditanas, se ha decidido su realización gracias a las mejoras técnicas de las turbinas y a la disposición y configuración de la subestación. Así, el proyecto consigue ser, no solo técnicamente viable sino económicamente también.

El proyecto propuesto de la Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar tiene como objetivo que el parque eólico compuesto por 60 turbinas con una capacidad de generar hasta 720 MW trasmita una capacidad total de 680MW desde la subestación deslocalizada hasta la otra situada en la costa.

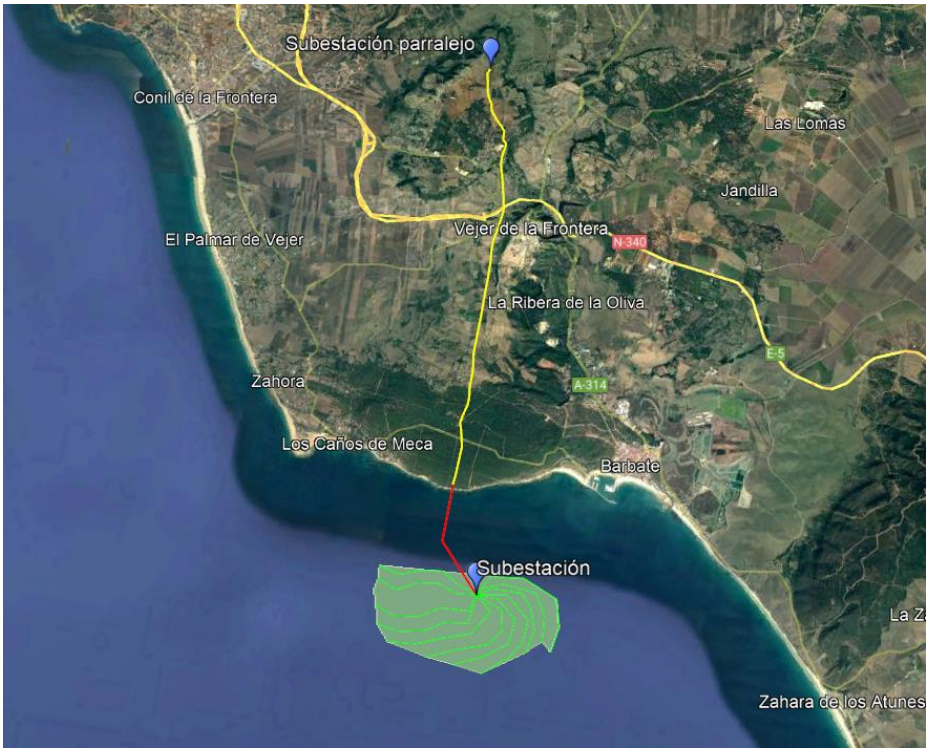


Figura 1: Localización del parque eólico

La subestación se localizará al sur de la provincia de Cádiz, justo en el cabo Trafalgar frente a Barbate. La Subestación deslocalizada se sitúa en las coordenadas 36° 9'0.36"N 5°58'2.76"O. El parque eólico tendrá un área total de 12,9 km².

En el área del parque eólico las profundidades marinas suelen estar en torno a un rango de 20 a 57 metros, en el caso de la subestación, se encontrará a 29 metros de profundidad.

La red a la que se verterá la energía exportada se basará en un sistema de corriente alterna de 220 kV que incluirá el equipo de compensación de reactiva tanto en la subestación deslocalizada como en la situada en costa.

Las turbinas que se suministrarán para el parque eólico, y están fuera del alcance de este documento, serán 60 unidades del modelo Haliade-X 12MW de la empresa General Electric.

4. Normas y referencias

4.1. Disposiciones generales y normas aplicadas

Para la realización del diseño eléctrico de la subestación se ha seguido la normativa actual reflejada en el Reglamento de Alta Tensión (RAT) expuesta en el Boletín Oficial del Estado (BOE) en el Real Decreto 337/2014 como de obligado cumplimiento, y el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

También se tendrá en cuenta la normativa europea EN, la DNVGL, la SOLAS, la UNE y otras como la IEEE, ANSI expuestas a continuación.

4.1.1. Estándares comunes

a. Estándares IEC

- IEC 60079-0: Atmósferas explosivas. Parte 0: Equipo. Requisitos generales.
- IEC 60092-306: Instalaciones eléctricas en buques. Parte 306: Equipamiento. Luminarias y accesorios de iluminación.
- IEC 60099: Pararrayos. Parte 1: Pararrayos de resistencia variable con explosores para redes de corriente alterna.
- IEC 60146: Convertidores de semiconductores. Especificaciones comunes y convertidores conmutados por red. Parte 1-1: Especificaciones de los requisitos técnicos básicos. (Ratificada por AENOR en octubre de 2010.)
- IEC 60228: Conductores de cables aislados
- IEC 60331: Ensayos para cables eléctricos en condiciones de fuego. Integridad del circuito. Parte 1: Método de ensayo de fuego con impacto a una temperatura de al menos 830 °C para cables de tensión asignada de hasta 0,6/1,0 kV inclusive y con un diámetro total superior a 20 mm.
- IEC 60332: Métodos de ensayo para cables eléctricos y cables de fibra óptica sometidos a condiciones de fuego.
- IEC 60364: Instalaciones eléctricas de baja tensión.
- IEC 60479-1: Efectos de la corriente sobre el hombre y los animales domésticos. Parte 1: Aspectos generales. (IEC/TS 60479-1:2005 + Corrigendum 1:2006).
- IEC 60529: Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- IEC 60598: Luminarias
- IEC 60617: Símbolos gráficos para esquemas
- IEC 60721-3-3: Clasificación de las condiciones ambientales. Parte 3: Clasificación de grupos de parámetros ambientales y sus severidades. Sección 3: Utilización fija en lugares protegidos de la intemperie. (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en septiembre de 2019.)
- IEC 60909: Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 0: Cálculo de corrientes.
- IEC 60947: Aparamenta de baja tensión.
- IEC 61000: Compatibilidad electromagnética (CEM).
- IEC 61241-1: Material eléctrico para uso en presencia de polvo combustible.
- 61400-24: Aerogeneradores. Parte 24: Protección contra el rayo. (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en junio de 2020.)
- IEC 61439: Conjuntos de aparamenta de baja tensión.
- IEC 61557: Seguridad eléctrica en redes de distribución de baja tensión hasta 1 000 V c.a. y 1 500 V c.c. Equipos para ensayo, medida o vigilancia de las medidas de protección.
- IEC 61850 series: Sistemas y redes de comunicación en subestaciones.
- IEC 61643: Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias de baja tensión.
- IEC 61869: Transformadores de medida.
- IEC 61892: Unidades fijas y móviles en el mar. Instalaciones eléctricas
- IEC 61936: Instalaciones eléctricas de tensión nominal superior a 1 kV en corriente alterna.
- IEC 62035: Lámparas de descarga (excepto lámparas fluorescentes). Requisitos de seguridad.
- IEC 62040: Sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI).
- IEC 62262: Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).

- IEC 62305: Protección contra el rayo

b. Estándares DNV GL

- DNV-OS-A101: Principios generales de disposición y seguridad
- DNVGL-ST-0145: Subestaciones deslocalizadas
- DNVGL-OS-D101: Sistemas de maquinaria marina y equipamiento
- DNVGL-OS-D201: Instalaciones eléctricas

c. Estándares europeos armonizados.

- EN 1366: Ensayos de resistencia al fuego de instalaciones de servicio.
- EN 1838: Iluminación. Alumbrado de emergencia.
- EN 12464-2: Iluminación. Iluminación de lugares de trabajo
- EN 50085: Sistemas de canales para cables y sistemas de conductos cerrados de sección no circular para instalaciones eléctricas.
- EN 50102: Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK)
- EN 50164: Componentes de protección contra el rayo (CPCR).
- EN 50172: Sistemas de alumbrado de seguridad.
- EN 50200: Método de ensayo de la resistencia al fuego de cables de pequeñas dimensiones sin protección, para uso en circuitos de emergencia.
- EN 50310: Redes de enlace de telecomunicaciones para edificios y otras estructuras.
- EN 50522: Puesta a tierra en instalaciones de tensión superior a 1 kV en corriente alterna
- EN 60228: Conductores de cables aislados.
- EN 60695: Ensayos relativos a los riesgos del fuego
- EN 61034: Medida de la densidad de los humos emitidos por cables en combustión bajo condiciones definidas.
- EN 61537: Conducción de cables. Sistemas de bandejas y de bandejas de escalera.
- EN 50272: Requisitos de seguridad para las baterías e instalaciones de baterías

d. Otros

- ISO 12944-1: Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 1: Introducción general.
- ISO 12944-5: Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 5: Sistemas de pintura protectores.
- ISO 15138: Industrias del petróleo y del gas natural. Instalaciones marítimas de producción. Calefacción, ventilación y aire acondicionado
- ISO 2409: Pinturas y barnices. Ensayo de corte por enrejado.
- SOLAS: Convención internacional para la seguridad en el mar,1974.

4.1.2. Estándares particulares para el tipo de equipo

4.1.2.1. Aparamenta de 245 kV

- IEC 60137: Aisladores pasantes para tensiones alternas superiores a 1 000 V.
- IEC 60376: Especificaciones para hexafluoruro de azufre (SF6) de calidad técnica y gases complementarios que se utilizarán en sus mezclas para uso en equipos eléctricos.
- IEC 60898-1: Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobreintensidades. Parte 1: Interruptores automáticos para funcionamiento en corriente alterna.
- IEC 61462: Aisladores huecos compuestos. Aisladores presurizados y no presurizados para utilización en equipos eléctricos con tensiones asignadas mayores de 1 000 V. Definiciones, métodos de ensayo, criterios de aceptación y recomendaciones de diseño.
- IEC 62271: Aparamenta de alta tensión.
- ISO 1461: Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo
- ISO 2409: Pinturas y barnices. Ensayo de corte por enrejado.
- ISO 12944-1: Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 1: Introducción general.

- ISO 12944-2: Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 2: Clasificación de ambientes.

4.1.2.2. Aparamenta de 72,5 kV

- IEC 60099-4: Pararrayos. Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna.
- IEC 60137: Aisladores pasantes para tensiones alternas superiores a 1 000 V.
- IEC 60376: Especificaciones para hexafluoruro de azufre (SF6) de calidad técnica y gases complementarios que se utilizarán en sus mezclas para uso en equipos eléctricos.
- IEC 60898-1: Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobreintensidades. Parte 1: Interruptores automáticos para funcionamiento en corriente alterna.
- IEC 60947-7-1: Aparamenta de baja tensión. Parte 7-1: Equipos auxiliares. Bloques de conexión para conductores de cobre.
- IEC 62217: Aisladores poliméricos de alta tensión para uso interior y exterior. Definiciones generales, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
- IEC 62262: Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- IEC 62271-1: Aparamenta de alta tensión. Parte 1: Especificaciones comunes para aparamenta de corriente alterna.
- IEC 62271: Aparamenta de alta tensión.

4.1.2.3. Transformadores de potencia

- IEC 60076: Transformadores de potencia.
- IEC 60085: Aislamiento eléctrico. Evaluación y designación térmica.
- IEC 60214: Cambiadores de tomas.
- IEC 60228: Conductores de cables aislados.
- IEC 60422: Aceites minerales aislantes en equipos eléctricos. Líneas directrices para su supervisión y mantenimiento.
- IEC 60599: Equipos eléctricos impregnados en aceite en servicio. Guía para la interpretación de los análisis de gases disueltos y libres.
- IEC 60721-3-4: Clasificación de las condiciones ambientales. Parte 3: Clasificación de los grupos de parámetros ambientales y de sus severidades. Sección 4: Utilización fija no protegida de la intemperie.
- IEC 60815-3: Selección y dimensionamiento de aisladores de alta tensión destinados para su utilización en condiciones de contaminación. Parte 3: Aisladores poliméricos para redes de corriente alterna.
- IEC 61892: Unidades fijas y móviles en el mar. Instalaciones eléctricas.
- IEC 62208: Envolventes vacías destinadas a los conjuntos de aparamenta de baja tensión. Requisitos generales.
- IEC 62271-211: Aparamenta de alta tensión. Parte 211: Conexión directa entre transformadores de potencia y aparamenta bajo envolvente metálica con aislamiento gaseoso para tensiones asignadas superiores a 52 kV.
- EN 362: Equipos de protección individual contra caídas de altura. Conectores.
- EN 795: Equipos de protección individual contra caídas. Dispositivos de anclaje.
- EN 50180: Pasatapas para transformadores sumergidos en líquido para tensiones comprendidas entre 1 kV y 52 kV y de 250 A a 3,15 kA.
- EN 50216: Accesorios para transformadores de potencia y reactancias.
- ISO 2409: Pinturas y barnices. Ensayo de corte por enrejado.
- ISO 12944-1: Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 1: Introducción general
- ISO 12944-2: Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 2: Clasificación de ambientes.

4.1.2.4. Transformadores auxiliares / de puesta a tierra

- IEC 60076: Transformadores de potencia.
- IEC 60085: Aislamiento eléctrico. Evaluación y designación térmica.
- IEC 60214: Cambiadores de tomas.
- IEC 60228: Conductores de cables aislados.
- IEC 60422: Aceites minerales aislantes en equipos eléctricos. Líneas directrices para su supervisión y mantenimiento.

- IEC 60599: Equipos eléctricos impregnados en aceite en servicio. Guía para la interpretación de los análisis de gases disueltos y libres.
- IEC 60721-3-4: Clasificación de las condiciones ambientales. Parte 3: Clasificación de los grupos de parámetros ambientales y de sus severidades. Sección 4: Utilización fija no protegida de la intemperie.
- IEC 60815-3: Selección y dimensionamiento de aisladores de alta tensión destinados para su utilización en condiciones de contaminación. Parte 3: Aisladores poliméricos para redes de corriente alterna.
- IEC 61892: Unidades fijas y móviles en el mar. Instalaciones eléctricas.
- IEC 62208: Envolventes vacías destinadas a los conjuntos de aparamenta de baja tensión. Requisitos generales.
- IEC 62271-211: Aparamenta de alta tensión. Parte 211: Conexión directa entre transformadores de potencia y aparamenta bajo envolvente metálica con aislamiento gaseoso para tensiones asignadas superiores a 52 kV.
- EN 362: Equipos de protección individual contra caídas de altura. Conectores.
- EN 795: Equipos de protección individual contra caídas. Dispositivos de anclaje.
- EN 50180: Pasatapas para transformadores sumergidos en líquido para tensiones comprendidas entre 1 kV y 52 kV y de 250 A a 3,15 kA.
- EN 50216: Accesorios para transformadores de potencia y reactancias.
- ISO 2409: Pinturas y barnices. Ensayo de corte por enrejado.
- ISO 12944-1: Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 1: Introducción general
- ISO 12944-2: Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 2: Clasificación de ambientes.
-

4.1.2.5. Reactores Shunt

- IEC 60076: Transformadores de potencia.
- IEC 60085: Aislamiento eléctrico. Evaluación y designación térmica.
- IEC 60137: Aisladores pasantes para tensiones alternas superiores a 1 000 V.
- IEC 60156: Líquidos aislantes. Determinación de la tensión de ruptura dieléctrica a frecuencia industrial. Método de ensayo.
- IEC 60228: Conductores de cables aislados.
- IEC 60247: Líquidos aislantes. Medida de la permitividad relativa, del factor de disipación dieléctrica (tan d) y de la resistividad en corriente continua.
- IEC 60422: Aceites minerales aislantes en equipos eléctricos. Líneas directrices para su supervisión y mantenimiento.
- IEC 60721-3-4: Clasificación de las condiciones ambientales. Parte 3: Clasificación de los grupos de parámetros ambientales y de sus severidades. Sección 4: Utilización fija no protegida de la intemperie.
- IEC 60815-3: Selección y dimensionamiento de aisladores de alta tensión destinados para su utilización en condiciones de contaminación. Parte 3: Aisladores poliméricos para redes de corriente alterna.
- IEC 61181: Equipos eléctricos rellenos de aceite mineral. Aplicación del análisis de gases disueltos (AGD) a ensayos en fábrica de equipos eléctricos.
- IEC 62208: Envolventes vacías destinadas a los conjuntos de aparamenta de baja tensión. Requisitos generales.
- IEC 62262: Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- IEC 62271-211: Aparamenta de alta tensión. Parte 211: Conexión directa entre transformadores de potencia y aparamenta bajo envolvente metálica con aislamiento gaseoso para tensiones asignadas superiores a 52 kV.
- EN 50180: Pasatapas para transformadores sumergidos en líquido para tensiones comprendidas entre 1 kV y 52 kV y de 250 A a 3,15 kA
- EN 50216: Accesorios para transformadores de potencia y reactancias.
- ISO 2409: Análisis de gas natural. Métodos de validación para materiales de referencia gaseosos.
- ISO 12944-1: Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 1: Introducción general
- ISO 12944-2: Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 2: Clasificación de ambientes.

4.2. Programas de cálculo

Para la realización del proyecto se ha requerido del uso del software DIALux para los cálculos de iluminación acorde a la norma que se aplica.

5. Definiciones y abreviaturas

AT	Alta Tensión
BT	Baja Tensión
CA	Corriente Alterna
CC	Corriente Continua
DNV	Det Norske Veritas
DNV-GL	Det Norske Veritas – Germanischer Lloyd
EN	European Estándar (Estándar Europeo)
GIB	Gas Insulated Bus (Conducto Aislado de Gas)
GIS	Gas Insulated Switchgear (Aparamenta Aislada de Gas ó Subestación Aislada de Gas)
IEC	International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional)
ONAN	Oil Natural Air Natural (Aceite Natural Aire Natural).
UPS	Uninterruptible Power Supply (Suministro de potencia ininterrumpido).

Definiciones:

GIS: Subestación de gas aislado ó Aparamenta de gas aislado según IEC son elementos bajo envoltura metálica encapsulados en hexafluoruro de azufre diseñado e instalado modularmente y que contiene a su vez distintos elementos como seccionadores, disyuntores, interruptores…

GIB: Los conductos de gas aislados o "Gas Insulated Busbar" son conductos con una envoltura metálica encapsulados en hexafluoruro de azufre y que permite la conducción de la electricidad entre distintos elementos como un cable, pero de forma rígida y modular.

Jacket: La "jacket" es una estructura en celosía comúnmente utilizada en el sector petrolero y de eólica marina. Consiste en unos elementos estructurales principales, relativamente verticales, arriostrados en forma de celosía.

6. Requisitos de diseño

El diseño estará acorde con la normativa expuesta y, sobre todo con la DNV-GL-ST-0145 referente a Subestaciones Deslocalizadas. En esta se recomienda que, dentro de lo posible, todo el trabajo relacionado con el diseño, construcción y operación de la subestación deba estar pensado para asegurarnos de que no exista ningún fallo que pueda dañar o peligrar a personas o a las instalaciones y equipos.

Se debe proveer un trabajo de determinación de trabajo para el diseño preliminar de la subestación mediante la metodología abajo expuesta. Se deben entender los posibles peligros o inconvenientes que puede ocurrir en nuestro diseño y tenerlos en cuenta para poder cambiarlos.

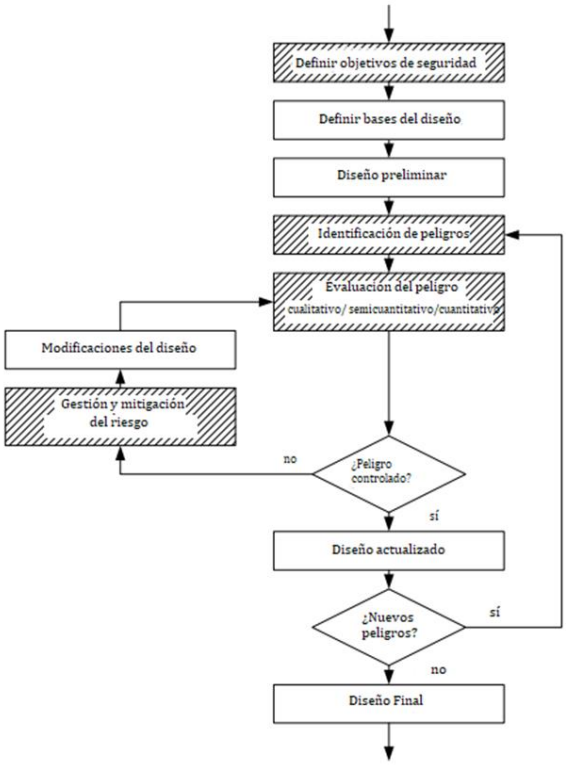


Figura 2: Metodología de diseño

Estos peligros pueden ser tales como: Pérdida de vidas, impacto medioambiental, fallos con consecuencias económicas o la necesidad de evacuación.

Se considerará el acuerdo del listado de equipo necesario, con sus propiedades físicas y químicas y sus necesidades de mantenimiento. Esto tendrá como objetivo obtener una identificación de peligros que puedan causar eventos como:

- Una pérdida de integridad estructural o fallo de la cimentación
- Explosión o fuego
- Colisión de embarcación o accidente de helicóptero
- Caída de objetos
- Gases peligrosos en espacios confinados
- Sustancias tóxicas o peligras que puedan escaparse de nuestro control.
- Contacto directo con el equipo eléctrico que pueda causar daños.

6.1. Bases del diseño

Las condiciones limitantes para la disposición general de la instalación que debe considerarse incluyen:

- Condiciones de servicio, tanto medioambientales como oceanográficos.
- Método de instalación y localización de ésta.
- Requisitos funcionales

Estos requisitos también dependerán de la habitabilidad de la subestación, es decir, la frecuencia en la que está habitada, el número de personas que lo hagan, las dimensiones de la plataforma y riesgos que estos pueden estar sometidos el tiempo que se hallen en la subestación.

6.2. Localización de la subestación

La localización y orientación de la subestación con respecto al parque eólico se ha elegido considerando:

- Otras instalaciones fijas o flotantes.
- Infraestructura eléctrica (Cableado submarino).
- Riesgo de colisión con embarcaciones (Tráfico, corrientes marinas…)
- Viento, oleaje prevalente y la fuerza y dirección de la corriente.
- Requerimientos de mantenimientos o reparaciones.
- Turbulencias del parque eólico e impacto con operaciones de helicópteros.

La orientación de la subestación, con respecto al viento, oleaje prevalente y la dirección de las corrientes, se deberá escoger considerando:

- Condiciones meteorológicas y oceanográficas respecto al acceso de botes.
- Deterioro potencial por humos de las áreas de alojo, escape, reunión y evacuación.

La plataforma se definirá con respecto a la norma DNV GL-ST-0145 (sección 3.3.2) como una plataforma **tipo A**, ya que normalmente se hallará desalojada, con excepción de visitas de personal para actividades de inspección o mantenimiento.

6.3. Segregación de áreas

Según los planos suministrados la instalación estará dividida en diferentes áreas dependiendo del tipo de actividad que lleve a cabo y al daño/peligro potencial que pueda ocasionar.

Se separará convenientemente y por su posible riesgo el siguiente equipo mediante muros, barreras…

- Transformadores
- Aparamenta de Alta tensión
- Reactores Shunt
- Cuadros de distribución principales y secundarios
- Generadores de emergencia

6.4. Localización y necesidad de equipo

Por petición del cliente el equipo deberá estar dispuesto para conseguir que:

- Se cumplan los requisitos operacionales y funcionales de la disposición.
- Sea adecuado a la estructura.
- Sea fácil de acceder para labores de mantenimiento, inspección y operación.
- Tenga un recorrido de escape de las zonas de trabajo en caso de emergencia.
- Tenga una ventilación eficiente en áreas que se consideren peligrosas.
- Se pueda reemplazar equipo pesado.
- Se pueda reemplazar equipo durante la vida operativa de la subestación.

En cuanto a necesidades de equipo, se deberá tener en cuenta que:

- La subestación deslocalizada de corriente alterna, según la norma DNVGL-ST-0145 debe contener mínimo dos transformadores de potencia principales. Esto se debe a poder tener la capacidad de asegurar el parque eólico para todas las condiciones de funcionamiento continuo en todas las condiciones posibles de viento, o en el caso de que ocurra un fallo en uno de los transformadores.

- Los sistemas de suministro de emergencia y sus controles asociados deben estar autocontenidos y ser fácilmente accesibles y localizables para posibles eventos que vulneren la subestación. Se requerirá de un suministro de alimentación ininterrumpido (SAI) o un sistema de baterías.

- La subestación deberá estar provista con equipo elevador como grúas para distintas operaciones de ésta. Estas grúas se localizarán en lugares que minimicen el riesgo asociado a la manipulación de cargo o caída de objetos a los sistemas y estructuras.

- También se deberá tener en cuenta la colocación de un mástil meteorológico que debe ser localizado en un área específica para evitar el impacto del acceso del helicóptero durante las condiciones climáticas prevalentes.

6.5.Condiciones de servicio

Para la variedad del equipo eléctrico, incluido el equipo de control y auxiliar, debe actuar satisfactoriamente las funciones requeridas cuando las condiciones del entorno deben estar sobre los limites indicados para “menos 25 en el exterior” para todo el equipo eléctrico, aunque sea instalada incluso con ventilación o habitaciones climatizadas. El diseño del principal equipo eléctrico debe estar basado en los siguientes valores:

- Rango de temperatura: -25/ +40ºC
- Clase de severidad de la contaminación del sitio (SPS): “e” según IEC 60815-1.
- Humedad: 98%.
- Condensación o precipitación: Sí.
- Clase de vibración AF5 según IEC 62271-207.

Aunque parte del equipo eléctrico no estará localizado en la intemperie, con habitaciones de atmósfera controlada, las condiciones mencionadas deben ser consideras en caso de fallo del sistema de control climático (HVAC) y para el equipo exterior.

La esperanza de vida de la subestación será considerada de 40 años.

Adicionalmente, todo el equipo que se instale en la subestación debe ser adecuado para un entorno marino.

6.6. Protección contra la corrosión

Todo el equipo eléctrico y sus accesorios debe ser los adecuados para su instalación y funcionamiento en un entorno marino y deben ser correctamente protegidos contra la corrosión. Los requisitos particulares para la protección contra la corrosión de cada uno de los principales equipos eléctricos que deben ser instalados en la subestación se discutirá más adelante, además de la consideración por norma general del C5M-H adecuado para estos tipos de entornos salinos.

7. Análisis de soluciones

7.1. Configuración y disposición eléctrica

En un principio se estudiaron diferentes disposiciones para la conformación del módulo superior de la subestación y que cumpliesen la normativa respectiva tanto de la DNVGL-ST-0145 como la DNVGL-OS-D301 revisándose y sopesando distintos esquemas.

Muchos de éstos consideraban crear una sala específica para cada par de transformador auxiliar y la redistribución de las salas de control en una planta adicional en un intento de disminuir la anchura total de la subestación.

También se quiso la implementación de una sola sala de contraincendios situada en el centro de la cubierta útil, habiéndose pensado la disposición de la sala de transformadores auxiliares. Pero, al final, esta distribución de las salas pareció insuficiente al existir mucha distancia entre la sala más lejana y la de contraincendios.

El helipuerto fue puesto en duda, ya que suponía un aumento de peso y una desviación del centro de gravedad del módulo superior. Finalmente, y ante un escaso espacio de acción para la operación de helicóptero se tuvo que optar por la instalación del helipuerto sabiendo de sus desventajas físicas.

7.2. Elección tecnología GIS

La decisión de implementación de la tecnología de encapsulado de gas en contraposición con la normal que se usa para subestaciones a la intemperie fue una especificación del cliente, pero debida a las sencillas razones de sencillez, economía y espacio que proporciona el GIS con respecto el AIS.

Esto proporciona entonces una estrechez de la planta de los equipos, una buena fiabilidad y mantenimiento con una cadena de suministro más sencilla.

8. Resultados finales

8.1. Modulo superior de la subestación

8.1.1. Disposición y configuración del esquema eléctrico

El diseño del esquema eléctrico se ha producido de acuerdo con la normativa DNV GL-ST-0145 la cual pide el correcto funcionamiento de la instalación en todas las posibles condiciones a la que pueda estar sometida la subestación. A su vez, se pide que el principal equipo eléctrico, tal como la aparamenta, transformadores de potencia o, si los hubiere, convertidores de frecuencia se instalen en habitaciones o dependencias con una atmósfera controlada o climatizadas, tal y como se indica en la IEC 61892-1.

a) Neutro de los transformadores

Para evitar las corrientes de secuencia cero durante el funcionamiento normal en la red de tensión de media se requiere que:

- El neutro de cada reactor shunt esté aislado de tierra.
- Solo un transformador de puesta a tierra, si hubiera, debe estar conectado al mismo embarrado de alta tensión.

b) Conexión de los transformadores

Los transformadores principales de 400MVA se conectarán en el lado primario en conexión estrella y en los devanados secundarios en conexión en triángulo. Esta configuración es típica para reducir la tensión ya que no se tendrán problemas de armónicos y tiene un buen comportamiento frente cargas desequilibradas, ya que el triángulo redistribuye los posibles desequilibrios.

Los transformadores auxiliares/ de puesta a tierra se conectarán ambos devanados en “zig-zag”. Estos se suelen utilizar en transformadores de puesta a tierra en sistemas de distribución, principalmente porque proporciona una fuente de corriente de secuencia zero.

8.1.2. Principal equipo eléctrico

La subestación debe cumplir con la instalación del equipamiento que sea necesario para recoger la energía generada en el parque eólico y poder transmitirla a la red a través de los cables submarinos de exportación. En particular, el siguiente equipamiento principal eléctrico será instalado en la subestación:

- Dos módulos GIS 220kV para conectar los transformadores de potencia con los cables de exportación y los reactores shunt.

- Dos transformadores de potencia elevadores de 220/66/66kV 400/200/200MVA para elevar la tensión de la potencia proveniente de los aerogeneradores del parque eólico marino.

- Dos reactores Shunt 220kV para compensar la potencia reactiva generada por los cables de exportación submarinos.

- Dos transformadores auxiliares-de puesta a tierra de 66/0,4kV 630kVA para alimentar los servicios auxiliares de la subestación y para tener una referencia a tierra a un nivel de tensión de 66kV.

- Dos transformadores auxiliares-de puesta a tierra de 66/0,4kV 630kVA para trabajar como transformadores de puesta a tierra de la subestación (sin carga) y para tener una referencia a tierra a un nivel de tensión de 66kV.

8.1.3. Aparamenta de 72,5 kV

8.1.3.1. Descripción de la configuración

Dos módulos compartimentados GIS de 72,5kV se instalarán en la subestación. Cada módulo tendrá una barra simple con un acople intermedio, que en condiciones de funcionamiento normal provee cuatro embarrados trabajando en paralelo y proporciona posibilidades de reconfiguraciones adicionales en condiciones de falta y una disponibilidad adicional para la subestación.

La aparamenta debe ser de envolvente metálica aislada con hexafluoruro de azufre.

Cada módulo GIS debe estar conectado con sendos transformadores de potencia por su lado de baja llegando hasta las líneas entrantes a la subestación procedentes del parque eólico. Además, cada bloque de aparamenta de 72,5kV debe tener equipado dos compartimentos de transformadores auxiliares-de puesta a tierra. Uno de ellos conectado a un transformador operando con una función dual (como transformador auxiliar y transformador de puesta a tierra) y el otro se conectará a un transformador auxiliar-de puesta a tierra que actúa como una resistencia a tierra nada más.

Esta disposición de los transformadores auxiliares provee al sistema de una referencia a tierra en caso de que cualquier falta a tierra ocurriese previniendo la propagación

aguas arriba en caso de que el fallo fuese en los mismos transformadores auxiliares-de puesta a tierra o provenientes de aguas abajo con respecto a ellos.

Se ofrece en el anexo de Cálculos, en los apartados de Cálculo de Elementos de cortes y Cálculo de barras las diferentes características que deberá poseer mínimamente la aparamenta GIS en cada caso. Por consiguiente, la petición de suministro se basa en dicho dimensionamiento.

El suministrados de la aparamenta de los módulos GIS de 72,5kV será el fabricante ABB. En concreto, su modelo ENK.

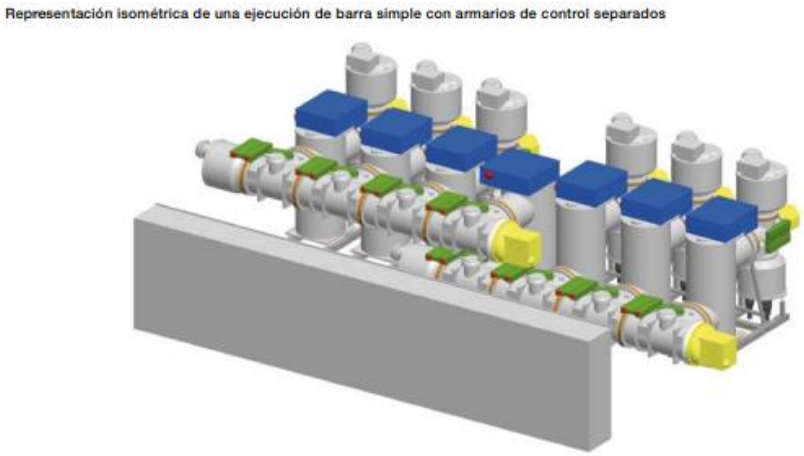


Figura 3: Modelo ENK de ABB

8.1.3.2. Valores nominales

Los principales valores nominales de la aparamenta de 72,5kV serán:

Tensión asignada al equipo, Ur kV (valor eficaz)	Tensión admisible asignada de corta duración a frecuencia industrial, Ud kV (valor eficaz)		Tensión admisible asignada a impulsos tipo rayo, Up kV (valor eficaz)	
	Entre fase y tierra, entre contactos del dispositivo de conexión y entre fases	A través de la distancia de seccionamiento	Entre fase y tierra, a través del dispositivo de conexión abierto y entre fases	A través de la distancia de seccionamiento
72,5	140	160	325	375

Frecuencia asignada (fr): 50 Hz.

Corriente asignada en servicio continuo (Ir): 2500 A.

Calentamiento: Se aplica IEC 62271-1 según IEC 62271-203 con la siguiente adición:
El calentamiento de los componentes contenidos en la instalación de GIS que estén sometidos a normas no cubiertas por la IEC 62271-1 no deberá exceder los límites de calentamiento permitidos en la norma de esos componentes.

Corriente admisible asignada de corta duración (Ik): Según apartado 5.6 de la IEC 62271-1 se elegirá entre la serie R 10, escogiendo el valor de Ik=40kA.

Corriente soportada de cresta asignada (Ip): Según IEC IEC 62271-1 este valor se obtiene por la multiplicación del valor eficaz de la corriente soportada de corta duración asignada (Ik) por un factor de cresta, siendo este última, función de la constante de tiempo de c.c de la red y de la frecuencia asignada.
El valor de esta constante para nuestro caso, según la tabla 5 de la norma expuesta será de 2,5 ya que para el proyecto se estimará una constante de tiempo de c.c de 45 ms. Por lo tanto, el valor de Ip = 100kA.

Duración de cortocircuito asignada (tk): Esta característica según IEC 62271-1 define el intervalo de tiempo para el cual la aparamenta pueda conducir una corriente igual a su corriente soportada de corta duración asignada. Se escogerá un valor de 3 segundos.

Tensión de alimentación asignada de los circuitos auxiliares y de mando (Ua): 125VDC según IEC 62271-1.

Intensidad de cortocircuito asignada para interruptores de puesta a tierra: 40kA/100Ka(cresta).

8.1.3.3. Otras características

Las principales características de la aparamenta de 72,5kA se resumen en:

Indicación y control: El punto de funcionamiento en condiciones normales para todos los elementos de GIS que operen debe ser el Sistema de control de la subestación (SCS) que debe posicionarse alejadamente de la instalación de GIS. El sistema de control de la subestación (SCS) estará fuera del alcance de suministro de GIS. Debe ser también posible operar en los elementos de GIS desde el LCC para propósitos de mantenimiento o en el caso que el SCS no esté operativo. Un interruptor selector con

cerramiento debe ser provisto en el LCC para permitir al operario seleccionar "Local", operando desde el LCC, o "Remoto" operando desde el SCS.

Continuidad del servicio: El diseño de GIS facilitará la extensión, mantenimiento y reparación de todo el equipo pertinente al GIS con un impacto mínimo en la flexibilidad operacional de la subestación. El requisito general es que debe ser posible llevar a cabo los trabajos de mantenimiento o reparación con un máximo de un circuito y una sección del embarrado fuera de servicio simultáneamente.

Accesibilidad: La instalación de GIS debe ser diseñada teniendo en cuenta los principios de Construcción, Diseño y Regulación según norma 62271-1 principalmente, para asegurar a las personas que estén realizando tareas en la instalación de GIS, para que no sean expuestas a cualquier riesgo. Todos los elementos que requieran acceso para su funcionamiento normal o para actividades de mantenimiento deben ser fácilmente accesibles. Los indicadores de posición de la aparamenta, los elementos que monitorizan el gas SF6 y otros indicadores que requieran ser inspeccionados como parte del funcionamiento normal deben ser visibles desde el nivel más bajo de la cubierta.

Nivel de protección de envolvente: Los certificados de protección para el envolvente de la aparamenta de GIS deben ser según EN 60529 e IEC 62262:

- Grado IP: IP66: Equipo hermético al polvo y protegido contra chorros de agua potentes
- Grado IK: IK10. Para instalación interior se suele utilizar IK07, pero para poder asegurarnos en protección tal y como se requiere escogemos unas condiciones a la intemperie por lo que el valor será IK10.

Falta interna: El encapsulado debe ser capaz de soportar el arco interno de cortocircuito para una duración menor que la principal protección de tiempo de despeje de falta.

Placa de características: La aparamenta (y sus dispositivos de maniobra) deben estar provistos de placas de características que contengan la información requerida para la identificación de los equipos, sus características asignadas y los parámetros de funcionamiento según se especifique en las distintas IEC, siendo estas placas siempre legibles. El

fabricante deberá cumplir la IEC 62272-1 capítulo 6 para aplicación de las placas características.

Condiciones de servicio normales: La aparamenta, incluido el equipamiento asociado auxiliar y el equipo de control, debe satisfactoriamente actuar en las funciones requeridas para condiciones en la intemperie.

Protección contra la corrosión: La aparamenta de gas aislado debe ser diseñada con un sistema protector contra la corrosión que cumplimente conforme con C5M-H o equivalentes, de acuerdo con la serie EN ISO 12944. En general, los envolventes deben ser capaces de soportar las condiciones ambientales agresivas de la subestación tales como la humedad salina, polvo, temperatura…

Compartimentación de gas (partición): Las suficientes particiones para la aparamenta de gas asilado deben ser usados para separar los compartimentos de GIS garantizando la continuidad de servicio del sistema.

Condiciones para aparamenta exterior: El fabricante debe cumplir con todas las condiciones enunciadas en el punto 4.1.3 de la IEC 62271-1, teniendo en cuenta las condiciones de servicios ofrecidas.

8.1.3.4. Interruptor de 72,5 kV

Los interruptores en la aparamenta de 72,5kV que se van a suministrar deben cumplir con las siguientes características:

Número de polos	3
Tipo de mando	Unipolar
Instalación	Interior
Tipo	SF_6
Tensión nominal	66 kV
Tensión máxima asignada	72,5 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Neutro del sistema	Rígidamente puesto a tierra
Tensión asignada a frecuencia industrial (1 min)	
A tierra y entre polos	140 kV
A través de la distancia de aislamiento	160 kV

Tensión asignada a impulso tipo rayo (1,2/50 μs)	
A tierra y entre polos	325 kV cresta
A través de la distancia de aislamiento	375 kV cresta
Poder de corte de líneas en vacío	10 A
Poder de corte de cables en vacío	125 A
Cámaras de corte por polo	1
Intensidad nominal de corta duración	50 kA
Intensidad dinámica (2,5 Icc)	125 kA
Duración del cortocircuito	3 segundos
Intensidad nominal asignada	
Interruptor de línea	1250 A
Interruptor de transformador	2000 A
Factor del primer polo	1,3
Secuencia de maniobra nominal	O-0,3s-CO-3 min-CO
Tiempo total de corte para una intensidad de corte igual al poder de corte en cortocircuito	3 ciclos
Mando: Acumulación de energía mediante resorte, y motorizados en c.c. Diseñados para reemprender rápidos reenganches unipolares o tripolares	Uno por polo

Los interruptores que deben ser suministrados para el lado de Alta de la subestación proyectada y que serán localizados en el compartimentado de gas deberán ser trifásicos, de hexafluoruro de azufre como medio de extinción, motorizados en corriente continua y con mandos unipolares por resorte. Para la elección de los interruptores se debe seguir la norma IEC-62271-100 específica para esta.

Y por lo anteriormente dicho, se requerirá de interruptores de clase C2 respecto al corte de corriente capacitivas que según la norma tienen “muy baja probabilidad de reencendido en el corte de corrientes capacitivas”. La misma norma IEC 62271-100 especifica las características mecánicas de los interruptores para el cual se pide una clase M2 que se refiere a interruptores con frecuentes maniobras y con mantenimiento limitado.

Deben estar diseñados para que se genere el corte de la plena corriente de cortocircuito, para que se produzca la maniobra en líneas en vacío y/o de pequeñas intensidades que puedan resultar inductivas.

También deben estar diseñados para efectuar rápidos reenganches, tanto unipolares como tripolares, a través de equipos de reenganche externos al

propio control del interruptor. Se dispondrá para cada polo de un indicador de posición, en cada caso.

Todo elemento del interruptor sometido al paso de la corriente de cortocircuito tendrá que poder soportar los efectos térmicos de esta corriente durante 3 segundos como indica la norma IEC 62271-100. De la misma forma, deberán soportar los efectos electrodinámicos producidos por el valor de cresta de dicha corriente sin que se deterioren los elementos.

Las maniobras de apertura y cierre que se efectúen podrán hacerse mediante:

- Mando eléctrico local, desde el cuadro de control.
- Maniobra manual, desde el mando.
- Mando eléctrico local, desee armario de accionamiento situado en sus inmediaciones.

Se bloquearán las órdenes de apertura y cierre en el caso de que el interruptor se encuentre en la posición en la que se desea estar. Se deberá prever también un relé "antibombeo" por cada polo en el circuito de cierre, impidiendo la repetición de la maniobra en caso de que se mantenga la orden. Pero, en el caso de circuito de apertura, no se instalarán relés "antibombeo" para permitir una maniobra segura mediante la adecuada regulación de sus contactos auxiliares.

Se dará prioridad a la maniobra de apertura que a la de cierre, pero no se deberá efectuar ésta hasta que se haya completado la maniobra de cierre, una vez se inicie.

La carga del resorte será a través de un motor eléctrico de corriente continua de 125 V, también se podrá realizar de forma manual. La carga del resorte manual será usando una manivela, la cual al ser insertada en el alojamiento de actuación bloqueará automáticamente la alimentación del motor.

El motor de carga del resorte y su equipamiento eléctrico auxiliar deberán funcionar satisfactoriamente para todos los valores de tensión nominal de alimentación comprendidos entre el 85% y 115% de la tensión asignada de alimentación del dispositivo de cierre. Este resorte deberá poder cargase automáticamente ya esté cerrado o abierto.

Para cada polo se deberá tener una bobina de apertura y, al menos dos de disparo. Deberán funcionar adecuadamente a 125 V c.c para todos los valores de tensión nominal entre el 70% y el 115%.

8.1.3.5. Seccionador de 72,5 kV

Los seccionadores en la aparamenta de 72,5kV que se van a suministrar deben cumplir con las siguientes características:

Número de polos	3
Instalación	Interior
Tipo	SF_6
Tensión nominal	66 kV
Tensión máxima asignada	72,5 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Tensión asignada a frecuencia industrial (1 min)	
A tierra y entre polos	140 kV
A través de la distancia de aislamiento	160 kV
Tensión asignada a impulso tipo rayo (1,2/50 µs)	
A tierra y entre polos	325 kV cresta
A través de la distancia de aislamiento	375 kV cresta
Intensidad nominal de corta duración	50 kA
Intensidad dinámica (2,5 Icc)	125 kA
Duración del cortocircuito	1 segundos
Intensidad nominal asignada	
Seccionador de línea	1250 A
Seccionador de transformador	2000 A
Mando	
Cuchillas principales y de puesta a tierra	
Tipo	Motor eléctrico 125V c.c
Margen admisible de tensión	Entre 70% y 110%

Se deberán diseñar los seccionadores para que funcionen en servicio continuo a su intensidad nominal, sin exceder los valores máximos indicados en la tabla 3 de la norma IEC 60694 para calentamientos sobre temperatura ambiente en diferentes partes del seccionador. Estos deben ser capaces de soportar sin daño todas la solicitaciones mecánicas y térmicas producidas por el valor de cresta de la intensidad de cortocircuito nominal y también por la intensidad de corta duración admisible que se producirá durante un segundo tal como se especifica en la norma IEC 62271-121.

Se diseñarán los seccionadores para una endurancia mecánica M2 con un número de ciclos de maniobras según la norma IEC 62271-121 de 10000. En el caso de seccionadores de puesta a tierra se tratará de una clasificación de M1.

El nivel de radio-interferencia (RIV) deberá estar conforme al apartado 6.3 de la norma IEC 60694.

8.1.3.6. Transformadores de medida y protección

A continuación, se describen las características de los transformadores de medida y protección, tanto los de intensidad como de tensión para el GIS de 72,5 kV.

Instalación	Interior
Tipo de aislamiento	SF6
Tensión nominal asignada	66 kV
Nivel de aislamiento	72,5 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Intensidad primaria Ipn	600 A
Intensidad secundaria Isn	5 A
Potencia de precisión	70 VA
Clase de precisión	0,2
Factor de seguridad	10
Factor límite de precisión	20
Intensidad máxima permanente	720 A
Intensidad térmica	48 kA
Intensidad dinámica asignada	120 kA
Clase de aislamiento	120
Condiciones de servicio	De -25ºC a +40ºC

Los transformadores de intensidad se diseñarán para no sobrepasar los límites de calentamientos estipulados en la norma IEC 60044-1 apartado 4.6.

Deberán ser capaces de poder soportar sin daño, toda solicitación térmica y mecánica causada por las intensidades de cortocircuitos especificadas.

Tampoco deberán sobrepasar los límites del error de intensidad y del desfase que se indican en la norma IEC 60044-1 apartado 11.2. Ni tampoco sobrepasar los límites de error de intensidad, desfase y error compuestos del apartado 12.3 de la misma norma.

Transformadores de Tensión de medida y protección

Instalación	Interior
Tipo de aislamiento	SF6
Tensión nominal asignada	66 kV

Tensión máxima asignada	72,5 kV
Tensión secundaria	$110/\sqrt{3}$ - 110/3 V
Potencia de precisión	100 VA
Clase de precisión	0.2
Factor de tensión	1,9 / 8 horas
Potencia de calentamiento	1000 VA
Clase de aislamiento	120
Condiciones de trabajo	De -25ºC a +40ºC

Estos transformadores de tensión se diseñarán para no sobrepasar los límites de calentamientos estipulados en la norma IEC 60044-2 apartado 5.4.

Tampoco sobrepasarán los límites de error de tensión y de desfase que se indican en la misma norma apartado 12.2 cuando sean para medida, como asimismo tampoco sobrepasar los mismos límites para el apartado 13.2 cuando sean para protección.

8.1.3.7. Embarrado de 72,5 kV

Los parámetros que se requieren para el diseño del embarrado son:

Configuración	Barra simple con by-pass
Tipo	Blindado SF_6
Tensión de servicio	66 kV
Tensión más elevada para el material	72,5 kV
Tensión asignada a frecuencia industrial (1 min)	
A tierra y entre polos	140 kV
A través de la distancia de aislamiento	160 kV
Tensión asignada a impulso tipo rayo (1,2/50 μs)	
A tierra y entre polos	325 kV cresta
A través de la distancia de aislamiento	375 kV cresta

8.1.4. Conducto de gas aislado (GIB)

La interconexión entre el principal equipo eléctrico que se instalará en la subestación se ha decido que se hará mediante el uso de conductos de Gas Aislado (GIB) en vez de cables de alta tensión. En particular, las siguientes conexiones se producirán a través del uso de los GIBs:

- Conexión de los reactores shunt de 220kV con la aparamenta GIS de 245kV- se utilizarán dos GIB en total.

- Conexión del lado de alta tensión (220kV) del transformador de potencia con la aparamenta GIS de 245kV- se utilizarán dos GIB en total.

- Conexión del lado de media tensión (66kV) de los transformadores de potencia con la aparamenta GIS de 72,5kV- cuatro GIBs se utilizarán en total.

La implementación de los GIBs en vez de cables de potencia tiene un gran número de ventajas, de las que se destacan:

- Fiabilidad y mantenimiento. Las mayores fuentes de fallos que se producen en alta tensión son debidas al mal funcionamiento (arcos/descargas parciales) de las conexiones del cableado. Evitando esto, hace que la subestación sea más segura y fiable.

- Estrechez de la planta de los equipos. Implementando GIB hacemos que la planta del equipamiento sea más estrecha teniendo gran influencia en las dimensiones totales de la subestación lo cual se traduce en un ahorro económico.

- Pruebas deslocalizadas. Evita falta de cableado por longitud y consigue hacer más fácil la etapa de prueba deslocalizada, debido a que probar los ductos es relativamente más sencillo y no necesita de equipamiento adicional que el utilizado para el GIS.

- Cadena de suministro más sencilla.

- Enrutado de cable por la cubierta más sencillo. Evitando cableado dejará un gran espacio en la cubierta debido a no necesitar las correspondientes bandejas, haciéndolo todo más simple. Además, usando GIB en vez de cableado trae una ventaja de giros de 90º sin necesitar un mínimo de radio para doblar el cable. Esto facilitará el enrutado.

El diseño y las características técnicas de los GIBs están justificados en el anexo de cálculos en el apartado Cálculo de elementos de corte, en específico valores nominales de intensidad. Esto nos ofrece la intensidad que recorrerá por los conductos para su posterior petición de suministro. También, los GIBs serán adecuados para una conexión directa con la aparamenta GIS por un lado de los transformadores de potencia o reactores shunt por el otro.

8.1.5. Transformadores de potencia

8.1.5.1. Descripción de la configuración

Dos transformadores de potencia de tres devanados 220/66/66kV 400/200/200 MVA serán instalados en la subestación en orden de elevar el voltaje para la transmisión de potencia generada en los aerogeneradores del parque eólico a través de dos líneas de exportación. Cada transformador ha sido inicialmente previsto para conducir la mitad de la capacidad total de generación del parque eólico incluyendo un margen de seguridad en la potencia nominal asignada (400MVA) como contingencia para posibles variaciones en cualquiera de los requisitos generales de diseños del sistema OFTO.

Los transformadores de potencia han sido escogidos para tener dos devanados en el secundario en el lado de baja tensión (66kV), cada uno con la mitad de la potencia asignada (200 MVA) del total del devanado primario (400 MVA). La razón principal para partir y tener dos devanados en el secundario se basa en el alto valor de corriente continua que deben soportar los interruptores (3500A). En 66kV, el límite técnico para la corriente continua asignada en interruptores y cojinetes se establece en 3150A. Además, con las decisiones adoptadas se puede elegir un modelo GIS mucho más compacto desde 2500A según lo especificado en la corriente continua asignada.

Estos valores de corriente continua que circulan por el neutro pueden hacer aparecer una magnetización por polarización continua del circuito magnético. La corriente de magnetización se vuelve fuertemente asimétrica y tendrá un alto contenido en armónicos. Esto puede acarrear un incremento en niveles de ruido, funcionamiento anómalo de los relés, incremento del calentamiento por flujo de fuga, aumento de pérdidas en vacío o un significativo aumento de la corriente de magnetización en sí.

El transformador tiene las características según petición del cliente, el cual se suministra por parte de ABB y tendrá las características que se indican a continuación.

8.1.5.2. Valores nominales

Los principales valores asignados de los transformadores de potencia serán:

Potencia asignada	Devanado primario		400MVA
	Devanados secundarios		200MVA (cada uno)
Tensión asignada	Devanado primario		220kV
	Devanados secundarios		66kV
Niveles de aislamiento	Devanado de alta	Tensión más alto para el material, Um	245kV
		Nivel de tensión soportada a impulso tipo maniobra para los bornes de línea del arrollamiento	850kV
		Nivel de tensión soportada a impulso tipo rayo asignado para el borne de cada arrollamiento individual	1050kV
		Nivel de tensión alterna soportada asignado a tierra más elevado diseñado para los bornes del arrollamiento	460kV
	Neutro	Tensión más alto para el material, Um	72,5kV
		Nivel de tensión soportada a impulso tipo rayo asignado para el borne de cada arrollamiento individual	325kV
		Nivel de tensión alterna soportada asignado a tierra más elevado diseñado para los bornes del arrollamiento	140kV
	Devanados secundarios	Tensión más alto para el material, Um	72,5kV
		Nivel de tensión soportada a impulso tipo rayo asignado para el borne de cada arrollamiento individual	325kV
		Nivel de tensión alterna soportada asignado a tierra más elevado diseñado para los bornes del arrollamiento	140kV
Frecuencia asignada			50Hz
Extensión de tomas	Relación de transformación en vacío asignada		220+8x2.784kV-8x2.785kV/66/66kV (220+8x1.266%-8x1.266%/66/66kV)
	Número de tomas		17
	Tensión en la posición Nº1 en vacío asignada		220+8x2.785kV

Grupo de conexión	YNd5d5	
Impedancia en cortocircuito	14%	
Nivel de ruido	No excederá 83dB	
Nivel de incremento de temperatura	Incremento máximo de la temperatura del aceite	60K
	Incremento promedio de temperatura de devanado	65K
	Punto caliente	78K
Sobreexcitación admisible	10% bajo funcionamiento continuo	
Clasificación mecánica	4M6 según requisitos mecánicos	

8.1.5.3. Otras características

Las principales características de los transformadores de potencia, cumpliendo con lo especificado en la serie de normas para transformadores de potencia UNE-EN 60076 se resumen en:

Tanque/ Cuba: El tanque principal debe ser plano, estar hecho de placas de acero soldado dispuestas de acuerdo con un diseño de un perfil reforzado con aguantes para soportar el transporte o exceso de presiones durante condiciones de falta sin distorsión. Estará equipado con los accesorios necesarios para asegurar un funcionamiento apropiado del transformador.

Depósito de expansión (conservador de aceite): El conservador debe estar hecho de láminas de acero y situado sobre el tanque del transformador. Estará formado por dos compartimentos de aceite independientes: el principal dedicado al tanque principal y todos los compartimentos relativos y el otro dedicado al compartimento de aceite cambiador de tomas en carga (OTLC).

Radiador: Los elementos de los radiadores deben construirse con chapas de acero estampado o tubos de aceros de acuerdo con normas ISO y especificado en la EN 50216-6.

Accesorios/ instrumentos: Los transformadores de potencia deben llevar equipados los siguientes accesorios según EN 50216-4, EN 50216-5, EN 50216-7, EN 50216-8:

- Indicadores de nivel de líquido aislante
- Desecadores de aire
- Limitadores de presión

- Dispositivos de llenado y vaciado
- Fundas para termómetro
- Terminal de puesta a tierra
- Bombas eléctricas para aceite de transformador
- Válvulas de mariposa para circuitos de líquidos aislantes
- Relé Buchholz

Cojinetes: Los cojinetes de alta tensión de los transformadores de potencia serán pasantes de aislamiento gaseoso, en este caso SF6. Ya que los transformadores se conectarán a la aparamenta a través de los ductos de gas (GIBs), las conexiones directas entre los transformadores de potencia y el equipo del GIS deben implementarse. Todo ello debe cumplir la norma IEC 60137.

Los pasantes del neutro deben ser impregnados en aceite y los de baja tensión serán de aislamiento gaseoso SF6.

Núcleo: El núcleo de los transformadores debe estar fabricado de un acero magnético y debe estar compactado utilizando el proceso "Step-lap".

Bornas: Las bornas pertenecientes al transformador deberán ser enchufables. El fabricante deberá confirmar la aptitud térmica y dinámica de los terminales. Los pasatapas correspondientes deberán cumplir con la norma UNE-EN 50180-1.

El marcado de los bornes y tomas se realizará según norma UNE 20158. La tapa del transformador deberá llevar una placa de identificación con la siguiente notación:

- Terminales de primario 1U,1V,1W
- Terminales de los secundarios 2U,2V,2W,3U,3V,3W

Devanados/arrollamientos: Cada transformador de potencia dispondrá de un arrollamiento primario y dos secundarios. Estos deben ser fabricados de conductores de cobre electrolítico, aislados con papel, exentos de cualquier impureza y sin soldadura, cuando sea posible.

El fabricante deberá asegurar que los materiales que se empleen sean insolubles y químicamente inactivos en baño de aceite caliente. Además de que, las bobinas y el núcleo, cuando estén completamente ensamblados, deberán de secarse al vacío e inmediatamente después ser

impregnados de aceite dieléctrico para poder asegurar la eliminación de la humedad y aire de los materiales aislantes.

Sistema de refrigeración: El sistema de refrigeración de los transformadores será ONAN para poder asegurar un mínimo de requerimientos de mantenimiento. Estos han sido seleccionados debido a sus características de libertad de mantenimiento con respecto a otras opciones de sistemas de refrigeración, cuya potencia asignada recae en la actuación directa de los sistemas de refrigeración como sucede en los transformadores tipo ONAF que, en caso de fallo de los ventiladores la potencia sería reducida a estándares del tipo ONAN. Este hecho es mucho más dramático en transformadores tipo ODWF, cuyo fallo podría implicar una pérdida total de la potencia.

Por ello, y tras evaluar distintas opciones, se concluye que los ahorros de diseño en el peso potencial y el banco de refrigeración no serían suficientes para compensar el decremento en disponibilidad de los transformadores, además del incremento en tareas de mantenimiento para asegurar la correcta actuación de los sistemas de refrigeración.

Placa de características: Todo el equipo principal de los transformadores de potencia debe llevar consigo permanentemente una placa SS316L.

Cabina de control: Cada transformador debe proporcionarse con una cabina de control fabricada de acero inoxidable SS316L que contendrá todo el equipo de protección y control del sistema de refrigeración, además de las terminaciones de circuitos secundarios. Las cabinas de control deben tener un grado IP65 de protección.

Protección contra la corrosión: La clasificación medioambiental para el propósito de la protección contra la corrosión debe ser definida como C5M-H como mínimo y de ahí que el transformador de potencia y sus accesorios deben ser propiamente protegidos contra la corrosión en este entorno.

8.1.6. Aparamenta de 245 kV

8.1.6.1. Descripción de la configuración

La potencia entrante en los transformadores de potencia será recogida y transmitida por los cables de exportación a través de la aparamenta bajo envolvente metálica de hexafluoruro de azufre (SF6) aislado. Dos

compartimentos GIS en un combinado integrado estarán conectados a un transformador de potencia por el devanado de alta, por un lado y al cable de exportación y al reactor shunt por el otro.

Ha sido especificada una configuración de GIS de 245kV que será de dos compartimentos de entrada y salida cuyo objetivo será lograr el menor peso del equipo en consideración con las dimensiones y peso de la subestación que pueden constituir un reto en términos de viabilidad de la instalación, mientras se mantiene la fiabilidad y disponibilidad en la exportación de energía. Añadiendo un acople en el sistema de 245kV podría conllevar a mayores dimensiones y, por consiguiente, un aumento de peso con un directo impacto en el tamaño de la plataforma de la subestación. Además, que esto no supondría un aumento de la disponibilidad en la tarea de exportación de energía.

La aparamenta será envuelta metálicamente, aislada con gas de hexafluoruro de azufre (SF6), correspondiéndose con un diseño modular basado en envolturas monofásicas (para módulos que comprendan elementos de medida se permitirá envolturas trifásicas). Las envolturas estarán fabricadas de aleación de aluminio o de aluminio.

La conexión de la aparamenta a sendos transformadores de potencia y a los reactores shunt se producirá a través de los Ductos de Gas aislado (GIBs), que serán parte del alcance del fabricante de GIS de 245kV. Cada compartimento de “entrada-salida” estará localizado en diferentes habitaciones.

Se ofrece en el anexo de Cálculos, en los apartados de Cálculo de Elementos de cortes y Cálculo de barras las diferentes características que deberá poseer mínimamente la aparamenta GIS en cada caso. Por consiguiente, la petición de suministro se basa en dicho dimensionamiento.

El suministrados de la aparamenta de los módulos GIS de 245kV será el fabricante ABB. En concreto, su modelo ELK-14.

8.1.6.2. Valores nominales

Atendiendo a la ITC-LAT 07 para una tensión nominal de los cables de exportación, 220kV, se le asignará una tensión más elevada de 245kV. Con lo cual según la UNE-EN 62271-203 para aparamenta bajo envolvente metálica con aislamiento gaseoso para tensiones asignadas superiores a 52kV estos serán los siguientes valores para niveles de aislamiento asignados para la tensión asignada:

Tensión asignada al equipo, Ur kV (valor eficaz)	Tensión admisible asignada de corta duración a frecuencia industrial, Ud kV (valor eficaz)		Tensión admisible asignada a impulsos tipo rayo, Up kV (valor eficaz)	
	Entre fase y tierra, entre contactos del dispositivo de conexión y entre fases	A través de la distancia de seccionamiento	Entre fase y tierra, a través del dispositivo de conexión abierto y entre fases	A través de la distancia de seccionamiento
245	460	530	1050	1200

Frecuencia asignada (fr): 50 Hz.

Corriente asignada en servicio continuo (Ir): 2500 A.

Calentamiento: Se aplica IEC 62271-1 según IEC 62271-203 con la siguiente adición:
El calentamiento de los componentes contenidos en la instalación de GIS que estén sometidos a normas no cubiertas por la IEC 62271-1 no deberá exceder los límites de calentamiento permitidos en la norma de esos componentes.

Corriente admisible asignada de corta duración (Ik): Según apartado 5.6 de la IEC 62271-1 se elegirá entre la serie R 10, escogiendo el valor de Ik=40kA.

Corriente soportada de cresta asignada (Ip): Según IEC IEC 62271-1 este valor se obtiene por la multiplicación del valor eficaz de la corriente soportada de corta duración asignada (Ik) por un factor de cresta, siendo este última, función de la constante de tiempo de c.c de la red y de la frecuencia asignada.
El valor de esta constante para nuestro caso, según la tabla 5 de la norma expuesta será de 2,5 ya que para el proyecto se estimará una constante de tiempo de c.c de 45 ms. Por lo tanto, el valor de Ip = 100kA.

Duración de cortocircuito asignada (tk): Esta característica según IEC 62271-1 define el intervalo de tiempo para el cual la aparamenta pueda conducir una corriente igual a su corriente soportada de corta duración asignada. Se escogerá un valor de 3 segundos.

Tensión de alimentación asignada de los circuitos auxiliares y de mando (Ua): 125VDC según IEC 62271-1.

Intensidad de cortocircuito asignada para interruptores de puesta a tierra: 40kA/100Ka(cresta).

8.1.6.3. Otras características

Las principales características de la aparamenta de 245kA se resumen en:

Indicación y control: El punto de funcionamiento en condiciones normales para todos los elementos de GIS que operen debe ser el Sistema de control de la subestación (SCS) que debe posicionarse alejadamente de la instalación de GIS. El sistema de control de la subestación (SCS) estará fuera del alcance de suministro de GIS. Debe ser también posible operar en los elementos de GIS desde el LCC para propósitos de mantenimiento o en el caso que el SCS no esté operativo. Un interruptor selector con cerramiento debe ser provisto en el LCC para permitir al operario seleccionar “Local”, operando desde el LCC, o “Remoto” operando desde el SCS.

Continuidad del servicio: El diseño de GIS facilitará la extensión, mantenimiento y reparación de todo el equipo pertinente al GIS con un impacto mínimo en la flexibilidad operacional de la subestación. El requisito general es que debe ser posible llevar a cabo los trabajos de mantenimiento o reparación con un máximo de un circuito y una sección del embarrado fuera de servicio simultáneamente.

Accesibilidad: La instalación de GIS debe ser diseñada teniendo en cuenta los principios de Construcción, Diseño y Regulación según norma 62271-1 principalmente, para asegurar a las personas que estén realizando tareas en la instalación de GIS, para que no sean expuestas a cualquier riesgo. Todos los elementos que requieran acceso para su funcionamiento normal o para actividades de mantenimiento deben ser fácilmente accesibles. Los indicadores de posición de la aparamenta, los elementos que monitorizan el gas SF6 y otros indicadores que requieran ser inspeccionados como parte del funcionamiento normal deben ser visibles desde el nivel más bajo de la cubierta.

Nivel de protección de envolvente: Los certificados de protección para el envolvente de la aparamenta de GIS deben ser según EN 60529 e IEC 62262:

- Grado IP: IP66: Equipo hermético al polvo y protegido contra chorros de agua potentes

- Grado IK: IK10. Para instalación interior se suele utilizar IK07, pero para poder asegurarnos en protección tal y como se requiere escogemos unas condiciones a la intemperie por lo que el valor será IK10.

Falta interna: El encapsulado debe ser capaz de soportar el arco interno de cortocircuito para una duración menor que la principal protección de tiempo de despeje de falta.

Placa de características: La aparamenta (y sus dispositivos de maniobra) deben estar provistos de placas de características que contengan la información requerida para la identificación de los equipos, sus características asignadas y los parámetros de funcionamiento según se especifique en las distintas IEC, siendo estas placas siempre legibles. El fabricante deberá cumplir la IEC 62272-1 capítulo 6 para aplicación de las placas características.

Condiciones de servicio normales: La aparamenta, incluido el equipamiento asociado auxiliar y el equipo de control, debe satisfactoriamente actuar en las funciones requeridas para condiciones en la intemperie.

Protección contra la corrosión: La aparamenta de gas aislado debe ser diseñada con un sistema protector contra la corrosión que cumplimente conforme con C5M-H o equivalentes, de acuerdo con la serie EN ISO 12944. En general, los envolventes deben ser capaces de soportar las condiciones ambientales agresivas de la subestación tales como la humedad salina, polvo, temperatura…

Compartimentación de gas (partición): Las suficientes particiones para la aparamenta de gas asilado deben ser usados para separar los compartimentos de GIS garantizando la continuidad de servicio del sistema.

Condiciones para aparamenta exterior: El fabricante debe cumplir con todas las condiciones enunciadas en el punto 4.1.3 de la IEC 62271-1, teniendo en cuenta las condiciones de servicios ofrecidas.

8.1.6.4. Interruptor de 245 kV

Los interruptores en la aparamenta de 245kV que se van a suministrar deben cumplir con las siguientes características:

Número de polos	3
Tipo de mando	Unipolar
Instalación	Interior
Tipo	SF_6
Tensión nominal	220 kV
Tensión máxima asignada	245 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Neutro del sistema	Rígidamente puesto a tierra
Tensión asignada a frecuencia industrial (1 min)	
A tierra y entre polos	460 kV
A través de la distancia de aislamiento	530 kV
Tensión asignada a impulso tipo rayo (1,2/50 μs)	
A tierra y entre polos	1050 kV cresta
A través de la distancia de aislamiento	1200 kV cresta
Poder de corte de líneas en vacío	125 A
Poder de corte de cables en vacío	250 A
Cámaras de corte por polo	1
Intensidad nominal de corta duración	50 kA
Intensidad dinámica (2,5 Icc)	125 kA
Duración del cortocircuito	3 segundos
Intensidad nominal asignada	
Interruptor de línea	1250 A
Interruptor de transformador	2000 A
Factor del primer polo	1,3
Secuencia de maniobra nominal	O-0,3s-CO-3 min-CO
Tiempo total de corte para una intensidad de corte igual al poder de corte en cortocircuito	3 ciclos
Mando: Acumulación de energía mediante resorte, y motorizados en c.c. Diseñados para reemprender rápidos reenganches unipolares o tripolares	Uno por polo

Los interruptores que deben ser suministrados para el lado de Alta de la subestación proyectada y que serán localizados en el compartimentado de gas deberán ser trifásicos, de hexafluoruro de azufre como medio de extinción, motorizados en corriente continua y con mandos unipolares por resorte. Para la elección de los interruptores se debe seguir la norma IEC-62271-100 específica para esta.

Y por lo anteriormente dicho, se requerirá de interruptores de clase C2 respecto al corte de corriente capacitivas que según la norma tienen "muy baja probabilidad de reencendido en el corte de corrientes capacitivas". La misma norma IEC 62271-100 especifica las características mecánicas de los interruptores para el cual se pide una clase M2 que se refiere a interruptores con frecuentes maniobras y con mantenimiento limitado.

Deben estar diseñados para que se genere el corte de la plena corriente de cortocircuito, para que se produzca la maniobra en líneas en vacío y/o de pequeñas intensidades que puedan resultar inductivas.

También deben estar diseñados para efectuar rápidos reenganches, tanto unipolares como tripolares, a través de equipos de reenganche externos al propio control del interruptor. Se dispondrá para cada polo de un indicador de posición, en cada caso.

Todo elemento del interruptor sometido al paso de la corriente de cortocircuito tendrá que poder soportar los efectos térmicos de esta corriente durante 3 segundos como indica la norma IEC 62271-100. De la misma forma, deberán soportar los efectos electrodinámicos producidos por el valor de cresta de dicha corriente sin que se deterioren los elementos.

Las maniobras de apertura y cierre que se efectúen podrán hacerse mediante:

- Mando eléctrico local, desde el cuadro de control.
- Maniobra manual, desde el mando.
- Mando eléctrico local, desee armario de accionamiento situado en sus inmediaciones.

Se bloquearán las órdenes de apertura y cierre en el caso de que el interruptor se encuentre en la posición en la que se desea estar. Se deberá prever también un relé "antibombeo" por cada polo en el circuito de cierre, impidiendo la repetición de la maniobra en caso de que se mantenga la orden. Pero, en el caso de circuito de apertura, no se instalarán relés

"antibombeo" para permitir una maniobra segura mediante la adecuada regulación de sus contactos auxiliares.

Se dará prioridad a la maniobra de apertura que a la de cierre, pero no se deberá efectuar ésta hasta que se haya completado la maniobra de cierre, una vez se inicie.

La carga del resorte será a través de un motor eléctrico de corriente continua de 125 V, también se podrá realizar de forma manual. La carga del resorte manual será usando una manivela, la cual al ser insertada en el alojamiento de actuación bloqueará automáticamente la alimentación del motor.

El motor de carga del resorte y su equipamiento eléctrico auxiliar deberán funcionar satisfactoriamente para todos los valores de tensión nominal de alimentación comprendidos entre el 85% y 115% de la tensión asignada de alimentación del dispositivo de cierre. Este resorte deberá poder cargase automáticamente ya esté cerrado o abierto.

Para cada polo se deberá tener una bobina de apertura y, al menos dos de disparo. Deberán funcionar adecuadamente a 125 V c.c para todos los valores de tensión nominal entre el 70% y el 115%.

8.1.6.5. Seccionador de 245 kV

Los seccionadores en la aparamenta de 245kV que se van a suministrar deben cumplir con las siguientes características:

Número de polos	3
Instalación	Interior
Tipo	SF_6
Tensión nominal	220 kV
Tensión máxima asignada	245 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Tensión asignada a frecuencia industrial (1 min)	
A tierra y entre polos	460 kV
A través de la distancia de aislamiento	530 kV
Tensión asignada a impulso tipo rayo (1,2/50 µs)	
A tierra y entre polos	1050 kV cresta
A través de la distancia de aislamiento	1200 kV cresta
Intensidad nominal de corta duración	50 kA
Intensidad dinámica (2,5 Icc)	125 kA
Duración del cortocircuito	1 segundos
Intensidad nominal asignada	

Seccionador de línea	1250 A
Seccionador de transformador	2000 A
Mando	
Cuchillas principales y de puesta a tierra	
Tipo	Motor eléctrico 125V c.c
Margen admisible de tensión	Entre 70% y 110%

Se deberán diseñar los seccionadores para que funcionen en servicio continuo a su intensidad nominal, sin exceder los valores máximos indicados en la tabla 3 de la norma IEC 60694 para calentamientos sobre temperatura ambiente en diferentes partes del seccionador. Estos deben ser capaces de soportar sin daño todas la solicitaciones mecánicas y térmicas producidas por el valor de cresta de la intensidad de cortocircuito nominal y también por la intensidad de corta duración admisible que se producirá durante un segundo tal como se especifica en la norma IEC 62271-121.

Se diseñarán los seccionadores para una endurancia mecánica M2 con un número de ciclos de maniobras según la norma IEC 62271-121 de 10000. En el caso de seccionadores de puesta a tierra se tratará de una clasificación de M1.

El nivel de radio-interferencia (RIV) deberá estar conforme al apartado 6.3 de la norma IEC 60694.

8.1.6.6. Transformadores de medida y protección

A continuación, se describen las características de los transformadores de medida y protección, tanto los de intensidad como de tensión para el GIS de 72,5 kV.

Transformadores de Intensidad de medida y protección

Instalación	Interior
Tipo de aislamiento	SF6
Tensión nominal asignada	220 kV
Nivel de aislamiento	245 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Intensidad primaria Ipn	1100 A
Intensidad secundaria Isn	5 A
Potencia de precisión	70 VA

Clase de precisión	0,2
Factor de seguridad	10
Factor límite de precisión	20
Intensidad máxima permanente	1320 A
Intensidad térmica	88 kA
Intensidad dinámica asignada	220 kA
Clase de aislamiento	120
Condiciones de servicio	De -25ºC a +40ºC

Los transformadores de intensidad se diseñarán para no sobrepasar los límites de calentamientos estipulados en la norma IEC 60044-1 apartado 4.6.

Deberán ser capaces de poder soportar sin daño, toda solicitación térmica y mecánica causada por las intensidades de cortocircuitos especificadas.

Tampoco deberán sobrepasar los límites del error de intensidad y del desfase que se indican en la norma IEC 60044-1 apartado 11.2. Ni tampoco sobrepasar los límites de error de intensidad, desfase y error compuestos del apartado 12.3 de la misma norma.

Transformadores de Tensión de medida y protección

Instalación	Interior
Tipo de aislamiento	SF6
Tensión nominal asignada	220 kV
Tensión máxima asignada	245 kV
Tensión secundaria	$110/\sqrt{3}$ - 110/3 V
Potencia de precisión	100 VA
Clase de precisión	0.2
Factor de tensión	1,9 / 8 horas
Potencia de calentamiento	1000 VA
Clase de aislamiento	120
Condiciones de trabajo	De -25ºC a +40ºC

Estos transformadores de tensión se diseñarán para no sobrepasar los límites de calentamientos estipulados en la norma IEC 60044-2 apartado 5.4.

Tampoco sobrepasarán los límites de error de tensión y de desfase que se indican en la misma norma apartado 12.2 cuando sean para medida, como

asimismo tampoco sobrepasar los mismos límites para el apartado 13.2 cuando sean para protección.

8.1.6.7. Embarrado de 245 kV

Los parámetros que se requieren para el diseño del embarrado son:

Configuración	Barra simple con by-pass
Tipo	Blindado SF_6
Tensión de servicio	220 kV
Tensión más elevada para el material	245 kV
Tensión asignada a frecuencia industrial (1 min)	
A tierra y entre polos	460 kV
A través de la distancia de aislamiento	530 kV
Tensión asignada a impulso tipo rayo (1,2/50 µs)	
A tierra y entre polos	1050 kV cresta
A través de la distancia de aislamiento	1200 kV cresta

8.1.7. Reactores Shunt

8.1.7.1. Descripción de la configuración

Dos 140MVAr 220kV reactores Shunt, uno por cada cable de exportación de 220kV, debe instalarse en la subestación, para poder compensar la potencia reactiva generada por los cables de exportación. Cada reactor Shunt debe estar conectado directamente con la aparamenta GIS de 245kV a través de ductos de gas aislado (GIB).

Los reactores Shunt serán impregnados en aceite, de tres devanados para instalación a la intemperie a una temperatura de diseño ambiental máxima de 40ºC.

Su suministro corre a cargo de ABB y tendrá un dimensionamiento que se corresponde a los valores obtenidos en el anexo de Cálculos en la sección referente a “Transmisión en CA y compensación de la energía reactiva”.

8.1.7.2. Valores nominales

Los principales valores eléctricos asignados de los reactores Shunt de 220kV serán:

Potencia asignada (Qr)		140MVAr
Corriente asignada (Ir)		476,9A
Tensión asignada (Ur)		230kV
Tensión más elevada de funcionamiento (Umax)		242kV
Nivel de aislamiento	Tensión más alto para el material, Um	245kV
	Nivel de tensión soportada a impulso tipo maniobra para los bornes de línea del arrollamiento	850kV
	Nivel de tensión soportada a impulso tipo rayo asignado para el borne de cada arrollamiento individual	1050kV
	Nivel de tensión alterna soportada asignado a tierra más elevado diseñado para los bornes del arrollamiento	460kV
Frecuencia asignada	50Hz	
Nivel de ruido	No excederá 83dB	
Nivel de incremento de temperatura	Incremento máximo de la temperatura del aceite	60K
	Incremento promedio de temperatura de devanado	65K
	Punto caliente	78K
Clasificación mecánica	4M6 según requisitos mecánicos	

8.1.7.3. Otras características

Las principales características de los reactores Shunt se resumen en:

Tanque: El tanque principal debe ser plano, estar hecho de placas de acero soldado dispuestas de acuerdo con un diseño de un perfil reforzado con aguantes para soportar el transporte o exceso de presiones durante condiciones de falta sin distorsión. Estará equipado con los accesorios necesarios para asegurar un funcionamiento apropiado del transformador.

Tanque de expansión (conservador de aceite): El conservador debe estar hecho de láminas de acero y situado sobre el tanque del transformador. Estará formado por dos compartimentos de aceite independientes: el principal dedicado al tanque principal y todos los compartimentos relativos y el otro dedicado al compartimento de aceite cambiador de tomas en carga (OTLC).

Radiador: Los elementos de los radiadores deben construirse con chapas de acero estampado o tubos de aceros de acuerdo con normas ISO y especificado en la EN 50216-6.

Accesorios/ instrumentos: Los transformadores de potencia deben llevar equipados los siguientes accesorios según EN 50216-4, EN 50216-5, EN 50216-7, EN 50216-8:

- Indicadores de nivel de líquido aislante
- Desecadores de aire
- Limitadores de presión
- Dispositivos de llenado y vaciado
- Fundas para termómetro
- Terminal de puesta a tierra
- Bombas eléctricas para aceite de transformador
- Válvulas de mariposa para circuitos de líquidos aislantes
- Relé Buchholz

Cojinetes: Los cojinetes de alta tensión de los transformadores de potencia serán pasantes de aislamiento gaseoso, en este caso SF6. Ya que los transformadores se conectarán a la aparamenta a través de los ductos de gas (GIBs), las conexiones directas entre los transformadores de potencia y el equipo del GIS deben implementarse. Todo ello debe cumplir la norma IEC 60137.

Los pasantes del neutro deben ser impregnados en aceite y los de baja tensión serán de aislamiento gaseoso SF6.

Núcleo: El núcleo de los transformadores debe estar fabricado de un acero magnético y debe estar compactado utilizando el proceso “Step-lap”.

Devanado: Los arrollamientos deben estar fabricados en cobre.

Sistema de refrigeración: El sistema de refrigeración de los transformadores será ONAN para poder asegurar un mínimo de requerimientos de mantenimiento. Estos han sido seleccionados debido a sus características de libertad de mantenimiento con respecto a otras opciones de sistemas de refrigeración, cuya potencia asignada recae en la actuación directa de los sistemas de refrigeración como sucede en los transformadores tipo ONAF que, en caso de fallo de los ventiladores la potencia sería reducida a estándares del tipo ONAN. Este hecho es mucho más dramático en transformadores tipo ODWF, cuyo fallo podría implicar una pérdida total de la potencia.

Por ello, y tras evaluar distintas opciones, se concluye que los ahorros de diseño en el peso potencial y el banco de refrigeración no serían suficientes para compensar el decremento en disponibilidad de los transformadores,

además del incremento en tareas de mantenimiento para asegurar la correcta actuación de los sistemas de refrigeración.

Placa de características: Todo el equipo principal de los transformadores de potencia debe llevar consigo permanentemente una placa SS316L.

Cabina de control: Cada transformador debe proporcionarse con una cabina de control fabricada de acero inoxidable SS316L que contendrá todo el equipo de protección y control del sistema de refrigeración, además de las terminaciones de circuitos secundarios. Las cabinas de control deben tener un grado IP65 de protección.

Protección contra la corrosión: La clasificación medioambiental para el propósito de la protección contra la corrosión debe ser definida como C5M-H como mínimo y de ahí que el transformador de potencia y sus accesorios deben ser propiamente protegidos contra la corrosión en este entorno.

8.1.8. Red de tierras

8.1.8.1. Concepto de puesta a tierra

Toda instalación eléctrica debe tener una protección basada en un sistema de puesta a tierra, diseñada en primer lugar para asegurar que el personal en las vecindades de las dependencias no esté expuestas a un peligro de shock eléctrico, cuando la instalación se encuentra bajo condiciones de fallo. El sistema de puesta a tierra debe proveer la puesta a tierra de todas las corrientes eléctricas sin exceder límites operacionales y de equipo.

El sistema de tierras integral debe contar con cada componente que lleve la subestación. El diseño debe tener un criterio específico teniendo en consideración la seguridad del personal y la integridad del equipo en caso de fallos fase-tierra dondequiera que ocurran, en la red o descargas atmosféricas a la propia subestación.

Además, la compatibilidad eléctrica debe estar asegurada en la subestación para obtener un suministro eléctrico fiable.

Determinamos que el sistema de puesta a tierra será global, es decir está creado por la interconexión de los sistemas locales de puesta a tierra que asegura, por proximidad de los sistemas de puesta a tierra que lo conformen, que no habrá tensiones de contacto peligrosas.

Asimismo, no existirá en dichas puestas a tierra locales que conformen el global, una diferenciación de puesta a tierra para alta tensión y media tensión. El diseño de la puesta a tierra tiene en cuenta la transformación de cualquier falta que ocurra en el lado de alta tensión que se desvíen a través de los transformadores auxiliares/ de puesta a tierra para así mantener el potencial en todo momento.

Por ello la plataforma de la subestación se diseñará para que actúe como una **caja de Faraday.** Es decir, cuando esté en presencia de un campo eléctrico externo, las cagas positivas se queden en las posiciones de la red; los electrones, sin embargo, que en un metal son libres, se moverán en sentido contrario al campo eléctrico quedando una carga total del conductor nula. Para ello el diseño de todo el sistema de puesta a tierra preverá que todo el equipamiento, estructuras metálicas y demás tengan el mismo potencial y que se tenga referencia de potencial cero a tierra a través de la estructura de soporte o cimentación de la subestación que estará aislada eléctricamente del exterior gracias a su pintura que lo reviste.

El sistema de protección contra el rayo está directamente relacionada al sistema de tierras:

- El objetivo de la puesta a tierra es evitar altos niveles de tensión debido a fallas eléctricas o causas externas. El objetivo es alcanzar una superficie equipotencial para limitar los voltajes de paso y contacto, para asegurar que se eviten daños al equipo y al personal.

- El apantallado de los cables metálicos de 220kV y 66kV deben conectarse a tierra.

- La actuación del sistema de tierras debe contribuir al aseguramiento de la compatibilidad electromagnética entre el aparataje eléctrico y electrónico.

- Todas las partes metálicas incluyendo tuberías y bandeja de cables u otros que formen parte del circuito eléctrico deben estar conectado al sistema de tierras.

El sistema de puesta a tierra en el módulo superior estará fabricado acorde a los códigos de diseños y estándares relevantes de la DNVGL, a la UNE EN 50522 respectiva a puesta a tierra en instalaciones de tensión superior a 1kV en corriente alterna y las prácticas más habituales en España. El estándar DNVGL-ST-0145 (sección 5.7.1.1) indica que el sistema de protección contra el rayo debe cumplimentar con los estándares IEC 62305 e IEC 61892. El sistema de tierras consistirá en varias barras a tierra, conectadas a la estructura principal del módulo superior a través de cajas de puesta a tierra.

Todos los cálculos que justifican cada elección para el diseño de este sistema se especifican en el anexo Cálculos, concretamente en "Cálculo de protecciones".

Las principales barras a tierra actuarán como el punto de conexión principal para la puesta a tierra tanto del equipamiento eléctrico como del mecánico.

De acuerdo con la IEC 61892-6 (Sección 16.2.5) los mástiles metálicos y estructuras de igual naturaleza, formarán parte de todo el sistema de protección. De la misma manera, la IEC 62305-3 (Sección 5.1.3) indica que los componentes naturales que están fabricados de materiales conductivos y que siempre permanecerán en la estructura si no se modifican, se utilizarán como parte del sistema de protección contra el rayo.

La compatibilidad electromagnética de la subestación se garantiza mediante:

- La selección del equipo apropiado.
- El desarrollo de la densidad de red de tierras apropiado.
- La distribución adecuada de cables para tener inmunidad de cualquier interferencia electromagnética que pueda causar las redes de tierras.
- Escogiendo la protección adecuada de los cables para circuitos secundarios.

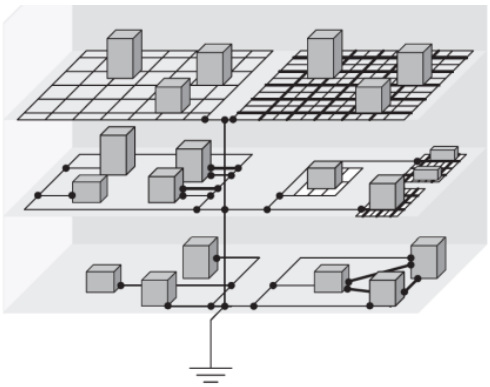


Figura 4: Ejemplo de anillo equipotencial

Los siguientes equipos deben estar directamente conectados al sistema de tierras, como mínimo:

- El neutro de los Transformadores de potencia.
- El neutro de los Reactores Shunt.
- El neutro de los Transformadores auxiliares 66/0.4 kV.
- El neutro de los Generadores de emergencia.
- Las barras a tierra en la aparamenta de Alta, Media y Baja.

- Sistema de protección contra el rayo.
- Sistema de protección contra sobretensiones
- El apantallamiento de cobre de todos los cables marinos

La plataforma y estructura metálica de la subestación se podrán usar como red de tierras a través de unas conexiones soldadas.

El sistema entonces de puesta a tierra será un TN-CS. En los sistemas TN el neutro está conectado a tierra directamente, mientras que las piezas conductoras expuestas estarán conectadas a la misma conexión a tierra del neutro. En el TN-C-S precisamente, el conductor de protección y el neutro están combinados parcialmente en un único conductor PEN y separados parcialmente PE+N.

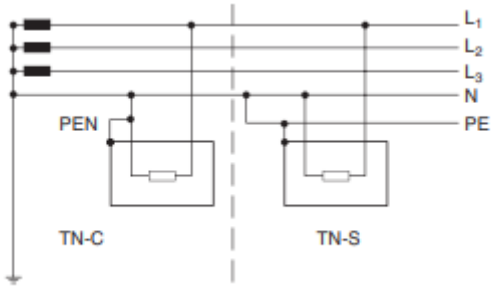


Figura 5: Conexión a tierra

Barras de puesta a tierra y conexiones a tierra básicas

Cuando se utilice la plataforma metálica como red de tierras, se necesitará de unas conexiones a tierras básicas:

Figura 6: Tetón de tierra

En caso de conexión a tierra del sistema eléctrico principal, como puede ser los neutros de los transformadores o reactores shunt, la conexión debe estar ligada a la estructura principal y debe de tener una conexión soldada directa con la plataforma

de la subestación. En este caso, un cable debe ser usado para la conexión entre el sistema eléctrico y la estructura principal.

Para esta cuestión se utilizarán tapas desnudas o aisladas planas que recorrerán la parte inferior de las juntas de las paredes de forma horizontal:

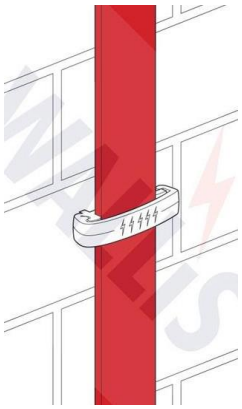


Figura 7: Tapa desnuda y plana de cobre

De tipo de cobre desnudo, se deberá de pintar en un patrón oblicuo en color verde y amarillo.

Para la conexión de todo el equipo de Alta Tensión (>1kV) a tierra, se utilizarán bornas de espárrago de doble palma:

Figura 8: Bornas de espárrago de doble palma

Todos los componentes y partes metálicas de las diferentes partes del equipamiento que sean conductivas deben estar provistas de una conexión conductiva eléctrica a la estructura metálica de la instalación.

Se hará notar que las conexiones atornilladas para el arreglo de unidades o componentes no se consideraran eléctricamente conductivas. En casos que no sean posibles o básicamente impracticables, se deberá de asegurar que las superficies en contactos están limpias y libres de óxido cuando se instale y firmemente atornillados en conjunto.

En caso de requerir de múltiples puestas a tierras en un área cerrada, se considerarán las tapas de barras de tierra múltiple.

Figura 9: Tapas de barras de tierra múltiple

8.1.8.2. Conexión equipotencial

El conexionado se realizará localmente en las aproximaciones de los objetos que lo requieran.

Dichas conexiones deberán ser atornilladas a conexiones a tierra que, a su vez, estarán soldadas a la estructura.

Todas las conexiones vinculantes de los equipos deben estar hechas con terminales de cables de compresión.

Los equipos y objetos que deben vincularse son:

- Todos los componentes metálicos de la estructura que no estén soldadas a la principal estructura de la plataforma.
- Las celdas metálicas del equipo eléctrico.
- Puertas metálicas.
- Escaleras.
- Bandejas y escaleras de cables.
- Sistema de tuberías.
- Depósitos.
- Unidades almacenadas.

El método de puesta a tierra para elementos metálicos que no son parte del equipo eléctrico….

Las conexiones eléctricas deben garantizar una baja resistencia. Para ello, será importante considerar problemas debido a la corrosión, y a los valores de torsión de los pernos y arandelas de resorte /arandelas planas.

Conjunto	Resistencia (μΩ)
Bisagra atornillada cobre/cobre	5
Bisagra atornillada aluminio/aluminio	10 a 40
Bisagra atornillada aluminio/cobre	10 a 40
Bisagra soldada cobre/cobre	2
Bisagra soldada aluminio	5
Borne tipo Hepworth	13 a 20
Tapa de cobre estañado hasta pata de Estructura de aluminio	10

En tuberías y conductos se instalarán cables aislados de cobre para asegurar la continuidad eléctrica de éstos.

8.1.8.3. Disyuntores/ autoválvulas

Los niveles de protección de los disyuntores seleccionados deberán tener los requerimientos específicos de la coordinación de aislamiento y los niveles de inmunidad del equipamiento a ser protegido según el estándar IEC 61000-4-5.

Los disyuntores para aplicaciones de baja tensión deben cumplimentar los estándares IEC 61643-1 y la IEC 61643-21.
La selección e instalación del sistema coordinado de disyuntores cumplimentará:

- IEC 62305-4 Anexo C.
- IEC 61643-12 e IEC 60364-5-53 para protección de sistemas de potencia.
- IEC 61346-21 para protección de telecomunicaciones y sistemas de señal.

Los disyuntores para aplicación en alta tensión deben cumplimentar con la IEC 60099-1 y la IEC 60099-4.

Los disyuntores se instalarán en la aparamenta GIS de 220kV y la aparamenta de 66kV.

- Bahía GIS 220kV
- Bahía GIS 66kV

8.1.8.4. Revestimiento

Todas las superficies externas del equipamiento deberán ser revestidas. Todas las partes individuales del equipo se deberán revestir antes de ensamblarlas. Todo este revestimiento tiene por objetivo asegurar la protección adecuada contra la corrosión en la vida útil de la subestación.

Para el equipo instalado a bordo, el fabricante debe aplicar un sistema de pintado certificado a la ISO 12944-5 con las siguientes categorías corrosivas:

Localización del equipo	Categoría de la corrosión	Color final
Áreas expuestas al clima	C5M-Alto	RAL 7035 o equivalente
Áreas interiores	C4-Alto	

El equipamiento y las partes estructurales, incluyendo los soportes de tuberías, deberán estar diseñados para proveer un acceso suficiente para actividades de revestimiento y voladura.

8.1.8.5. Sistema de captación de descargas atmosféricas

8.1.8.5.1. Objetivo

El propósito de este anexo es detallar el trabajo para la correcta instalación del sistema de protección contra el rayo compuesto por el equipo DDCE de la empresa DINNTECCO en la Subestación deslocalizada en el Cabo Trafalgar.

Las características y configuración del sistema de protección contra el rayo, cuya instalación se describe en este anexo, está determinada por el cálculo de protección contra el rayo situado en el anexo cálculos y que contiene el estudio pertinente al daño por descargas atmosféricas, siguiendo la UNE EN 62305-Protección contra el rayo.

8.1.8.5.2. Eficacia

El sistema de protección contra el rayo será efectivo cuando su principio de funcionamiento es el de minimizar o prevenir las descargas atmosféricas directas en el área que protege, evitando el daño al personal o a la propiedad que resulta de la diferencia de potencial o del paso mismo durante el impacto del rayo.

8.1.8.5.2.1. Principio de funcionamiento

El DDCE-100 Plus es una protección contra descargas atmosféricas y un sistema de protección electromagnética que previene al rayo de impactar la estructura que protege.

También es un sistema pasivo que captura corrientes electrostáticas a tiempo y las desvía a tierra. Su principio de funcionamiento se basa en un **continuo balance o compensación del campo variable eléctrico de los alrededores**, previniendo la producción de un flujo de carga ascendente en el DDCE-100 Plus y la estructura que debe proteger, todo ello dependiendo del radio que recubre.

Es un aparato consistente en un elemento receptor conductor positivamente cargado y conectado a tierra, y un elemento de captura conductor negativamente cargado al aire (separados por un aislador). Cuando el campo eléctrico aumenta, se produce un efecto de atracción entre las cargas positivas y negativas causando que las cargas positivas fluyan hacia el elemento receptor.

Al mismo tiempo, el aumento en el campo eléctrico sobre el elemento de captura induce una carga negativa en el elemento.

En ese instante, se produce una diferencia de potencial que varía en función del incremento del campo eléctrico entre los dos elementos, llevando la corriente de fuga directamente a tierra como resultado de la compensación del campo eléctrico que se genera continua y secuencialmente dentro del DDCE-100 Plus.

Este proceso es controlado por la válvula de expansión y compresión responsable del flujo de corrientes de fases y la absorción de sobretensiones inducidas externamente.

Esta válvula se expande cuando hay una corriente de fuga y mitiga la presión generada en el proceso. Una vez que el DDCE-100 Plus ha completado la compensación transitoria del campo, la válvula se comprime y no actúa más.

8.1.8.5.2.2. Protección electromagnética

8.1.8.5.2.2.1. Introducción

La protección electromagnética es otro avance tecnológico que provee DDCE-100 Plus los cuales los últimos sistemas convencionales no son capaces de generar en comparación.

El DDCE-100 Plus minimiza los efectos indirectos en una gran extensión, en particular, induce externamente sobretensiones procedentes de pulsos

electromagnéticos generados por los impactos de rayos en las áreas cercanas a una dependencia o instalación protegida por el sistema que ofrece DDCE-100 Plus.

En este caso, el DDCE-100 Plus actúa como un fusible térmico, absorbiendo parte de la energía del rayo en forma de calor a la vez que sus componentes externos se derriten para minimizar dichos efectos.

Durante este proceso, en casos extremos, el DDCE-100 Plus podría cortocircuitar y resultar en una explosión de material desde dentro, con una ruptura parcial del aislamiento. La corriente de cortocircuito máxima permisible del DDCE-100 Plus son 2 inyecciones de 100 kA sin la ruptura del aislamiento, e incluso si existen presiones internas, según las pruebas realizadas por la LCOE.

8.1.8.5.2.2.2. Diseño

Para proteger una estructura de los impulsos electromagnéticos, el modelo DDCE-100 Plus se utilizará siempre. Para la protección de una estructura dada, además del ajuste del DDCE-100 Plus a la parte más alta de la estructura, algunos elementos se deben ajustar en todas las caras de la estructura a la mitad de su altura total (excepto para estructuras que midan más de 100 metros de alto).

El equipo se ajusta a la estructura a través de soportes con suficiente distancia para el equipo que se extiende horizontalmente al menos 10 centímetros sobre el punto más prominente en la superficie vertical de la estructura.

Todo el equipamiento debe ser instalado hasta llegar a unos 5º por fuera de la estructura.

Todos los elementos del DDCE-100 Plus deben ser eléctricamente conectados entre sí y a tierra por al menos dos cables de sección de 50 mm^2. Para esta configuración es necesario asegurar que todo el equipo esté conectado a tierra.

La resistencia a tierra no debe ser mayor a 5 Ohmios.

Para proteger un área dada, los elementos deben estar instalado en una línea visible de 160 metros aparte, con todo conectado eléctricamente al mismo potencial.

El área protegida debe estar en un anillo equipotencial en el perímetro con protectores contra sobretensiones de al menos 100 kA.

8.1.8.5.2.2.3. Diferencias respecto a sistemas convencionales

Los beneficios tecnológicos comparados con otros sistemas convencionales recaen en el hecho de que el DDCE-100 Plus actúa como una compensación del campo eléctrico en derredor de la instalación a proteger. Cada vez que el campo cambia, aunque sea mínimamente, dejando al campo eléctrico saturado en este rango, por debajo del límite permisible de causar una ruptura dieléctrica del aire. Esta constante compensación sucesiva y/o secuencial (dependiente de las variaciones del campo en el área) producida por el DDCE-100 Plus, garantiza que ningún torrente ascendente se genere, con continuo, baja intensidad y una corriente de fuga no dañina a tierra.

Los sistemas convencionales producen una compensación inmediata del campo eléctrico en cuestión de microsegundos, dondequiera que haya una diferencia de potencial de aproximadamente 500kV entre los torrentes ascendentes y descendentes que se generan.

Al momento que el rayo impacta sobre el aparato de captura, se generan efectos variados y diferentes tanto eléctricos como electromagnéticos tanto en el propio aparato como en la estructura que protege, dependiendo en la corriente que lleve el rayo (que no podemos saber de adelanto), causará daños serios al sistema de protección y/o daño a personas y animales con consecuencias impredecibles.

Por lo tanto, para ambos sistemas (el DDCE-100 Plus y el sistema convencional) se producen una compensación de los sensores de campo eléctricos y son sistemas de captura pasivas.

El DDCE-100 Plus se encuentra con los requerimientos de la IEC 62305 y los estándares CTE (SU 8) desde que es un sistema de captura pasiva con el mismo principio de funcionamiento que un sistema convencional, por ejemplo, la compensación del campo eléctrico en los alrededores. La única diferencia es que en el tiempo de la compensación; mientras el DDCE-100 Plus lo hace continuamente y dondequiera el campo en derredor tenga un cambio, el sistema convencional lo hace en el instante cuando la diferencia de potencial entre él y el torrente descendente procedente de la nube alcance aproximadamente los 500kV.

8.1.8.5.2.3. Área cubierta

La protección de los impactos directos de los rayos sobre la misma estructura está garantizada dónde el modelo DDCE-100 Plus este instalado en un 100%, proveyendo que todo metal o partes conductivas de la estructura estén protegidas estando al mismo potencial que el electrodo menor del DDCE-100 Plus.

Estas condiciones están certificadas y garantizadas proveyendo que el equipamiento de este manual cumpla los requisitos que se le exigen y que no haya otros potenciales ionizantes y/o estructuras conductivas en el radio de protección que debe ser igual de alto o más que la estructura de protección. En el último caso, el radio de protección llegará tan lejos como la estructura potencial de igual o mayor altura, que necesitará estar protegida aparte para conseguir el radio teórico de recubrimiento.

La extensión de la protección del DDCE-100 Plus ha sido determinada por aplicación del modelo esférico según el estándar 62305 y tiene en cuenta las pruebas de pulsos de cortocircuito, 10/350 μs a 100kA como se requiere por la IEC 62305.

8.1.8.5.2.4. Protocolo de instalación

8.1.8.5.3. Propuesta de instalación

Habiendo definido los principios de funcionamiento del equipamiento del DDCE-100 Plus, además de su protocolo de instalación básica, se procede a describir las especificaciones y requerimientos del proyecto de la Subestación deslocalizada en el Cabo Trafalgar para definir la forma más apropiada de protección.

La necesidad que deriva de este proyecto recae en la construcción del Módulo superior y su soporte (jacket) lleva al cumplimiento de la UNE EN 62305 sobre protección contra el rayo.

Se concluye en la instalación de un DDCE-100 Plus que debe tener una conexión a tierra y, además, una conexión equipotencial.

En este caso, toda la estructura entera de la plataforma está conectada al mismo potencial, por lo que el DDCE necesita solo estar conectada por el cable de tierra al punto equipotencial de la estructura.

Abajo se puede ver el diagrama de instalación del sistema de protección contra el rayo propuesto y la localización del DDCE que conforma el sistema.

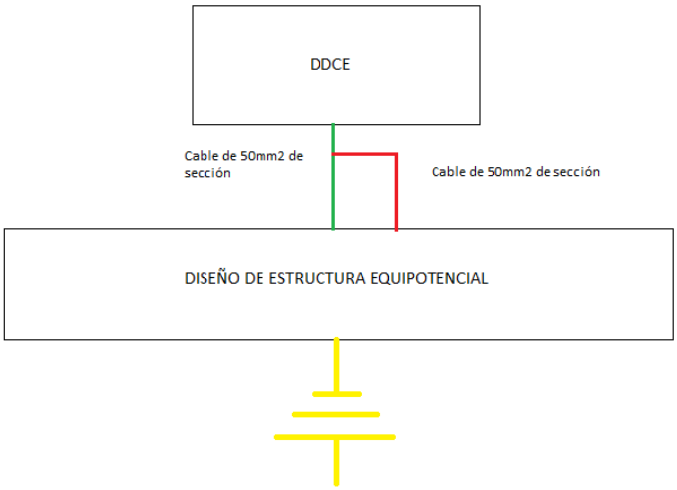


Figura 10: Diseño general de protección contra el rayo

8.1.8.5.4. Instalación

a. Instalar el DDCE dos metros por encima del punto más alto de la estructura a proteger. Tener en mente que el radio de recubrimiento del DDCE son 100 metros (DDCE-100 Plus) o 50 metros (DDCE-50 Plus). En el caso del DDCE-100 Plus, el radio de recubrimiento es de 100 metros, proveyendo que este siempre situado a una altura mínima de 26,79 metros respecto a tierra y que no hay estructuras, dependencias o instalaciones en los alrededores de igual o mayor altura en sus 100 metros de cobertura. Será también necesario el asegurar que todas las estructuras existentes (metálicas y/o partes conductivas) en estos 100 metros de radio de cobertura que están al mismo potencial, por ejemplo, porque formen un sistema equipotencial.

b. Si existe estructuras de esta o mayor altura, el radio de cobertura de DDCE-100 Plus estará limitado a la posición de la mencionada estructura de esta o superior altura Este aspecto debe ser considerado en el diseño del sistema de protección contra el rayo al usar elementos del DDCE-100 Plus.

8.1.8.5.5. Beneficios

El riesgo debe evitarse y caso de no ser posible, minimizarse.
Dinnteco debe ir más allá en leyes de riesgo, previniendo a las personas y dependencias de los daños producidos por las descargas atmosféricas. En otras palabras, Dinnteco se ha convertido en la mejor manera de prevenir y proteger contra los efectos de los impactos por rayo.

Como se explicó anteriormente, la protección electromagnética del DCCE es otra ventaja para la tecnología Dinnteco.
Minimiza significativamente los efectos indirectos causados por los impactos de rayo en el entorno exterior de su rango de cobertura, desde que en este caso actúa como fusible térmico, absorbiendo parte de la energía fundiendo sus propios componentes internos, minimizando los efectos electromagnéticos.

Especialmente en esta dependencia conductiva, el DDCE minimizará los efectos de la corrosión galvánica a través de la absorción de las corrientes electroestáticas de la estructura y drenándolas al sistema de tierras. La consecuencia es un mantenimiento mejor y más duradero de la estructura.

8.1.9. Sistemas auxiliares

8.1.10. Generador auxiliar principal

8.1.10.1. Descripción de la configuración

Según los escenarios que se prevén para el fallo de sendos transformadores auxiliares que suministran la alimentación a todo el sistema de baja tensión, se requerirá de un generador auxiliar acorde a las necesidades técnicas especificadas en los cálculos respectivos.

Según la DNV GL-ST-0145, se dispondrá para la configuración del sistema de emergencia de baja tensión de dos tipos de disposiciones: la primera, denominada “Meshed” tendrá en el o los cuadros principales tanto un generador auxiliar, como uno de emergencia, mientras que la segunda “non-meshed” estos generadores se hallaran en distintos cuadros estando el de emergencia directamente asociado al cuadro correspondiente a las cargas y consumidores de emergencias.

En el caso de la disposición de la subestación será “Meshed”.

La justificación del dimensionamiento para el generador auxiliar principal se halla en el anexo de Cálculos, concretamente en el balance de carga. Éste estipula distintos escenarios que ayudarán a dimensionar distintos elementos, de los cuales el generador es uno de ellos. Para el dimensionamiento del generador auxiliar se toma concretamente el escenario 2.3.

Para la generación auxiliar principal se suministrará por parte de SIEMENS un grupo electrógeno de la serie SGen-1000A.

8.1.10.2. Clasificación

Los principales valores nominales del generador auxiliar principal serán:

- Tensión nominal: 400/230 V
- Potencia nominal: 400 kVA
- Frecuencia nominal (fr): 50Hz.
- Régimen de funcionamiento: 1500 rpm (4 polos)
- Factor de potencia: 0,85
- Impacto de carga: Tipo G2 según ISO 8528-5:2018
- Especificaciones de Motor:
  - Potencia Nominal: 340 kW
  - Tipo de Motor: Diesel 4 tiempos
  - Tipo de inyección: Directa
  - Tipo de aspiración: Turboalimentado y post-enfriado
  - Sistema de refrigeración: Aire
  - Regulador: Electrónico
  - Filtro de Aire: Seco
  - Consumo combustible: 100,5 l/h
- Especificaciones del Alternador
  - Tipo de conexión: Estrella
  - Grado de protección aislamiento: Clase H
  - Grado de protección: IP64
  - Grado de protección: IK10
  - Sistema de excitación: Autoexcitado, sin escobillas
  - Regulador de tensión: A.V.R (Electrónico)
  - Nivel de ruido: No excederá 65 db

8.1.10.3. Otras características

Las principales características del grupo electrógeno principal son:

Eficiencia: La serie a la que pertenece el grupo electrógeno esta optimizada para una eficiencia de hasta el 98,9%, además de una

estabilidad fiable durante cambios de carga permitiendo un funcionamiento flexible. Se diseña para ciclos de 10000 inicios/paros durante su vida útil haciéndolos incluso más eficientes respecto a coste que alternativas como el hidrógeno o generadores refrigerador por agua.

Diseño modular: El diseño del grupo electrógeno debe facilitar la extensión, mantenimiento y reparación del equipo con un impacto mínimo en la flexibilidad de la subestación.

Grado de protección de las envolturas: Los grados de protección de las envolturas del grupo electrógeno deberán ser:

- Grado IP: IP66
- Grado IK: IK10.

Protección contra corrosión: El grupo electrógeno deberá diseñarse con un sistema de protección que cumpla con C5M-H o un equivalente, de acuerdo con la serie EN ISO 12944. En general, las envolturas deben ser capaces de soportar condiciones ambientales agresivas de la subestación "offshore" como la humedad del aire (aire salino), polvo, temperatura, etc.

Identificación y marcado del equipo: El grupo electrógeno y todos sus elementos operativos y componentes principales deben ser provistos con placas claramente legibles.

8.1.11. Generador de emergencia

8.1.11.1. Descripción de la configuración

Según los escenarios que se prevén para el fallo de sendos transformadores auxiliares que suministran la alimentación a todo el sistema de baja tensión, se requerirá de un generador de emergencia acorde a las necesidades técnicas especificadas en los cálculos respectivos.

La justificación del dimensionamiento para el generador de emergencia se halla en el anexo de Cálculos, concretamente en el balance de carga. Éste estipula distintos escenarios que ayudarán a dimensionar distintos elementos, de los cuales el generador es uno de ellos. Para el dimensionamiento del generador de emergencia se toma concretamente el escenario 3.

Para la generación auxiliar principal se suministrará por parte de SIEMENS un grupo electrógeno de la serie SGen-1000A.

8.1.11.2. Clasificación

Los principales valores nominales del generador de emergencia serán:

- Tensión nominal: 400/230 V
- Potencia nominal: 350 kVA
- Frecuencia nominal (fr): 50Hz.
- Régimen de funcionamiento: 1500 rpm (4 polos)
- Factor de potencia: 0,85
- Impacto de carga: Tipo G2 según ISO 8528-5:2018
- Especificaciones de Motor:
  - Potencia Nominal: 297,5 kW
  - Tipo de Motor: Diesel 4 tiempos
  - Tipo de inyección: Directa
  - Tipo de aspiración: Turboalimentado y post-enfriado
  - Sistema de refrigeración: Aire
  - Regulador: Electrónico
  - Filtro de Aire: Seco
  - Consumo combustible: 100,5 l/h
- Especificaciones del Alternador
  - Tipo de conexión: Estrella
  - Grado de protección aislamiento: Clase H
  - Grado de protección: IP64
  - Grado de protección: IK10
  - Sistema de excitación: Autoexcitado, sin escobillas
  - Regulador de tensión: A.V.R (Electrónico)
  - Nivel de ruido: No excederá 65 db

8.1.11.3. Otras características

Las principales características del grupo electrógeno principal son:

Eficiencia: La serie a la que pertenece el grupo electrógeno esta optimizada para una eficiencia de hasta el 98,9%, además de una estabilidad fiable durante cambios de carga permitiendo un funcionamiento flexible. Se diseña para ciclos de 10000 inicios/paros durante su vida útil haciéndolos incluso más eficientes respecto a coste que alternativas como el hidrógeno o generadores refrigerador por agua.

Diseño modular: El diseño del grupo electrógeno debe facilitar la extensión, mantenimiento y reparación del equipo con un impacto mínimo en la flexibilidad de la subestación.

Grado de protección de las envolturas: Los grados de protección de las envolturas del grupo electrógeno deberán ser:

- Grado IP: IP66
- Grado IK: IK10.

Protección contra corrosión: El grupo electrógeno deberá diseñarse con un sistema de protección que cumpla con C5M-H o un equivalente, de acuerdo con la serie EN ISO 12944. En general, las envolturas deben ser capaces de soportar condiciones ambientales agresivas de la subestación deslocalizada como la humedad del aire (aire salino), polvo, temperatura, etc.

Identificación y marcado del equipo: El grupo electrógeno y todos sus elementos operativos y componentes principales deben ser provistos con placas claramente legibles.

8.1.12. Transformadores auxiliares / de puesta a tierra

8.1.12.1. Descripción de la configuración

La subestación estará equipada con cuatro transformadores auxiliares-de puesta a tierra. Estos transformadores estarán conectados a la aparamenta de GIS de 72,5kV y proveerán la puesta a tierra del sistema de 72,5kV. Dos de ellos proveen el suministro de energía, necesario para los sistemas auxiliares de la subestación y los otros transformadores deben trabajar sin carga como transformadores de puesta a tierra. Todo ello nos permitirá tener una referencia a tierra a un nivel de 66kV.

La justificación del dimensionamiento para los transformadores auxiliares/ de puesta a tierra se halla en el anexo de Cálculos, concretamente en el balance de carga. Éste estipula distintos escenarios que ayudarán a dimensionar distintos elementos, de los cuales los transformadores son uno de ellos. Concretamente, el dimensionamiento de los transformadores se hará según la potencia total en el escenario 2.2.

El suministro de los 4 transformadores auxiliares/ de puesta a tierra correrá a cargo de SIEMENS.

8.1.12.2. Valores nominales

Los principales valores eléctricos asignados para los transformadores auxiliares de puesta a tierra serán:

Tensión del devanado primario			66kV
Corriente continua por el circuito del neutro asignada			75A
Corriente de cortocircuito por el circuito del neutro asignada			2500A (10s)
Tensión por el devanado secundario			0,4kV
Potencia por el devanado secundario asignada			630kVA
Nivel de aislamiento	Devanado primario	Tensión más alto para el material, Um	72,5kV
		Nivel de tensión soportada a impulso tipo rayo asignado para el borne de cada arrollamiento individual	350kV
		Nivel de tensión alterna soportada asignado a tierra más elevado diseñado para los bornes del arrollamiento	140kV
Frecuencia asignada		50Hz	
Grupo de conexión		ZNyn5	
Impedancia en cortocircuito		3%	
Nivel de ruido		No excederá 65dB	
Nivel de incremento de temperatura	Incremento máximo de la temperatura del aceite		60K
	Incremento promedio de temperatura de devanado		65K
	Punto caliente		78K
Sobreexcitación admisible		10% bajo funcionamiento continuo	
Clasificación mecánica		4M6 según requisitos mecánicos	

8.1.12.3. Otras características

Las principales características de los transformadores auxiliares-de puesta a tierra se resumen en:

Tanque: El tanque principal debe ser plano, estar hecho de placas de acero soldado dispuestas de acuerdo con un diseño de un perfil reforzado con aguantes para soportar el transporte o exceso de presiones durante condiciones de falta sin distorsión. Estará equipado con los accesorios necesarios para asegurar un funcionamiento apropiado del transformador.

Tanque de expansión (conservador de aceite): El conservador debe estar hecho de láminas de acero y situado sobre el tanque del transformador. Estará formado por dos compartimentos de aceite independientes: el principal dedicado al tanque principal y todos los compartimentos relativos y el otro dedicado al compartimento de aceite cambiador de tomas en carga (OTLC).

Radiador: Los elementos de los radiadores deben construirse con chapas de acero estampado o tubos de aceros de acuerdo con normas ISO y especificado en la EN 50216-6.

Accesorios/ instrumentos: Los transformadores de potencia deben llevar equipados los siguientes accesorios según EN 50216-4, EN 50216-5, EN 50216-7, EN 50216-8:

- Indicadores de nivel de líquido aislante
- Desecadores de aire
- Limitadores de presión
- Dispositivos de llenado y vaciado
- Fundas para termómetro
- Terminal de puesta a tierra
- Bombas eléctricas para aceite de transformador
- Válvulas de mariposa para circuitos de líquidos aislantes
- Relé Buchholz

Cojinetes: Los cojinetes de alta tensión de los transformadores de potencia serán pasantes de aislamiento gaseoso, en este caso SF6. Ya que los transformadores se conectarán a la aparamenta a través de los ductos de gas (GIBs), las conexiones directas entre los transformadores de potencia y el equipo del GIS deben implementarse. Todo ello debe cumplir la norma IEC 60137.

Los pasantes del neutro deben ser impregnados en aceite y los de baja tensión serán de aislamiento gaseoso SF6.

Núcleo: El núcleo de los transformadores debe estar fabricado de un acero magnético y debe estar compactado utilizando el proceso "Step-lap".

Devanado: Los arrollamientos deben estar fabricados en cobre.

Sistema de refrigeración: El sistema de refrigeración de los transformadores será ONAN para poder asegurar un mínimo de requerimientos de mantenimiento. Estos han sido seleccionados debido a sus características de libertad de mantenimiento con respecto a otras opciones de sistemas de refrigeración, cuya potencia asignada recae en la actuación directa de los sistemas de refrigeración como sucede en los transformadores tipo ONAF que, en caso de fallo de los ventiladores la potencia sería reducida a estándares del tipo ONAN. Este hecho es mucho más dramático en transformadores tipo ODWF, cuyo fallo podría implicar una pérdida total de la potencia.

Por ello, y tras evaluar distintas opciones, se concluye que los ahorros de diseño en el peso potencial y el banco de refrigeración no serían suficientes para compensar el decremento en disponibilidad de los transformadores, además del incremento en tareas de mantenimiento para asegurar la correcta actuación de los sistemas de refrigeración.

Placa de características: Todo el equipo principal de los transformadores de potencia debe llevar consigo permanentemente una placa SS316L.

Cabina de control: Cada transformador debe proporcionarse con una cabina de control fabricada de acero inoxidable SS316L que contendrá todo el equipo de protección y control del sistema de refrigeración, además de las terminaciones de circuitos secundarios. Las cabinas de control deben tener un grado IP65 de protección.

Protección contra la corrosión: La clasificación medioambiental para el propósito de la protección contra la corrosión debe ser definida como C5M-H como mínimo y de ahí que el transformador de potencia y sus accesorios deben ser propiamente protegidos contra la corrosión en este entorno.

8.1.13. Iluminación

8.1.13.1. Iluminación principal

El sistema de iluminación principal de la subestación debe proveer iluminación a todas las diferentes áreas de la subestación bajo condiciones de servicios normales. Las cabinas que proveerán suministro energético a los circuitos de iluminación normales deben estar alimentados por la fuente principal de energía eléctrica. Los niveles de iluminación mínimas de las diferentes áreas se detallan en el diseño del sistema de iluminación principal.

8.1.13.2. Iluminación de emergencia

El sistema de iluminación de emergencia debe asegurar la correcta iluminación que debe estar disponible en caso de pérdida de suministro principal de la subestación. Los circuitos de iluminación del sistema de iluminación de emergencia deben estar alimentados por la aparamenta de emergencia de 400VAC. El sistema de iluminación de emergencia debe estar preparados para activarse en caso de pérdida de la principal fuente de energía. Al menos un 30% de la instalación lumínica en cada área debe estar operativa en caso de fallo del sistema principal de iluminación.

8.1.13.3. Iluminación de escape

El sistema de iluminación de escape debe ser capaz de asegurar la correcta iluminación al personal localizado en la subestación para un escape seguro del área de la subestación en caso de fallo, tanto del suministro energético principal como del de emergencia.

El sistema de iluminación debe actuar también como una fuente de iluminación temporal para la subestación en caso de la pérdida del suministro principal y el de emergencia, hasta que el de emergencia pueda reactivarse.

Los sistemas de iluminación de escape deben ser suministrados por baterías integrales o centralizadas. Estas baterías deben ser suministradas desde un sistema de distribución de emergencia. El sistema de iluminación de escape proveerá de alumbrado para al menos media hora asegurando el tiempo correcto para que el personal pueda ser evacuado de la subestación.

8.1.14. Traceado eléctrico

El traceado eléctrico se basa en un cable transmisor de energía incorporado a una tubería para que se realice un transporte seguro de diferentes tipos de productos a través de tuberías mediante un cable calefactor que aporta la temperatura adecuada al medio para su traslado. Está pensado especialmente para transporte en zonas de climas muy desfavorables.

El principio de funcionamiento del sistema se fundamenta en un cable calefactor en contacto directo con la superficie de la tubería, depósito o equipo en cuestión. Mediante la corriente eléctrica transmitida por los conductores, el cable calefactor será capaz de superar una temperatura determinada para alcanzar la deseada. Para lograrlo y conseguir una adaptación al entorno constante, se recurre a controladores de temperatura que permiten el control y la supervisión de procesos industriales de forma remota.

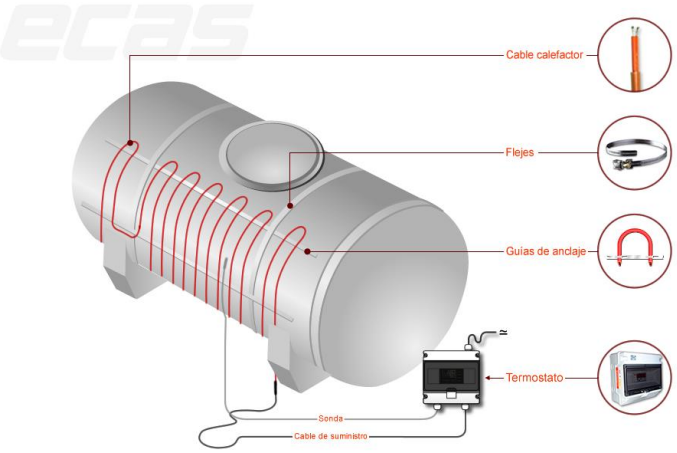


Figura 11: Ejemplo de traceado eléctrico

Las aplicaciones más habituales suelen ser:

- Suelo radiante mediante hilo calefactor.
- Protección contra heladas en tuberías de agua
- Agua caliente sanitaria (ACS), para evitar la aparición de Legionella.
- Calefactar rampas de acceso a parkings con riesgo de hielo o nieve.
- Calefactar escaleras, terrazas y caminos con riesgo de hielo o nieve.
- Calefactar tejados, bajantes y canalones, para evitar la acumulación de hielo o nieve.

También tendrá usos más específicos, como:

- Evitar el fenómeno Frost HEAVE en tanques de GNL o GLO (Barrera térmica).
- Calentamiento de tuberías o depósitos, con producto estático.

Para la subestación se requerirá de un traceado eléctrico para poder mantener a una temperatura específica algunos equipos. Por lo tanto, se requerirá, como mínimo, que los siguientes sistemas deban estar trazados eléctricamente para poder asegurar su correcta operación durante períodos de baja temperatura:

- Tanque sumidero
- Separador de aceite

El sistema de traceado eléctrico debe estar activado cuando la temperatura a la intemperie caiga bajo los +5ºC. Un sensor termostático, que debe encender el sistema de trazado térmico debe estar instalado en la subestación. El material que albergue dicho sensor debe estar fabricado de acero inoxidable SS316L y tener un grado de protección mínimo de IP66.

En el caso del sistema de trazado térmico para los tanques sumideros y los separadores de aceite, sistema de trazado térmico estará compuesto por calentadores de inmersión de brida a baja potencia con certificación ATEX, localizada dentro del equipamiento.

En general, el sistema de trazado térmico debe ser adecuado para el área dónde se instalará, intentando prácticamente estar libre de mantenimiento, siendo además resistente a la corrosión y protegido de todo daño físico posible.

8.1.15. Cuadros de distribución, SAI y baterías

8.1.15.1. Cuadros de distribución

Se suministrará los correspondientes cuadros de distribución para baja tensión, los sistemas de alimentación potencia ininterrumpida (SAI) y las baterías. Su emplazamiento y necesidad dependerá del propietario:

- Propiedad del agente transmisor:
  - Dos cuadros principales de 400 VAC
  - Cuadro de emergencia
  - 2 cuadros de distribución para iluminación y tomas de corriente
  - 2 cuadros de distribución para pequeños servicios
  - 2 cuadros de distribución para calentadores, ventiladores y climatizadores
  - UPS 400/230 V
  - Dos cuadros de distribución en corriente continua
  - Dos sistemas convertidores de 110V en continua
- Propiedad del agente generador:

- Dos cuadros de distribución principales
- Cuadro de emergencia
- UPS 400/230 V
- Dos cuadros de distribución en corriente continua
- Dos sistemas convertidores de 110V en continua

Límites de tensión y frecuencia

Todos los elementos deben estar diseñados para funcionar satisfactoriamente sobre el rango de tensiones y frecuencias que se describen a continuación.

Para frecuencias nominales en circuitos de corriente alterna será de 50Hz, con un rango de 47-52 Hz.

En cuanto a los consumidores de alterna, cumplirán que para 230 y 400 voltios no se supure ni un +6% de dicha tensión ni esté por debajo de -10% de la misma.

Para la parte de corriente continua tendremos una tensión nominal de 110VDC con una misma tensión máxima operacional de 125VDC y una tensión mínima de 93,5VDC.

En la distribución en corriente alterna (CA), la caída de tensión máxima permitida desde el cuadro hasta el consumidor no excederá del 6%.

En la distribución en corriente continua (CC), la caída de tensión máxima permitida desde el cuadro hasta el consumidor no excederá del 10%.

Todos estos valores estarán de acuerdo y conforme a lo explicitado en la normativa DNVGL, tanto DNVGL-OS-D201 cómo en la DNVGL-ST-0145.

Selectividad o protección contra sobreintensidades

El sistema de baja tensión debe estar protegido contra sobreintensidades debidas a cortocircuitos eléctricos, sobrecargas o faltas a tierra que se produzcan en el mismo sistema.

Por ello se dispondrá de los interruptores en baja necesarios y que serán dimensionados según lo calculado en el anexo Cálculos, en específico en el apartado de Cálculo de Interruptores de la sección referente a servicios auxiliares.

Balance eléctrico

El balance eléctrico se encuentra anexada en este mismo documento en el anexo cálculos.

Enclavamiento

Se asegurará el cumplimiento del diseño e implementación de un sistema de enclavamiento, tanto eléctrico como mecánico, para salvaguardar al personal de mantenimiento que esté trabajando en una sección del equipo con otras secciones en tensión y así prevenirlos de situaciones peligrosas tanto para el personal como para el equipo.

8.1.15.2. Sistema de alimentación ininterrumpido (SAI)

Los diferentes elementos de los sistemas de alimentación ininterrumpida han sido dimensionados según los cálculos existentes en el anexo específico en el apartado "Cálculo del Sistema de alimentación ininterrumpido (SAI)".

8.1.15.3. Sistema SAI 400/230V en corriente alterna

- Un sistema UPS de 400/230V para el agente transmisor. Este incluirá:
  - Una unidad UPS. Tendrá su propio "Bypass" estático e independiente, cargador e inversor. Tanto los cargadores como los inversores se dimensionarán para alimentar al 100% de la carga asignada por el transmisor a la UPS del transmisor.
  - Un set de baterías. Dicha batería deberá ser suficiente para el 100% de la carga asignada durante un tiempo especificado de 1 hora.
  - Un cuadro de distribución de 400/230 V en corriente alterna.
- Un sistema UPS de 400/230V para el agente generador. Este incluirá:
  - Una unidad UPS. Tendrá su propio "Bypass" estático e independiente, cargador e inversor. Tanto los cargadores como los inversores se dimensionarán para alimentar al 100% de la carga asignada por el generador a la UPS del generador.
  - Un set de baterías. Dicha batería deberá ser suficiente para el 100% de la carga asignada durante un tiempo especificado de 1 hora.
  - Un cuadro de distribución de 400/230 V en corriente alterna.

El sistema de carga estará alimentado por el suministro continuo disponible de 400V en corriente alterna y las baterías, por lo tanto, deberán estar mantenidas en una condición de carga completa.

8.1.15.4. Sistema SAI 110V en corriente continua

- Un sistema UPS de 110V en corriente alterna para el transmisor. Éste incluirá:
  - Dos cargadores. Cada cargador se diseñará ara suministrar a todas las cargas correspondientes al cuadro del transmisor de 110V en continua, y simultáneamente cargar su propia batería.
  - Dos baterías de 110V en corriente continua. El sistema completo comprenderá 2 baterías para el total del 100% de las cargas.
  - Dos cuadros de distribución de 110V con un interruptor "bypass" manual.
- Un sistema UPS de 110V en corriente alterna para el generador. Éste incluirá:
  - Dos cargadores. Cada cargador se diseñará ara suministrar a todas las cargas correspondientes al cuadro del generador de 110V en continua, y simultáneamente cargar su propia batería.
  - Dos baterías de 110V en corriente continua. El sistema completo comprenderá 2 baterías para el total del 100% de las cargas.
  - Dos cuadros de distribución de 110V con un interruptor "bypass" manual.

8.1.15.5. Baterías, cargadores e inversores

El dimensionamiento de los siguientes elementos para los distintos sistemas convertidores estará justificado en el anexo cálculos en los apartados "Sistemas convertidores a 110Vdc para REE" y "Sistemas convertidores a 110Vdc para Iberdrola".

Tipos de baterías

Las baterías serán baterías de ácido-plomo reguladas por válvula (VLRA). La vida útil se proyectará en 10 años en unas condiciones ambientales de +20ºC. Este tipo de baterías requieren de muy poco mantenimiento, y además deben son bajas en emisiones de hidrógeno.

Racks

Las baterías estarán localizadas en las salas de baterías siempre en concordancia con los estándares y normas de la DNV correspondientes.

Las baterías deberán estar montadas en racks metálicos a prueba de terremotos o seísmos adecuadamente protegidos de la corrosión.

Estos soportes estarán diseñados para un fácil acceso tanto para su instalación como para su mantenimiento y dejarán un espacio suficiente para la ventilación natural de las baterías.

Tipo de cargadores e inversores

Los cargadores e inversores serán de una tecnología de interrupción de alta frecuencia (Tecnología IGBT) y estarán equipados con diodos de no-retorno para prevenir cualquier flujo reverso de energía.

Estos cargadores e inversores consistirán en dos unidades modulares o más, según el criterio de redundancia para obtener una fuente adicional a nuestra disposición.

Los cargadores e inversores estarán controlados por microprocesadores que permitirá una monitorización local remota.

Características de los cargadores

Los cargadores serán capaces de suministrar la potencia máxima requerida de consumo de la instalación y, al mismo tiempo, será capaz de recargar la batería. Debe garantizar la ausencia de corrientes de entrada de cresta.

Característica de los inversores

El inversor debe ser dimensionado para suministrar la carga nominal con un factor de potencia de 0,8.

8.1.16. Cableado y accesorios

8.1.16.1. Cables de baja tensión y accesorios

El dimensionamiento de cada circuito ya está especificado en el anexo de Cálculos, concretamente en "Cálculos de sección de cable".

Los cables serán suministrados por Top Cable debiéndose estar certificados por la DNV para su uso en entornos marinos, es decir que soporten su funcionamiento continuo en condiciones climáticas adversas de gran humedad y salinidad.

Los cables que conecten los transformadores de potencia auxiliares/ de puesta a tierra y los generadores de emergencia con los cuadros de baja tensión principales consistirán en cables monopolares.

Asimismo, los cables que conecten las baterías o rectificadores con su respectivo cuadro de baja tensión en corriente continua consistirán en cables monopolares.

El grado de protección para el cableado interior debe ser como mínimo de IP54 y, caso de estar en el exterior, de IP66.

La construcción del cable debe ser de cobre electrolítico con una resistividad que no exceda los 17,241 Ωmm²/km a una temperatura de 20ºC.

La sección mínima que se requiere de este tipo de cableado por la norma DNVGL-OS-0201:

- 1 mm² para instrumentación
- 1,5 mm² para control
- 2,5 mm² para potencia y protección

La construcción del cable deberá tener las siguientes propiedades para su uso en ambiente marino:

- Libre de halógenos según IEC 60754-1
- Para Gases no corrosivos según IEC 60754-2
- Con baja densidad de humo según IEC 61034-2
- No propagante de incendios según IEC 60332-1-2

Los cables de diferentes compañías deberán tener diferente enrutado, previniendo que los cables de una compañía pasen por salas de la otra, a no ser que fuera inevitable.

También segregaremos los cables según si son de baja tensión o media:

- Los cables de baja tensión, con una tensión menor 1 kV no deberán disponerse juntos o seguir el mismo enrutado que los cables de media tensión.
- Los cables de media tensión, con una tensión superior a 1 kV deberán instalarse en bandejas o canalizaciones propias.

El enrutado de los cables deberá ser diseñado para que estos no se expongan a cualquier daño físico y se pueda minimizar el riesgo de fuego por cualquier eventualidad.

Disposición en bandeja

Cables monopolares

Los cables de baja tensión con una sección mayor de 120 mm² deberán ser cables monopolares y estarán en una disposición en trébol.

El diámetro equivalente del trébol será de dos veces el diámetro del cable monopolar. Además, se deberá mantener una distancia de medio diámetro de cable entre cable y final de bandeja.

Cables multipolares

Los cables de baja tensión con una sección menor a 95 mm² deberán ser multipolares y deberán estar en la misma disposición con el adecuado espacio entre cada cable. Dicha separación no debe ser menor al diámetro del cable.

Además, se deberá mantener una distancia de medio diámetro de cable entre cable y final de bandeja.

Marcado y circuito

Todos los cables deben ser identificables, para ello se dispondrán de marcadores de plástico para cuando estos estén en zonas interiores y metálicos para exteriores o interiores.

Dichos marcadores se proveerán al principio o al final de cada cable cada 10 metros de longitud de cable o dónde quiera que el rutado penetre en un muro o cubierta.

Adicionalmente, los conductores se colorearán:

- Sistemas de corriente alterna:
  - Fase 1: Marrón
  - Fase 2: Negro
  - Fase 3: Gris
  - Neutro: Azul claro
  - Protección a tierra: Amarillo/Verde

- Sistema de corriente continua:
  - Polo positivo (+) Marrón.
  - Polo negarivo (-) Gris.

Grupos de conexión

Todas las cajas de conexión o cajas de terminales se construirán de acero inoxidable 316L o de plástico reforzado con vidrio (GRP) cuando sea para usos en zonas

exteriores. Deben estar diseñados para que la condensación no suponga un problema para el aislamiento del elemento.

Se requerirá de un grado mínimo de protección IP54 para zonas interiores y una IP66 para zonas exteriores, ambas como una protección contra impactos mecánicos mínimos de IK07.

Conexionado a tierra de los cables

Todos los recubrimientos metálicos de los cables deberán estar eléctricamente conectados a la red de tierras en ambas terminaciones del cable.

8.1.16.2. Tomas de corriente

En el módulo superior de la subestación deberá de haber instalado una variedad de tomas de corrientes de baja tensión para poder ser usados por cualquier sistema o equipamiento. Dichas tomas deberán estar alimentadas desde sus respectivos cuadros de distribución.

Cada área interior y exterior en la subestación proveerá entonces de tomas que serán alimentadas desde el sistema de suministro eléctrico general. Se colocará, al menos, una toma de corriente por habitación y dos para cada área de alojamiento que deberá estar alimentado desde el sistema de potencia ininterrumpida (UPS), considerándose que no habrá más de dos tomas de corriente que operen a la vez.

Las tomas de corriente sólo funcionarán cuando la subestación esté habitada, dándose esta orden a través de los equipos de control remoto desde costa.

Áreas Interiores

Las salas interiores tendrán los siguientes tipos de toma de corriente:

- Tomas de corriente monofásicas 230V/13A.
    - Cada punto de consumo consistirá en 4 tomas con una corriente máxima de 13 amperios.
    - Cada punto de consumo tendrá su propio protector magnetotérmica y una protección diferencial común.
    - De acuerdo con la IEC 60529 tendrá una protección IP54 como mínimo.
    - De acuerdo con la EN 50102 la protección contra impacto mecánico será mínimo de IK07.
- Tomas de corriente trifásicas 400V/63A.

- Cada punto de consumo consistirá en 1 toma con una corriente máxima de 63 amperios y un circuito separado.
- Cada punto de consumo tendrá su propio protector magnetotérmica y una protección diferencial.
- De acuerdo con la IEC 60529 tendrá una protección IP54 como mínimo.
- De acuerdo con la EN 50102 la protección contra impacto mecánico será mínimo de IK07.

- Tomas de corriente trifásicas 400V/32A.

  - Cada punto de consumo consistirá en 1 toma con una corriente máxima de 32 amperios y un circuito separado.
  - Cada punto de consumo tendrá su propio protector magnetotérmica y una protección diferencial.
  - De acuerdo con la IEC 60529 tendrá una protección IP54 como mínimo.
  - De acuerdo con la EN 50102 la protección contra impacto mecánico será mínimo de IK07.

- Tomas de corriente monofásicas 230V/16A.

  - Cada punto de consumo consistirá en 4 tomas con una corriente máxima de 16 amperios.
  - Cada punto de consumo tendrá su propio protector magnetotérmica y una protección diferencial común.
  - De acuerdo con la IEC 60529 tendrá una protección IP54 como mínimo.
  - De acuerdo con la EN 50102 la protección contra impacto mecánico será mínimo de IK07.

- Una toma de corriente monofásica de 400VAC/63A para cada sala de aparamenta GIS de 220kV y 66kV capaz de proveer suministro al equipo de manipulación de gas SF6.

  - Cada punto de consumo consistirá en 1 toma con una corriente máxima de 63 amperios y un circuito separado.
  - Cada punto de consumo tendrá su propio protector magnetotérmica y una protección diferencial.
  - De acuerdo con la IEC 60529 tendrá una protección IP54 como mínimo.
  - De acuerdo con la EN 50102 la protección contra impacto mecánico será mínimo de IK07.

Áreas Exteriores

Las áreas exteriores deberán instalar tomas de corriente con marcos de acero inoxidable, además de pedirse un grado de protección IP66 contra la corrosión para los siguientes tipos:

- Tomas de corriente trifásicas 400V/63A.

    - Cada punto de consumo consistirá en 1 toma con una corriente máxima de 63 amperios y un circuito separado.
    - Cada punto de consumo tendrá su propio protector magnetotérmica y una protección diferencial.
    - De acuerdo con la IEC 60529 tendrá una protección IP66 como mínimo.
    - De acuerdo con la EN 50102 la protección contra impacto mecánico será mínimo de IK07.

- Tomas de corrientes trifásicas 400V/32A.

    - Cada punto de consumo consistirá en 1 toma con una corriente máxima de 32 amperios y un circuito separado.
    - Cada punto de consumo tendrá su propio protector magnetotérmica y una protección diferencial.
    - De acuerdo con la IEC 60529 tendrá una protección IP66 como mínimo.
    - De acuerdo con la EN 50102 la protección contra impacto mecánico será mínimo de IK07.

- Tomas de corrientes monofásicas 230V/16A.

    - Cada punto de consumo consistirá en 4 tomas con una corriente máxima de 16 amperios.
    - Cada punto de consumo tendrá su propio protector magnetotérmica y una protección diferencial común.
    - De acuerdo con la IEC 60529 tendrá una protección IP66 como mínimo.
    - De acuerdo con la EN 50102 la protección contra impacto mecánico será mínimo de IK07.

- Una toma de corriente trifásica de 400VAC/250A capaz de proveer suministro a los aparatos de tratamiento de aceite de los transformadores y reactores shunt, durante su mantenimiento.

    - Cada punto de consumo consistirá en 1 toma con una corriente máxima de 250 amperios y un circuito separado.
    - Cada punto de consumo tendrá su propio protector magnetotérmica y una protección diferencial.

- De acuerdo con la IEC 60529 tendrá una protección IP66 como mínimo.
- De acuerdo con la EN 50102 la protección contra impacto mecánico será mínimo de IK07.

Áreas peligrosas

Las tomas de corrientes consistirán en los siguientes tipos:

- Tomas de corriente monofásicas 230V/16A.
  - Cada punto de consumo consistirá en 4 tomas con una corriente máxima de 16 amperios.
  - Cada punto de consumo tendrá su propio protector magnetotérmica y una protección diferencial común.
  - Adecuados para zonas ATEX
  - De acuerdo con la IEC 60529 tendrá una protección IP54 como mínimo.
  - De acuerdo con la EN 50102 la protección contra impacto mecánico será mínimo de IK07.

- Tomas de corriente monofásicas 400V/32A.
  - Cada punto de consumo consistirá en 1 toma con una corriente máxima de 32 amperios y un circuito separado.
  - Cada punto de consumo tendrá su propio protector magnetotérmica y una protección diferencial.
  - Adecuados para zonas ATEX
  - De acuerdo con la IEC 60529 tendrá una protección IP54 como mínimo.
  - De acuerdo con la EN 50102 la protección contra impacto mecánico será mínimo de IK07.

8.1.17. Sistema de climatización industrial

Para poder climatizar las salas con el equipamiento eléctrico principal para que no sufra calentamiento y crear una ventilación forzada se dispondrá de un sistema de climatización industrial. Este puede ser de dos tipos para su función reguladora de temperatura, o un sistema "todo agua" o uno "todo aire". El diseño integral de este sistema se hallará fuera del alcance eléctrico, pero se tendrá en cuenta la alimentación de sus componentes.

El que se dispondrá en la subestación será uno "todo agua". Dicho sistema está basado en la refrigeración mediante un circuito de agua enfriada que recorre las instalaciones extrayendo calor al aire del sistema mediante un proceso de termotransferencia.

Para construir un sistema de climatización "todo agua" se requerirá de los siguientes elementos:

- Ventiloconvectores o "Fan coil"
- Compresores (2 unidades)
- Condensadores (2 unidades)
- Unidad de climatización

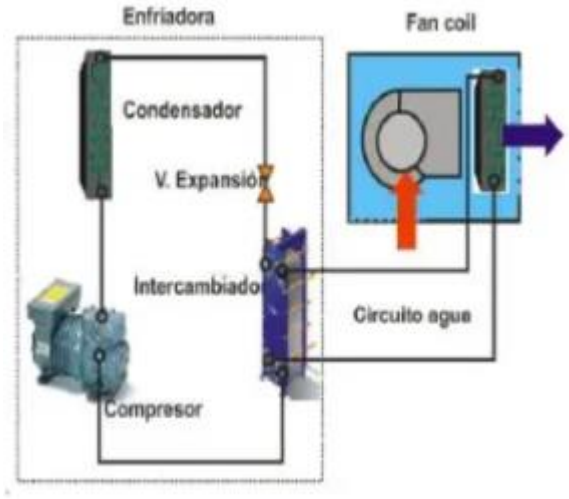


Figura 12: Diseño general del sistema de climatización

Cuando se utiliza el agua para la condensación de los grupos productores se consigue disponer de temperaturas más bajas y estables que el aire ambiental.

8.1.18. Sistemas de seguridad

Todos los elementos que constituyen el sistema CCTV y el control de accesos deben estar integrados en software principal CCTV a través de una red de área local (LAN).

Para el sistema de seguridad se proveerán dos paneles que deberán instalarse en las salas que se dediquen a control, en la cubierta útil y que estarán alimentado por una tensión de 230 VAC.

El diseño, suministro e instalación se hace a cargo de la empresa Stahl Holdings B.V.

8.1.19. CCTV

El circuito cerrado de televisión o CCTV es una tecnología de videovigilancia diseñada para supervisar ambientes y actividades, estando todos los elementos que la constituyen entrelazados.

Este circuito consistirá en una variedad de cámaras con iluminación IR conectados a una red Ethernet que se responsabilizará de cubrir las áreas más sensibles de la subestación.

Incluirá también una red de grabación de videos (NVR) para almacenar las imágenes que suministren las cámaras.

Este sistema deberá estar integrado con el sistema PA/GA.

8.1.20. Control de acceso y detección de intrusos

El sistema de control de accesos debe asegurar el manejo de las entradas o salidas a salas o áreas para aquellos que su acceso no esté restringido o autorizado por el personal encargado.

Éste consistirá en teclados, lectores de tarjetas y candados magnéticos que prevendrán el acceso a localizaciones relevantes de la subestación desde la “jacket”, y también dentro de la subestación a usuarios sin la suficiente autorización a salas específicas. Este sistema de control estará integrado al software específico que se proporcione de CCTV y recibirá señales de otros como pueden ser el PA/GA o SCS, por lo tanto, también se integrará en la LAN.

8.1.21. Sistema PA/GA

Para poder comunicar y proveer instrucciones claras al personal a cargo de la subestación en cualquier situación, ya sea normal o de emergencia, se necesitará un sistema de usuario público / alarma general (PA/GA). Éste es básicamente un sistema que integra tanto un sistema de Alarma general como uno de radiodifusión de usuario

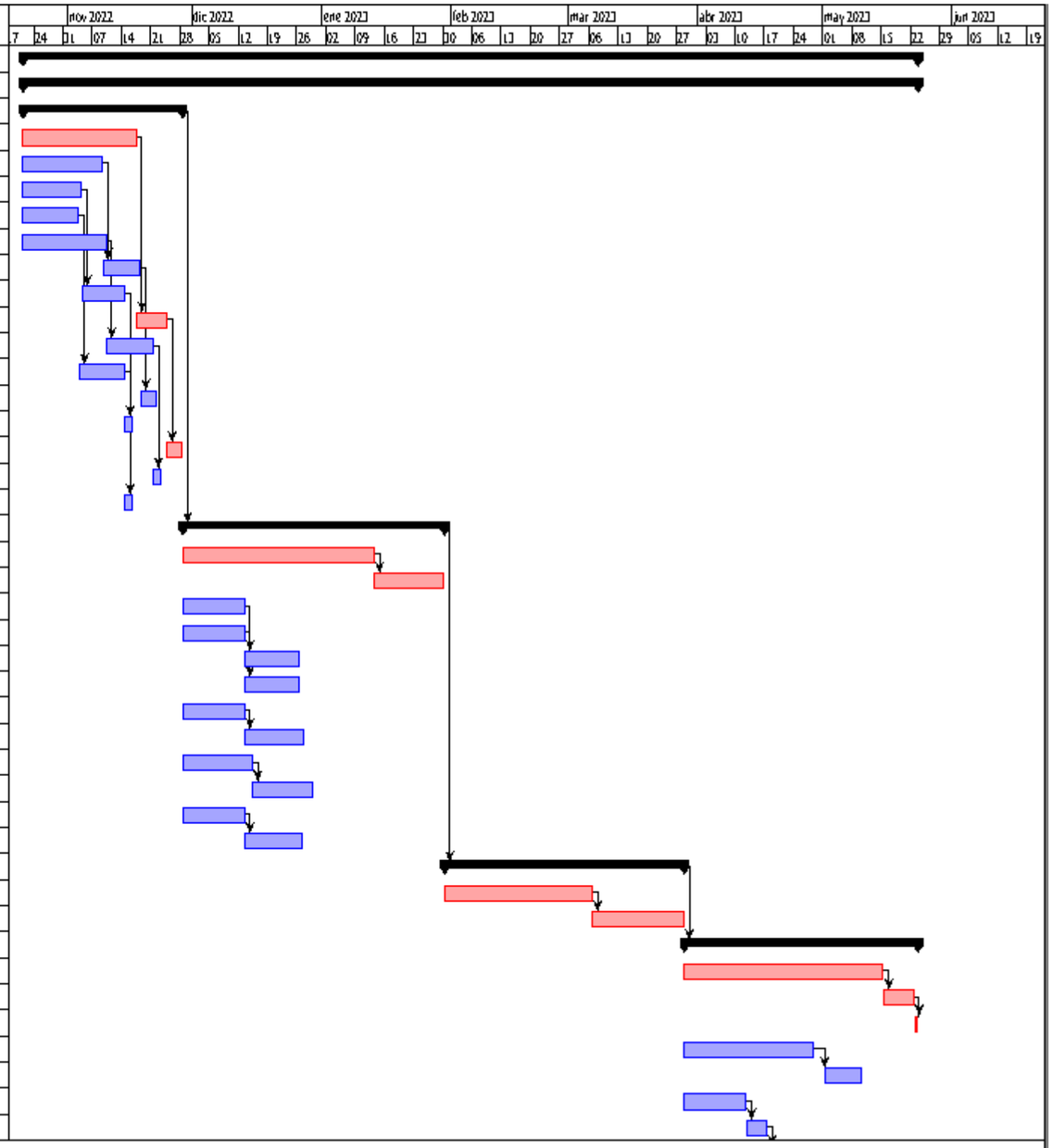
público para formar un sistema de evacuación, emergencia y comunicación íntegros.

Se requerirán de dos paneles que deberán instalarse, con una alimentación de 230VAC, en las salas de control de la cubierta útil.

Se deberá tener en cuenta como requisito, la interconexión y funcionamiento integrado a los demás sistemas de control.

9. Planificación

	Nombre	Duracion	Inicio
1	**Módulo superior**	**172 days**	**21/10/22 8:00**
2	**Electricidad**	**172 days**	**21/10/22 8:00**
3	**Equipo de Alta Tensión**	**30 days**	**21/10/22 8:00**
4	Descarga, transporte y almacenamiento de los Reactores Shunt	22 days	21/10/22 8:00
5	Descarga, transporte y almacenamiento de los Transformadores Principales	15 days	21/10/22 8:00
6	Descarga, transporte y almacenamiento de los Transformadores de puesta a tierra/ auxiliares	12 days	21/10/22 8:00
7	Descarga, transporte y almacenamiento de los GIS de 245 kV	11 days	21/10/22 8:00
8	Descarga, transporte y almacenamiento de los GIS de 72,5 kV	16 days	21/10/22 8:00
9	Instalación y ensamblaje de los Transformadores Principales	8 days	9/11/22 11:00
10	Instalación y ensamblaje de los Transformadores de puesta a tierra/ auxiliares	7 days	4/11/22 14:00
11	Instalación y ensamblaje de los Reactores Shunt	6 days	17/11/22 13:00
12	Instalación y ensamblaje de los GIS 72,5 kV	8 days	10/11/22 10:00
13	Instalación y ensamblaje de los GIS 245 kV	8 days	3/11/22 16:30
14	Pruebas en tierra de los Transformadores Principales	2 days	18/11/22 12:00
15	Pruebas en tierra de los Transformadores de puesta a tierra/ auxiliares	2 days	14/11/22 17:30
16	Pruebas en tierra de los Reactores Shunt	2 days	24/11/22 17:30
17	Pruebas en tierra de los GIS 72,5 kV	2 days	21/11/22 11:00
18	Pruebas en tierra de los GIS 245 kV	2 days	14/11/22 17:30
19	**Cables y Canalizaciones**	**50 days**	**28/11/22 14:00**
20	Fabricación y suministro de canalizaciones incluyendo soportes	38 days	28/11/22 14:00
21	Instalación y montaje de las canalizaciones incluyendo soportes	12 days	13/01/23 12:00
22	Suministro de los cables de 66kV entre GIS y transformadores auxiliares	12 days	28/11/22 14:00
23	Suministro de los GIBs de 66kV entre GIS y transformadores auxiliares	12 days	28/11/22 14:00
24	Instalación y montaje de los GIBs de 66kV entre GIS y transformadores auxiliares	10 days	13/12/22 11:00
25	Instalación y montaje de los cables de 66kV entre GIS y transformadores auxiliares	10 days	13/12/22 11:00
26	Suministro de elementos auxiliares del cableado de 66kV	12 days	28/11/22 14:00
27	Instalación y montaje de elementos auxiliares del cableado de 66kV	12 days	13/12/22 11:00
28	Suministro de los GIBs de 220kV entre Transformadores principales y GIS	14 days	28/11/22 14:00
29	Instalación y montaje de los GIBs de 220kV entre Transformadores principales y GIS	12 days	15/12/22 9:00
30	Suministro de los GIBs de 220kV entre Reactores Shunt y GIS	12 days	28/11/22 14:00
31	Instalación y montaje de los GIBs de 220kV entre Reactores Shunt y GIS	11 days	13/12/22 11:00
32	**Sistema de protección contra el rayo y Puesta a Tierra**	**47 days**	**30/01/23 9:00**
33	"Suministro y fabricación de la puesta a tierra, el equipo de protección contra el rayo	29 days	30/01/23 9:00
34	"Instalación y ensamblaje de la puesta a tierra, el equipo de protección contra el rayo	18 days	6/03/23 17:30
35	**Sistema eléctrico de Baja Tensión**	**45 days**	**28/03/23 17:30**
36	Fabricación y suministro de los cuadros, paneles y demás aparamenta de Baja Tensión	38 days	28/03/23 17:30
37	Instalación y ensamblaje de los cuadros, paneles y demás aparamenta de Baja Tensión	6 days	15/05/23 14:00
38	Probado en costa de los cuadros, paneles y demás aparamenta de Baja Tensión	1 day	23/05/23 8:00
39	Fabricación y suministro de los sistemas de generadores de emergencia y demás equipo y mate	26 days	28/03/23 17:30
40	Instalación y ensamblaje de los sistemas de generadores de emergencia y demás equipo y mat	8 days	1/05/23 8:00
41	Fabricación y suministro del sistema de Traceado Eléctrico	12 days	28/03/23 17:30
42	Instalación y ensamblaje del sistema de Traceado Eléctrico	3 days	12/04/23 13:00



Subestación deslocalizada en el Cabo Trafalgar - pagina1

2. Anexos

Índice

1. Anexo: Cálculos
2. Anexo: Contra Incendios
3. Anexo: Iluminación
4. Anexo: Circuitos y cuadros de distribución

CÁLCULOS

ÍNDICE

1. Datos de partida
2. Trasmisión en CA y compensación de la energía alterna
3. Cálculo de Elementos de corte
   3.1. Niveles de aislamiento
   3.2. Valores nominales de la intensidad
   3.3. Poder de corte o ruptura
4. Cálculo de Barras
   4.1. Cálculo de secciones
   4.2. Cálculo por esfuerzos térmicos
   4.3. Efecto Corona
5. Otros elementos auxiliares para la conexión
   5.1. Transformadores de Intensidad
      5.1.1. Transformadores de intensidad de 245 kV
      5.1.2. Transformadores de intensidad de 72,5 kV
   5.2. Transformadores de Tensión
      5.2.1. Transformadores de tensión de 245 kV
      5.2.2. Transformadores de tensión de 72,5 kV
6. Cálculo de protecciones
   6.1. Sistemas de tierras
      6.1.1. Datos o cálculos de partida
      6.1.2. Cálculo de tensiones
      6.1.3. Cálculo del electrodo
      6.1.4. Comprobación de resultados
   6.2. Sistemas de captación del rayo
      6.2.1. Necesidad de un sistema de captación
      6.2.2. Cálculo del sistema de captación
   6.3. Disyuntores/ Autoválvulas
7. Servicios auxiliares
   7.1. Cálculo de sección de cable
   7.2. Cálculo de interruptores
   7.3. Cálculo del Sistema de potencia ininterrumpido (SAI)
   7.4. Sistemas convertidores a 110Vdc para REE
   7.5. Sistemas convertidores a 110Vdc para Iberdrola
   7.6. Balance de carga
   7.7. Iluminación

1. Datos de partida

En este anexo se van a realizar todos los cálculos respectivos a la subestación, la cual tiene una función elevadora y recolectora de toda la potencia generada en el parque eólico marino y transmisora de toda ella hacía unos cables de exportación submarinos que la transmitirán hasta la costa.

Los niveles de tensión de la subestación en la parte de alta serán 66kV y 220kV. La potencia generada por el parque eólico, formado por 60 aerogeneradores de 12MW del modelo Haliade-X 12 de General Electric, será de 720MW totales.

El banco de transformación estará conformado por dos transformadores de tres devanados que elevarán la tensión de los 66kV a los 220kV. Cada transformador será de 400MVA cada uno en su devanado primario.

Las doce líneas entrantes procedentes del parque eólico tendrán una tensión de 66kV con las siguientes características según catálogo del fabricante, ABB:

Las dos líneas salientes de exportación que transmitirán la energía tendrán una tensión de 220kV con las siguientes características según catálogo del fabricante, ABB:
La subestación se ubicará al sur del cabo Trafalgar y las dimensiones de esta serán: 52,9m x 33m
Con una altura a nivel del mar de 21 metros. Ya que está soportada por la jacket.

2. Trasmisión en CA y compensación de la energía alterna

La subestación deslocalizada en el Cabo Trafalgar tendrá un sistema de transmisión en alta tensión y corriente alterna. Esta decisión depende, en principio de múltiples factores, aunque los más importantes son la potencia que se transmitirá y la distancia de la subestación hasta la costa o punto de conexión más próximo.

El transporte en corriente continua tendrá como característica principal el desacople en tensión y frecuencia del sistema de generación y de la red. Esto puede tener sus desventajas que influyen en el coste total de la inversión y en la fiabilidad del sistema.

Por el otro lado, la transmisión en corriente alterna tiene una limitación en cuanto a la capacidad de transporte de los cables. Esto se debe a la distancia a transportar, lo cual determinará la potencia reactiva que requiere el cable.

En el sistema de corriente alterna en alta tensión aparece una corriente capacitiva causada por el comportamiento como condensador que sufre el material aislante del cable al transportar la energía.

Este efecto se acentúa en cables de gran longitud, donde gran parte de la capacidad de transporte es consumida por esta corriente capacitiva (o corriente reactiva), perdiéndose así la transmisión de potencia activa requerida por la red en tierra. Del mismo modo, dicha corriente capacitiva induce a su vez en pérdidas en el sistema por calentamiento del cable disminuyendo la eficiencia del sistema.

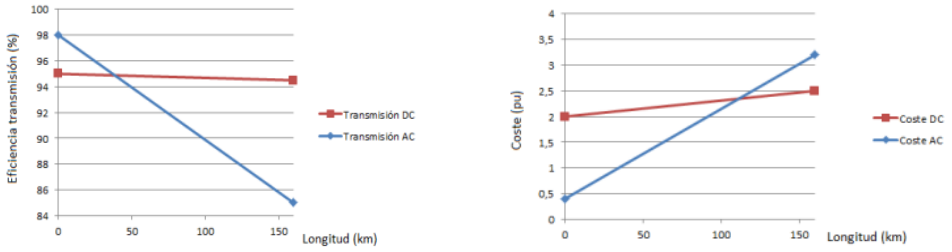


Figura 13: Gráficas de coste por longitud

Por lo tanto, podemos comparar la eficiencia y el coste con la longitud para conocer cuál es el sistema más conveniente. Como la subestación se encuentra a 11,2 kilómetros de la costa, se decide que por coste y eficiencia su sistema será de corriente alterna en alta tensión.

Ahora, para poder compensar las corrientes capacitivas antes expuestas se necesitará inyectar a estos cables potencia reactiva proveniente de, como indica la DNV GL-ST-0145, reactores Shunt. Esto tendrá, además, como objetivo mejorar el factor de potencia.

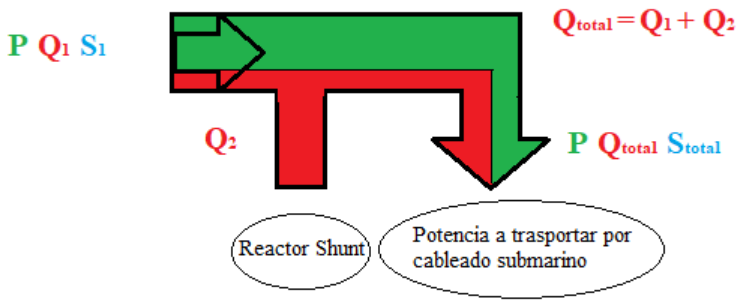


Figura 14: Distribución de la potencia reactiva

La necesidad de inyección de reactiva por parte de cada Reactor Shunt en paralelo para cada línea de transporte se calcula a través de la expresión:

$$Q_c = 3 * \left(\frac{U_r}{\sqrt{3}}\right)^2 * \omega * C_1$$

La típica secuencia positiva de los cables submarinos suele estar entre un rango de 0,2 a 0,3 µF/km en las tensiones de 66 kV y 220 kV, siendo la agrupación de distancias del cableado de 66 kV procedente de los cables submarinos del parque eólico de 43,89 km y 24,7 km para los procedentes de las líneas de exportación de 220 kV. Se utilizará una frecuencia de 50 Hz.
Calculando obtenemos:

Para 220 kV: Q_c	112,671 MVar
Para 66 kV: Q_c	18,038 MVar
Potencia reactiva total: Q_c	**130,71 MVar**

Por lo tanto, necesitaremos 2 reactores Shunt de 140 MVar.

3. Cálculo de Elementos de corte

3.1. Niveles de aislamiento

El aislamiento de los equipos ahora enunciados que se van a emplear en la subestación deberá cumplir con la ITC-RAT 12 y asimismo adaptarse a los valores normalizados indicados en la norma UNE 21062.

Primero, obtenemos a través de la ITC-RAT 4 los valores de la tensión más elevada de la red y para el material:

Tensión nominal de la red, Un (kV)	**Tensión más elevada de la red, Us (kV)**	**Tensión más elevada para el material, Um (kV)**
66	72,5	72,5
220	245	245

El nivel de aislamiento indicado en la ITC RAT 12 será entonces de grupo B, al ser la tensión más elevada del material mayor a 36kV y menor o igual que 245kV.

Según el apartado 1.2 de dicha instrucción tendremos a partir de la tabla 2, los siguientes valores de tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo y la tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial:

Tensión más elevada de la red, Us (kV)	**Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV de cresta)**	**Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial (kV de cresta)**	**Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)**
72,5	325	140	630
245	1050	460	2100

No se utilizan tensiones de ensayo intermedias. Cómo se da más de un nivel de aislamiento, el más elevado es el que nos conviene para el material.

3.2. Valores nominales de la intensidad

a. Elementos de 220kV

Para los elementos de 220kV que están conectados entre el devanado primario de los dos transformadores hasta los cables de exportación y reactores Shunt a través del compartimentado de gas, tendrán una intensidad:

- Criterio de Intensidad o Potencia nominal de elementos eléctricos: Línea de suministro de 220kV, 630mm², Imax: 1065A.

$$I = 1065\ A$$

- Criterio de Intensidad o Potencia demandada o entregada

-. Potencia para transmitir por los cables de exportación: 360MW por cable.

$$P = \sqrt{3}\ x\ V\ x\ I\ x \cos\phi$$

$$360\ MW = \sqrt{3}\ x\ 220kV\ x\ I\ x\ 0{,}9 = 1049{,}72\ A$$

-. Potencia del transformador que alimenta a esta línea: 400MVA

$$400\ MVA = \sqrt{3}\ x\ 220kV\ x\ I = 1049{,}72\ A$$

La intensidad nominal de los elementos de 220kV entonces será el más desfavorable: **In= 1065 A**

b. Elementos de 66kV

Para los elementos de 66kV que están conectados entre los devanados secundarios y las líneas entrantes a la subestación procedentes de la planta de aerogeneración:

- Criterio de Intensidad o Potencia nominal de elementos eléctricos: Línea de suministro de 66kV, 185mm², Imax: 585A.

$$I = 585\ A$$

- Criterio de Intensidad o Potencia demandada o entregada

-. Potencia para transmitir por los cables de exportación: 60MW por línea entrante.

$$P = \sqrt{3}\ x\ V\ x\ I\ x \cos\phi$$

$$60\ MW = \sqrt{3}\ x\ 66kV\ x\ I\ x\ 0{,}9 = 583{,}18\ A$$

-. Potencia del transformador que alimenta a esta línea: 50MVA por línea.

$$50\ MVA = \sqrt{3}\ x\ 66kV\ x\ I = 437{,}38\ A$$

La intensidad nominal de los elementos de 66kV entonces será el más desfavorable: **In= 585 A**

3.3. Poder de corte o ruptura

En condiciones de cortocircuito, las intensidades circulantes por las líneas son mucho más elevadas que si operan con normalidad. Esto puede producir el calentamiento de elementos dentro del circuito eléctrico y, en consecuencia, se puede alcanzar valores muy peligrosos para los conductores o sus aislamientos.

Estos cálculos se harán a partir de la norma UNE 60909 y conociendo la potencia de cortocircuito $S"_k$ instalada, y asignando la potencia nominal S_r del elemento, mediante la expresión:

$$S"_k = \frac{S_r}{Z_{k(\%)}} * 100$$

Se puede establecer un modelo Thévenin de la red existente "aguas arriba" de la entrada a la subestación. Calculándose las intensidades de defecto mediante cualquier de estas expresiones:

$$S"_k = \sqrt{3} * U_n * I"_k$$

$$I"_k = \frac{c_{max} * U_n}{\sqrt{3} * Z_k}$$

En esta última expresión el valor c_{max} corresponde al factor de tensión para las corrientes de cortocircuito máximas que podremos encontrar en la UNE-EN 60909-0 tabla 1.

Pero el valor buscado para poder obtener el poder de ruptura será la corriente de cortocircuito simétrica, I_b . Éste es un valor eficaz de un ciclo integral de la componente simétrica de corriente alterna de la corriente de cortocircuito prevista, en el instante de separación de los contactos del primer polo que abre de un dispositivo de interrupción. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I_b = \mu * I"_k$$

El valor de μ se obtiene de la gráfica ahora representada que ha sido extraída de la UNE-EN 60909-0, de la cual depende del tiempo mínimo de retardo t_{min} :

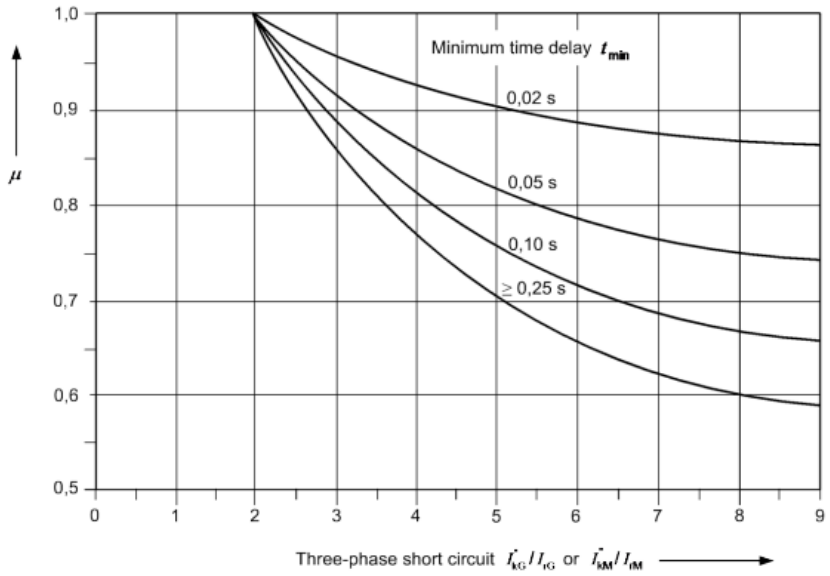


Figura 15: Grafica UNE-EN 60909-0 para μ

Siendo:

$$I''_k = Icc$$
$$I_r = I_n$$

Y cumpliéndose que:

$$\frac{I''_k}{I_r} \leq 2 \rightarrow \mu = 1$$

Para los cálculos de poder de corte, no se tendrán en cuenta las impedancias de las "conexiones". Se calcularán las S_{cc} en los "nudos" del circuito, es decir en las barras. Una vez se determinen las impedancias de cortocircuito Z_{cc} las I''_kse calcularán mediante la expresión:

$$I''_k = \frac{S''_k}{\sqrt{3} * U_n}$$

Por último, se calculan las intensidades de corte usando:

$$I_b = \mu * I''_k$$

Conocida la S''_k y la U_n , procederemos a buscar los valores de S_r y Z_k para que se cumpla:

$$S"_k = \frac{S_r}{Z_{k(\%)}} * 100$$

- **Aporte desde el parque eólico**

Por petición del cliente para poder dimensionar correctamente la aparamenta de alta se pide que se tenga en cuenta el corto procedente del parque eólico hacia la subestación ofreciendo Iberdrola el dato de potencia de cortocircuito dónde la $S"_k$ será de 25000MVA.

Y calculamos la intensidad de cortocircuito, conociendo que el valor de c_{max} para alta tensión será de 1,10 según UNE EN 60909:

$$I"_k = \frac{1{,}1 \ * \ 25.000 \ MVA}{\sqrt{3} * 66 \ kV} = 220 \ kA$$

Todos los elementos enganchados a las barras de 66kV (interruptores) deberán tener el mismo poder de ruptura.

$$\frac{I"_k}{I_r} = \frac{S"_k}{S_r} = \frac{25000 \ MVA}{\frac{720MW}{0{,}9}} = 31{,}25$$

Por lo tanto, a través de la gráfica podemos saber que:

$$\mu = 0{,}66$$

Obteniendo así un poder de corte:

$$Ib_{66kV} = 0{,}66 * I"_k = \mathbf{145 \ kA} \ (\mathrm{t} = 0{,}1\mathrm{s})$$

Ahora, para poder calcular el poder de corte de la parte de 220kV necesitaremos calcular la impedancia de cortocircuito de la línea, $Z_{kQ(\%)}$ y sumarla a la propia del devanado terciario del transformador, $Z_{k\,trafo(\%)} = 7\%$ en valores porcentuales dada por el suministrador.

$$25000MVA = \frac{200MVA * 100}{Z_{kQ(\%)}} \rightarrow Z_{kQ(\%)} = 0{,}8\%$$

La impedancia de cortocircuito porcentual total suma de la de línea y del transformador será:

$$Z_{k(\%)} = 7{,}8\%$$

Y con ello, la potencia de cortocircuito entrante en el lado de 220kV será:

$$S"_k = \frac{400\ MVA}{7{,}8\%} * 100 = 5128{,}20\ MVA$$

Para de nuevo calcular la intensidad de corto:

$$I"_{k,220kV} = \frac{1{,}1\ *\ 5128{,}20\ MVA}{\sqrt{3} * 220\ kV} = 14{,}80\ kA$$

Todos los elementos enganchados a las barras de 220kV (interruptores) deberán tener el mismo poder de ruptura.

$$\frac{I"_k}{I_r} = \frac{S"_k}{S_r} = \frac{5128{,}20\ MVA}{400\ MVA} = 12{,}82$$

Por lo tanto, a través de la gráfica podemos saber que:

$$\mu = 0{,}66$$

Y su poder de ruptura correspondiente:

$$Ib_{220kV} = 0{,}66 * I"_k = \mathbf{9{,}77\ kA} \approx \mathbf{10\ kA}\ (\text{t} = 0{,}1\text{s})$$

- **Aporte desde la red**

Cuando el parque eólico no genere electricidad los servicios auxiliares demandarán energía procedente de la red. Por lo tanto, se ha pedido información sobre la potencia de cortocircuito en la conexión con la parte de 220 kV en la subestación en costa siendo la $S"_k$ de 10000MVA.

Y calculamos la intensidad de corto:

$$I"_k = \frac{1{,}1\ *\ 10.000\ MVA}{\sqrt{3} * 220\ kV} = 28{,}90\ kA$$

Todos los elementos enganchados a las barras de 220kV (interruptores) deberán tener el mismo poder de ruptura.

$$\frac{I''_k}{I_r} = \frac{S''_k}{S_r} = \frac{10000\ MVA}{400\ MVA} = 2{,}5$$

Por lo tanto, a través de la gráfica podemos saber que:

$$\mu = 0{,}98$$

Obteniendo así un poder de corte:

$$Ib_{220kV} = 0{,}98 * I''_k = \mathbf{28{,}30\ kA}\ (\mathrm{t} = 0{,}1\mathrm{s})$$

Ahora, para poder calcular el poder de corte de la parte de 220kV necesitaremos calcular la impedancia de cortocircuito de la línea, $Z_{kQ(\%)}$ y sumarla a la propia del transformador, $Z_{k\,trafo(\%)} = 14\%$ en valores porcentuales dada por el suministrador.

$$10000MVA = \frac{400MVA * 100}{Z_{kQ(\%)}} \rightarrow Z_{kQ(\%)} = 4\%$$

La impedancia de cortocircuito porcentual total suma de la de línea y del transformador será:

$$Z_{k(\%)} = 18\%$$

Y con ello, la potencia de cortocircuito entrante en el lado de 66kV será:

$$S''_k = \frac{200\ MVA}{18\%} * 100 = 1.111{,}11\ MVA$$

Para de nuevo calcular la intensidad de corto:

$$I''_{k,220kV} = \frac{1{,}1\ *\ 1.111{,}11\ MVA}{\sqrt{3} * 66\ kV} = 10{,}70\ kA$$

Todos los elementos enganchados a las barras de 66kV (interruptores) deberán tener el mismo poder de ruptura.

$$\frac{I''_k}{I_r} = \frac{S''_k}{S_r} = \frac{1.111{,}11MVA}{\frac{720MW}{0{,}9}} = 1{,}38$$

Por lo tanto, a través de la gráfica podemos saber que:

$$\mu = 0{,}99$$

Y su poder de ruptura correspondiente:

$$Ib_{66kV} = 0{,}99 * I''_k = \mathbf{10{,}60\ kA}\ \text{(t = 0,1s)}$$

Por lo tanto, los elementos de corte de la subestación tendrán los siguientes valores escogiendo los más desfavorables, en cada caso, con lo anteriormente calculado:

Elemento	Tensión nominal, Un (KV)	Tensión más elevada		Tensiones soportadas		Intensidad nominal I(A)	Intensidad ruptura Ip (KA)	
		La RED, Us (KV)	El material, Um (KV)	Frecuencia industrial KV eficaz	Tipo Rayo KV cresta			
STP(a)12	66	72,5	72,5	140	325	585	145	Ac. 1
STP(a)21	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
D1-2	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP(a)23	66	72,5	72,5	140	325	585	145	Ac. 2
STP(a)32	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
D2-3	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP(a)34	66	72,5	72,5	140	325	585	145	Ac. 3
STP(a)43	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
D3-4	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
ST1-1	220	245	245	460	1050	1065	28,3	Transformador 1
ST1-2	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
ST1-3	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
ST1-4	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
ST1-5	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
Sby1-1	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
SL1-1	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
SL1-2	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
SL1-3	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
SL1-4	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
SL1-5	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
D1-1	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
STP(m)1-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP(m)1-2	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP(m)1-3	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
ST1(m)	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
D1(m)	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP(m)3-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP(m)3-2	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP(m)3-3	66	72,5	72,5	140	325	585	145	

ST3(m)	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
D3(m)	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
ST2-1	220	245	245	460	1050	1065	28,3	Transformador 2
ST2-2	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
ST2-3	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
ST2-4	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
ST2-5	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
Sby2-1	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
SL2-1	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
SL2-2	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
SL2-3	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
SL2-4	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
SL2-5	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
D2-1	220	245	245	460	1050	1065	28,3	
STP(m)2-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP(m)2-2	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP(m)2-3	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
ST2(m)	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
D2(m)	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP(m)4-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP(m)4-2	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP(m)4-3	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
ST4(m)	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
D4(m)	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP1-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	Línea 01
D1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP1-2	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
Sby1-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
ST1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP2-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	Línea 02
D2	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP2-2	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
Sby2-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
ST2	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP3-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	Línea 03
D3	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP3-2	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
Sby3-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
ST3(m)	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP4-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	Línea 04
D4	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP4-2	66	72,5	72,5	140	325	585	145	

Sby4-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
ST4	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP5-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	Línea 05
D5	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP5-2	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
Sby5-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
ST5	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP6-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	Línea 06
D6	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP6-2	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
Sby6-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
ST6	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP7-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	Línea 07
D7	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP7-2	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
Sby7-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
ST7	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP8-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	Línea 08
D8	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP8-2	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
Sby8-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
ST8	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP9-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	Línea 09
D9	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP9-2	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
Sby9-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
ST9	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP10-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	Línea 10
D10	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP10-2	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
Sby10-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
ST10	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP11-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	Línea 11
D11	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP11-2	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
Sby11-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
ST11	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP12-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	Línea 12
D12	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
STP12-2	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
Sby12-1	66	72,5	72,5	140	325	585	145	
ST12	66	72,5	72,5	140	325	585	145	

4. Cálculo de Barras

4.1. Cálculo de secciones

Para el cálculo de la sección de embarrado tendremos en cuenta los valores de densidad para el cobre mostrados en la tabla 11 de la ITC 07. Estos valores se referirán a materiales cuyas resistividades son: Cobre 0,017241 Ω*mm²/m, Aluminio duro 0,028264 Ω*mm²/m, Aleación de aluminio 0,03250 Ω*mm²/m. En el caso de este proyecto se requerirá de un embarrado de cobre.

Para empezar con el cálculo, hacemos una aproximación a el valor de la Intensidad nominal que ofrece el cable. En el caso del embarrado de 220kV:

$$In = 1065A \begin{cases} In > 400 * 2{,}5 = 1000A \\ In < \ 500 * 2{,}3 = 1150A \end{cases}$$

Calculamos entonces, la sección que se corresponde a la intensidad nominal escogida:

$$1150A - 1065A = 85A$$
$$500mm^2 - 400mm^2 = 100mm^2$$
$$1065A \ - \ 1000A = 65A$$

$$85A \ - -> \ 100mm^2$$
$$65A \ - -> \ x \ mm^2$$

$$x = 76{,}47$$
$$S \ = \ 400 + 76{,}47 = \mathbf{476{,}47}\boldsymbol{mm}^2$$

Por lo cual, el conductor elegido según UNE 207015 de conductores desnudos de cobre duro cableados será el C500 con las siguientes propiedades:

Designación	Sección nominal	Formación		Diámetro aparente del cable	Carga total de rotura mínima	Resistencia eléctrica máxima a 20ºC	Peso
		Número de alambres	Diámetro nominal de cada alambre				
	mm^2		mm	mm	daN	Ω/km	Kg/km
C500	**490,6**	**61**	**3,20**	**28,80**	**17510**	**0,0373**	**4501**

Ahora, calculamos la sección correspondiente a la intensidad nominal en la columna escogida:

$$500mm^2 - 400mm^2 = 100 \ mm^2$$
$$500mm^2 - 476{,}47mm^2 = 23{,}53 \ mm^2$$

$$2{,}5\ A/mm^2\ -\ 2{,}3\ A/mm^2 = 0{,}2\ A/mm^2$$

$$100\ --> \ 0{,}2$$
$$23{,}53\ --> x$$

$$x = 0{,}04706$$
$$In = \ 490{,}6 * (2{,}3 + 0{,}04706) = \mathbf{1151{,}47\ A}$$

A continuación, se procede al cálculo de la caída de tensión del embarrado mediante la expresión:

$$\mathrm{e} = \sqrt{3} * \ I * (R * \ cos\phi + L * w * sen\phi)$$

Dónde:

$$\mathrm{L} = \left(0{,}005 + 0{,}45 * \log\frac{2\mathrm{d}}{\mathrm{r}}\right) * 10^{-3}$$

Siendo:
d = separación entre conductores (mm), obtenida de ITC-RAT 12
r = radio de los conductores (mm), obtenido de UNE 207015
I = Intensidad máxima calculada para el conductor (In=1151,47 A)
R(Ω)= R*l;
R = Resistencia eléctrica máxima a 20ºC (R=0,0373 Ω/km)
l = longitud más desfavorable de la subestación (l = 0,0529 km)
$cos\phi$ = Factor de potencia ($cos\phi = 0{,}9$)

$$L_{220kV} = \left(0{,}005 + 0{,}45 * \log\frac{2 * 2100}{14{,}4}\right) * 10^{-3} = 0{,}002559$$

$$e_{220kV} = \sqrt{3} * \ 1151{,}47 * (0{,}00197317 * \ 0{,}9 + 0{,}002559 * 2 * \pi * 50 * 0{,}436)$$
$$= \mathbf{706{,}241\ V}$$

Siguiendo con el cálculo, hacemos una aproximación a el valor de la Intensidad nominal que ofrece el cable. En el caso del embarrado de 66kV:

$$In = 585\ A \begin{cases} In > 160 * 3{,}4 = 544\ A \\ In < \ 200 * 3{,}2 = 640\ A \end{cases}$$

Calculamos entonces, la sección que se corresponde a la intensidad nominal escogida:

$$640\ A - 585\ A = 55A$$

$$200\ mm^2 - 160\ mm^2 = 40\ mm^2$$
$$585\ A\ -\ 544A = 41A$$

$$55A\ --> 40mm^2$$
$$41\ A\ --> x\ mm^2$$

$$x = 29{,}09$$
$$S\ =\ 160 + 29{,}09 = \mathbf{189{,}09\ mm^2}$$

Por lo cual, el conductor elegido según UNE 207015 de conductores desnudos de cobre duro cableados será el C500 con las siguientes propiedades:

Designación	Sección nominal	Formación		Diámetro aparente del cable	Carga total de rotura mínima	Resistencia eléctrica máxima a 20ºC	Peso
		Número de alambres	Diámetro nominal de cada alambre				
	mm^2		mm	mm	daN	Ω/km	Kg/km
C235	**236**	**37**	**2,85**	**19,05**	**8931**	**0,0773**	**2157**

Ahora, calculamos la sección correspondiente a la intensidad nominal en la columna escogida:

$$200\ mm^2 - 160\ mm^2 = 40\ mm^2$$
$$200mm^2 - 189{,}09\ mm^2 = 10{,}9\ mm^2$$

$$3{,}4\ A/mm^2\ -\ 3{,}2\ A/mm^2 = 0{,}2\ A/mm^2$$

$$40\ --> 0{,}2$$
$$10{,}9\ --> x$$

$$x = 0{,}054$$
$$In =\ 236 * (3{,}2 + 0{,}054) = \mathbf{768{,}072\ A}$$

A continuación, se procede al cálculo de la caída de tensión del embarrado mediante la expresión:

$$\mathrm{e} = \sqrt{3} * I * (R * cos\phi + L * w * sen\phi)$$

Dónde:

$$\mathrm{L} = \left(0{,}005 + 0{,}45 * \log\frac{2\mathrm{d}}{\mathrm{r}}\right) * 10^{-3}$$

Siendo:
d = separación entre conductores (mm), obtenida de ITC-RAT 12
r = radio de los conductores (mm), obtenido de UNE 207015
I = Intensidad máxima calculada para el conductor (In=768,072 A)
R(Ω)= R*l;
R = Resistencia eléctrica máxima a 20ºC (R=0,0773 Ω/km)
l = longitud más desfavorable de la subestación (l = 0,0529 km)
$cos\phi$ = Factor de potencia ($cos\phi = 0{,}9$)

$$L_{66kV} = \left(0{,}005 + 0{,}45 * \log\frac{2 * 630}{9{,}525}\right) * 10^{-3} = 0{,}002203$$

$$e_{66kV} = \sqrt{3} * \ 768{,}072 * (0{,}004089 * \ 0{,}9 + 0{,}002203 * 2 * \pi * 50 * 0{,}436) = \mathbf{406{,}33\ V}$$

4.2.Cálculo por esfuerzos térmicos

También deberán estimarse el sobrecalentamiento que van a sufrir los conductores en el caso de que exista un cortocircuito, mediante la expresión:

$$\theta = \frac{k}{S^2} * {I_b}^2 * \left(t + \frac{T}{\mu^2}\right) + 20^{\circ}C \ \leq 200^{\circ}C$$

Siendo:
θ: $calentamiento\ en\ ºC$
S: sección del conductor en mm²
k: constante del conductor (k(Cu)=0,0058)
Δt: tiempo adicional para tener en cuenta el calentamiento producido por la intensidad Ib
T: factor de tiempo por efecto de la autoinducción (0,3 a 0,15 corto tripola; 0,6 a 0,25 corto bipolar)
I_b: $Poder\ de\ corte\ (A)$

El sobrecalentamiento en el embarrado de 220kV será:

$$\theta = \frac{0{,}0058}{490{,}6^2} * 3000^2 * \left(0{,}1 + \frac{0{,}3}{0{,}68^2}\right) + 20^{\circ}C = 20{,}162^{\circ}C$$

El sobrecalentamiento en el embarrado de 66kV será:

$$\theta = \frac{0{,}0058}{236^2} * 26250^2 * \left(0{,}1 + \frac{0{,}3}{0{,}75^2}\right) + 20^{\circ}C = 65{,}446^{\circ}C$$

4.3. Efecto Corona

El fenómeno del efecto corona puede producirse si en la línea o elemento de transmisión de energía eléctrica en general pueden alcanzarse valores de tensión superiores al valor de la Tensión Crítica Disruptiva.

Generalmente, podemos decir que se trata de una descarga eléctrica, a veces luminosa, otras audible u ambas. Esto es debido a la ionización del aire circundante al conductor.

Sus principales efectos son una pérdida de potencia y radio interferencias, además de un posible deterioro del material y producción de gases contaminantes.

El cálculo de la Tensión crítica disruptiva vendrá dado por la fórmula de F.W. Peek:

$$U_d = \sqrt{3} * m_t * m_d * \delta * \epsilon_{ra} * \frac{r}{\beta} * ln\frac{D}{r}$$

Siendo:

m_t: $coeficiente\ meteorológico$ (1 $tiempo\ seco$, 0,8 $tiempo\ húmedo$)

m_d: $coeficiente\ de\ rugosidad\ del\ cable$ (1 $Hilos\ de\ Superficie\ lisa$, 0,93 a 0,98 $Hilos\ oxidados$, 0,83 a 0,87 $Conductores\ de\ hilos\ trenzados$)

δ: $factor\ de\ corrección\ de\ la\ densidad\ del\ aire$

$$\delta = 3{,}921 * \frac{h}{273 + \theta}$$

γ: $altura\ sobre\ el\ nivel\ del\ mar\ (km) = 0{,}0156\ km$

h: $presión\ barométrica\ (cm\ Hg)$

$$h = 76 * 10^{\frac{-\gamma}{18{,}4}} = 75{,}848\ cm\ Hg$$

θ: $temperatura\ del\ aire\ ^{\circ}C\ puede\ estimarse\ como = 25^{\circ}C - 5\gamma$

ϵ_{ra}: $rigidez\ dieléctrica\ del\ aire$: 21,1 $^{kV}/_{cm}$

r: $radio\ del\ conductor\ (cm)$

D: $distancia\ media\ entre\ fases\ (cm)$

β: $factor\ de\ disposición\ de\ conductores$

$$\beta = \frac{1 + (n-1)\frac{r}{R_H}}{n}$$

$$R_H = \frac{S}{2 * sen\frac{\pi}{n}}$$

n: $número\ de\ conductores\ por\ fase$
S: $separación\ entre\ conductores\ (cm)$

Para la pérdida de potencia, se calculará a través de la expresión:

$$P = \frac{241}{\delta} * (f + 25) * \sqrt{\frac{r}{D}} * \left(\frac{U_{max} - U_d}{\sqrt{3}}\right)^2 * 10^{-5}$$

Siendo:
f: $frecuencia\ (50Hz)$
U_{max}: $Tensión\ más\ elevada = 245kV/72{,}5kV$
U_d: $Tensión\ crítica\ disruptiva$

En primer lugar, la tensión crítica disruptiva y su respectiva pérdida de potencia para el embarrado de 220kV:

$$U_d = \sqrt{3} * 0{,}8 * 0{,}83 * 0{,}255 * 21{,}1 * \frac{14{,}4}{0{,}63} * ln\frac{56}{14{,}4} = 192{,}09\ kV$$

$$P = \frac{241}{0{,}255} * (50 + 25) * \sqrt{\frac{14{,}4}{56}} * \left(\frac{245 - U_d}{\sqrt{3}}\right)^2 * 10^{-5} = 336{,}53\ kW/km$$

Por último, la tensión crítica disruptiva y su respectiva pérdida de potencia para el embarrado de 66kV:

$$U_d = \sqrt{3} * 0{,}8 * 0{,}83 * 0{,}255 * 21{,}1 * \frac{9{,}525}{0{,}677} * ln\frac{32}{9{,}525} = 105{,}5\ kV$$

$$P = \frac{241}{0{,}255} * (50 + 25) * \sqrt{\frac{9{,}525}{32}} * \left(\frac{72{,}5 - U_d}{\sqrt{3}}\right)^2 * 10^{-5} = 140{,}4\ kW/km$$

5. Otros elementos auxiliares para la conexión

Los transformadores de medida deberán ser capaces de alimentar los elementos conectados, por lo que deberá tener una potencia adecuada a su propio consumo producido por dichos elementos y los conductores que los conecten.

Asimismo, la **"Clase de Precisión"** se definirá como el límite del error de medida que corresponde al valor porcentual del error máximo con relación al valor de fondo de escala.

Para los transformadores de medida cuando se produce ensayo y se quiere determinar esta "Clase de Precisión" estará conectada al secundario la llamada "carga o impedancia de precisión".

Precisión del aparato	Error relativo
0,1	± 0,1 %
0,2	± 0,2 %
0,5	± 0,5 %
1	± 1 %
1,5	± 1,5 %
2,5	± 2,5 %
5	± 5 %

Se debe añadir que en caso de cortocircuito en la red que es muestreada por el Transformador de Intensidad, será necesario proteger los elementos que están conectados a su secundario. Por ello se añade el concepto de **"Factor nominal de seguridad"** que se define cómo:

$$F_S = \frac{I_{ps}}{I_{pn}}$$

I_{ps}: Intensidad nominal de seguridad
I_{pn}: Intensidad nominal primaria

La **intensidad nominal de seguridad** es el valor de la intensidad primaria a la cual comienza a saturarse el transformador.
Cuando empieza dicha saturación se cumplirá que:

$$K_n * I_{ss} < 0{,}9 * I_{ps}$$

Siendo Kn la relación de transformación del Transformador de Intensidad, e Iss la Intensidad que circula por el secundario.

También debemos definir el **"Factor de límite de precisión"** como la relación entre la intensidad límite de precisión nominal Ilpn y la intensidad nominal primaria Ipn.

$$FLP = \frac{I_{lps}}{I_{pn}}$$

La "Intensidad límite de precisión" es el valor de la intensidad primaria, para la cual, el transformador, con su propia carga de precisión, responderá a los límites exigidos por el error compuesto.

El Factor de límite de precisión depende de la carga, por tanto, si en algún momento supera a la carga de precisión, el factor será inferior al nominal.

El Factor de límite de precisión indica cuanto se puede sobrepasar el valor de la intensidad primaria con respecto su valor nominal, manteniéndose así los parámetros de calidad en el transformador.

La **Intensidad límite térmica** es el valor eficaz más elevado de la intensidad primaria que puede soportar el Transformador de Intensidad debido al efecto Joule durante un período estando el secundario en corto. Se expresa cómo:

$$I_{th} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * V_N}$$

Siendo:
I_{th}: $Intensidad\ límite\ térmicda\ en\ kA$
S_{cc}: $Potencia\ de\ cortocircuito\ en\ MVA$
V_N: $Tensión\ nominal\ en\ kV$

Salvo que se indique en contra de las especificaciones, los Transformadores de Intensidad se construyen para $I_{th} = 80 * I_n$.

Y tras definir la intensidad límite térmica como una intensidad de cortocircuito, se puede ver a la **Intensidad Límite Dinámica** como el valor de su cresta:

$$i_p = K * \sqrt{2} * I''_k$$

Asumiendo para K el valor según norma IEC de 1,8 se tendrá:

$$i_{dyn} = 1{,}8 * \sqrt{2} * I_{th}$$

Clase de Aislamiento

La clase térmica de un sistema de aislamiento se define por las UNE-EN 62114, 60085 y 60034-1 y se representan por un número que indica la temperatura máxima recomendad en ºC.

5.1.Transformadores de Intensidad

5.1.1. Transformadores de intensidad de 245 kV

Datos

Tensión nominal: 220kV
Intensidad nominal: 1065 A
Función del Transformador de Intensidad: Medida y Protección

Consumos de elementos	
Amperímetro	4 VA
Voltímetro	5 VA
Frecuencímetro	5 VA
Fasímetro	5 VA
Vatímetro	5 VA
Contadores electromecánicos	5 VA
Contadores electrónicos	2 VA
Convertidores de medidas	1 VA
Registradores relés de Protección	30 VA
Potencia consumida	**62 VA**

La potencia disipada en VA con una sección de 6 mm² a la distancia más desfavorable de la subestación de 50 metros será de 0,3 VA.

- Por lo tanto, la potencia total que consume el transformador de intensidad será de 62,3 VA

- El nivel de aislamiento del transformador se corresponderá con la tensión más elevada del material antes mencionada de 245kV.

- Su intensidad primaria Ipn deberá ser superior a la nominal por lo que escogemos una Ipn de 1100A.

- La Intensidad secundaria Isn que se asignará será de 5A, ya que se encuentra a una distancia menor a 10 metros.

- La potencia de precisión será mayor que 62,3 VA, 70 VA.
- La clase de precisión escogida será de 0,2.
- El factor de seguridad se calcula cómo se mencionó anteriormente y corresponde con un valor de 10.
- Para el Factor límite de precisión se escoge un valor de 20 según su intensidad primaria, para el cual, el transformador, con su carga de precisión, responde a los límites exigidos por el error compuesto.
- La clase de aislamiento escogida ha sido según IEC de 120 para una temperatura máxima de 120 ºC.

Características	
Nivel de aislamiento	**245 kV**
Intensidad primaria Ipn	**1100 A**
Intensidad secundaria Isn	**5 A**
Potencia de precisión	**70 VA**
Clase de precisión	**0,2**
Factor de seguridad	**10**
Factor límite de precisión	**20**
Intensidad máxima permanente	**1320 A**
Intensidad térmica	**88 kA**
Intensidad dinámica asignada	**220 kA**
Clase de aislamiento	**120**
Condiciones de servicio	**De -25ºC a +40ºC**

5.1.2. Transformadores de intensidad de 72,5 kV

Datos

Tensión nominal: 66kV
Intensidad nominal: 585 A
Función del Transformador de Intensidad: Medida y Protección

Consumos de elementos	
Amperímetro	4 VA
Voltímetro	5 VA
Frecuencímetro	5 VA
Fasímetro	5 VA

Vatímetro	5 VA
Contadores electromecánicos	5 VA
Contadores electrónicos	2 VA
Convertidores de medidas	1 VA
Registradores relés de Protección	30 VA
Potencia consumida	**62 VA**

La potencia disipada en VA con una sección de 6 mm² a la distancia más desfavorable de la subestación de 50 metros será de 0,3 VA.

- Por lo tanto, la potencia total que consume el transformador de intensidad será de 62,3 VA

- El nivel de aislamiento del transformador se corresponderá con la tensión más elevada del material antes mencionada de 72,5kV.

- Su intensidad primaria Ipn deberá ser superior a la nominal por lo que escogemos una Ipn de 600 A.

- La Intensidad secundaria Isn que se asignará será de 5A, ya que se encuentra a una distancia menor a 10 metros.

- La potencia de precisión será mayor que 62,3 VA, 70 VA.

- La clase de precisión escogida será de 0,2.

- El factor de seguridad se calcula cómo se mencionó anteriormente y corresponde con un valor de 10.

- Para el Factor límite de precisión se escoge un valor de 20 según su intensidad primaria, para el cual, el transformador, con su carga de precisión, responde a los límites exigidos por el error compuesto.

- La clase de aislamiento escogida ha sido según IEC de 120 para una temperatura máxima de 120 ºC.

Características	
Nivel de aislamiento	**72,5 kV**
Intensidad primaria Ipn	**600 A**
Intensidad secundaria Isn	**5 A**
Potencia de precisión	**70 VA**
Clase de precisión	**0,2**

Factor de seguridad	**10**
Factor límite de precisión	**20**
Intensidad máxima permanente	**720 A**
Intensidad térmica	**48 kA**
Intensidad dinámica asignada	**120 kA**
Clase de aislamiento	**120**
Condiciones de servicio	**De -25ºC a +40ºC**

5.2.Transformadores de Tensión

El Factor de tensión de los Transformadores de Tensión es el factor por el que se multiplica la tensión nominal primaria para por determinar el valor de la tensión máxima a la cual el transformador debe cumplir para con las especificaciones de calentamiento y precisión durante el tiempo asignado.

Este factor estará determinado por las condiciones de puesta a tierra del arrollamiento primario del transformador.

Se denomina "potencia de calentamiento" de un Transformador de Tensión a la potencia máxima que puede suministrar en régimen permanente sin exceder los límites cuando la tensión secundaria es la nominal. Si se suministra una potencia superior a la de calentamiento puede provocar deterioros, a no ser que se limite la duración de funcionamiento en dichas condiciones.

Si se coloca el secundario de un Transformador de Tensión en cortocircuito, al contrario de lo que ocurre en los Transformadores de Intensidad, la intensidad secundaria estará limitada por su impedancia interna. Esto provocará un incremento notable de la intensidad pudiendo deteriorar o incluso destruir el Transformador de Tensión, aunque se intente limitar el tiempo de funcionamiento en dichas condiciones.

5.2.1. Transformadores de tensión de 245 kV

Datos

Tensión nominal: 220kV
Función del Transformador de Tensión: Medida y Protección
Tensión para elementos: $110/\sqrt{3}$ - 110/3 V (Medida – Protección)

Características

Nivel de aislamiento	**245 kV**
Tensión primaria Upn	**220 kV**
Tensión secundaria Usn	**110/$\sqrt{3}$ - 110/3 V**
Potencia de precisión	**100 VA**
Clase de precisión	**0.2**
Factor de tensión	**1,9 / 8 horas**
Potencia de calentamiento	**1000 VA**
Clase de aislamiento	**120**
Condiciones de servicio	**De -25ºC a +40ºC**

5.2.2. Transformadores de tensión de 72,5 kV

Datos

Tensión nominal: 66kV
Función del Transformador de Tensión: Medida y Protección
Tensión para elementos: 110/$\sqrt{3}$ - 110/3 V (Medida – Protección)

Características	
Nivel de aislamiento	**72,5 kV**
Tensión primaria Upn	**66 kV**
Tensión secundaria Usn	**110/$\sqrt{3}$ - 110/3 V**
Potencia de precisión	**100 VA**
Clase de precisión	**0.2**
Factor de tensión	**1,9 / 8 horas**
Potencia de calentamiento	**1000 VA**
Clase de aislamiento	**120**
Condiciones de servicio	**De -25ºC a +40ºC**

6. Cálculo de protecciones

6.1.Sistemas de tierras

6.1.1. Datos o cálculos de partida

6.1.1.1. Conocer o determinar la intensidad de puesta a tierra Ie

El dato de la Ie estará asignado a un valor de 10 kA según lo proporcionado por el cliente para conocer la situación más desfavorable de corriente de falta.

6.1.1.2. Conocer el tiempo de despeje de falta t_f

Según UNE-EN 50522 la duración deberá determinarse teniendo en cuenta el tiempo de desconexión de la falta. El valor más normalizado suele ser de 1 segundo, pero en este caso se adoptará un valor de $t_f = 2s$ para mayor seguridad.

6.1.1.3. Resistividad: Características del terreno

Se considerará el suelo a través del modelo de suelo de dos capas ya que existe entre las sucesivas mediciones realizadas presentes, escalonamientos que pueden ser significativos, en este caso entre el agua y el lecho marino.

La mayor parte del enterramiento de la cimentación consistirá en arena silícea que según la tabla de la ITC RAT 13 tendrá una resistividad comprendida entre 200 a 3000 Ωm y el agua de mar que se considera en 2 Ωm. Compositivamente la estructura se hallará en un 95% aproximadamente sólo en contacto con el agua de mar y el restante con la arena silícea.

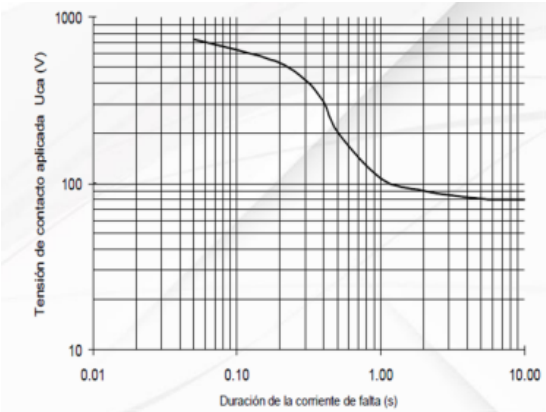
Considerando su emplazamiento en el fondo submarino, con una gran humedad y bajas temperaturas, además de una alta salinidad se escogerá el valor más bajo de ésta. Igualmente, para conocer el valor exacto del lecho marino se ha tomado en cuenta los datos ofrecidos por el cliente en el estudio geotécnico para el estudio de la Subestación la resistividad que ha arrojado distintas muestras que ha tomado la draga.

Por lo tanto, con el número de muestras obtenidos por las distintas dragas y analizarlo junto a la cantidad de agua marina a la que está expuesta tendremos una resistividad final de:

$$\rho_s = 9{,}5\ \Omega m$$

6.1.2. Cálculo de tensiones

Después de tomar como tiempo de falta un valor de 2 segundos. Revisaremos los valores admisibles según la ITC RAT 13.



Duración de la corriente de falta, t_F (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, Uca (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

Figura 16: Grafica ITC RAT 13 para tiempo de falta

Por lo que obtendremos para dicho valor una tensión de contacto aplicada admisible de 90 V.

Por lo que calculamos las tensiones de contacto y paso según norma para el caso más desfavorable, cuando no exista resistencia proporcionada por el calzado.

$$U_c = U_{ca}(1 + \frac{1{,}5\rho_s}{1000}) = 91{,}28\,V$$

$$U_p = 10U_{ca}(1 + \frac{6\rho_s}{1000}) = 951{,}30\,V$$

6.1.3. Cálculo del electrodo

6.1.3.1. Determinar las secciones de las líneas de tierra

En nuestro caso la línea de tierra será la propia estructura que sustenta la subestación por lo que las pilas y celosías deberán ser mayores que la sección calculada.

El cálculo de la sección de conductor de puesta a tierra para el caso de corrientes simétricas será mediante la expresión:

$$A = I * \sqrt{\frac{t_C * \alpha_r * \rho_r * 10^4}{TCAP * ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}}$$

Siendo:
A: Sección del conductor (mm²).
I= Intensidad de defecto (kA).
t_C: Duración de la falta (segundos).
α_r: Coeficiente térmico de resistividad a T_r.
ρ_r: Resistividad del terreno a T_r.
TCAP: Capacidad térmica por unidad de volumen (J/cm³*ºC)
T_m: Temperatura máxima admisible (ºC).
T_a: Temperatura ambiente (ºC).
K_0: $1/\alpha_0$

El valor de los distintos factores los obtenemos de la tabla 1 punto 11.3 de la IEE estándar 80. Se escogerá los valores del acero respectivamente, se considerará además una intensidad de defecto de 10 kA y la duración de falta que hemos estimado en 2 segundos. También se considerará la temperatura ambiental más desfavorable que será +40ºC.

Descripción	Conductividad del material (%)	Factor α_r a 20ºC (1/ºC)	K_0 a 0ºC	Temperatura de fusión, T_m	Resistividad a 20ºC	Capacidad térmica TCAP
Acero 1020	10,8	0,0016	605	1510	15,9	3,28

Por lo que calculando:

$$A = 10 * \sqrt{\frac{2 * 0{,}0016 * 15{,}9 * 10^4}{3{,}28 * ln\left(\frac{605 + 1510}{605 + 40}\right)}} = 114{,}29\ mm^2$$

La sección deberá cumplir:

$$S \geq \frac{I''_k}{J}$$

Debiéndose cumplir que, al estar el electrodo fabricado en acero, la sección correspondiente deberá ser mayor a 50 mm² según norma UNE EN 50522 y una densidad menor o igual a 60 A/ mm².

Por lo tanto, la sección deberá ser mayor a 114,29 mm² que en nuestro caso, la estructura en chaqueta que soporta la subestación tiene pilares de mucha mayor dimensión y sus celosías también.

6.1.3.2. Diseñar el electrodo y calcular su resistencia

La UNE EN 50522 en el punto 5.2.1 enuncia:
"Es admisible utilizar armaduras de acero embebidas en los cimientos de hormigón y estructuras de acero o cualquier otro electrodo de tierra natural como parte del sistema de puesta a tierra".

Por lo cual el electrodo a utilizar para la subestación deslocalizada consistirá en 4 picas que irán dentro de los 4 pilares que se enterrarán dentro del lecho marino. Para poder obtener unos cálculos de dicho electrodo plantearemos teóricamente el electrodo como una combinación de malla, como si fuera parte de la celosía que une los pilares y las picas que irán dentro de los pilares y recubiertos de hormigón para obtener una resistividad adecuada.

El diámetro para una pica rendando de acero sin recubrir deberá ser mayor que 20mm según MIE RAT 13.

El electrodo que se necesitará será una combinación de malla y picas a una profundidad h.

La resistencia a tierra combinada de la malla y las picas será menor que la resistencia a tierra de cualquiera de esos dos componentes por separado, pero será mayor que la de una combinación de ambos en paralelo.

Según las ecuaciones de Schwarz:

$$R = \frac{R_1 R_2 - {R_m}^2}{R_1 + R_2 - 2R_m}$$

R_1: Resistencia de los conductores que conforman la malla de tierra,
R_2: Resistencia de las picas de tierra instaladas.
R_m: Resistencia de influencia mutua entre la malla y las picas.

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi L_c}\left[ln(\frac{2L_c}{a'}) + \frac{k_1 L_c}{\sqrt{A}} - k_2\right]$$

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi n_r L_c}\left[ln(\frac{4L_c}{b}) - 1 + \frac{2k_1 L_c}{\sqrt{A}} - (\sqrt{n_r} - 1)^2\right]$$

$$R_m = \frac{\rho}{\pi L_c}\left[ln(\frac{2L_c}{L_r}) + \frac{k_1 L_c}{\sqrt{A}} - k_2 + 1\right]$$

Siendo:
ρ: Resistividad del terreno
L_c: Longitud total en metros del conjunto de todos los conductores que conforman la malla
L_r: Longitud en metros de cada pica
a: Radio del conductor en metros ($a' = a$ para h=0).
n_r: Números de picas
b: Radio en metros de la pica
A: Área cubierta por la malla en m²
k_1 y k_2: Coeficientes en función de la profundidad "h" y de la relación largo/ancho de la malla.

Estableciendo que la malla compuesta por las celosías que unen los pilares será de 44.25 metros de ancho y 48,5 metros de largo, con unos pilares enterrados sin profundidad con una longitud de pica de 4 metro.

El cálculo de los coeficientes en función de la profundidad los obtendremos de las gráficas expuestas a continuación, en función de la relación largo/ancho de la malla.

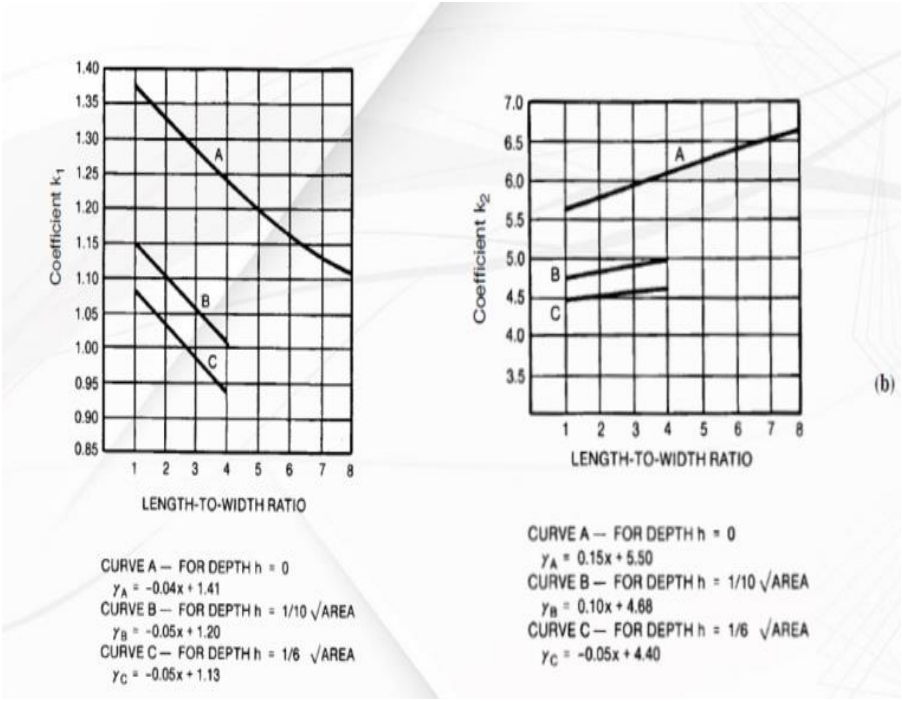


Figura 17: Coeficientes k1 y k2 de la ecuación de Schwarz

Teniendo en cuenta el mínimo de sección de conductor para acero y el mínimo también para pica redonda de acero, tomaremos por radio de pica unos 0,5 metros y 1,35 metros para el conductor. Siendo estos valores los más desfavorables. Por lo tanto, los valores característicos serán:

ρ	9,5 Ωm
L_c	490,29 m
L_r	4 m
a	1,35 m
n_r	4
b	0,5 m
A	2144,44 m²
k_1	1,4
k_2	5,6

Calculando, usando las expresiones expuestas anteriormente:

$$R_1 = \frac{196}{\pi * 490{,}29}\left[ln(\frac{2 * 490{,}29}{1{,}5}) + \frac{1{,}4 * 490{,}29}{\sqrt{2144{,}44}} - 5{,}6\right] = 0{,}097\ \Omega$$

$$R_2 = \frac{196}{2\pi * 4 * 4{,}65}\left[ln(\frac{4 * 4{,}65}{1{,}5}) - 1 + \frac{2 * 1{,}4 * 4{,}65}{\sqrt{2144{,}44}} - (\sqrt{4} - 1)^2\right] = 0{,}255\ \Omega$$

$$R_m = \frac{196}{\pi * 490{,}29}\left[ln(\frac{2 * 490{,}29}{4{,}65}) + \frac{1{,}4 * 490{,}29}{\sqrt{2144{,}44}} - 5{,}6 + 1\right] = 0{,}097\Omega$$

Por lo tanto, tras calcular la resistencia total tendremos un valor de:

$$R_{TOTAL} = 0{,}0975\ \Omega$$

Siendo ésta, menor a los 2 ohmios recomendados por norma DNVGL-ST-0145 apartado 4.5.2.

6.1.4. Comprobación de resultados

6.1.4.1. Calcular las tensiones de contacto y paso resultantes por IEEE 80

Comprobaremos las tensiones de contacto y paso comparándolas con las obtenidas a través de las ecuaciones de Schwarz pertenecientes a la IEEE 80. calcularemos tanto la tensión de contacto como la de paso como:

$$E_m = \frac{\rho\, K_m\, K_i\, I_G}{L_M}$$

Siendo:
E_m: Tensión de contacto (nomenclatura IEEE)
ρ: Resistividad del suelo
I_G: Máxima corriente que circulará por la malla
L_M: Longitud, en metros, de todos los conductores y picas enterrados.
K_m: Factor geométrico
K_i: Factor de corrección

$$E_s = \frac{\rho\, K_s\, K_i\, I_G}{L_s}$$

Siendo:
E_s: Tensión de paso (nomenclatura IEEE)
K_s : Factor geométrico
L_s: Longitud efectiva, en metros, de conductor enterrado

Primero se hallará el valor del factor geométrico a través de la expresión:

$$K_m = \frac{1}{2\pi}\left[ln\left[\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d}\right] + \frac{K_{ii}}{K_h} * ln\left[\frac{8}{\pi(2n-1)}\right]\right]$$

Siendo:
D: Distancia, en metros, entre conductores paralelos
h: Profundidad de enterramiento, en metros, de la red de tierras.
d: Diámetro, en metros, del conductor de la red de tierras.
n: Factor de geometría de la red
K_{ii}: Factor de ponderación de los efectos de los conductores internos de la malla
K_h: Factor de ponderación de los efectos de la profundidad de enterramiento.

Asimismo, se necesitará calcular el factor de geometría:

$$n = n_a\, n_b\, n_c\, n_d$$

Para lo cual:

$$n_a = \frac{2\,L_C}{L_p} = 5{,}29$$

Siendo:

L_C: Longitud total del conductor que conforma la malla (metros).

L_p: Perímetro de la malla (metros).

$n_b = 1$: Para el caso de mallas cuadradas.
$n_c = 1$: Para el caso de mallas cuadradas.
$n_d = 1$: Para el caso de mallas cuadradas.

Por lo tanto, n será igual a: 5,29

Segundo, K_{ii}= 1, para el caso de electrodos con muy pocas picas.

Tercero, $K_h = \sqrt{1+h}$, referente al factor de ponderación de los efectos de la profundidad de enterramiento que depende de la profundidad. Éste será igual a 1,414.

También se calcularán respectivamente:

$$L_M = L_C + L_R = 120 + 4 * 4 = 494{,}29\,m$$

Siendo:

L_C: Longitud total del conductor de la malla.
L_R: Longitud total de todas las picas existentes.

$$K_i = \ 0{,}644 + 0{,}148n = 1{,}43$$

$$L_S = 0{,}75\,L_C + 0{,}85\,L_R = 371{,}12\,m$$

$$K_S = \frac{1}{\pi}\left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D}(1 - 0{,}5^{n-2})\right]$$

Finalmente, calculamos y obtenemos los respectivos valores para las tensiones de paso y contacto resultado:

$E_s = 118{,}70\ V$
$E_m = 89{,}12\ V$

6.1.4.2. Comparar valores con $\boldsymbol{U_c}$ y $\boldsymbol{U_p}$

Comparamos los valores que hemos obtenido anteriormente, debiéndose cumplir:

$$E_m < U_c$$

$$E_s < U_p$$

Por lo que, en ambos casos se cumplirá que los valores ofrecidos por $E_s\ y\ E_m$ son menores que los habituales.

6.2.Sistemas de captación del rayo

6.2.1. Necesidad de un sistema de captación

Se ha tenido en cuenta la necesidad de un posible pararrayos siguiendo la sección 8 del documento básico SUA procedente del código técnico de edificación.

La instalación de pararrayos será necesaria cuando la frecuencia esperada de impactos sea mayor que el riesgo admisible.

La frecuencia esperada de impactos vendrá dada por la siguiente expresión:

$$Ne = Ng\ *\ Ae\ *\ C1\ *\ 10^{-6}$$

Ae es la superficie de captura equivalente del edificio aislado en metros. Empezamos trazando una línea a una distancia tres veces proporcional a la altura del edificio, por todo el contorno del edificio. Como se observa abajo, se podrá utilizar un software para calcular la Ae.

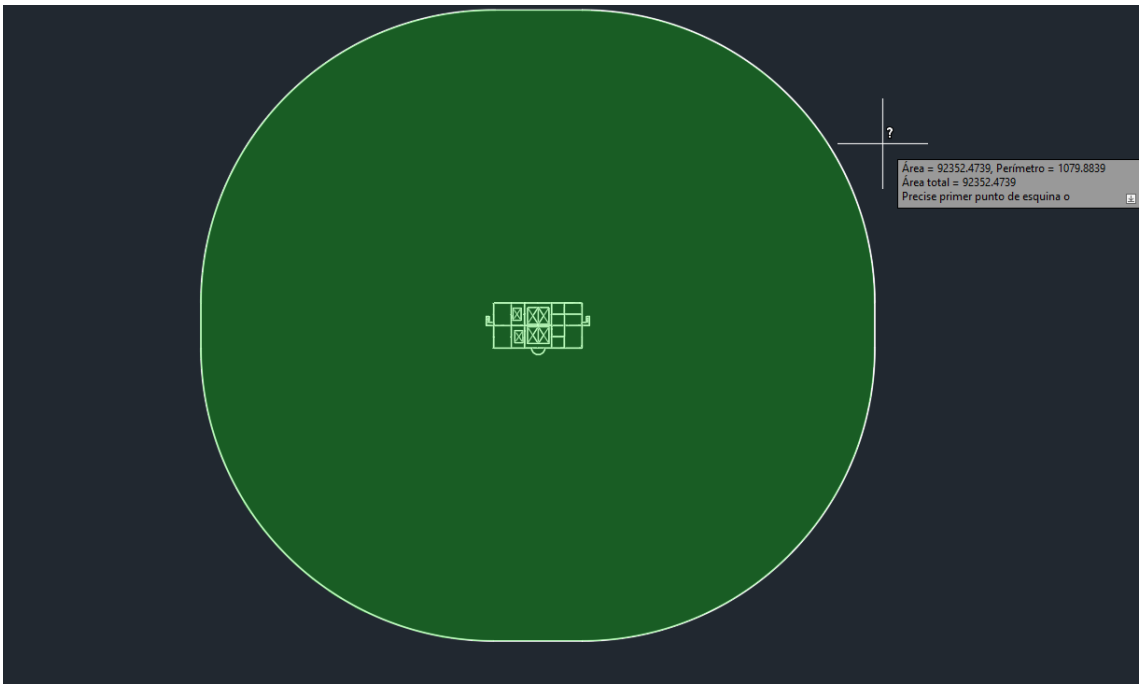


Figura 18: Obtención del Área de protección en AutoCAD

En el caso de la instalación a proyectar la altura máxima que tiene la subestación es de 50 m, de forma que 3H = 150 m. Por tanto, el área calculada será de 92352,5 m².

Ng se obtiene del mapa del documento técnico de edificación en el que dependiendo de la zona se da un valor de densidades de impacto. La instalación se situará en alta mar en el cabo trafalgar, por lo que le corresponde un valor de 1,5.

Figura 19: Mapa andaluz de probabilidad de impacto de rayo

C1 es un coeficiente relacionado con el entorno de la instalación. La subestación nunca estará rodeada por instalaciones colindantes o cercanas, por lo tanto, será aislado. Tendrá un valor asignado de 1.

Tabla 1.1 Coeficiente C_1

Situación del edificio	C_1
Próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos	0,5
Rodeado de edificios más bajos	0,75
Aislado	1
Aislado sobre una colina o promontorio	2

La expresión de riesgo admisible será:

$$Na = \frac{5{,}5}{C2 * C3 * C4 * C5} * 10^{-3}$$

El coeficiente C2 es el que viene relacionado por el tipo de estructura empleado en el edificio. Será una estructura metálica con cubierta metálica. C2 tendrá un valor asignado de 0,5.

Tabla 1.2 Coeficiente C_2

	Cubierta metálica	Cubierta de hormigón	Cubierta de madera
Estructura metálica	0,5	1	2
Estructura de hormigón	1	1	2,5
Estructura de madera	2	2,5	3

El coeficiente C3 corresponde con el contenido que hay en el edificio. Por lo que asignamos el valor de 3 ya que pueden existir elementos inflamables dentro de la subestación.

Tabla 1.3 Coeficiente C_3

Edificio con contenido inflamable	3
Otros contenidos	1

C4 se definirá con respecto a la funcionalidad de la instalación. En este caso será 3.

Tabla 1.4 Coeficiente C_4

Edificios no ocupados normalmente	0,5
Usos Pública Concurrencia, Sanitario, Comercial, Docente	3
Resto de edificios	1

C5 se definirá respecto de las funciones de la instalación en caso de que se puedan realizar de forma discontinuada o, necesariamente, de manera continuada. Por lo que se asignará un valor de 5.

Tabla 1.5 Coeficiente C_5

Edificios cuyo deterioro pueda interrumpir un servicio imprescindible (hospitales, bomberos, ...) o pueda ocasionar un impacto ambiental grave	5
Resto de edificios	1

Tras realizar los cálculos tendremos un Ne = 0,1385 y un Na=0,00024.

Por lo tanto, Ne>Na y **sí necesitará de la instalación de un pararrayos**.

Ésta tendrá al menos la eficiencia E que determina la siguiente fórmula:

$$E = 1 - \frac{Na}{Ne}$$

Por lo tanto, **E= 0,998**. Ante lo cual la instalación tendrá un nivel de protección 1.

Tabla 2.1 Componentes de la instalación

***Eficiencia* requerida**	**Nivel de protección**
E ≥ 0,98	1
0,95 ≤ E <0,98	2
0,80 ≤ E <0,95	3
0 ≤ E < 0,80	4

6.2.2. Cálculo del sistema de captación

Para calcular el sistema de captación que tendrá el pararrayos se aplicará el método de la esfera rodante según IEC 62305-3.

Éste se emplea para identificar el espacio protegido o partes expuestas, además de las zonas de una estructura.

El posicionamiento de un sistema de captación será adecuado si ningún punto del volumen que debe proteger está en contacto con una esfera de radio rodando sobre el suelo, alrededor y en la parte superior de la estructura en todas las direcciones posibles. Por lo tanto, la esfera solo tocará la tierra y/o el sistema de captación.

El radio de la esfera depende de la clase del SPCR. Dicho radio está correlacionado con el valor de la intensidad de cresta de la corriente del rayo que impacta en la estructura:

$$R = 10\, I^{0,65}$$

Nivel de Protección NPR (clase del SPCR)	Mínima corriente Presunta del rayo De retorno (kA de cresta)	Eficiencia de la protección	Método De la esfera rodante: radio de la Esfera, R	Método de ángulo de protección para las alturas de los captores indicados. Ángulo α				Método de las mallas: distancia máxima entre conductores paralelos
				20 m	30 m	45 m	60 m	
I	3 kA	99%	20 m	25º	*	*	*	5 m
II	8 kA	97%	30 m	35º	25º	*	*	10 m
III	10 kA	91%	45 m	45º	35º	25º	*	15 m
IV	16 kA	84%	60 m	55º	45º	35º	25º	20 m

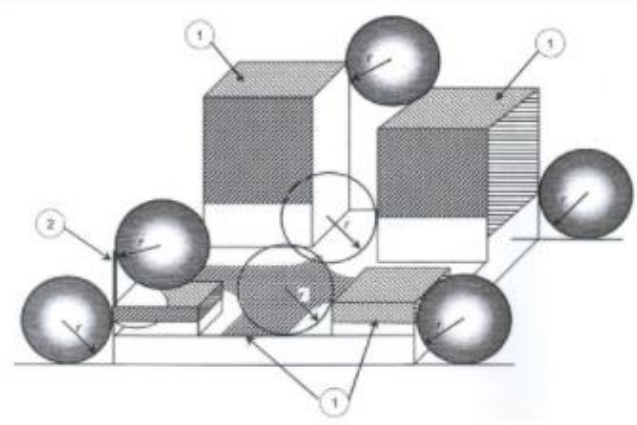


Figura 20: Diseño de una red de dispositivos de captación

La figura 2 nos muestra la aplicación del método en diferentes estructuras. La esfera de radio rueda alrededor y sobre la estructura hasta encontrar el plano de tierra o un objeto en contacto con el plano de tierra que sea capaz de actuar como conductor de la descarga atmosférica.

Cuando se aplica este método sobre los planos de la estructura se deben considerar todas las direcciones para asegurar que en una zona no protegida no existan saliente, es decir un punto que podría pasarse por alto si solo se consideran las vistas frontales o laterales de los planos.

La zona protegida contra los rayos por un captador de SPCR será el volumen no penetrado por la esfera rodante cuando está en contacto con el captador y aplicada a la estructura.

Procedimiento de colocación del sistema

El sistema de captación será adecuado si, en función de la clase del SPCR, ningún punto de la estructura protegida está en contacto con una esfera de radio, que rodará

alrededor y en la parte superior de la estructura en todas las direcciones. De esta forma, la esfera solamente tocará el sistema de captación.

Para todas las estructuras con una altura mayor que el radio de la esfera rodante, se podrán producir descargas laterales. Cada punto lateral tocado por la esfera rodante es un posible punto de impacto. Aunque, las probabilidades de descargas laterales son generalmente despreciables en estructuras con alturas menores a 60 metros.

Conclusión

Se instalará el sistema de captación que se determine en el mástil meteorológico, cumpliendo la altura total del edificio 50 metros y siendo menor que los 60 metros mínimos por lo que las descargas laterales se consideran despreciables.

Para una intensidad de cresta que hemos determinado en 16 kA, se tomará como radio de la esfera rodante 60 metros teniendo un nivel SPCR de IV.

6.3. Disyuntores/ Autoválvulas

Se determinará las características de las autoválvulas de la subestación según la norma de referencia UNE-EN IEC 60099-5:2018

Para ello se seguirá para su cálculo, cada uno de los pasos correspondientes:

Selección de la Tensión asignada U_R

Esta es la tensión eficaz máxima que puede soportar un pararrayos durante 10 segundos después de someterse a descargas de corriente según los ensayos que se definen en la UNE EN 60099-4. Los valores normalizados de las tensiones asignadas se indicarán en la tabla 2 de la UNE-EN 60099-4 2016, en la que se apreciará un gran rango de escalones discretos de tensión.

Gamas de Tensión asignadas (kV eficaces)	Escalones de Tensión asignada (kV eficaces)
3-30	1
30-54	3
54-96	6
96-288	12
288-396	18
396-756	24

Se puede emplear el concepto que siempre deberá cumplimentarse y que debe ser superior que la sobretensión temporal equivalente de 10 segundos de duración, U_{equ}. Deberá cumplirse:

$$U_R > U_{equ} = U_t * (\frac{T_t}{10})^{md}$$

Siendo:

U_t: *Sobretensión temporal representativa de duración* U_t *siendo su valor* $U_t = k * (U_s/\sqrt{3})$.

k : *factor de defecto a tierra (ITC RAT* 01)(*Falta a tierra* 1,4; *pérdida de carga* 1,2).

U_s: *Tensión más elevada para el material.*

T_t: *Tiempo de despeje de falta.*

md : Coeficiente de caracterización de la curva sobretensión
− tiempo del pararrayos (0,018 a 0,022).

Se suele tomar como margen de seguridad entre U_R y U_{equ} un 5% a un 15% para poder tener en cuenta posibles imprecisiones en el cálculo. Si el nivel de protección resultase insuficiente, sería posible elegir un pararrayos con una tensión asignada inferior al valor establecido, mientras que el pararrayos fuera capaz de absorber la energía producida por dichas sobretensiones.

Normalmente los fabricantes facilitan la capacidad para soportar sobretensiones temporales TOVc (Temporary Overvoltages Capability) correspondiente al valor eficaz de la máxima sobretensión temporal a frecuencia industrial que soporta el pararrayos en un tiempo determinado. Los fabricantes suelen proporcionar un valor de TOVc para 1 segundo y para 10 segundos. El valor de TOVc para 10 segundos suele ser algo superior al valor de tensión asignada, ya que se puede definir sin la necesidad de aplicación previamente de descargas de corriente.

Tensión de funcionamiento continuo U_c

La tensión de funcionamiento continuo es la tensión máxima eficaz que puede soportar un pararrayos de manera permanente garantizando su correcto funcionamiento frente a la corriente de las descargas del rayo que se puedan llegar a producir. Esto se comprobará mediante ensayos según la UNE-EN 60099-4. Este valor viene dado por:

a. Redes con extinción automática de defecto a tierra.

$$U_c = 1{,}05 * \frac{U_s}{\sqrt{3}}$$

b. Redes con neutro aislado o a tierra a través de bobina y sin extinción automática.

$$U_c = 1{,}05 * U_s$$

Siendo:
1,05: Factor de corrección por la posible presencia de armónicos en la red.
U_s: Tensión más elevada para el material.

Selección de la corriente nominal I_n

Es el valor de cresta del impulso de corriente de tipo rayo en forma de onda utilizada para designar el pararrayos. Los valores normalizados de la corriente nominal de descarga son 1,5kA, 2,5kA, 5kA, 10Ka y 20Ka. En la práctica, para los valores de U_s< 72,5kV, se suelen emplear en pararrayos de comprendidos entre valores de 5kA y 10kA, siendo el último valor el que se escoge para el mayor valor de probabilidad de existencia de rayos, es decir para más de un impacto al año por kilómetro. Para las redes de U_s>72,5 kV, se suele emplear pararrayos que comprenden valores de 10kA y 20kA, siendo este último valor el escogido para más de un impacto al año por kilómetro.

La tabla 4 perteneciente a la UNE-EN 60099-4, asocia la corriente nominal In a un valor de impulso de corriente de gran amplitud que el pararrayos que debe soportar.

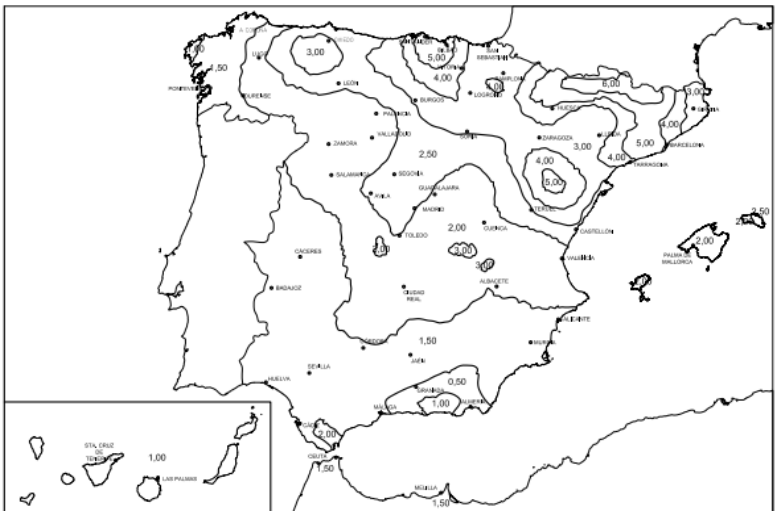


Figura 21: Mapa de densidad de impactos sobre el terreno

Línea de fuga l_t

Es la longitud medida a lo largo del perímetro del aislamiento externo de un equipo y que caracteriza su resistencia frente a la contaminación. Se definen cuatro niveles de contaminación; nivel I para una contaminación ligera, nivel II para una contaminación media, nivel III para una contaminación fuerte y nivel IV para una contaminación muy fuerte, según estipula en la norma UNE-EN 60071-2 1999. Para cada nivel, se establece un valor de línea de fuga mínima específica, expresado en mm/kV de la tensión máxima de la red.

$$l_t = l_e * U_s$$

Siendo l_e la línea de fuga específica que depende del nivel de contaminación que se considere.

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV[1)]
I Ligero	– Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción – Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes – Zonas agrícolas[2)] – Zonas montañosas Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar[3)]	16,0
II Medio	– Zonas con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción – Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia – Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros)[3)]	20,0
III Fuerte	– Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación. – Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar[3)]	25,0
IV Muy fuerte	– Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos. – Zonas, generalmente de extensión moderada, muy próximas a la costa y expuestas a pulverización salina o a vientos muy fuertes y contaminados desde el mar. – Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestos a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular.	31,0

Figura 22: Línea de fuga según nivel de contaminación

Tensión residual y niveles de protección

La tensión residual U_{res} de un pararrayos es el valor de cresta de la tensión que ocurre entre sus bornes durante el paso de una corriente de descarga. Ese valor depende de la forma de onda y de la propia magnitud de la corriente de descarga. Se obtendrá, por tanto, para diferentes amplitudes de impulsos tipo rayo 8/20μs y cuando se trate de pararrayos de intensidad nominal 10kA o 20kA, además de para diferentes amplitudes de impulsos de corriente tipo maniobra 30/60 μs.

Se definen por tanto los niveles de protección del pararrayos tanto para impulso tipo rayo como también para tipo maniobra.

Nivel de protección a impulsos de tipo rayo U_{pl} es el valor de U_{res} para la intensidad nominal de onda 8/20μs.

Nivel de protección a impulsos tipo maniobra U_{ps} será el valor de la tensión residual del pararrayos para la corriente de impulso tipo maniobra 30/60 μs para la corriente de descarga de 0,5kA, 1kA o 2kA. A falta de datos más precisos se puede tomar $U_{ps} = 2U_r$.

Tensión soportada de coordinación U_{cw} es la máxima tensión que tendrá que soportar el objeto protegido, pudiendo ser muy superior que U_{pl}.

$$U_{cw} = U_{pl} + \frac{A}{N_l} * \frac{l}{(L_{sp} + L_f)}$$

Siendo:
l: Distancia entre el objeto a proteger y el "pararrayos".
L_{sp}: *Longitud del vano en cuyo extremo estará conectado el pararrayos*
.
L_f : Tramo de línea necesario para que la tasa anual de fallos sea "aceptable".
A: Parámetro según la naturaleza de la línea. Valores ofrecidos por la tabla E2 de la UNE-EN IEC 60071-2:2018.

Para líneas de distribución:	
Con crucetas puestas tierra	900
Con apoyos de madera	2700
Para líneas de transporte:	
De un solo conductor	4500
De doble haz	7000
De cuádruple haz	11000
De haz con seis u ocho conductores	17000

El aislamiento del material a proteger debe de ser capaz de poder soportar una tensión especificada U_{rw} superior que U_{cw} tal que:

$$U_{rw} = 1{,}15 * U_{cw}$$

El factor 1,15 es el exigido por norma, aunque luego en la práctica se utiliza el 1,2.

En la norma UNE-EN 60088-4 se establecen las diferentes clases normalizadas, tales como las curvas características que relacionan la energía que es capaz de absorber el pararrayos por unidad de tensión asignada con el cociente entre el nivel de protección frente a onda de maniobra, U_{ps}, del pararrayos y su tensión asignada U_R. Para el valor

más habitual de $(U_{ps}/U_R) \approx 2$ la energía por unidad de tensión asignada coincidirá con la cifra que caracterice la clase 1,2,3,4 o 5. A excepción de esto, los pararrayos de clase 4 será de 4,2 kJ/kV en vez de 4kJ/kV.

Capacidad de absorción de energía

La capacidad de absorción de energía se define para los pararrayos de corriente nominal de descarga de 10kA y 20kA. Existen cinco clases normalizadas: clases 1,2 y 3 para los pararrayos de 10kA de corriente nominal, y clases 4 y 5 para los de 20kA. Para cada una de las clases se definirá una amplitud y una duración del impulso de corriente rectangular que deberá ser capaz de soportar el pararrayos: los de clase 1 soportaran menor intensidad y duración, mientras que los de clase 5 son los que pueden soportar impulsos de corriente de larga duración más severos.

Mediante ensayos en laboratorio, el fabricante determinará la capacidad de absorción de energía por el pararrayos por unidad de tensión asignada (kJ/kV). Se bastará con multiplicar este factor por la tensión asignadas al pararrayos U_R para determinar la energía máxima que pueda ser capaz de soportar.

Los pararrayos de óxidos metálicos deberán ser capaces de poder absorber la energía, W, causada por sobretensiones transitorias de la red causadas por la conexión y reenganche de las líneas de gran amplitud, la descarga de un banco de condensadores o de un cable, si se produce el recebado en la maniobra de los interruptores o la energía causada a impactos de rayo en conductores de líneas aéreas. Aunque la manera más apropiada para determinar la energía absorbida por un pararrayos es a través de estudios numéricos. La norma UNE-EN 60099-5, establece tres expresiones analíticas simplificadas para poder estimar la energía de cada una de las solicitaciones.

a. Energía de conexión y reenganche de líneas

$$W = 2 * U_{ps} * (U_t - U_{ps}) * \frac{T_w}{|Z_0|}$$

U_{ps}: Nivel de protección frente a ondas de maniobra
U_t: Amplitud de la sobretensión por conexión y reenganche de la línea
T_w: Tiempo de propagación de la sobretensión
$|Z_0|$: Módulo de la impedancia característica de la línea

b. Energía debida a maniobras de condensadores o cables

$$W = \frac{1}{2} * C * ((3U_0)^2 - (\sqrt{2}U_R)^2)$$

C: Capacidad del banco de condensadores o de los cables
U_0: Cresta de la tensión de fase de servicio

c. Energía debida al impacto de un rayo

$$W = [2 * U_f - N_l * U_{pl} * (1 + ln\frac{U_f}{U_{pl}})] * \frac{U_{pl} * T_r}{|Z_0|}$$

U_{pl}: Tensión a impulsos tipo rayo del "pararrayos".
U_f: Tensión de cebado en polaridad negativa
N_l: Número de líneas conectadas al pararrayos
T_r: Duración del defecto (300µs)

Clase delimitador de presión

La clase delimitador de presión se refiere al valor de la corriente de cortocircuito interna que soporta el pararrayos sin la destrucción de su envolvente. El valor debe ser igual o mayor a la máxima corriente de cortocircuito prevista en el punto en el que se instale el pararrayos. El peor caso y el más peligroso sería la destrucción de la envolvente de porcelana de los pararrayos.

Datos de partida

Para las líneas entrantes de 66kV, supondremos el diseño de las autoválvulas de la subestación a proyectar conociendo los siguientes datos:

- Número de líneas protegidas por el pararrayos, N_l: 1.
- Longitud de la línea en la que se instala el pararrayos: 4m
- Impedancia característica de línea: 360 Ω
- Longitud desde dónde emplazamos el pararrayos hasta el embarrado: m
- Nivel de contaminación Muy fuerte (Clase IV) por lo que la línea de fuga específica según tabla 1 de UNE-EN 60071-2:1999 será $l_e = 31mm/kV$.
- Velocidad de propagación de la onda: 300 m/µs.
- Tiempo de despeje de falta T_t. Tomamos 0,5 segundos.
- Número de impactos de rayos en la zona de ubicación de la subestación según documento SUA 8 del CTE.
- Duración del defecto, en este caso de un rayo T_r. Su valor normativo según UNE-EN 60099-4:2014 es de 300µs.
- Tensión a impulsos tipo rayo del "pararrayos". Este dato se toma del catálogo de la familia de pararrayos que se tenga previsto instalar, en este caso 20 kV.
- Tensión de cebado en polaridad negativa. Dato facilitado por la empresa distribuidora: 500kV.

1. Selección de la tensión asignada

Utilizando el factor de defecto a tierra más desfavorables, en este caso la de falta a tierra con un valor asignado de 1,4. Además de un tiempo de despeje de falta característico de 0,5 segundos y un coeficiente de caracterización de la curva con un valor de 0,018:

$$U_r > U_{equ} = U_t * (\frac{T_t}{10})^{md}$$

$$U_t = k * \frac{U_s}{\sqrt{3}} = 1{,}4 * \frac{72{,}5}{\sqrt{3}} = 58{,}6\ kV$$

$$U_r > U_{equ} = 58{,}6 * (\frac{0{,}5}{10})^{0{,}018} = 55{,}52\ kV$$

Si suponemos como margen de seguridad un 5%:

$$U_r > U_{equ} = \ 1{,}05 * 58{,}6\ = 61{,}53kV$$

Tomamos entonces:

$$U_r = 66\ kV$$

2. Tensión de servicio continuo, Uc

Para redes con extinción automática de defecto a tierra la tensión de servicio continuo se calculará:

$$U_c = 1{,}05 * \frac{U_s}{\sqrt{3}} = 1{,}05 * \frac{72{,}5}{\sqrt{3}} = 43{,}95\ kV$$

3. Selección de la corriente nominal In

Como $U_s \geq 72{,}5\ kV$ y como la densidad de impactos es mayor a un impacto al año por kilómetro cuadrado, se toma:

$$I_n = \ 20\ kA$$

4. Línea de fuga

Teniendo un nivel IV por la fuerte contaminación según la norma UNE EN 60071-2 1999 se determina que la línea de fuga será:

$$l_t = l_e * U_s = 31 \frac{mm}{kV} * 72{,}5 = 2247{,}5\ mm$$

5. Tensión residual y niveles de protección

La tensión residual depende de la forma de onda y de la magnitud de la corriente de descarga y, en cuanto a la tensión soportada de coordinación podrá ser mucho mayor que la U_{pl}.

La U_{pl} la obtendremos de catálogo, con la U_r calculada anteriormente.

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Tensión de trabajo continuo máxima 1)		Capacidad de sobretensiones temporales 2)		Tensión residual máxima con onda de corriente						
		según IEC	según ANSI/IEEE			30/60 µs			8/20 µs			
U_m kV_{rms}	U_r kV_{rms}	U_c kV_{rms}	MCOV kV_{rms}	1 s kV_{rms}	10 s kV_{rms}	0,5 kA kV_{pico}	1 kA kV_{pico}	2 kA kV_{pico}	5 kA kV_{pico}	10 kA kV_{pico}	20 kA kV_{pico}	40 kA kV_{pico}
24 3)	18	14,4	15,3	20,7	19,8	37,1	38,5	40,3	44,0	46,7	52,3	59,7
	21	16,8	17,0	24,1	23,1	43,2	44,9	47,0	51,3	54,4	61,0	69,7
	24	19,2	19,5	27,6	26,4	49,4	51,3	53,8	58,7	62,2	69,7	79,6
	27	21,6	22,0	31,0	29,7	55,6	57,7	60,5	66,0	70,0	78,4	89,6
36 3)	30	24,0	24,4	34,5	33,0	61,7	64,2	67,2	73,3	77,7	87,1	100
	33	26,4	26,7	37,9	36,3	67,9	70,6	73,9	80,6	85,5	95,8	110
	36	28,8	29,0	41,4	39,6	74,1	77,0	80,6	88,0	93,3	105	120
	39	31,2	31,5	44,8	42,9	80,3	83,4	87,3	95,3	102	114	130
	42	34	34,0	48,3	46,2	86,4	89,8	94,0	103	109	122	140
	48	38	39,0	55,2	52,8	98,8	103	108	118	125	140	160
52	42	34	34,0	48,3	46,2	86,4	89,8	94,0	103	109	122	140
	48	38	39,0	55,2	52,8	98,8	103	108	118	125	140	160
	51	41	41,3	58,6	56,1	105	109	115	125	133	148	170
	54	43	42,0	62,1	59,4	112	116	121	132	140	157	180
	60	48	48,0	69,0	66,0	124	129	135	147	156	175	199
	66	53	53,4	75,9	72,6	136	142	148	162	171	192	219
72	54	43	42,0	62,1	59,4	112	116	121	132	140	157	180
	60	48	48,0	69,0	66,0	124	129	135	147	156	175	199
	66	53	53,4	75,9	72,6	136	142	148	162	171	192	219
	72	58	58,0	82,8	79,2	149	154	162	176	187	209	239
	75	60	60,7	86,2	82,5	155	161	168	184	195	218	249
	84	67	68,0	96,6	92,4	173	180	188	206	218	244	279
	90	72	72,0	103	99,0	186	193	202	220	234	262	299
	96	77	77,0	110	105	198	206	215	235	249	279	319

Por lo que tendremos una U_{pl} de 192 kV.

Para su cálculo tendremos en cuenta la distancia entre el objeto a proteger, el interruptor, y el pararrayos. Esta distancia la estimamos en 4 metros siendo la más desfavorable. La longitud referente del vano en cuyo extremo estará conectado al pararrayos es un dato constructivo y será de 9 metros.

Con todo esto necesitaremos el tramo de línea necesario para que la tasa anual de fallos corresponda con la "aceptable". Limitando los fallos aceptables al 2,5% y sabiendo que la tasa de impactos de la zona es de 1,5:

$$L_f = \frac{R_a}{N_{cb}} = \frac{0{,}0025}{0{,}015} = 167\ m$$

Después obtendremos el parámetro "A" según la tabla E2 de la UNE EN IEC 60071-2:2018 que nos dará 4500 para líneas de transporte de un solo conductor. Sabiendo que el número de línea es 1 y que el nivel de protección a impulsos calculado anteriormente es de 192 kV, podemos establecer:

$$U_{cw} = U_{pl} + \frac{A}{N_l} * \frac{l}{(L_{sp} + L_f)} = 192 + \frac{4500}{1} * \frac{4}{(9 + 167)} \approx 295\ kV$$

Como comprobación, tendrá que suceder que:

$$\frac{U_{cw}}{U_{pl}} \geq 1{,}2$$

$$\frac{U_{cw}}{U_{pl}} = \frac{295}{192} = 1{,}54 \geq 1{,}2$$

6. Capacidad de absorción de energía

a. Energía de conexión y reenganche de líneas de 66kV

La U_{ps} se calculó anteriormente con un valor de 148 kV. La U_t se referirá a la amplitud de la sobretensión debida a la conexión y reenganche que se calcula como:

$$U_t = 2{,}5 * \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} * U_s = 148\ kV$$

En cuanto al tiempo de propagación de la sobretensión, vendrá dada en longitud de línea partido de velocidad de la onda. La longitud de la línea será de 4 metros y la velocidad de la onda se conoce y es de 300 m/µs. Por lo que el valor de T_w será de 13 µs.
La impedancia de la línea se proporciona por REE y se estima en 360 Ω.

$$W = 2 * U_{ps} * (U_t - U_{ps}) * \frac{T_w}{|Z_0|}$$

$$W = 2 * 2 * U_R * (2{,}5 * \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} U_s - 2 * U_R) * \frac{\frac{long}{vel.onda}}{|Z_0|}$$

$$W = 2 * 2 * U_R * (2{,}5 * \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} U_s - 2 * U_R) * \frac{\frac{long}{vel.onda}}{|Z_0|} = 0\ J$$

b. Energía debida a maniobras de condensadores o cables

$$W = \frac{1}{2} * C * ((3U_0)^2 - (\sqrt{2}U_R)^2)$$

No lo calculamos porque no tenemos condensadores

c. Energía debida al impacto de un rayo

$$W = [2 * U_f - N_l * U_{pl} * (1 + ln\frac{U_f}{U_{pl}})] * \frac{U_{pl} * T_r}{|Z_0|}$$

$$W = [2 * U_f - N_l * U_{pl} * (1 + ln\frac{U_f}{U_{pl}})] * \frac{U_{pl} * T_r}{|Z_0|}$$

$$W = [2 * 295 - 1 * 192 * (1 + ln\frac{295}{192})] * \frac{192 * 300}{360} = 590\ kJ$$

Por lo tanto, las características finales que se tendrán en cuenta en la elección de las autoválvulas de 66kV serán:

Características	
Nivel de aislamiento	72,5 kV
Tensión nominal, U_R	61,53 kV
Tensión máxima de servicio continuo, U_C	43,95 kV
Tensión residual máxima con onda 8/20 ms – 10kA	192 kV
Corriente nominal de descarga	20 kA

Datos de partida

Para las líneas entrantes de 66kV, supondremos el diseño de las autoválvulas de la subestación a proyectar conociendo los siguientes datos:

- Número de líneas protegidas por el pararrayos, N_l: 1.
- Longitud de la línea en la que se instala el pararrayos: 4 m
- Impedancia característica de línea: 360 Ω
- Longitud desde dónde emplazamos el pararrayos hasta el embarrado: m
- Nivel de contaminación Muy fuerte (Clase IV) por lo que la línea de fuga específica según tabla 1 de UNE-EN 60071-2:1999 será $l_e = 31mm/kV$.
- Velocidad de propagación de la onda: 300 m/µs.
- Tiempo de despeje de falta T_t. Tomamos 0,5 segundos.
- Número de impactos de rayos en la zona de ubicación de la subestación según documento SUA 8 del CTE.
- Duración del defecto, en este caso de un rayo T_r. Su valor normativo según UNE-EN 60099-4:2014 es de 300µs.
- Tensión a impulsos tipo rayo del "pararrayos". Este dato se toma del catálogo de la familia de pararrayos que se tenga previsto instalar, en este caso 20 kV.
- Tensión de cebado en polaridad negativa. Dato facilitado por la empresa distribuidora: 500kV.

1. Selección de la tensión asignada

   Utilizando el factor de defecto a tierra más desfavorables, en este caso la de falta a tierra con un valor asignado de 1,4. Además de un tiempo de despeje de falta característico de 0,5 segundos y un coeficiente de caracterización de la curva con un valor de 0,018:

$$U_r > U_{equ} = U_t * (\frac{T_t}{10})^{md}$$

$$U_t = k * \frac{U_s}{\sqrt{3}} = 1{,}4 * \frac{245}{\sqrt{3}} = 198\ kV$$

$$U_R > U_{equ} = 198 * (\frac{0{,}5}{10})^{0{,}018} = 187{,}6\ kV$$

Tomamos entonces:

$$U_R = 198\ kV$$

2. Tensión de servicio continuo, Uc

Para redes con extinción automática de defecto a tierra la tensión de servicio continuo se calculará:

$$U_c = 1{,}05 * \frac{U_s}{\sqrt{3}} = 1{,}05 * \frac{245}{\sqrt{3}} = 149\ kV$$

3. Selección de la corriente nominal In

Como $U_s \geq 72{,}5\ kV$ y como la densidad de impactos es mayor a un impacto al año por kilómetro cuadrado, se toma:

$$I_n = \ 20\ kA$$

4. Línea de fuga

Teniendo un nivel IV por la fuerte contaminación según la norma UNE EN 60071-2 1999 se determina que la línea de fuga será:

$$l_t = l_e * U_s = \ 31 \frac{mm}{kV} * 245 = 7595\ mm$$

5. Tensión residual y niveles de protección

La tensión residual depende de la forma de onda y de la magnitud de la corriente de descarga y, en cuanto a la tensión soportada de coordinación podrá ser mucho mayor que la U_{pl}.

La U_{pl} la obtendremos de catálogo, con la U_R calculada anteriormente.

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Tensión de trabajo continuo máxima 1)		Capacidad de sobretensiones temporales 2)		Tensión residual máxima con onda de corriente						
		según IEC	según ANSI/IEEE			30/60 µs			8/20 µs			
U_m kV_{rms}	U_r kV_{rms}	U_C kV_{rms}	MCOV kV_{rms}	1 s kV_{rms}	10 s kV_{rms}	0,5 kA kV_{pico}	1 kA kV_{pico}	2 kA kV_{pico}	5 kA kV_{pico}	10 kA kV_{pico}	20 kA kV_{pico}	40 kA kV_{pico}
170	132	106	106	151	145	254	262	272	295	311	342	382
	144	108	115	165	158	277	286	297	322	339	373	417
	150	108	121	172	165	288	298	309	335	353	388	434
	162	108	131	186	178	312	321	334	362	381	419	469
	168	108	131	193	184	323	333	346	376	395	435	486
	192	108	152	220	211	369	381	396	429	452	497	555
245	180	144	144	207	198	346	357	371	402	423	466	521
	192	154	154	220	211	369	381	396	429	452	497	555
	198	156	160	227	217	381	393	408	443	466	512	573
	210	156	170	241	231	404	417	433	469	494	543	608
	216	156	175	248	237	415	428	445	483	508	559	625
	219	156	177	251	240	421	434	451	489	515	567	634
	222	156	179	255	244	427	440	458	496	522	574	642
	228	156	180	262	250	438	452	470	510	536	590	660

Por lo que tendremos una U_{pl} de 512 kV.

Para su cálculo tendremos en cuenta la distancia entre el objeto a proteger, el interruptor, y el pararrayos. Esta distancia la estimamos en 4 metros siendo la más desfavorable. La longitud referente del vano en cuyo extremo estará conectado al pararrayos es un dato constructivo y será de 9 metros.
Con todo esto necesitaremos el tramo de línea necesario para que la tasa anual de fallos corresponda con la "aceptable". Limitando los fallos aceptables al 2,5% y sabiendo que la tasa de impactos de la zona es de 1,5:

$$L_f = \frac{R_a}{N_{cb}} = \frac{0{,}0025}{0{,}015} = 167\ m$$

Después obtendremos el parámetro "A" según la tabla E2 de la UNE EN IEC 60071-2:2018 que nos dará 4500 para líneas de transporte de un solo conductor. Sabiendo que el número de línea es 1 y que el nivel de protección a impulsos calculado anteriormente es de 512 kV, podemos establecer:

$$U_{cw} = U_{pl} + \frac{A}{N_l} * \frac{l}{(L_{sp} + L_f)} = 512 + \frac{4500}{1} * \frac{4}{(9 + 167)} \approx 614{,}27\ kV$$

Como comprobación, tendrá que suceder que:

$$\frac{U_{cw}}{U_{pl}} \geq 1{,}2$$

$$\frac{U_{cw}}{U_{pl}} = \frac{615}{512} = 1{,}201 \geq 1{,}2$$

6. Capacidad de absorción de energía

a. Energía de conexión y reenganche de líneas de 220 kV

La U_{ps} se calculó anteriormente con un valor de 408 kV. La U_t se referirá a la amplitud de la sobretensión debida a la conexión y reenganche que se calcula como:

$$U_t = 2{,}5 * \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} * U_s = 500\ kV$$

En cuanto al tiempo de propagación de la sobretensión, vendrá dada en longitud de línea partido de velocidad de la onda. La longitud de la línea será de 4 metros y la velocidad de la onda se conoce y es de 300 m/µs. Por lo que el valor de T_w será de 13 µs.
La impedancia de la línea se proporciona por REE y se estima en 360 Ω.

$$W = 2 * U_{ps} * (U_t - U_{ps}) * \frac{T_w}{|Z_0|}$$

$$W = 2 * 2 * U_R * (2{,}5 * \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} U_s - 2 * U_R) * \frac{\frac{long}{vel.onda}}{|Z_0|}$$

$$W = 2 * 2 * U_R * (2{,}5 * \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} U_s - 2 * U_R) * \frac{\frac{long}{vel.onda}}{|Z_0|} = 2710{,}93\ J$$

b. Energía debida a maniobras de condensadores o cables

$$W = \frac{1}{2} * C * ((3U_0)^2 - (\sqrt{2}U_R)^2)$$

No lo calculamos porque no tenemos condensadores

c. Energía debida al impacto de un rayo

$$W = [2 * U_f - N_l * U_{pl} * (1 + ln\frac{U_f}{U_{pl}})] * \frac{U_{pl} * T_r}{|Z_0|}$$

$$W = [2 * U_f - N_l * U_{pl} * (1 + ln\frac{U_f}{U_{pl}})] * \frac{U_{pl} * T_r}{|Z_0|}$$

$$W = [2 * 615 - 1 * 512 * (1 + ln\frac{615}{512})] * \frac{512 * 300}{360} = 1229{,}7\ kJ$$

Por lo tanto, las características finales que se tendrán en cuenta en la elección de las autoválvulas de 66kV serán:

Características	
Nivel de aislamiento	245 kV

Tensión nominal, U_R	187,6 kV
Tensión máxima de servicio continuo, U_C	149 kV
Tensión residual máxima con onda 8/20 ms – 20kA	512 kV
Corriente nominal de descarga	20 kA

7. Servicios auxiliares

7.1. Cálculo de sección de cable

Para el cálculo de la sección de los conductores de los circuitos se ha utilizado varios métodos:

- Método de la Intensidad máxima admisible.
- Método de la Caída de tensión.
- Normalizada en la REBT/DNVGL-OS-201.

En primer lugar, necesitaremos la potencia del circuito y distinguir su naturaleza, si es motor o tomar de corriente o se destina a alumbrado. Además de saber si será monofásico o trifásico el cableado. Multiplicándose la potencia correspondiente por el factor asociado a su naturaleza, que viene indicado en la REBT siendo un 1,8 para alumbrado y un 1,25 para motores.

Tras ello obtenemos mediante la fórmula:

Si es trifásica:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}x\ U\ x\ cos\ \varphi}$$

Si es monofásica:

$$I = \frac{P}{U\ x\ cos\ \varphi}$$

Siendo:

- P: Potencia.
- U: Tensión (230V monofásica, 400V trifásica).
- $cos\ \varphi$: Factor de potencia.

Ésta se tratará de la intensidad de cálculo Ib. Tras ello elegiremos el método de instalación y sus respectivos coeficientes, tanto de temperatura como de agrupamiento que se encuentran en la norma DNVGL-OS-D201 capítulo 2, sección 2. Los cuales dividiremos a la intensidad Ib para conocer la intensidad a soportar por el conductor.

Observaremos en la tabla según el método de instalación la intensidad máxima admisible, Iz, para el cual esté más cercano nuestra intensidad, y de ahí obtendremos la sección 1 por el método de **Intensidad máxima admisible.**

Para el método de la caída de tensión máxima admisible, primero se debe saber a qué esquema corresponde la instalación según lo indicado en la ITC- BT 12. También se debe conocer las caídas máximas de tensión admisible para cada tramo de la instalación que podrá obtenerse de la ITC-BT 19.

Conocido lo anterior utilizaremos la siguiente fórmula para obtener la sección aproximada:

Si es monofásico:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{k \cdot e\% \cdot U^2} \cdot 100$$

Si es trifásico:

$$S = \frac{P \cdot L}{k \cdot e\% \cdot U^2} \cdot 100$$

Siendo:

- P: Potencia
- L: Longitud del circuito
- K: Coeficiente del material según temperatura
- e%: Caída de tensión porcentual.

Tras obtener la sección del cable aproximado en milímetros cuadrados elegiremos una sección normalizada. Más tarde usaremos las fórmulas anteriores pero esta vez metiendo la sección normalizada y obteniendo la caída de tensión porcentual que deberá de ser

menor que la de normativa. Si es menor cumplirá y será nuestra sección 2 por el método de caída de tensión.

Por último, veremos según la funcionalidad del circuito la sección de cable mínima que le corresponde procedente de la REBT y también de la DNVGL-OS-D201.

De estas 3 secciones elegiremos la mayor, siendo la más desfavorable.

7.2.Cálculo de interruptores

El interruptor magnetotérmico se calcula en función de los siguientes aspectos:

- Curva de disparo: Curva C igual a:

$$I_{mag} = 10 \cdot I_{NMAG}$$

  Siendo:

  - Imag: la intensidad asignada nominal del magnetotérmico.
  - Inmag: El calibre del fusible seleccionado de la Tabla 3 de la norma UNE-EN 60269-1:2008.

- Poder de corte: El poder de corte del interruptor magnetotérmico debe ser de una intensidad superior al valor de la intensidad de cortocircuito en el CGMP.
- Intensidad asignada nominal: El calibre nominal del interruptor se calculará en función de la intensidad en régimen nominal (In) y la intensidad máxima admisible del conductor dada por la Tabla C.52.1 bis de la norma UNE-HD 60.364-5-52.

$$I_n \leq I_{NGMAG} \leq I_{máx\ adm}$$

Posteriormente, se deben verificar las condiciones de cortocircuito.

a) $I_{mag}\,(5s) \leq I_{ccF-N}$
   Siendo,

$$I_{ccF-N} = \frac{ct \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot z_{tF-N}}$$

Siendo:

- Ct: coeficiente correspondiente al cálculo del método completo de interruptores magnetotérmicos.
- U: tensión nominal asignada (V).
- Ztf-n: Impedancia del circuito (Ω).

b) $I_{mag}\,(5s) \leq Icc\,(5s)$

$$Icc\,(5s) = \frac{k \cdot S}{\sqrt{5}}$$

Siendo:

- k: coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de sus temperaturas al principio y al final del cortocircuito (Tabla 25 de la ITC-LAT-06).
- S: sección del conductor.

7.3.Cálculo del Sistema de potencia ininterrumpido (SAI)

7.3.1. SAI 440V CA/ 230V CA para REE

7.3.1.1. Carga conectada

La potencia máxima conectada es de 26,47kW, por lo que añadimos un margen del 10% obteniendo una potencia máxima de salida de 29,117 kW.

7.3.1.2. Dimensionamiento de la SAI

De acuerdo con la potencia máxima de salida, elegiremos una SAI será de 40kVA (32kW cosφ 0,8) con una autonomía de 30 minutos.

7.3.2. SAI 440V CA/ 230V CA para Iberdrola

7.3.2.1. Carga conectada

La potencia máxima conectada es de 14,44kW, por lo que añadimos un margen del 10% obteniendo una potencia máxima de salida de 15,884 kW.

7.3.2.2. Dimensionamiento de la SAI

De acuerdo con la potencia máxima de salida, elegiremos una SAI será de 20kVA (16kW cosφ 0,8) con una autonomía de 30 minutos.

7.4.Sistemas convertidores a 110Vdc para REE

7.4.1. Carga conectada

La potencia máxima conectada en ambos sistemas es de 2,3kW, por lo que añadimos un margen del 10% obteniendo una potencia máxima de salida de 2,53 kW.

7.4.2. Dimensionamiento de la batería

El grupo de baterías debe ser capaz de proveer alimentación a los consumidores para cada uno de los cuadros en continua. Las baterías serán tipo VLRA con una autonomía de 6 horas, para una tensión final de 138V.

El modelo escogido ha sido un SBS170F de PowerSafe.

Para ello se conectarán 9 baterías en serie con un número de celdas de 6 por cada una con una tensión de 2V por celda. Con ello obtendremos la tensión aproximada deseada, y para obtener una capacidad mayor se tendrá otra fila en paralelo.

$$U_N = U_{celda} * nºceldas\ por\ bloque * Bloques\ en\ serie$$

$$U_N = 2V\ * 6\ celdas * \ 9\ bloques\ en\ serie = 108V$$

$$C_{total} = C_{10h} * Bloques\ en\ paralelo = 170\ Ah * 2 = 340\ Ah$$

7.4.3. Dimensionamiento del rectificador

El rectificador debe ser capaz de alimentar a los consumidores conectados a la unidad de baterías en caso de necesitar recargarse después de una profunda descarga de las baterías.
Por ello la potencia de recarga que demandará la batería cuando esté recargándose se calculará:

$$P_{recarga} = 0{,}1 * V_{celda} * C_{10h} * Bloques\ en\ paralelo$$

$$P_{recarga} = 0{,}1 * 138 * 170 * 2 = 4692\ W$$

Por lo tanto, sumando la potencia demandada y la potencia que se requiere para el consumidor, obtenemos la potencia requerida para el rectificador.

$$P_{recarga} + P_{demandada} = 4692 + 2530 = 7222\ W$$

7.5.Sistemas convertidores a 110Vdc para Iberdrola

7.5.1. Carga conectada

La potencia máxima conectada en ambos sistemas es de 2,3kW, por lo que añadimos un margen del 10% obteniendo una potencia máxima de salida de 2,53 kW.

7.5.2. Dimensionamiento de la batería

El grupo de baterías debe ser capaz de proveer alimentación a los consumidores para cada uno de los cuadros en continua. Las baterías serán tipo VLRA con una autonomía de 6 horas, para una tensión final de 138V.

El modelo escogido ha sido un SBS170F de PowerSafe.

Para ello se conectarán 9 baterías en serie con un número de celdas de 6 por cada una con una tensión de 2V por celda. Con ello obtendremos la tensión aproximada deseada, y para obtener una capacidad mayor se tendrá otra fila en paralelo.

$$U_N = U_{celda} * nºceldas\ por\ bloque * Bloques\ en\ serie$$

$$U_N = 2V\ * 6\ celdas * \ 9\ bloques\ en\ serie = 108V$$

$$C_{total} = C_{10h} * Bloques\ en\ paralelo = 170\ Ah * 4 = 680\ Ah$$

7.5.3. Dimensionamiento del rectificador

El rectificador debe ser capaz de alimentar a los consumidores conectados a la unidad de baterías en caso de necesitar recargarse después de una profunda descarga de las baterías.
Por ello la potencia de recarga que demandará la batería cuando esté recargándose se calculará:

$$P_{recarga} = 0{,}1 * V_{celda} * C_{10h} * Bloques\ en\ paralelo$$

$$P_{recarga} = 0{,}1 * 138 * 170 * 4 = 9384\ W$$

Por lo tanto, sumando la potencia demandada y la potencia que se requiere para el consumidor, obtenemos la potencia requerida para el rectificador.

$$P_{recarga} + P_{demandada} = 4692 + 2530 = 11914\ W$$

7.6. Balance de carga

7.6.1. Descripción

Para los cálculos de los siguientes elementos, tales como los transformadores auxiliares/ de puesta a tierra y el generador auxiliar y de emergencia se procede a considerar diversos escenarios que puede haber en la subestación y que creara distintos tipos de carga total de consumo de esta.

Se consideran entonces:

ESCENARIO 1:

Ambos transformadores auxiliares funcionan y los interruptores de acople están abiertos.

Se considerará el funcionamiento normal de la subestación, esto significa:

- Subestación inhabitada
- Sin iluminación
- Sin grandes consumidores (Grúa principal, grúa plegable…)
- Sin funcionamiento de las tomas de corriente

Este escenario no es el peor de todos, pero es el que a la subestación estará sometida durante el mayor tiempo de su vida útil. Estudiar este escenario permite comparar los resultados de la potencia que demanda realmente la subestación con respecto a los servicios instalados.

Por lo tanto, este escenario representa la carga mínima demandada por los servicios auxiliares de la subestación, sin considerar la máxima carga de climatización que podría demandarse.

ESCENARIO 2:

Ambos transformadores auxiliares funcionan y los interruptores de acople están abiertos.

Se considerará el funcionamiento normal de la subestación cuando esté habitada, Este funcionamiento normal entiende la posibilidad de funcionamiento de la grúa principal y otros consumidores grandes, lo cual significa:

- Subestación habitada
- Con iluminación
- Con grandes consumidores
- Con funcionamiento de las tomas de corriente

Adicionalmente este escenario 2 estará dividido en:

Escenario 2.1: Los dos transformadores auxiliares trabajando juntos con los interruptores de acople abiertos.

Escenario 2.2: Un transformador auxiliar trabajando sólo con los interruptores de acople cerrados.

Escenario 2.3: Los dos transformadores auxiliares están en avería y el sistema de baja tensión es alimentado por el generador auxiliar principal. Este escenario también se dará durante la puesta en marcha de la subestación.

ESCENARIO 3:

Este escenario estudiará las condiciones de emergencia en la subestación cuando esté habitada considerando el peor de los escenarios posibles cuando tanto por red como por generador auxiliar principal no se pueda alimentar los servicios auxiliares.

La climatización entrará, en estas condiciones, en servicio de emergencia.

7.6.2. Metodología

Para el dimensionamiento de los transformadores auxiliares, el generador auxiliar principal y el de emergencia, se calcularán las distintas potencias totales para cada escenario a estudiar.

Para cada escenario se considerará en los cuadros principales unos factores de funcionamiento o simultaneidad previendo el porcentaje de utilización y/o carga que pueda soportar dicho consumidor durante el evento.

Para dimensionar los transformadores auxiliares se tendrá en cuenta su peor escenario para cuando tengan una demanda de carga superior, en este caso el escenario 2.2 cuando solo trabaje uno y alimente a toda la subestación simultáneamente.

Para el dimensionamiento del generador auxiliar se tendrá en cuenta su peor escenario el cual será el 2.3 para cuando sendos transformadores estén fuera de servicio y la alimentación corra a cargo del generador auxiliar principal.

Y, finalmente, para el generador de emergencia se considerará el escenario 3 que estudia mismamente las condiciones de emergencia cuando todos los transformadores y también el generador auxiliar estén averiados.

7.6.3. Nomenclatura de circuitos

La denominación de los circuitos individuales y agrupados que se enumeran en el balance de carga y que están reflejados en los consecuentes planos incluidos en el Anexo: Planos vendrán nombrados tal que:

- Se nombre abreviadamente su localización o su función
- Se incluya su naturaleza trifásica o monofásica
- Se incluya si es de corriente alterna o continua

Ejemplo: Para la grúa principal de naturaleza trifásica, corriente alterna y primer circuito sería:
Grua_princ(T)-CA-1

7.6.4. Resumen balance de carga

POTENCIA TOTAL EN CADA ESCENARIO	
Potencia total escenario 1	**245,90 kW**
Potencia total escenario 2.1	**590,19 kW**
Potencia total escenario 2.2	**588,69 kW**
Potencia total escenario 2.3	**337,19 kW**
Potencia total escenario 3	**296,89 kW**

7.7.Iluminación

7.7.1. Niveles de iluminación

De acuerdo con la IEC 61892-2, en la sección 9 A.1.3, los niveles de iluminación que se encontrarán se describen en las siguientes tablas:

Niveles generales de iluminación:

Área	Iluminación normal		
	Iluminación media E (lux)	Iluminación mínima E (lux)	Iluminación máxima E (lux)
Áreas generales a la intemperie	50	20	100
Áreas generales interiores, corredores…	100	40	200
Escaleras	150	60	300

Áreas ocasionalmente habitadas	150	60	300
Áreas frecuentemente habitadas	300	150	450
Plantas de perforación	300	150	450
Salas de control – Laboratorios	500	250	750
Salas de máquinas – Salas de bombas	200	80	400
Salas de máquinas auxiliares	200	80	400
Talleres	300	120	600
Salas de cuadros de distribución	300	150	450
Oficinas	500	250	750
Lavandería, comedor y cocinas	300	120	600
Hospital	300	120	360
Lugar destacado del hospital	1000	500	1500
Habitación de radio	500	250	750
Lugar de emergencia hospital	300	120	360

La verificación de los niveles de iluminación se hará mediante la medición del nivel del suelo a **un metro de altura** en áreas generales y en los lugares de trabajo dónde el nivel sea el requerido.

Se tendrá en cuenta para la iluminación el deterioro de las luminarias y la acumulación de polvo u otros elementos.

El número de los puntos de medida que se requieren para medir un área se basa en el denominado índice de área que está determinado por el diseño de toda el área.

Éste índice se calculará mediante la expresión:

$$K = \frac{(a * b)}{h * (a + b)}$$

Siendo:

K: Índice de área

a: Ancho de la habitación

b: Largo de la habitación

h: Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo

La siguiente tabla puede guiarnos en el número de puntos de iluminación necesarios dependiendo del índice de área.

Índice de área	**Número de puntos**
Menor que 1	4
De 1 hasta 2	9
De 2 hasta 3	16
Mayor que 3	25

Para los niveles de iluminación de escape se utilizará la siguiente tabla:

Área	Iluminación de escape	
	Iluminación media E (lux)	Iluminación mínima E (lux)
Rutas de escape de áreas generales a la intemperie	5	1
Rutas de escape de áreas generales interiores, corredores…	5	1
Rutas de escaleras	5	1
Áreas ocasionalmente habitadas	5	1
Áreas frecuentemente habitadas	10	2
Plantas de perforación	20	3
Salas de control – Laboratorios	250	125
Salas de máquinas – Salas de bombas	10	1
Talleres	10	1
Salas de cuadros de distribución	10	2
Oficinas	10	1
Lavandería, comedor y cocinas	5	1
Hospital	300	120
Lugar destacado del hospital	1000	500
Habitación de radio	250	125
Lugar de emergencia hospital	300	120
Estaciones de carga	20	3
Botes salvavidas	20	3

7.7.2. Metodología y herramienta software

Se ha utilizado para la realización de este anexo de iluminación el software DIALux evo 10 de acuerdo con los estándares europeos y españoles correspondientes.

Los siguientes pasos para hacer la simulación serán:

- Insertar los planos correspondientes en formato .dwg procedentes de AutoCAD para conocer la posición de los equipos y el dimensionamiento de las salas.
- Crear las salas y plantas según el diseño correspondientes e intentar modelar el equipamiento de la forma óptima que hubiera.
- Editar las necesidades de cálculo para nuestras necesidades.
- Correr el programa y obtener los resultados correspondientes.

7.7.3. Datos obtenidos

	Iluminación normal		Iluminación de emergencia	
Cubierta Inferior	IEC	obtenido	IEC	obtenido
Plano general	50	165	5	12.7/6.95
Separadora de aceite	100	164	5	30.1
Vestuario 1	100	434	5	54.8
Vestuario 2	100	430	5	55.2
Acceso jacket 1	150	211	5	54.6
Acceso jacket 2	150	211	5	55.3

	Iluminación normal		Iluminación de emergencia	
Cubierta Principal	IEC	obtenido	IEC	obtenido
Área exterior	50	114	5	20
66kVGIS izquierdo	300	319	10	29
66kVGIS derecho	300	309	10	14,2
220kVGIS superior	300	315	10	10,5
220kVGIS inferior	300	313	10	10,3
Reactor Shunt superior	300	361	10	23,1
Reactor Shunt inferior	300	366	10	12,1
Sala transformadores superior	300	301	10	11,3
Sala transformadores inferior	300	326	10	11,7
Control MV 1	500	535	250	268
Control MV 2	500	564	250	284

Sala batería IBR 1	300	320	10	65,2
Sala batería IBR 2	300	360	10	37,1
Sala batería REE 1	300	345	10	39
Sala batería REE 2	300	376	10	65,6

	Iluminación normal		Iluminación de emergencia	
Cubierta Útil	IEC	obtenido	IEC	obtenido
Pasarela exterior izquierdo	50	103	5	5.2
Pasarela exterior derecha	50	95.8	5	5.1
Almacén de bienes peligrosos	200	242	10	18.6
Sala de contraincendios 1	200	236	10	26.2
Sala de contraincendios 2	200	336	10	35.4
Sala de control y BT REE 1	300	303	10	126
Sala de control y BT REE 2	300	329	10	121
Sala de control y BT IBR 1	300	348	10	151
Sala de control y BT IBR 2	300	394	10	179
Sala del compresor 1	200	200	10	36.1
Sala del compresor 2	200	262	10	39.4
Pasarela superior Shunt	100	149	5	51.9
Pasarela inferior Shunt	100	134	5	36.1
Pasarela superior Transformadores	100	139	5	11.5
Pasarela inferior Transformadores	100	135	5	11.5
Banco refrigeración shunt superior	100	177	5	27.4
Banco refrigeración shunt inferior	100	141	5	33.7
Banco refrigeración transformadores superior	100	134	5	10.5
Banco refrigeración transformadores inferior	100	120	5	8.77
Taller	300	310	10	37.3
Sala de climatización	200	205	10	28.8
Sala de reuniones	500	526	10	29.7
Baño 1	100	148	5	21.7
Baño 2	100	144	5	21.6
Despensa	100	101	5	20.6
Enfermería	300	386	150	157

	Iluminación normal		Iluminación de emergencia	
Cubierta Superior	IEC	obtenido	IEC	obtenido
Zona exterior	50	55	5	9
Generador de emergencia 1	200	270	10	44,6
Generador de emergencia 2	200	266	10	47,4
Helipuerto	50	167	5	58,2

CONTRA INCENDIOS

Índice

Contenido

INTRODUCCIÓN.....163
1. Protección pasiva contra el fuego 164
2. Áreas específicas de protección activa contra el fuego.....168
3. Sistemas de contra incendios 169
4. Sistemas de alarma o detección de gas/ fuego 170
5. Miscelánea.....171

INTRODUCCIÓN

Para la conformación de este documento se ha tenido en cuenta como normativa general el documento básico de contra incendios entendiendo su insuficiencia al no albergar en su haber apartados específicos para instalaciones deslocalizadas.

Aun así, y tal y como refiere el propio DB: "*Pueden utilizarse otras soluciones diferentes a las contenidas en este DB, en cuyo caso deberá seguirse el procedimiento establecido en el artículo 5 del Código Técnico de Edificación y deberá documentarse en el proyecto el cumplimiento de las exigencias básicas*".

Y ese mismo artículo que hace referencia, en su aparado "a" especifica que se podrán adoptar soluciones técnicas basadas en los DB, cuya aplicación en el proyecto, en la ejecución de la obra o en el mantenimiento y conservación del edificio sea suficiente para acreditar el cumplimiento de las exigencias básicas relacionadas con dichos DB.

Asimismo, en el propio DB-SI se relata para aquellas instalaciones no encontradas en el documento: "*Los edificios, establecimientos o zonas cuyo uso previsto no se encuentre entre los definidos en el Anejo SI A de este DB deberán cumplir, salvo indicación en otro sentido, las condiciones particulares del uso al que mejor puedan asimilarse*".

Del mismo modo, para todos los vacíos y de forma complementaria se cumplirá con los requisitos estipulados en la norma DNVGL-OS-D301 para protección contra el fuego.

Esta última norma será de obligado cumplimiento, con una normativa basada en el SOLAS y en las prescripciones generales a nivel internacional y europeo, cumpliendo las exigencias básicas explayadas en el DB y también expuestas en el Reglamento de Alta Tensión, el cual aborda levemente la cuestión pormenorizadamente.

Este último, tiene como prescripciones a cumplimentar una serie de disposiciones específicas tales como:

a) La posibilidad de propagación del incendio a otras partes de la instalación.
b) La posibilidad de propagación del incendio al exterior de la instalación, por lo que respecta a daños a terceros (Esta disposición será considerada pero la posibilidad de daños a terceros en una instalación en alta mar es mínima).
c) La presencia o ausencia de personal de servicio permanente en la instalación.
d) La naturaleza y resistencia al fuego de la estructura soporte del edificio y de sus cubiertas.
e) La disponibilidad de medios públicas de lucha contra incendios.

Asimismo, incluye la disposición de alumbrado de emergencia, el cual ya se incluye dentro de la documentación del proyecto y la necesidad de elementos y dispositivos para maniobra que se irá relatando en los apartados posteriores en este documento

Además, en cada acceso a sala se colocarán placas con instrucciones sobre los primeros auxilios que deben prestarse a los accidentados por contactos con elementos en tensión y se dispondrá de dos salas de contra incendios específicos para el almacenamiento de materiales.

También se cumplimentará con el Reglamento de Alta Tensión en lo referente a tamaño de pasillos de servicio será no menor a 1,2 metros y los elementos en tensión no protegidos estarán a una altura mínima, en caso de los de 66 kV de 2870 mm y en los de 220kV a 4150 mm.
Del mismo modo, en cumplimiento del reglamento, es establecerán zonas de protección entre el plano de las protecciones de las celdas y los elementos en tensión.

1. Protección pasiva contra el fuego

Los objetivos de la protección pasiva contra el fuego deben ser los de prevenir o mitigar las consecuencias derivadas de un incendio tales como:

- Prevenir la escalada del fuego de un área a otro adyacente.
- Asegurar que el refugio temporal en el tiempo necesario.
- Proteger el personal del fuego, calor o humo y hacer posible su evacuación o escape.
- Proteger los sistemas y equipos esencialmente importantes para la seguridad.
- Mantener la integridad estructural de la instalación.

Para evitar el riesgo de la transmisión de calor se requerirá de un aislante térmico en las distintas cubiertas o mamparas con una distancia mínima de 450mm en el caso de estructuras de acero.

Las temperaturas críticas para los diferentes materiales serán:

- Acero estructural o acero ordinario reforzado: 400 a 450ºC
- Acero reforzado pre-estresado: 350ºC
- Aluminio: 200ºC

Los conductos de ventilación para espacios de descanso, servicio, estaciones de control o maquinaria estarán construidos de un material no combustible. Los conductos cortos que no excedan de 2 metros de longitud y con una sección sin exceder los 0.02 m² estarán hechos de material no combustible y deberán situarse a no menos de 600 mm desde donde se penetre en mamparas o cubiertas de clase A o B.

Generalmente los sistemas de ventilación en espacios para maquinaria de categoría A, galerías y áreas de riesgo deberán estar separadas las unas de las otras y también de los sistemas de ventilación respecto otros espacios. Estos conductores deben cumplir:

- Construidos en acero con un grosor mínimo de 3 mm y 5 mm para conductos con anchuras o diámetros que lleguen a 300 mm y 760 mm.
- Ser rígidos.
- Aislados con el estándar A-60 desde los espacios de maquinarias o galerías a puntos que estén al menos a 5 metros de los amortiguadores de incendio.
- Los conductos tendrán amortiguadores de incendio cercanos a los límites de penetración.

Protección de áreas o espacios

La clasificación de la integridad de las mamparas y cubiertas estarán descritas por la tabla 3 y 4 del apartado 3 de la sección 2 del capítulo 2 de la norma DNVGL-OS-D301. Cumpliéndose dicha normativa dónde sea aplicable en la subestación.

La tabla 3 sobre integridad del mamparo separando espacios adyacentes:

Spaces	*(1)*	*(2)*	*(3)*	*(4)*	*(5)*	*(6)*	*(7)*	*(8)*	*(9)*	*(10)*	*(11)*
Control stations (1)	A-0(d)	A-0	A-60	A-0	A-15	A-60	A-15	A-60$^{(e)}$	A-60	*)	A-0
Corridors (2)		C	B-0	B-0 A-0$_{(b)}$	B-0	A-60	A-0	A-0$^{(e)}$	A-0	*)	B-0
Accommodation spaces (3)			C	B-0 A-0$_{(b)}$	B-0	A-60	A-0	A-0$^{(e)}$	A-0	*)	C
Stairways (4)				B-0 A-0$_{(b)}$	B-0 A-0$_{(b)}$	A-60	A-0	A-0$^{(e)}$	A-0	*)	B-0 A-0$_{(b)}$
Service spaces (low risk) (5)					C	A-60	A-0	A-0	A-0	*)	B-0
Machinery spaces of category A (6)						*)$_{(a)}$	A-0$_{(a)}$	A-60	A-60	*)	A-0
Other machinery spaces (7)							A-0$_{(a)\ (c)}$	A-0	A-0	*)	A-0
Hazardous areas (8)								-	A-0	-	A-0
Service spaces (high risk) (9)									A-0$_{(c)}$	*)	A-0
Open decks (10)										-	*)
Sanitary and similar spaces (11)											C

Tabla 4 sobre integridad de las cubiertas separando espacios adyacentes:

Space - above below	*(1)*	*(2)*	*(3)*	*(4)*	*(5)*	*(6)*	*(7)*	*(8)*	*(9)*	*(10)*	*(11)*
Control stations (1)	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-60	A-0	A-0[(e)]	A-0	*)	A-0
Corridors (2)	A-0	*)	*)	A-0	*)	A-60	A-0	A-0[(e)]	A-0	*)	*)
Accommodation spaces (3)	A-60	A-0	*)	A-0	*)	A-60	A-0	A-0[(e)]	A-0	*)	*)
Stairways (4)	A-0	A-0	A-0	*)	A-0	A-60	A-0	A-0[(e)]	A-0	*)	A-0
Service spaces (low risk) (5)	A-15	A-0	A-0	A-0	*)	A-60	A-0	A-0	A-0	*)	A-0
Machinery spaces of category A (6)	A-60	A-60	A-60	A-60	A-60	*) [(a)]	A-60	A-60	A-60	*)	A-0
Other machinery spaces (7)	A15	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0 [(a)]	*) [(a)]	A-0	A-0	*)	A-0
Hazardous areas (8)	A-60[(e)]	A-0[(e)]	A-0[(e)]	A-0(e)	A-0	A-60	A-0	-	A-0	-	A-0
Service spaces (high risk) (9)	A-60	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0 [(c)]	*)	A-0
Open decks (10)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	-	*)	-	*)
Sanitary and similar spaces (11)	A-0	A-0	*)	A-0	*)	A-0	A-0	A-0	A-0	*)	*)

Notes: To be applied to Table 3 and Table 4, as appropriate.

The required fire integrity should be qualified through the conditions for the dimensioning accidental load that applies. Areas where the dimensioning fire load exceeds 100 kW/m^2, H-rated divisions shall be applied. See DNVGL-OS-A101 Sec.2.

(a) Where the space contains an emergency power source or components of an emergency power source adjoining a space containing a ship's service generator or the components of a ship's service generator, the boundary bulkhead or deck be-tween those spaces shall be an A-60 class division.

(b) For clarification as to which note applies see [3.3.3] and [3.3.5].

(c) Where spaces are of the same numerical category and superscript c appears, a bulkhead or deck of the rating shown in the tables is only required when the adjacent spaces are for a different purpose, e.g. in category (9). A galley next to a galley does not require a bulkhead but a galley next to a paint room requires an A-0 bulkhead.

(d) Bulkheads separating the navigating bridge, chartroom and radio room from each other may be B-0 rating.

(e) An engineering evaluation shall be conducted in accordance with [3.3.1]. In no case shall the bulkhead or deck rating be less than the value indicated in the tables.

*) Where an asterisk appears in the tables, the division shall be of steel or equivalent material, but need not be of A class standard. However, where a deck is penetrated for the passage of electric cables, pipes and vent ducts, such penetrations shall be made tight to prevent the passage of flame and smoke.

Describiéndose las clases de aislamiento en las definiciones dadas tanto en la norma DNVGL-OS-D301 como en la DNVGL-OS-A101, como:

a) División de clase A:
   a. Deben estar construidos de acero o material equivalente.
   b. Deben ser rígidos.
   c. Deben estar fabricados para ser capaces de prevenir el paso de humo y fuego en una prueba de una hora de duración.
   d. Aisladas con material aprobado no combustible que tenga una temperatura media de un lado sin exposición mayor a 140ºC sobre la temperatura original y tampoco sin que ninguna junta pueda alcanzar una temperatura mayor a 180ºC en el tiempo listado abajo:

Clase A-60	60 minutos
Clase A-30	30 minutos
Clase A-15	15 minutos
Clase A-0	0 minutos

b) División de clase B:
   a. Deben estar fabricados para ser capaces de prevenir el paso de humo y fuego en una prueba de una hora de duración.
   b. Aisladas con material aprobado no combustible que tenga una temperatura media de un lado sin exposición mayor a 140ºC sobre la temperatura original y tampoco sin que ninguna junta pueda alcanzar una temperatura mayor a 225ºC en el tiempo listado abajo:

Clase B-15	15 minutos
Clase B-0	0 minutos

c) División de clase C: Divisiones construidas por materiales aprobados como no combustibles. No necesitan cumplir con requisitos relativos al paso de humo o fuego ni limitaciones a su temperatura.
d) División de clase H:
   a. Deben estar construidos de acero o material equivalente.
   b. Deben ser rígidos.
   c. Deben estar fabricados para ser capaces de prevenir el paso de humo y fuego en una prueba de dos horas de duración.
   d. Aisladas con material aprobado no combustible que tenga una temperatura media de un lado sin exposición mayor a 140ºC sobre la temperatura original y tampoco sin que ninguna junta pueda alcanzar una temperatura mayor a 180ºC en el tiempo listado abajo:

Clase H-120	120 minutos
Clase H-60	60 minutos
Clase H-0	0 minutos

Se exigirá y se cumplirá que las áreas de descanso, espacio de servicios y estaciones de control no se hallen adyacentes a áreas de riesgo.

Asimismo, se exige la construcción de las escaleras que conectan las cubiertas que estén fabricadas en acero o un material equivalente, además que como penetran en una sola cubierta deberán tener una división de clase A o B. También, los marcos, incluyendo las juntas del mamparo, revestimientos y techumbres deben ser de material no combustible.

Se exigirá y cumplimentará, viéndose en el apartado específico en la memoria que el cableado a instalar en la subestación deberá ser resistente al fuego.

2. Áreas específicas de protección activa contra el fuego

Esta sección se dedica al cumplimiento de los requisitos para áreas específicas de protección activa contra el fuego para la subestación, dentro de su clasificación como unidad móvil deslocalizada.

Sistemas de extinción de áreas específicas

Se proveerá extintores portátiles en las áreas de descanso, espacios de servicios, estaciones de control, espacios para maquinaria y espacios de almacenamiento de acuerdo con la normativa IMO MSC.1/Circ.1275.

En esto se recomienda un número y distribución de extintores portátiles según la clasificación del espacio:

Sala	**Tipo de espacio**	**Número mínimo de extintores**	**Clase de extintor**
Salas de transformadores, reactores shunt y GIS de 66kV y 220kV	Espacios para maquinaria de categoría A	Caso especificado más adelante.	B
Salas de control y Baja Tensión y Media Tensión	Cuadros principales	2 en los alrededores	C
Helipuerto	Helipuerto	Caso especificado más adelante	B
Zonas de grúas	Grúas: con motores eléctricos/ hidráulicos	0	

En el caso de los espacios para maquinaria de categoría A se proveerá cada unidad de los siguientes elementos:

1. Uno de los siguientes sistemas de contra incendios fijos cumpliendo con la norma SOLAS reg. II-2/10.4:
   a) Rociador de agua a presión fija.
   b) Sistema de extinción de fuego a gas fijo.
   c) Sistema de alta expansión de espuma fijo.

2. Donde no estén totalmente separados los espacios dedicados a maquinaria y los espacios que contengan procesos de ignición, se deberá considerar como un solo compartimento de contra incendios.
3. Al menos dos extintores de espuma certificados o equivalentes deben ser situados dónde haya una instalación que albergue combustible. Adicionalmente, al menos un extintor de la misma descripción con una capacidad de 9L por cada uno y una capacidad total que no excederá de 45 L para cada espacio.

En caso de cercanía de una cubierta dedicada o con función de helipuerto se deberá tener:

1. Al menos 2 extintores de polvo seco con una capacitad total no menor a 45 kg, pero no menor que 9 kg para cada uno.
2. Extintor de dióxido de carbón con una capacidad no menor a 18 kg.

3. Sistemas de contra incendios

El objetivo de este apartado debe ser la cumplimentación con los estándares y los requisitos que en ellos se presentan para sistemas contra incendios.

Principales sistemas de contraincendios

Los equipos y sistemas de contra incendios para la protección activa contra el fuego estarán diseñados para que no exista interrupción durante su funcionamiento normal, además de estar protegidos contra el enfriamiento o bajada de temperaturas que puedan provocar hielo.

No se requerirá de un sistema de bombeo de agua tal y como se describe en el apartado 2.2 de la sección 3 del capítulo 2 de la DNVGL-OS-D301 ya que se ha instalado en la subestación, un tanque de almacenamiento y por ello cumple los requerimientos exigidos.

Sistema principal

Un sistema de contra incendios principal estará equipado en la subestación, el diámetro de éste y de las tuberías de agua de servicio deberán ser suficientes para la distribución efectiva requerida para la descarga.

Carretes y bocas de incendio

El número y posición de las bocas de incendios deben tener al menos 2 chorros de agua que no emanen de la misma boca y que se ajuste al carrete correspondiente.

La distancia del carrete debe ser, al menos, 10 metros o, en su caso:

- 15 metros para espacios de maquinaria.

- 20 metros para otros espacios y cubiertas abiertas.
- 25 metros para cubiertas abiertas con una amplitud que exceda los 30 metros.

4. Sistemas de alarma o detección de gas/ fuego

Se diseñará un sistema de alarma y detección de gas y fuego que pueda funcionar sin interrumpir otros sistemas abordo y que será prescrito según se define en la DNVGL-OS-A101.

En un principio, todos los espacios con riesgo de incendios deberán estar provistos con un sistema de alarma y detección de incendios. Las áreas de descanso estarán provistas con detectores de humo.

Los detectores de incendios que vayan a ser usados para cada área individual deben estar basados en el principio de detección para cada tipo de fuego que pueda ocurrir en cada área.

La localización del tipo de detectores será reglada por la tabla 1 del apartado 2 de la sección 4 del capítulo 2 de la DNVGL-OS-D301.

Area	*Detection principle*
Major hazard areas	
Wellhead	Flame or heat
Drill floor/ well intervention area	Flame
Process areas, degasser room, shale shaker room, active mud tank room, turret, hazardous pump room, tank deck, well test area, moon pool/ cellar deck	Flame or heat
Other areas	
Mechanically ventilated non-hazardous areas , control rooms, switchgear rooms, battery rooms, mud lab, instrument rooms, local equipment rooms, telecommunication or public address rooms, HVAC rooms, electrically driven crane engine rooms, non-hazardous pump room	Smoke
Turbine/ generator areas/rooms	Flame or smoke
Air compressor rooms	Smoke or heat
Sack or bulk storage area, workshops	Flame or heat
Paint store	Flame or heat
Fuel oil storage, turbine hood, water injection treatment area, cementing unit room, diesel engine room	Flame or heat
Accommodation areas	
Cabins, corridors, rooms/offices, staircases, public rooms, , radio room, laundry, HVAC inlets	Smoke
Galley	Heat

El sistema de detección de incendios se diseñará para:

- Controlar y monitorizar señales entrantes desde todos los detectores de humo e incendios.
- Proveer señales salientes al puente de navegación.

- Monitorizar los suministros de energía y circuitos necesarios para el funcionamiento del sistema en caso de pérdida de suministro.

Se dispondrá de dos fuentes de suministro o alimentación para el equipo eléctrico que se utilice durante la detección de incendios y el sistema de alarma.

La instalación del tipo de detectores será reglada por la tabla 1 del apartado 2 de la sección 4 del capítulo 2 de la DNVGL-OS-D301.

Type of detector	*Maximum floor area per detector*	*Maximum distance between centres*	*Maximum distance away from bulkheads*
Heat	37 m²	9 m	4.5 m
Smoke	74 m²	11 m	5.5 m

5. Miscelánea

En este apartado se relatará el equipamiento/objetos técnicos comunes que se utilizará en la subestación o en cualquier unidad deslocalizada.

1. **Vestuario de bomberos**
   Al menos dos atuendos de bomberos deben ser provistos, cada uno con sus instrumentos móviles para la medición de oxígeno y vapores inflamables, en la subestación. Además, se deberá tener dos más como repuesto y todos ellos deben estar almacenados y estar listos para su uso en una localización accesible.

2. **Dispositivos de respiración de escape de emergencia**

   Deben tener un tiempo de servicio mínimo asegurado de 10 minutos.

   Serán provistos dichos dispositivos como se indica a continuación:

En espacios de maquinaria de categoría A que no contengan maquinaria de combustión interna será provisto de al menos un Dispositivo de respiración para cada cubierta cerca de la escalera de escape.

Anexo: Circuitos y cuadros de distribución

ÍNDICE

1. *Cuadro principal 1 (CP1)*
2. *Cuadro principal 2 (CP2)*
3. *Cuadro de emergencia transmisor (SCEM)*
4. *Subcuadro de distribución (SCD1)*
5. *Subcuadro de pequeña potencia (SCP1)*
6. *Subcuadro de climatización HVAC (SCH1)*
7. *Subcuadro de distribución (SCD2)*
8. *Subcuadro de pequeña potencia (SCP2)*
9. *Subcuadro de climatización HVAC (SCH2)*
10. *Cuadro de corriente continua 1 (CPC1)*
11. *Cuadro de corriente continua 2 (CPC2)*
12. *Cuadro principal generador 1 (CG1)*
13. *Cuadro principal generador 2 (CG2)*
14. *Cuadro de emergencia generador (CGEM)*
15. *Cuadro de corriente continua 3 (CPC3)*
16. *Cuadro de corriente continua 4 (CPC)*

CUADRO PRINCIPAL 1

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	50	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	1359,30	A
Potencia activa total:	872,71	KW
Potencia reactiva total:	209,76	KVAr
Potencia aparente total:	941,75	KVA
Factor de potencia total:	0,93	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	5,0690	%

Potencia total en cada escenario

P_1	245,90	KW
P_2.1	590,19	KW
P_2.2	588,69	KW
P_2.3	337,19	KW
P_3	296,89	KW

Longitud de cable total	8798,975	m

Circuito	Consumidor	Fases	Potencia mecánica (kW)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte	Escenario 1		Escenario 2.1		Escenario 2.2		Escenario 2.3		Escenario 3	
																					Factor de utilización	Potencia(kW)	Factor de utilización	Potencia	Factor de utilización	Potencia	Factor de utilización	Potencia	Factor de utilización	Potencia
SCD1(T)-CA-1	Subcuadro de distribución 1 (SCD1)	3	105,60	1,00	105,60	0,00	152,42	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	35	164,85	0,004906	8,92	6,117	1,5292	400	NSX 250N	250	50	0,03	3,17	0,25	26,40	0,25	26,40	0,25	26,40	0,15	15,84
SCP1(T)-CA-1	Subcuadro de pequeños servicios 1(SCP1)	3	66,10	1,00	66,10	0,00	95,41	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	10	75,6	0,018565	9,72	14,602	3,6505	400	NSX 100N	100	50	0,15	9,92	0,35	23,14	0,35	23,14	0,35	23,14	0,20	13,22
SCH1(T)-CA-1	Cuadro HVAC 1 (SCH1)	3	171,00	1,00	171,00	0,00	246,82	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	70	254,1	0,003356	12,43	6,901	1,7253	400	NSX 400N	400	50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grua_princ(T)-CA-1	Grúa principal	3	250,00	0,80	312,50	187,50	451,05	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	70	254,1	0,006745	24,98	20,276	5,0690	400	NSX 400N	400	50	0,00	0,00	1,00	250,00	1,00	250,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CPC1(T)-CA-1	Sistema 1 convertidor 110VDC	3	2,53	1,00	2,53	0,00	3,65	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,03192	4	0,920	0,2300	400	iC60L	40	20	1,00	2,53	1,00	2,53	1,00	2,53	1,00	2,53	1,00	2,53
SCH2(T)-CA-2	Cuadro HVAC 2 (Repuesto) (SCH2)	3	166,00	1,00	166,00	0,00	239,60	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	185	466,2	0,004063	36,94	7,533	1,8833	400	NSX 630N	630	50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Contrainc_1(T)-CA-1	Sistema de contraincendios 1	3	3,60	0,85	4,24	2,23	6,11	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,021706	2,72	0,890	0,2225	400	iC60L	40	20	1,00	3,60	1,00	3,60	1,00	3,60	1,00	3,60	1,00	3,60
ServDiesel_1(T)-CA-1	Servicios Generador Diesel 1	3	8,50	0,84	10,12	5,49	14,61	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,00798	1	0,773	0,1932	400	iC60L	40	20	0,40	3,40	0,40	3,40	0,40	3,40	0,40	3,40	0,40	3,40
ServTrafo_1(T)-CA-1	Servicios Transformador T1	3	14,00	0,84	16,67	9,04	24,06	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,00798	1	1,273	0,3182	400	iC60L	40	20	0,50	7,00	0,50	7,00	0,50	7,00	0,50	7,00	0,50	7,00
ServShunt_1(T)-CA-1	Servicios Reactor Shunt 1	3	8,50	0,84	10,12	5,49	14,61	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,00798	1	0,773	0,1932	400	iC60L	40	20	0,40	3,40	0,40	3,40	0,40	3,40	0,40	3,40	0,40	3,40
CG1(T)-CA-1	Cuadro Generador 1 (CG1)	3	36,88	1,00	36,88	0,00	53,23	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	16	100,8	0,015718	12,99	6,805	1,7011	400	NSX 160N	160	50	0,30	11,06	0,45	16,60	0,45	16,60	0,45	16,60	0,45	16,60
SCEM(T)-CA-1	UPS REE	3	40,00	1,00	40,00	0,00	57,74	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	4	42	0,016706	3,375	7,670	1,9176	400	NSX 100N	63	50	1,00	40,00	1,00	40,00	1,00	40,00	1,00	40,00	1,00	40,00
Grua_ple2(T)-CA-1	Grúa plegable 1	3	15,00	0,84	17,86	9,69	25,77	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	10	75,6	0,084957	44,48	15,164	3,7909	400	NSX 100N	100	50	0,00	0,00	0,10	1,50	0,10	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
																					Total	84,08	Total	377,56	Total	377,56	Total	126,0	Total	105,5

CUADRO PRINCIPAL 2

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	50	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	915,77	A
Potencia activa total:	625,07	KW
Potencia reactiva total:	31,94	KVAr
Potencia aparente total:	634,46	KVA
Factor de potencia total:	0,99	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	4,5852	%

Circuito	Consumidor	Fases	Potencia mecánica (kW)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte	Escenario 1		Escenario 2.1		Escenario 2.2		Escenario 2.3		Escenario 3	
																					Factor de utilización	Potencia	Factor de utilización	Potencia	Factor de utilización	Potencia	Factor de utilización	Potencia	Factor de utilización	Potencia
SCD2(T)-CA-1	Subcuadro de distribución 2 (SCD2)	3	109,62	1	109,62	0,00	158,22	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	10	75,6	0,0054435	2,85	7,100	1,7750	400	NSX 100N	100	50	0,00	0,00	0,25	27,40	0,25	27,40	0,25	27,40	0,15	16,44
SCP2(T)-CA-1	Subcuadro de pequeños servicios 2 (SCP2)	3	59,10	1	59,10	0,00	85,30	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,022743	2,85	15,312	3,8281	400	iC60L	40	20	0,15	8,87	0,35	20,69	0,35	20,69	0,35	20,69	0,20	11,82
SCH2(T)-CA-1	Cuadro HVAC 2 (SCH2)	3	166,00	1	166,00	0,00	239,60	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	35	164,85	0,0031295	5,69	6,133	1,5333	400	NSX 250N	250	50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CG2(T)-CA-1	Cuadro Generador 2 (CG2)	3	67,22	1	67,22	0,00	97,03	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	35	164,85	0,01001	18,2	7,944	1,9861	400	NSX 250N	250	50	0,30	20,17	0,45	30,25	0,45	30,25	0,45	30,25	0,45	30,25
ServTrafo_2(T)-CA-1	Servicios Transformador T2	3	14	0,84	16,67	9,04	24,06	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,00798	1	1,273	0,3182	400	iC60L	40	20	0,50	7,00	0,50	7,00	0,50	7,00	0,50	7,00	0,50	7,00
CPC2(T)-CA-1	Sistema 2 convertirdor 110VDC	3	2,53	1	2,53	0,00	3,65	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,137256	17,2	3,956	0,9890	400	iC60L	40	20	1,00	2,53	1,00	2,53	1,00	2,53	1,00	2,53	1,00	2,53
Contrainc_2(T)-CA-1	Sistema de contraincendios 2	3	3,6	0,85	4,24	2,23	6,11	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1028622	12,89	4,219	1,0546	400	iC60L	40	20	1,00	3,60	1,00	3,60	1,00	3,60	1,00	3,60	1,00	3,60
ServShunt_2(T)-CA-1	Servicios Reactor Shunt 2	3	8,5	0,84	10,12	5,49	14,61	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,00798	1	0,773	0,1932	400	iC60L	40	20	0,40	3,40	0,40	3,40	0,40	3,40	0,40	3,40	0,40	3,40
SCH1(T)-CA-2	Cuadro HVAC 1(Respuesto) (SCH1)	3	171,00	1	171,00	0,00	246,82	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	185	466,2	0,0041393	37,63	7,905	1,9763	400	NSX 630N	630	50	0,66	112,86	0,66	112,86	0,66	112,86	0,66	112,86	0,66	112,86
ServDiesel_2(T)-CA-1	Servicios Generador Diesel 2	3	8,5	0,84	10,12	5,49	14,61	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,00798	1	0,773	0,1932	400	iC60L	40	20	0,40	3,40	0,40	3,40	0,40	3,40	0,40	3,40	0,40	3,40
Grua_ple1(T)-CA-1	Grúa plegable 2	3	15	0,84	17,86	9,69	25,77	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	6	54,6	0,106524	32,28	18,341	4,5852	400	NSX 100N	63	50	0,00	0,00	0,10	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
																					Total	161,82	Total	212,63	Total	211,13	Total	211,13	Total	191,30

SUBCUADRO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	48,00	A
Potencia activa total:	30,57	KW
Potencia reactiva total:	8,98	KVAr
Potencia aparente total:	33,26	KVA
Factor de potencia total:	0,92	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	3,8497	%

Circuito	Consumidor	Fases	Potencia mecánica (kW)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω/km)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
SCEM(i)(T)-CA-1	Subcuadro de Iluminación de emergencia	3	11,24	1	11,24	0,00	16,22	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,008	1	1,022	0,2555	400	iC60L	40	20
Est_clim(M)-CA-1	Estación climática	1	0,3	1	0,30	0,00	1,30	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,0834708	10,46	0,571	0,2481	230	iC60L	40	20
Nav1(M)-CA-1	Ayuda de navegación 1	1	1	1	1,00	0,00	4,37	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,0773262	9,69	1,762	0,7694	229	iC60L	40	20
Nav2(M)-CA-1	Ayuda de navegación 2	1	1	1	1,00	0,00	4,35	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,3477684	43,58	7,924	3,4451	230	iC60L	40	20
Serv_incygas(M)-CA-1	Servicios de contraincendios y detección de gas	1	1	1	1,00	0,00	4,35	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,044289	5,55	1,009	0,4387	230	iC60L	40	20
CCTV1(M)-CA-1	CCTV 1	1	1,8	0,85	2,12	1,12	9,25	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	4	42	0,213345	43,1	8,816	3,8497	229	NSX 100N	63	50
CCTV2(M)-CA-1	CCTV 2	1	1,8	0,85	2,12	1,12	9,21	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,0362292	4,54	1,486	0,6460	230	iC60L	40	20
PAGA1(M)-CA-1	PA / GA 1	1	1,5	0,85	1,76	0,93	7,71	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,0404586	5,07	1,383	0,6038	229	iC60L	40	20
PAGA2(M)-CA-1	PA / GA 2	1	1,5	0,85	1,76	0,93	7,67	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	4	42	0,216315	43,7	7,449	3,2386	230	NSX 100N	63	50
LAN1(M)-CA-1	LAN 1	1	1,8	0,85	2,12	1,12	9,25	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,0322392	4,04	1,322	0,5774	229	iC60L	40	20
LAN2(M)-CA-1	LAN 2	1	1,8	0,85	2,12	1,12	9,21	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	4	42	0,208197	42,06	8,603	3,7405	230	NSX 100N	63	50
VFH(M)-CA-1	RADIO VHF	1	1	0,8	1,25	0,75	5,43	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,281295	35,25	6,409	2,7866	230	iC60L	40	20
VTMS(M)-CA-1	VTMS	1	1,55	0,8	1,94	1,16	8,42	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,070623	8,85	2,494	1,0844	230	iC60L	40	20
Lin_ext(M)-CA-1	Sistema de monitorización líneas exportación	1	0,58	1	0,58	0,00	2,52	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,3512796	44,02	4,642	2,0183	230	iC60L	40	20
SCS_Trans(M)-CA-1	Sistema SCS	1	1	0,8	1,25	0,75	5,43	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,06384	8	1,455	0,6324	230	iC60L	40	20
DTS(M)-CA-1	DTS cable exportación	1	1	1	1,00	0,00	4,35	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,0568176	7,12	1,295	0,5628	230	iC60L	40	20
HVAC_Ctrol(M)-CA-1	Cubículo de control HVAC	1	0,7	1	0,70	0,00	3,04	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,0284088	3,56	0,453	0,1970	230	iC60L	40	20

3140,36

Iluminación de emergencia

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:		KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	10,60	A
Potencia activa total:	6,25	KW
Potencia reactiva total:	3,87	KVAr
Potencia aparente total:	7,35	KVA
Factor de potencia total:	0,85	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	1,1353	%

Circuito	Fases	Potencia mecánica (W)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
Ext(superior)-1	1	112	0,85	131,76	69,41	0,57	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,0864234	10,83	0,221	0,0959	230	iC60L	40	20
Ext(superior)-2	1	133	0,85	156,47	82,43	0,68	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1825824	22,88	0,553	0,2406	230	iC60L	40	20
Ext(superior)-3	1	133	0,85	156,47	82,43	0,68	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,3884664	48,68	1,177	0,5118	230	iC60L	40	20
Ext(superior)-4	1	76	0,85	89,41	47,10	0,39	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,398202	49,9	0,690	0,2998	230	iC60L	40	20
Ext(superior)-5	1	284	0,85	334,12	176,01	1,45	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,4035486	50,57	2,611	1,1353	230	iC60L	40	20
Ext(superior)-6	1	209	0,85	245,88	129,53	1,07	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,4842264	60,68	2,306	1,0025	230	iC60L	40	20
Ext(superior)-7	1	48	0,85	56,47	29,75	0,25	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2868012	35,94	0,314	0,1364	230	iC60L	40	20
Ext(superior)-8	1	114	0,85	134,12	70,65	0,58	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2423526	30,37	0,629	0,2737	230	iC60L	40	20
Generador1-1	1	19	0,85	22,35	11,78	0,10	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,3583818	44,91	0,155	0,0675	230	iC60L	40	20
Generador2-1	1	19	0,85	22,35	11,78	0,10	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,3824016	47,92	0,166	0,0720	230	iC60L	40	20
ControlBTREE1-1	1	95	0,85	111,76	58,88	0,49	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,130074	16,3	0,282	0,1224	230	iC60L	40	20
ControlBTREE1-2	1	95	0,85	111,76	58,88	0,49	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1197	15	0,259	0,1126	230	iC60L	40	20
ControlBTREE1-3	1	95	0,85	111,76	58,88	0,49	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,11172	14	0,242	0,1051	230	iC60L	40	20
ControlBTREE1-4	1	95	0,85	111,76	58,88	0,49	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,102144	12,8	0,221	0,0961	230	iC60L	40	20
ControlBTREE1-5	1	95	0,85	111,76	58,88	0,49	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,092967	11,65	0,201	0,0875	230	iC60L	40	20
ControlBTREE2-1	1	228	0,85	268,24	141,30	1,17	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,812364	101,8	4,220	1,8348	230	iC60L	40	20
Compresor1-1	1	36	0,85	42,35	22,31	0,18	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,093366	11,7	0,077	0,0333	230	iC60L	40	20
Compresor2-1	1	36	0,85	42,35	22,31	0,18	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,094164	11,8	0,077	0,0336	230	iC60L	40	20
PasShuntInferior-1	1	17	0,85	20,00	10,54	0,09	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,145236	18,2	0,056	0,0245	230	iC60L	40	20
PasShuntInferior-2	1	17	0,85	20,00	10,54	0,09	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,180747	22,65	0,070	0,0304	230	iC60L	40	20
PasShuntSuperior-1	1	57	0,85	67,06	35,33	0,29	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2488164	31,18	0,323	0,1405	230	iC60L	40	20
BancoShuntInferior-1	1	57	0,85	67,06	35,33	0,29	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,206682	25,9	0,268	0,1167	230	iC60L	40	20
BancoShuntSuperior-1	1	57	0,85	67,06	35,33	0,29	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2125074	26,63	0,276	0,1200	230	iC60L	40	20
PasTrafoInf-1	1	38	0,85	44,71	23,55	0,19	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2851254	35,73	0,247	0,1073	230	iC60L	40	20
PasTrafoSup-1	1	38	0,85	44,71	23,55	0,19	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,3050754	38,23	0,264	0,1148	230	iC60L	40	20
BancoTrafoInf-1	1	19	0,85	22,35	11,78	0,10	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,337554	42,3	0,146	0,0635	230	iC60L	40	20
BancoTrafoInf-2	1	57	0,85	67,06	35,33	0,29	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,308826	38,7	0,401	0,1744	230	iC60L	40	20

BancoTrafoSup-1	1	76	0,85	89,41	47,10	0,39	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,4274088	53,56	0,740	0,3218	230	iC60L	40	20
Extizq(útil)-1	1	111	0,85	130,59	68,79	0,57	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,184737	23,15	0,467	0,2031	230	iC60L	40	20
Extizq(útil)-2	1	111	0,85	130,59	68,79	0,57	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1990212	24,94	0,503	0,2188	230	iC60L	40	20
Extder(útil)-1	1	148	0,85	174,12	91,72	0,76	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,5221314	65,43	1,761	0,7655	230	iC60L	40	20
Extder(útil)-2	1	148	0,85	174,12	91,72	0,76	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,5228496	65,52	1,763	0,7666	230	iC60L	40	20

Contraincendios1-1	1	38	0,85	44,71	23,55	0,19	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,148029	18,55	0,128	0,0557	230	iC60L	40	20
Contraincendios2-1	1	74	0,85	87,06	45,86	0,38	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,3719478	46,61	0,627	0,2727	230	iC60L	40	20
SalaReuniones-1	1	76	0,85	89,41	47,10	0,39	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,4665108	58,46	0,808	0,3512	230	iC60L	40	20
Baño1-1	1	19	0,85	22,35	11,78	0,10	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,4023516	50,42	0,174	0,0757	230	iC60L	40	20
Baño2-1	1	19	0,85	22,35	11,78	0,10	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,385833	48,35	0,167	0,0726	230	iC60L	40	20
Enfermería-1	1	76	0,85	89,41	47,10	0,39	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,4772838	59,81	0,826	0,3593	230	iC60L	40	20
SalaClimatización-1	1	38	0,85	44,71	23,55	0,19	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,3429804	42,98	0,297	0,1291	230	iC60L	40	20
Despensa-1	1	19	0,85	22,35	11,78	0,10	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,3658032	45,84	0,158	0,0689	230	iC60L	40	20
Taller-1	1	38	0,85	44,71	23,55	0,19	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,430521	53,95	0,373	0,1621	230	iC60L	40	20
Bienespeligrosos-1	1	38	0,85	44,71	23,55	0,19	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,181146	22,7	0,157	0,0682	230	iC60L	40	20
Extizq(principal)-1	1	444	0,85	522,35	275,17	2,27	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,38304	48	3,875	1,6847	230	iC60L	40	20
Extizq(principal)-2	1	222	0,85	261,18	137,58	1,14	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2732352	34,24	1,382	0,6009	230	iC60L	40	20
Extder(principal)-1	1	370	0,85	435,29	229,31	1,89	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,5651436	70,82	4,764	2,0714	230	iC60L	40	20
Extder(principal)-2	1	37	0,85	43,53	22,93	0,19	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,3294942	41,29	0,278	0,1208	230	iC60L	40	20
Extder(principal)-3	1	222	0,85	261,18	137,58	1,14	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,4730544	59,28	2,393	1,0403	230	iC60L	40	20
GIS220sup	1	37	0,85	43,53	22,93	0,19	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,3037986	38,07	0,256	0,1114	230	iC60L	40	20
GIS220inf	1	37	0,85	43,53	22,93	0,19	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,3037986	38,07	0,256	0,1114	230	iC60L	40	20
BatREE1-1	1	19	0,85	22,35	11,78	0,10	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1623132	20,34	0,070	0,0306	230	iC60L	40	20
BatREE2-1	1	37	0,85	43,53	22,93	0,19	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,4096932	51,34	0,345	0,1502	230	iC60L	40	20
TrafoSuperior-1	1	185	0,85	217,65	114,65	0,95	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2868012	35,94	1,209	0,5256	230	iC60L	40	20
TrafoInferior-1	1	259	0,85	304,71	160,51	1,32	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2939034	36,83	1,734	0,7541	230	iC60L	40	20
ShuntSuperior-1	1	111	0,85	130,59	68,79	0,57	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,4283664	53,68	1,083	0,4710	230	iC60L	40	20
ShuntSuperior-2	1	37	0,85	43,53	22,93	0,19	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,3693144	46,28	0,311	0,1354	230	iC60L	40	20
ShuntInferior-1	1	111	0,85	130,59	68,79	0,57	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2014152	25,24	0,509	0,2215	230	iC60L	40	20
ShuntInferior-2	1	74	0,85	87,06	45,86	0,38	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1238496	15,52	0,209	0,0908	230	iC60L	40	20
Extizq(inferior)-1	1	152	0,85	178,82	94,20	0,78	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2205672	27,64	0,764	0,3321	230	iC60L	40	20
Extizq(inferior)-2	1	19	0,85	22,35	11,78	0,10	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,0930468	11,66	0,040	0,0175	230	iC60L	40	20
Extizq(inferior)-3	1	19	0,85	22,35	11,78	0,10	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1307922	16,39	0,057	0,0246	230	iC60L	40	20
Extizq(inferior)-4	1	19	0,85	22,35	11,78	0,10	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,0549024	6,88	0,024	0,0103	230	iC60L	40	20
Extder(inferior)-1	1	111	0,85	130,59	68,79	0,57	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,4858224	60,88	1,229	0,5342	230	iC60L	40	20
Extder(inferior)-2	1	133	0,85	156,47	82,43	0,68	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,7657608	95,96	2,320	1,0089	230	iC60L	40	20
Extder(inferior)-3	1	38	0,85	44,71	23,55	0,19	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,7061502	88,49	0,611	0,2658	230	iC60L	40	20
Extder(inferior)-4	1	38	0,85	44,71	23,55	0,19	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,7628082	95,59	0,660	0,2871	230	iC60L	40	20
AccesoJacket1-1	1	19	0,85	22,35	11,78	0,10	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,128877	16,15	0,056	0,0243	230	iC60L	40	20
AccesoJacket2-1	1	19	0,85	22,35	11,78	0,10	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,504336	63,2	0,218	0,0949	230	iC60L	40	20
Vestuario1-1	1	19	0,85	22,35	11,78	0,10	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,0963186	12,07	0,042	0,0181	230	iC60L	40	20
Vestuario2-1	1	19	0,85	22,35	11,78	0,10	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,7028784	88,08	0,304	0,1323	230	iC60L	40	20
SeparadoraAceite-1	1	130	0,85	152,94	80,57	0,66	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,5212536	65,32	1,544	0,6713	230	iC60L	40	20

SUBCUADRO DE DISTRIBUCIÓN 1

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	152,42	A
Potencia activa total:	105,60	KW
Potencia reactiva total:	0,00	KVAr
Potencia aparente total:	105,60	KVA
Factor de potencia total:	1,00	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	0,2082	%

Circuito	Consumidor	Fases	Potencia mecánica (kW)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
SCD1(I)(T)-CA-1	Iluminación subcuadro de distribución 1 (SCD1(I))	3	14,002	1	14,00	0,00	20,21	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,00	0,1	0,127	0,0318	400	iC60L	40	20
SCD1(B)(T)-CA-1	Enchufes subcuadro de distribución 1 (SCD1(B))	3	91,6	1	91,60	0,00	132,21	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,00	0,1	0,833	0,2082	400	iC60L	40	20

Iluminación subcuadro de distribución 1

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	13,21	A
Potencia activa total:	7,78	KW
Potencia reactiva total:	4,82	KVAr
Potencia aparente total:	9,15	KVA
Factor de potencia total:	0,85	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	0,1424	%

Circuito	Fases	Potencia mecánica (W)	Factor de potencia	Potencia aparente (VA)	Potencia reactiva (VAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
CONTROLREE1-1	1	95	0,85	111,76	58,88	0,49	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,138054	17,3	0,299	0,1299	230	iC60L	40	20
CONTROLREE1-2	1	95	0,85	111,76	58,88	0,49	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,12768	16	0,276	0,1202	230	iC60L	40	20
CONTROLREE1-3	1	95	0,85	111,76	58,88	0,49	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1197	15	0,259	0,1126	230	iC60L	40	20
CONTROLREE1-4	1	95	0,85	111,76	58,88	0,49	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,110124	13,8	0,238	0,1036	230	iC60L	40	20
CONTROLREE1-5	1	95	0,85	111,76	58,88	0,49	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1007874	12,63	0,218	0,0948	230	iC60L	40	20
COMP1-1	1	76	0,85	89,41	47,10	0,39	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,094164	11,8	0,163	0,0709	230	iC60L	40	20
COMP1-2	1	76	0,85	89,41	47,10	0,39	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1305528	16,36	0,226	0,0983	230	iC60L	40	20
COMP2-1	1	57	0,85	67,06	35,33	0,29	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,093366	11,7	0,121	0,0527	230	iC60L	40	20
COMP2-2	1	57	0,85	67,06	35,33	0,29	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,0820344	10,28	0,107	0,0463	230	iC60L	40	20
CONTRA1-1	1	76	0,85	89,41	47,10	0,39	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,165984	20,8	0,287	0,1250	230	iC60L	40	20
CONTRA1-2	1	76	0,85	89,41	47,10	0,39	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,156009	19,55	0,270	0,1175	230	iC60L	40	20
BIENES-1	1	76	0,85	89,41	47,10	0,39	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,189126	23,7	0,327	0,1424	230	iC60L	40	20
BIENES-2	1	76	0,85	89,41	47,10	0,39	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,173964	21,8	0,301	0,1310	230	iC60L	40	20
EXTizq(util)-1	1	222	0,85	261,18	137,58	1,14	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,192717	24,15	0,975	0,4238	230	iC60L	40	20
EXTizq(util)-2	1	259	0,85	304,71	160,51	1,32	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2070012	25,94	1,222	0,5311	230	iC60L	40	20
Pas_Shunt_inf-1	1	19	0,85	22,35	11,78	0,10	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,153216	19,2	0,066	0,0288	230	iC60L	40	20
Pas_Shunt_inf-2	1	19	0,85	22,35	11,78	0,10	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,17157	21,5	0,074	0,0323	230	iC60L	40	20
Pas_Shunt_inf-3	1	19	0,85	22,35	11,78	0,10	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,188727	23,65	0,082	0,0355	230	iC60L	40	20
Pas_Trafo_inf-1	1	57	0,85	67,06	35,33	0,29	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2931054	36,73	0,381	0,1655	230	iC60L	40	20
Pas_Trafo_inf-2	1	57	0,85	67,06	35,33	0,29	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2851254	35,73	0,370	0,1610	230	iC60L	40	20
Banco_ref_Shunt_inf-1	1	102	0,85	120,00	63,21	0,52	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2600682	32,59	0,604	0,2628	230	iC60L	40	20
Banco_ref_Shunt_inf-2	1	102	0,85	120,00	63,21	0,52	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2145822	26,89	0,499	0,2168	230	iC60L	40	20
Banco_ref_Trafo_inf-1	1	38	0,85	44,71	23,55	0,19	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,3192	40	0,276	0,1202	230	iC60L	40	20
Banco_ref_Trafo_inf-2	1	38	0,85	44,71	23,55	0,19	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2973348	37,26	0,257	0,1119	230	iC60L	40	20
Banco_ref_Trafo_inf-3	1	38	0,85	44,71	23,55	0,19	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1950312	24,44	0,169	0,0734	230	iC60L	40	20
Banco_ref_Trafo_inf-4	1	38	0,85	44,71	23,55	0,19	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2530458	31,71	0,219	0,0953	230	iC60L	40	20
Banco_ref_Trafo_inf-5	1	38	0,85	44,71	23,55	0,19	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,230622	28,9	0,200	0,0868	230	iC60L	40	20
Banco_ref_Trafo_inf-6	1	133	0,85	156,47	82,43	0,68	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,318402	39,9	0,965	0,4195	230	iC60L	40	20
Banco_ref_Trafo_inf-7	1	114	0,85	134,12	70,65	0,58	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,344736	43,2	0,895	0,3893	230	iC60L	40	20
EXTizq(principal)-1	1	481	0,85	565,88	298,10	2,46	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,38304	48	4,198	1,8251	230	iC60L	40	20
EXTizq(principal)-2	1	296	0,85	348,24	183,44	1,51	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,289275	36,25	1,951	0,8482	230	iC60L	40	20
Shunt_superior-1	1	333	0,85	391,76	206,37	1,70	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,4251744	53,28	3,226	1,4025	230	iC60L	40	20
Shunt_superior-2	1	333	0,85	391,76	206,37	1,70	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,4282866	53,67	3,249	1,4128	230	iC60L	40	20
Shunt_inferior-1	1	333	0,85	391,76	206,37	1,70	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,20349	25,5	1,544	0,6713	230	iC60L	40	20
Shunt_inferior-2	1	333	0,85	391,76	206,37	1,70	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2013354	25,23	1,528	0,6642	230	iC60L	40	20
Trafo_superior-1	1	444	0,85	522,35	275,17	2,27	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,310422	38,9	3,140	1,3653	230	iC60L	40	20
Trafo_superior-2	1	518	0,85	609,41	321,03	2,65	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,312417	39,15	3,687	1,6031	230	iC60L	40	20
BatREE1-1	1	148	0,85	174,12	91,72	0,76	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1623132	20,34	0,547	0,2380	230	iC60L	40	20
EXTizq(inferior)-1	1	222	0,85	261,18	137,58	1,14	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1326276	16,62	0,671	0,2917	230	iC60L	40	20
EXTizq(inferior)-2	1	555	0,85	652,94	343,96	2,84	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,31521	39,5	3,986	1,7330	230	iC60L	40	20
EXTizq(inferior)-3	1	19	0,85	22,35	11,78	0,10	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,124488	15,6	0,054	0,0234	230	iC60L	40	20
EXTizq(inferior)-4	1	152	0,85	178,82	94,20	0,78	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,213864	26,8	0,741	0,3220	230	iC60L	40	20
EXTizq(inferior)-5	1	19	0,85	22,35	11,78	0,10	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,086583	10,85	0,037	0,0163	230	iC60L	40	20
AccJacket1-1	1	76	0,85	89,41	47,10	0,39	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,16359	20,5	0,283	0,1232	230	iC60L	40	20
Vesturario1-1	1	57	0,85	67,06	35,33	0,29	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,106932	13,4	0,139	0,0604	230	iC60L	40	20
AreaDescanso-1	1	148	0,85	174,12	91,72	0,76	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1082088	13,56	0,365	0,1586	230	iC60L	40	20
EXTizq(superior)-1	1	171	0,85	201,18	105,98	0,87	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2338938	29,31	0,911	0,3962	230	iC60L	40	20
EXTizq(superior)-2	1	114	0,85	134,12	70,65	0,58	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2491356	31,22	0,647	0,2814	230	iC60L	40	20
EXTizq(superior)-3	1	186	0,85	218,82	115,27	0,95	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1117998	14,01	0,474	0,2060	230	iC60L	40	20
EXTizq(superior)-4	1	111	0,85	130,59	68,79	0,57	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1816248	22,76	0,459	0,1997	230	iC60L	40	20
EXTizq(superior)-5	1	392	0,85	461,18	242,94	2,01	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,313614	39,3	2,801	1,2178	230	iC60L	40	20

Enchufes subcuadro de distribución 1

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	155,54	A
Potencia activa total:	91,60	KW
Potencia reactiva total:	56,77	KVAr
Potencia aparente total:	107,76	KVA
Factor de potencia total:	0,85	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	3,2582	%

Circuito	Fases	Potencia mecánica (W)	Factor de potencia	Potencia aparente (VA)	Potencia reactiva (VAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
13A230V(útil)	1	400	0,85	470,5882	247,8977	2,046036	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1410864	17,68	1,286	0,5591	230	iC60L	40	20
16A230V(útil)	1	400	0,85	470,5882	247,8977	2,046036	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,0535458	6,71	0,488	0,2122	230	iC60L	40	20
32A400V(útil)	3	7500	0,85	8823,529	4648,083	12,73567	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	3	4	29,4	0,12672	25,6	10,909	2,7273	400	iC60L	40	20
63A400V(útil)	3	15000	0,85	17647,06	9296,165	25,47134	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	3	6	37,8	0,06039	18,3	10,398	2,5994	400	iC60L	40	20
13A230V(principal)	1	400	0,85	470,5882	247,8977	2,046036	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	4	42	0,1465695	29,61	1,346	0,5852	230	NSX 100N	63	50
32A400V(principal)	3	7500	0,85	8823,529	4648,083	12,73567	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	6	54,6	0,096855	29,35	8,338	2,0845	400	NSX 100N	63	50
63A400V(principal)	3	15000	0,85	17647,06	9296,165	25,47134	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	3	10	52,5	0,0730193	38,23	13,033	3,2582	400	NSX 100N	63	50
32A400V(superior)	3	7500	0,85	8823,529	4648,083	12,73567	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	3	4	29,4	0,131571	26,58	11,327	2,8317	400	iC60L	40	20
63A400V(superior)	3	15000	0,85	17647,06	9296,165	25,47134	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	3	4	29,4	0,013167	2,66	2,267	0,5668	400	iC60L	40	20
13A230V(inferior)	1	400	0,85	470,5882	247,8977	2,046036	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	4	42	0,128403	25,94	1,179	0,5126	230	NSX 100N	63	50
32A400V(inferior)	3	7500	0,85	8823,529	4648,083	12,73567	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	3	2,5	22,05	0,0600894	7,53	5,134	1,2835	400	iC60L	40	20
63A400V(inferior)	3	15000	0,85	17647,06	9296,165	25,47134	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	3	2,5	22,05	0,0415758	5,21	7,105	1,7761	400	iC60L	40	20

SUBCUADRO DE PEQUEÑOS SERVICIOS 1

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	113,83	A
Potencia activa total:	66,10	KW
Potencia reactiva total:	42,38	KVAr
Potencia aparente total:	78,86	KVA
Factor de potencia total:	0,84	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	4,4389	%

Circuito	Consumidor	Fases	Potencia mecánica (kW)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
Grua_pesc1(T)-CA-1	Grúa pescante 1	3	16,1	0,9	17,89	7,80	25,82	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	4	42	0,0960795	19,41	17,756	4,4389	400	NSX 100N	63	50
Grua_GIS220KV1(T)-CA-1	Grúa GIS 1 220KV	3	5,5	0,9	6,11	2,66	8,82	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2394	30	15,000	3,7500	400	iC60L	40	20
Grua_GIS66KV1(T)-CA-1	Grúa GIS 1 66KV	3	5,5	0,9	6,11	2,66	8,82	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,0798	10	5,000	1,2500	400	iC60L	40	20
Conden1(T)-CA-1	Condensador 1	3	20	0,8	25,00	15,00	36,08	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	10	75,6	0,04966	26	11,818	2,9545	400	NSX 100N	100	50
Compre1(T)-CA-1	Compresor 1	3	12	0,8	15,00	9,00	21,65	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	4	42	0,07425	15	10,227	2,5568	400	NSX 100N	63	50
Separadora(T)-CA-1	Separadora de Aceite/Agua	3	7	0,8	8,75	5,25	12,63	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	6	54,6	0,20097	60,9	16,148	4,0369	400	NSX 100N	63	50

CUADRO HVAC 1

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	281,33	A
Potencia activa total:	171,00	KW
Potencia reactiva total:	91,71	KVAr
Potencia aparente total:	194,91	KVA
Factor de potencia total:	0,88	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	5,2841	%

Circuito	Consumidor	Fases	Potencia mecánica (kW)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
AHU(T)-CA-1	Climatizador [AHU]	3	45	0,9	50,00	21,79	72,17	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	16	100,8	0,03872	32	20,455	5,1136	400	NSX 160N	160	50
Enfriador(T)-CA-1	Enfriadores de agua	3	30	0,86	34,88	17,80	50,35	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	16	100,8	0,05324	44	18,750	4,6875	400	NSX 160N	160	50
Ventilador(T)-CA-1	Ventiloconvectores, extractores...	3	45	0,85	52,94	27,89	76,41	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	25	133,35	0,03666	47	19,227	4,8068	400	NSX 160N	160	50
Calentador(T)-CA-1	Calentadores	3	31	0,85	36,47	19,21	52,64	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	10	75,6	0,05348	28	19,727	4,9318	400	NSX 100N	100	50
Cal_Tanque(T)-CA-1	Calentador del Tanque sumidero	3	10	0,97	10,31	2,51	14,88	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1718892	21,54	19,582	4,8955	400	iC60L	40	20
Traceado(T)-CA-1	Traceado eléctrico	3	10	0,97	10,31	2,51	14,88	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	4	42	0,18414	37,2	21,136	5,2841	400	NSX 100N	63	50

SUBCUADRO DE DISTRIBUCIÓN 2

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	158,22	A
Potencia activa total:	109,62	KW
Potencia reactiva total:	0,00	KVAr
Potencia aparente total:	109,62	KVA
Factor de potencia total:	1,00	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	0,2252	%

Circuito	Consumidor	Fases	Potencia mecánica (kW)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
SCD2(I)(T)-CA-1	Iluminación subcuadro de distribución 2 (SCD2(I))	3	18,02	1	18,0162	0	26,0041	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,004389	0,55	0,901	0,2252	400	iC60L	40	20
SCD2(B)(T)-CA-1	Enchufes subcuadro de distribución 2 (SCD2(B))	3	91,60	1	91,6	0	132,213	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,000798	0,1	0,833	0,2082	400	iC60L	40	20

Iluminación subcuadro de distribución 2

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	17,00	A
Potencia activa total:	10,01	KW
Potencia reactiva total:	6,20	KVAr
Potencia aparente total:	11,78	KVA
Factor de potencia total:	0,85	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	0,6736	%

Circuito	Fases	Potencia mecánica (W)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
EXT(superior)-1	1	111	0,85	130,59	68,79	0,33	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2858436	35,82	0,723	0,1807	400	iC60L	40	20
EXT(superior)-2	1	266	0,85	312,94	164,85	0,78	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,260148	32,6	1,577	0,3942	400	iC60L	40	20
EXT(superior)-3	1	76	0,85	89,41	47,10	0,22	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,181146	22,7	0,314	0,0784	400	iC60L	40	20
EXT(superior)-4	1	407	0,85	478,82	252,24	1,20	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,289674	36,3	2,686	0,6716	400	iC60L	40	20
EXT(superior)-5	1	444	0,85	522,35	275,17	1,31	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,258552	32,4	2,616	0,6539	400	iC60L	40	20
GEN2-1	1	57	0,85	67,06	35,33	0,17	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,146832	18,4	0,191	0,0477	400	iC60L	40	20
GEN1-1	1	57	0,85	67,06	35,33	0,17	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,122892	15,4	0,160	0,0399	400	iC60L	40	20
SalReuniones-1	1	228	0,85	268,24	141,30	0,67	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,4918074	61,63	2,555	0,6387	400	iC60L	40	20
SalReuniones-2	1	228	0,85	268,24	141,30	0,67	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,5187	65	2,695	0,6736	400	iC60L	40	20
Baño1-1	1	38	0,85	44,71	23,55	0,11	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,30324	38	0,263	0,0656	400	iC60L	40	20
Baño2-1	1	38	0,85	44,71	23,55	0,11	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,286083	35,85	0,248	0,0619	400	iC60L	40	20
Enfermería-1	1	76	0,85	89,41	47,10	0,22	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,31521	39,5	0,546	0,1365	400	iC60L	40	20
SalContraincendios2-1	1	76	0,85	89,41	47,10	0,22	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,296058	37,1	0,513	0,1282	400	iC60L	40	20
SalClimatización-1	1	190	0,85	223,53	117,75	0,56	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,3417036	42,82	1,479	0,3698	400	iC60L	40	20
Despensa-1	1	38	0,85	44,71	23,55	0,11	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,266532	33,4	0,231	0,0577	400	iC60L	40	20
SalControlREE2-1	1	228	0,85	268,24	141,30	0,67	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,324786	40,7	1,687	0,4218	400	iC60L	40	20
SalControlREE2-2	1	228	0,85	268,24	141,30	0,67	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2793	35	1,451	0,3627	400	iC60L	40	20
SalControlREE2-3	1	114	0,85	134,12	70,65	0,34	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,29526	37	0,767	0,1917	400	iC60L	40	20
BancoShuntsup-1	1	114	0,85	134,12	70,65	0,34	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2667714	33,43	0,693	0,1732	400	iC60L	40	20
BancoShuntsup-2	1	114	0,85	134,12	70,65	0,34	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,260946	32,7	0,678	0,1694	400	iC60L	40	20
BancoShuntsup-3	1	57	0,85	67,06	35,33	0,17	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,182343	22,85	0,237	0,0592	400	iC60L	40	20
BancoTrafoSup-1	1	190	0,85	223,53	117,75	0,56	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,26334	33	1,140	0,2850	400	iC60L	40	20
BancoTrafoSup-2	1	76	0,85	89,41	47,10	0,22	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,126084	15,8	0,218	0,0546	400	iC60L	40	20
BancoTrafoSup-3	1	152	0,85	178,82	94,20	0,45	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,166782	20,9	0,578	0,1444	400	iC60L	40	20
Taller-1	1	304	0,85	357,65	188,40	0,89	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,384636	48,2	2,664	0,6660	400	iC60L	40	20
EXTder(útil)-1	1	555	0,85	652,94	343,96	1,63	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,47082	59	5,954	1,4884	400	iC60L	40	20
Shuntsup-1	1	57	0,85	67,06	35,33	0,17	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2053254	25,73	0,267	0,0667	400	iC60L	40	20
Trafosup-1	1	114	0,85	134,12	70,65	0,34	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,196308	24,6	0,510	0,1275	400	iC60L	40	20
GIS220sup-1	1	777	0,85	914,12	481,54	2,29	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,573762	71,9	10,158	2,5394	400	iC60L	40	20
GIS220sup-2	1	74	0,85	87,06	45,86	0,22	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,034314	4,3	0,058	0,0145	400	iC60L	40	20
GIS220inf-1	1	777	0,85	914,12	481,54	2,29	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,6493326	81,37	11,495	2,8738	400	iC60L	40	20
GIS220inf-2	1	74	0,85	87,06	45,86	0,22	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1303932	16,34	0,220	0,0550	400	iC60L	40	20
EXTder(principal)-1	1	666	0,85	783,53	412,75	1,96	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,522291	65,45	7,925	1,9814	400	iC60L	40	20
EXTder(principal)-2	1	74	0,85	87,06	45,86	0,22	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,0749322	9,39	0,126	0,0316	400	iC60L	40	20
BatREE2-1	1	111	0,85	130,59	68,79	0,33	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2858436	35,82	0,723	0,1807	400	iC60L	40	20
Trafoinf-1	1	111	0,85	130,59	68,79	0,33	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,29925	37,5	0,757	0,1892	400	iC60L	40	20
Trafoinf-2	1	1036	0,85	1218,82	642,06	3,05	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,481194	60,3	11,358	2,8396	400	iC60L	40	20
EXTder(inferior)-1	1	133	0,85	156,47	82,43	0,39	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,305634	38,3	0,926	0,2315	400	iC60L	40	20
EXTder(inferior)-2	1	38	0,85	44,71	23,55	0,11	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2161782	27,09	0,187	0,0468	400	iC60L	40	20
EXTder(inferior)-3	1	38	0,85	44,71	23,55	0,11	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,256956	32,2	0,222	0,0556	400	iC60L	40	20
EXTder(inferior)-4	1	259	0,85	304,71	160,51	0,76	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,260547	32,65	1,538	0,3844	400	iC60L	40	20
EXTder(inferior)-5	1	111	0,85	130,59	68,79	0,33	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1850562	23,19	0,468	0,1170	400	iC60L	40	20
EXTder(inferior)-6	1	666	0,85	783,53	412,75	1,96	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,4590894	57,53	6,966	1,7416	400	iC60L	40	20
Areareunión-1	1	148	0,85	174,12	91,72	0,44	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,238203	29,85	0,803	0,2008	400	iC60L	40	20
Vestuario2-1	1	57	0,85	67,06	35,33	0,17	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,155211	19,45	0,202	0,0504	400	iC60L	40	20
Separadoraaceite-1	1	76	0,85	89,41	47,10	0,22	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1370964	17,18	0,237	0,0593	400	iC60L	40	20
AccJacket2-1	1	150	0,85	176,47	92,96	0,44	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,391818	49,1	1,339	0,3348	400	iC60L	40	20

Enchufes subcuadro de distribución 2

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	155,54	A
Potencia activa total:	91,60	KW
Potencia reactiva total:	56,77	KVAr
Potencia aparente total:	107,76	KVA
Factor de potencia total:	0,85	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	1,8447	%

Circuito	Fases	Potencia mecánica (W)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
13A230V(útil)	1	400	0,85	470,59	247,90	1,18	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,224637	28,15	2,047	0,5118	400	iC60L	40	20
32A400V(útil)	3	7500	0,85	8823,53	4648,08	12,74	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	10	75,6	0,0753877	39,47	6,728	1,6820	400	NSX 100N	100	50
63A400V(útil)	3	15000	0,85	17647,06	9296,17	25,47	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	16	100,8	0,0369776	30,56	6,511	1,6278	400	NSX 160N	160	50
13A230V(principal)	1	400	0,85	470,59	247,90	1,18	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1222536	15,32	1,114	0,2785	400	iC60L	40	20
32A400V(principal)	3	7500	0,85	8823,53	4648,08	12,74	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	10	75,6	0,0733249	38,39	6,544	1,6359	400	NSX 100N	100	50
63A400V(principal)	3	15000	0,85	17647,06	9296,17	25,47	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	16	100,8	0,0190575	15,75	3,356	0,8390	400	NSX 160N	160	50
32A400V(superior)	3	7500	0,85	8823,53	4648,08	12,74	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	10	75,6	0,0826839	43,29	7,379	1,8447	400	NSX 100N	100	50
63A400V(superior)	3	15000	0,85	17647,06	9296,17	25,47	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	6	54,6	0,020856	6,32	3,591	0,8977	400	NSX 100N	63	50
16A230VV(superior)	1	400	0,85	470,59	247,90	1,18	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2083578	26,11	1,899	0,4747	400	iC60L	40	20
13A230V(inferior)	1	400	0,85	470,59	247,90	1,18	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,4791192	60,04	4,367	1,0916	400	iC60L	40	20
32A400V(inferior)	3	7500	0,85	8823,53	4648,08	12,74	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	10	75,6	0,0825884	43,24	7,370	1,8426	400	NSX 100N	100	50
63A400V(inferior)	3	15000	0,85	17647,06	9296,17	25,47	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	16	100,8	0,0386716	31,96	6,810	1,7024	400	NSX 160N	160	50

SUBCUADRO DE PEQUEÑOS SERVICIOS 2

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	94,78	A
Potencia activa total:	59,10	KW
Potencia reactiva total:	28,62	KVAr
Potencia aparente total:	65,67	KVA
Factor de potencia total:	0,90	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	4,0360	%

Circuito	Consumidor	Fases	Potencia mecánica (kW)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%	Tensión del consumidor (	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
Grua_pesc2(T)-CA-1	Grúa pescante 2	3	16,1	0,9	17,88888889	7,797585888	25,82038704	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	10	75,6	0,0842692	44,12	16,144	4,0360	400	NSX 100N	100	50
Grua_GIS220KV2(T)-CA-1	Grúa GIS 2 220KV	3	5,5	0,9	6,111111111	2,663771577	8,820629113	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,04389	5,5	2,750	0,6875	400	iC60L	40	20
Grua_GIS66KV2(T)-CA-1	Grúa GIS 2 66KV	3	5,5	0,9	6,111111111	2,663771577	8,820629113	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1701336	21,32	10,660	2,6650	400	iC60L	40	20
Conden2(T)-CA-1	Condensador 2	3	20	0,9	22,22222222	9,686442097	32,07501495	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	16	100,8	0,0536393	44,33	12,594	3,1484	400	NSX 160N	160	50
Compre2(T)-CA-1	Compresor 2	3	12	0,9	13,33333333	5,811865258	19,24500897	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	10	75,6	0,10887	57	15,545	3,8864	400	NSX 100N	100	50

CUADRO HVAC 2

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	273,32	A
Potencia activa total:	166,00	KW
Potencia reactiva total:	89,29	KVAr
Potencia aparente total:	189,36	KVA
Factor de potencia total:	0,88	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	5,9659	%

Circuito	Consumidor	Fases	Potencia mecánica (kW)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
AHU(T)-CA-2	Climatizador [AHU]	3	40	0,9	44,44	19,37	64,15	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	16	100,8	0,05082	42	23,864	5,9659	400	NSX 160N	160	50
Enfriador(T)-CA-2	Enfriadores de agua	3	30	0,86	34,88	17,80	50,35	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	16	100,8	0,03993	33	14,063	3,5156	400	NSX 160N	160	50
Ventilador(T)-CA-2	Ventiloconvectores, extractores…	3	45	0,85	52,94	27,89	76,41	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	25	133,35	0,02964	38	15,545	3,8864	400	NSX 160N	160	50
Calentador(T)-CA-2	Calentadores	3	31	0,85	36,47	19,21	52,64	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	16	100,8	0,03509	29	12,770	3,1925	400	NSX 160N	160	50
Cal_Tanque(T)-CA-2	Calentador del Tanque sumidero	3	10	0,97	10,31	2,51	14,88	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	16	100,8	0,04235	35	4,972	1,2429	400	NSX 160N	160	50
Traceado(T)-CA-2	Traceado eléctrico	3	10	0,97	10,31	2,51	14,88	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	16	100,8	0,05445	45	6,392	1,5980	400	NSX 160N	160	50

CUADRO PRINCIPAL CC 1

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	110	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	110	V
Intensidad total:	15,09	A
Potencia activa total:	2,30	KW
Potencia reactiva total:	1,73	KVAr
Potencia aparente total:	2,88	KVA
Factor de potencia total:	0,80	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	4,7521	%

Circuito	Consumidor	Fases	Potencia mecánica (kW)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
Serv1(M)-CC-1	Sistema de servicios 1 [LCC 220kV, REE SCS]	1	2,3	0,8	2,875	1,725	26,13636364	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	6	54,6	0,099	30	5,227	4,7521	110	NSX 100N	63	50

CUADRO PRINCIPAL CC 2

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	110	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	110	V
Intensidad total:	15,09	A
Potencia activa total:	2,30	KW
Potencia reactiva total:	1,73	KVAr
Potencia aparente total:	2,88	KVA
Factor de potencia total:	0,80	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	4,7521	%

Circuito	Consumidor	Fases	Potencia mecánica (kW)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
Serv2(M)-CC-1	Sistema de servicios 2 [LCC 220kV, REE SCS]	1	2,3	0,8	2,875	1,725	26,1363636	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	6	54,6	0,099	30	5,227	4,7521	110	NSX 100N	63	50

CUADRO GENERADOR 1

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	53,23	A
Potencia activa total:	36,88	KW
Potencia reactiva total:	0,00	KVAr
Potencia aparente total:	36,88	KVA
Factor de potencia total:	1,00	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	1,7033	%

Circuito	Consumidor	Fases	Potencia mecánica (kW)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
CG1(B)(T)-CA-1	Pequeña potencia	3	30,8	1	30,80	0,00	44,46	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	6	54,6	0,019272	5,84	6,813	1,7033	400	NSX 100N	63	50
CG1(ij)(T)-CA-1	Iluminación	1	3,5478	1	3,55	0,00	8,87	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	4	42	0,02475	5	2,016	0,5039	400	NSX 100N	63	50
CPC3(T)-CA-1	Sistema 3 convertidor 110VDC	3	2,53	1,00	2,53	0,00	3,65	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	4	42	0,00495	1	0,144	0,0359	400	NSX 100N	63	50

Iluminación

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	3,35	A
Potencia activa total:	1,97	KW
Potencia reactiva total:	1,22	KVAr
Potencia aparente total:	2,32	KVA
Factor de potencia total:	0,85	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	0,4156	%

Circuito	Fases	Potencia mecánica (W)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
GIS66izq-1	1	222	0,85	261,18	137,58	0,65	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2038092	25,54	1,031	0,2577	400	iC60L	40	20
GIS66izq-2	1	222	0,85	261,18	137,58	0,65	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1896846	23,77	0,959	0,2399	400	iC60L	40	20
GIS66izq-3	1	222	0,85	261,18	137,58	0,65	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,212667	26,65	1,076	0,2689	400	iC60L	40	20
GIS66izq-4	1	222	0,85	261,18	137,58	0,65	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2512902	31,49	1,271	0,3178	400	iC60L	40	20
GIS66izq-5	1	222	0,85	261,18	137,58	0,65	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,3286962	41,19	1,663	0,4156	400	iC60L	40	20
ControlMV1-1	1	185	0,85	217,65	114,65	0,54	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,3075492	38,54	1,296	0,3241	400	iC60L	40	20
ControlMV1-2	1	185	0,85	217,65	114,65	0,54	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,3217536	40,32	1,356	0,3391	400	iC60L	40	20
BatIBR1-1	1	37	0,85	43,53	22,93	0,11	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2781828	34,86	0,235	0,0586	400	iC60L	40	20

BatIBR1-2	1	37	0,85	43,53	22,93	0,11	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2898336	36,32	0,244	0,0611	400	iC60L	40	20
BatIBR1-3	1	37	0,85	43,53	22,93	0,11	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,301644	37,8	0,254	0,0636	400	iC60L	40	20
ControlBTIBR1-1	1	76	0,85	89,41	47,10	0,22	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,09576	12	0,166	0,0415	400	iC60L	40	20
ControlBTIBR1-2	1	76	0,85	89,41	47,10	0,22	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,082992	10,4	0,144	0,0359	400	iC60L	40	20
ControlBTIBR1-3	1	76	0,85	89,41	47,10	0,22	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,090972	11,4	0,158	0,0394	400	iC60L	40	20
ControlBTIBR1-4	1	76	0,85	89,41	47,10	0,22	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1050168	13,16	0,182	0,0455	400	iC60L	40	20
ControlBTIBR1-5	1	76	0,85	89,41	47,10	0,22	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1191414	14,93	0,206	0,0516	400	iC60L	40	20

Pequeña potencia

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	52,30	A
Potencia activa total:	30,80	KW
Potencia reactiva total:	19,09	KVAr
Potencia aparente total:	36,24	KVA
Factor de potencia total:	0,85	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	2,9009	%

Circuito	Fases	Potencia mecánica (W)	Factor de potencia	Potencia aparente (VA)	Potencia reactiva (VAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
13A230V(útil)	1	400	0,85	470,5882	247,8977	1,1765	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,035511	4,45	0,324	0,0809	400	iC60L	40	20
32A400V(útil)	3	7500	0,85	8823,529	4648,083	12,736	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,0549024	6,88	4,691	1,1727	400	iC60L	40	20
13A230V(principal)	1	400	0,85	470,5882	247,8977	1,1765	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1470714	18,43	1,340	0,3351	400	iC60L	40	20
32A400V(principal)	3	7500	0,85	8823,529	4648,083	12,736	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	4	42	0,1347885	27,23	11,604	2,9009	400	NSX 100N	63	50
63A400V(principal)	3	15000	0,85	17647,06	9296,165	25,471	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,0511518	6,41	8,741	2,1852	400	iC60L	40	20

CUADRO GENERADOR 2

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	97,03	A
Potencia activa total:	67,22	KW
Potencia reactiva total:	0,00	KVAr
Potencia aparente total:	67,22	KVA
Factor de potencia total:	1,00	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	0,4943	%

Circuito	Consumidor	Fases	Potencia mecánica (kW)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
CG2(B)(T)-CA-1	Pequeña potencia	3	30,80	1,00	30,80	0,00	44,46	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	10	75,6	0,00382	2	1,400	0,3500	400	NSX 100N	100	50
CG2(I)(M)-CA-1	Iluminación	1	3,89	1,00	3,89	0,00	9,73	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	4	42	0,0198	4	1,769	0,4422	400	NSX 100N	63	50
CPC4(T)-CA-1	Sistema 4 convertidor 110VDC	3	2,53	1,00	2,53	0,00	3,65	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	4	42	0,010494	2,12	0,305	0,0762	400	NSX 100N	63	50
CGEM(T)-CA-1	UPS IBR	3	30	1	30,00	0,00	43,30	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	4	42	0,005742	1,16	1,977	0,4943	400	NSX 100N	63	50

Iluminación

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	3,67	A
Potencia activa total:	2,16	KW
Potencia reactiva total:	1,34	KVAr
Potencia aparente total:	2,54	KVA
Factor de potencia total:	0,85	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	0,4877	%

Circuito	Fases	Potencia mecánica (W)	Factor de potencia	Potencia aparente (VA)	Potencia reactiva (VAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
GIS66der-1	2	222	0,85	261,18	137,58	0,65	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1658244	20,78	0,839	0,2097	400	iC60L	40	20
GIS66der-2	2	222	0,85	261,18	137,58	0,65	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1896846	23,77	0,959	0,2399	400	iC60L	40	20
GIS66der-3	2	222	0,85	261,18	137,58	0,65	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,2132256	26,72	1,079	0,2696	400	iC60L	40	20
GIS66der-4	2	185	0,85	217,65	114,65	0,54	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,244188	30,6	1,029	0,2573	400	iC60L	40	20
GIS66der-5	2	74	0,85	87,06	45,86	0,22	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1267224	15,88	0,214	0,0534	400	iC60L	40	20
GIS66der-6	2	259	0,85	304,71	160,51	0,76	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,3306114	41,43	1,951	0,4877	400	iC60L	40	20
ControlMV2-1	2	185	0,85	217,65	114,65	0,54	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,16359	20,5	0,690	0,1724	400	iC60L	40	20
ControlMV2-2	2	185	0,85	217,65	114,65	0,54	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,17556	22	0,740	0,1850	400	iC60L	40	20
BatIBR2-1	2	76	0,85	89,41	47,10	0,22	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,149625	18,75	0,259	0,0648	400	iC60L	40	20
BatIBR2-2	2	76	0,85	89,41	47,10	0,22	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1596	20	0,276	0,0691	400	iC60L	40	20
ControlBTIBR2-1	2	114	0,85	134,12	70,65	0,34	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1813854	22,73	0,471	0,1178	400	iC60L	40	20
ControlBTIBR2-2	2	114	0,85	134,12	70,65	0,34	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,166782	20,9	0,433	0,1083	400	iC60L	40	20
ControlBTIBR2-3	2	114	0,85	134,12	70,65	0,34	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,1813854	22,73	0,471	0,1178	400	iC60L	40	20

ControlBTIBR2-4	2	114	0,85	134,12	70,65	0,34	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,166782	20,9	0,433	0,1083	400	iC60L	40	20

Pequeña potencia

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	52,30	A
Potencia activa total:	30,80	KW
Potencia reactiva total:	19,09	KVAr
Potencia aparente total:	36,24	KVA
Factor de potencia total:	0,85	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	2,4077	%

Circuito	Fases	Potencia mecánica (W)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
13A230V(útil)	2	400	0,85	470,59	247,90	1,18	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,055062	6,9	0,502	0,1255	400	iC60L	40	20
32A400V(útil)	3	7500	0,85	8823,53	4648,08	12,74	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,0675906	8,47	5,775	1,4438	400	iC60L	40	20
13A230V(principal)	2	400	0,85	470,59	247,90	1,18	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,11172	14	1,018	0,2545	400	iC60L	40	20
32A400V(principal)	3	7500	0,85	8823,53	4648,08	12,74	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,110124	13,8	9,409	2,3523	400	iC60L	40	20
63A400V(principal)	3	15000	0,85	17647,06	9296,17	25,47	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	4	42	0,055935	11,3	9,631	2,4077	400	NSX 100N	63	50

CUADRO GENERADOR EMERGENCIA

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	31,40	A
Potencia activa total:	18,69	KW
Potencia reactiva total:	9,76	KVAr
Potencia aparente total:	21,75	KVA
Factor de potencia total:	0,86	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	2,5909	%

Circuito	Consumidor	Fases	Potencia mecánica (kW)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω/km)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
Lin_entr(M)-CA-1	Monitor de las líneas entrantes	3	0,5	0,85	0,59	0,31	0,85	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,288	36,08	1,640	0,4100	400	iC60L	40	20
CCTV1(M)-CA-2	CCTV 1	3	0,75	0,85	0,88	0,46	1,27	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,196	24,5	1,670	0,4176	400	iC60L	40	20
CCTV2(M)-CA-2	CCTV 2	3	0,75	0,85	0,88	0,46	1,27	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,301	37,71	2,571	0,6428	400	iC60L	40	20
LAN1(M)-CA-2	LAN 1	1	1	0,85	1,18	0,62	2,94	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,297	37,27	6,776	1,6941	400	iC60L	40	20
LAN2(M)-CA-2	LAN 2	1	1	0,85	1,18	0,62	2,94	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,188	23,5	4,273	1,0682	400	iC60L	40	20
VFH(M)-CA-2	Radio VHF	1	0,5	1	0,50	0,00	1,25	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,028	3,54	0,322	0,0805	400	iC60L	40	20
VTMS(M)-CA-2	VTMS	1	0,5	1	0,50	0,00	1,25	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,350	43,91	3,992	0,9980	400	iC60L	40	20
Cel_med1(M)-CA-1	Celda de medición 1	1	0,5	0,8	0,63	0,38	1,56	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,313	39,18	3,562	0,8905	400	iC60L	40	20
Cel_med2(M)-CA-2	Celda de medición 2	1	0,5	0,8	0,63	0,38	1,56	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,012	1,53	0,139	0,0348	400	iC60L	40	20
SCS_Gen(M)-CA-1	Sistema SCS	1	1,5	0,8	1,88	1,13	4,69	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,024	3,03	0,826	0,2066	400	iC60L	40	20
Est_clim(M)-CA-2	Transmisión de estación climática	1	0,25	0,85	0,29	0,15	0,74	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,016	2,06	0,094	0,0234	400	iC60L	40	20
CGEM(i)(T)-CA-1	Subcuadro de iluminación de emergencia	1	3,64	1	3,64	0,00	9,09	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,008	1	0,661	0,1653	400	iC60L	40	20
Cel_Telcom1(M)-CA-1	Celda de Telecomunicaciones 1	1	1	0,82	1,22	0,70	3,05	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,299	37,45	6,809	1,7023	400	iC60L	40	20
Cel_Telcom2(M)-CA-2	Celda de Telecomunicaciones 2	1	1	0,82	1,22	0,70	3,05	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,024	3	0,545	0,1364	400	iC60L	40	20
SCADA1(M)-CA-1	Celda SCADA	1	2,3	0,82	2,80	1,61	7,01	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,006	0,75	0,314	0,0784	400	iC60L	40	20
GMS1(M)-CA-1	Panel GMS 1	1	1,5	0,8	1,88	1,13	4,69	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,303	38	10,364	2,5909	400	iC60L	40	20
GMS2(M)-CA-1	Panel GMS 2	1	1,5	0,8	1,88	1,13	4,69	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,030	3,75	1,023	0,2557	400	iC60L	40	20

Iluminación cuadro generador de emergencia

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:		KA
Tensión en barras:	400	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	400	V
Intensidad total:	3,43	A
Potencia activa total:	2,02	KW
Potencia reactiva total:	1,25	KVAr
Potencia aparente total:	2,38	KVA
Factor de potencia total:	0,85	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	1,0556	%

Circuito	Fases	Potencia mecánica (W)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω/km)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%)	Tensión del consumidor (V)	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
GIS66der-1	1	148	0,85	174,12	91,72	757,03	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,293	36,66	0,986	0,4289	230	iC60L	40	20
GIS66izq-1	1	222	0,85	261,18	137,58	1135,55	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,480	60,15	2,428	1,0556	230	iC60L	40	20
ControlMV1-1	1	185	0,85	217,65	114,65	946,29	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,345	43,27	1,455	0,6328	230	iC60L	40	20
ControlMV1-2	1	185	0,85	217,65	114,65	946,29	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,362	45,35	1,525	0,6632	230	iC60L	40	20
ControlMV2-1	1	185	0,85	217,65	114,65	946,29	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,102	12,75	0,429	0,1865	230	iC60L	40	20
ControlMV2-2	1	185	0,85	217,65	114,65	946,29	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,113	14,17	0,477	0,2072	230	iC60L	40	20
BatIBR1-1	1	37	0,85	43,53	22,93	189,26	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,378	47,4	0,319	0,1386	230	iC60L	40	20
BatIBR2-1	1	37	0,85	43,53	22,93	189,26	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,133	16,65	0,112	0,0487	230	iC60L	40	20
ControlBTIBR1-1	1	76	0,85	89,41	47,10	388,75	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,096	12	0,166	0,0721	230	iC60L	40	20
ControlBTIBR1-2	1	76	0,85	89,41	47,10	388,75	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,083	10,4	0,144	0,0625	230	iC60L	40	20
ControlBTIBR1-3	1	76	0,85	89,41	47,10	388,75	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,091	11,4	0,158	0,0685	230	iC60L	40	20
ControlBTIBR1-4	1	76	0,85	89,41	47,10	388,75	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,105	13,16	0,182	0,0791	230	iC60L	40	20
ControlBTIBR1-5	1	76	0,85	89,41	47,10	388,75	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,115	14,43	0,199	0,0867	230	iC60L	40	20
ControlBTIBR2-1	1	114	0,85	134,12	70,65	583,12	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,181	22,73	0,471	0,2048	230	iC60L	40	20
ControlBTIBR2-2	1	114	0,85	134,12	70,65	583,12	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,167	20,9	0,433	0,1883	230	iC60L	40	20
ControlBTIBR2-3	1	114	0,85	134,12	70,65	583,12	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,189	23,73	0,492	0,2139	230	iC60L	40	20
ControlBTIBR2-4	1	114	0,85	134,12	70,65	583,12	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	2,5	31,5	0,167	20,9	0,433	0,1883	230	iC60L	40	20

CUADRO PRINCIPAL CC 3

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	110	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	110	V
Intensidad total:	15,09	A
Potencia activa total:	2,30	KW
Potencia reactiva total:	1,73	KVAr
Potencia aparente total:	2,88	KVA
Factor de potencia total:	0,80	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	4,4432	%

Circuito	Consumidor	Fases	Potencia mecánica (kW)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%	Tensión del consumidor (	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
Serv3(M)-CC-1	Sistema de servicios 1 [LCC 220kV, IBR SCS]	1	2,3	0,8	2,875	1,725	57,5	XTCuZ1-K(AS+	LSZH XLPE	1	16	100,8	0,04114	34	2,222	4,4432	50	NSX 160N	160	50

CUADRO PRINCIPAL CC 4

Alimentado desde:		
Corriente de Cortocircuito:	25	KA
Tensión en barras:	110	V
Frecuencia:	50	Hz
Tensión nominal:	110	V
Intensidad total:	15,09	A
Potencia activa total:	2,30	KW
Potencia reactiva total:	1,73	KVAr
Potencia aparente total:	2,88	KVA
Factor de potencia total:	0,80	
Límite Caída de tensión:	6	%
Caída de Tensión Máxima:	4,7045	%

Circuito	Consumidor	Fases	Potencia mecánica (kW)	Factor de potencia	Potencia aparente (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)	Intensidad (A)	Cable	Tipo de cable	Líneas por cable	Sección (mm²)	Capacidad del cable (A)	Resistencia (Ω)	Longitud del cable (m)	Caída de tensión cable (V)	Caída de tensión cable (%	Tensión del consumidor (	Interruptor Automático	Corriente nominal (A)	Poder de corte
Serv4(M)-CC-1	Sistema de servicios 2 [LCC 220kV, IBR SCS]	1	2,3	0,8	2,875	1,725	57,5	XTCuZ1-K(AS+)	LSZH XLPE	1	16	100,8	0,04356	36	2,352	4,7045	50	NSX 160N	160	50

Anexo: Iluminación

Índice

1. Catálogo: luminarias
2. Datos obtenidos
   - 2.1. Cubierta inferior
     - 2.1.1. Plano general
     - 2.1.2. Separadora de aceite
     - 2.1.3. Vestuario 1
     - 2.1.4. Vestuario 2
     - 2.1.5. Acceso jacket 1
     - 2.1.6. Acceso jacket 2
   - 2.2. Cubierta principal
     - 2.2.1. Área exterior
     - 2.2.2. 66kV GIS izquierdo
     - 2.2.3. 66kV GIS derecho
     - 2.2.4. 220kV GIS izquierdo
     - 2.2.5. 220 kV GIS derecho
     - 2.2.6. Reactor shunt superior
     - 2.2.7. Reactor shunt inferior
     - 2.2.8. Sala del transformador superior
     - 2.2.9. Sala del transformador inferior
     - 2.2.10. Control MV 1
     - 2.2.11. Control MV 2
     - 2.2.12. Sala batería REE 1
     - 2.2.13. Sala batería REE 2
     - 2.2.14. Sala batería IBR 1
     - 2.2.15. Sala batería IBR 2
   - 2.3. Cubierta útil
     - 2.3.1. Pasarela exterior izquierda
     - 2.3.2. Pasarela exterior derecha
     - 2.3.3. Almacén de bienes peligrosos
     - 2.3.4. Sala de contraincendios 1
     - 2.3.5. Sala de contraincendios 2
     - 2.3.6. Sala de control y BT REE 1
     - 2.3.7. Sala de control y BT REE 2
     - 2.3.8. Sala de control y BT IBR 1
     - 2.3.9. Sala de control y BT IBR 2
     - 2.3.10. Sala del compresor 1
     - 2.3.11. Sala del compresor 2
     - 2.3.12. Pasarela reactor shunt superior
     - 2.3.13. Pasarela reactor shunt inferior
     - 2.3.14. Pasarela transformadores superior
     - 2.3.15. Pasarela transformadores inferior
     - 2.3.16. Banco de refrigeración Shunt inferior
     - 2.3.17. Banco de refrigeración Shunt superior
     - 2.3.18. Banco de refrigeración Transformadores inferior
     - 2.3.19. Banco de refrigeración Transformadores superior
     - 2.3.20. Taller
     - 2.3.21. Sala de climatización

2.3.22. Sala de reuniones
2.3.23. Baño 1
2.3.24. Baño 2
2.3.25. Despensa
2.3.26. Enfermería
2.4. Cubierta superior
2.4.1. Zona exterior
2.4.2. Generador de emergencia 1
2.4.3. Generador de emergencia 2
2.4.4. Helipuerto

1. Catálogo: luminarias

E20760302

E20 G2

GLAMOX

GLAMOX

E20-S G2 LED M/NM E3 DALI

EAN-nr: 7020940377331

Stock code: B

A surface mounted IP65 combined exit sign and escape route luminaire based on LED. 24 meter reading distance. Using a environment friendly NiMh battery. All signs are included.

IP65 LED IK06 CE

Electrical data	
Voltage from (V)	230
Maximum voltage (V)	2240
Minimum frequency (Hz)	50
Maximum frequency (Hz)	60
Minimum voltage in DC	220
Maximum voltage in DC	240
Total consumption (W)	2

Light technical data	
Light source	LED
Lumen value supplied light source (lm)	179
Lumen Out	179
Lumen/Watt	90

Emergency	
Type of emergency	DALI
Duration in battery mode (hrs)	3 hours

Body	
Body material	Polycarbonate
Colour of body	Grey

Dimensions	
Net weight (kg)	0,8
Gross weight (kg)	0,9
Length (mm)	345
Width (mm)	144
Height (mm)	77
CCmax (mm)	240
CCmin (mm)	65

Technical data	
IP classification	65
IK Classification	6
Maximum ambient temperature (°C)	30

Ballast	
Type of Ballast	Maintained/non maintained
Number of ballast	1

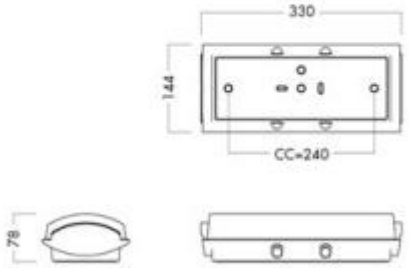
Optic	
Optic	Clear

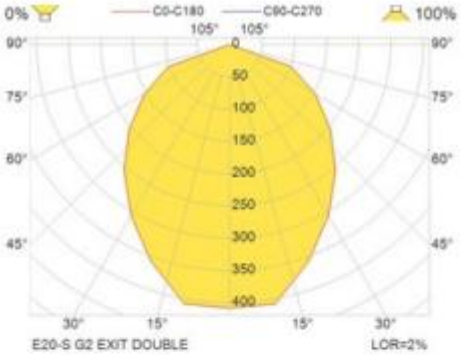
Termination	
Termination	5x2x2.5mm² Push In terminal

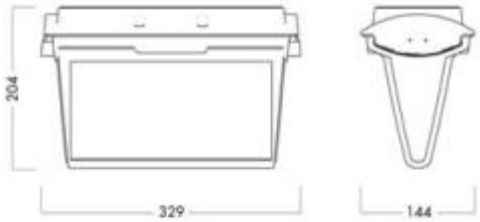
E20760302

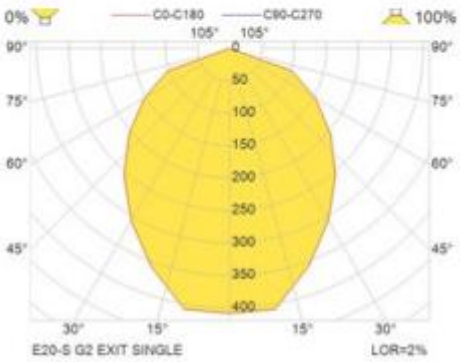
E20 G2

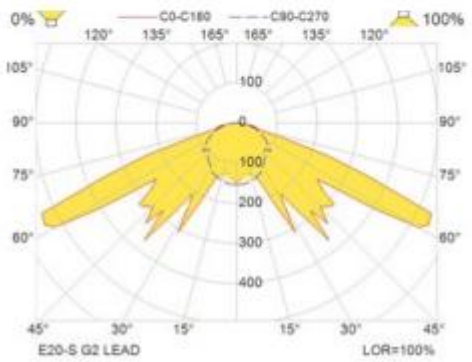
Drawings











MIRZ67 218HF TW PC M20

MIR036548

GLAMOX

GLAMOX

MIRZ67 218HF TW PC M20

EAN-nr: 7054130365488

Stock code: M

Electrical data	
Voltage from (V)	220
Maximum voltage (V)	240
Minimum frequency (Hz)	50
Maximum frequency (Hz)	60
Total consumption (W)	36
Number of luminaires on a 10A MCB type B (80% load)	18
Number of luminaires on a 10A MCB type C (80% load)	37
Number of luminaires on a 16A MCB type B (80% load)	30
Number of luminaires on a 16A MCB type C (80% load)	60

Dimensions	
Net weight (kg)	3,5
Gross weight (kg)	3,78
Length (mm)	724
Width (mm)	165
Height (mm)	128
CCmax (mm)	704
CCmin (mm)	704

Light technical data	
Light source	T8
Lamp base	G13
Number of lamps	2
Lamp power (W)	18

Body	
Body material	Aluminium/zinc treated steel
Colour of body	White

Termination	
Cable gland	M20-Polyamide
Number of cable entries	2
Cable_Diameter	7
Cable_Diameter_Max	14
Termination	5x2X6 SC
Blind-plug	M20-Polyamide
Number of blind plugs	2
Type of through wiring	5x2,5

Technical data	
IP classification	66/67
IK Classification	10
Minimum ambient temperature (ºC)	-25
Maximum ambient temperature (°C)	45
Corrosion class	C3

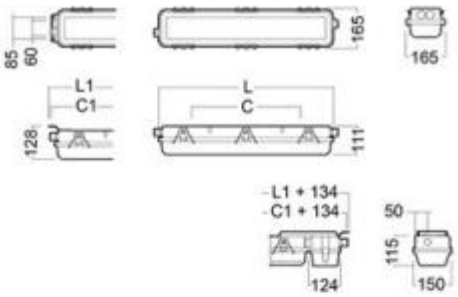
Optic	
Optic	Clear
Material of diffuser	Polycarbonate
Lightdistribution Up/Down	10/90

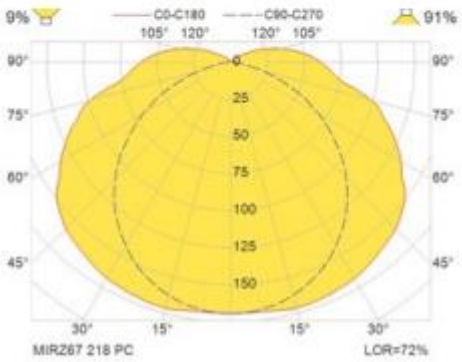
Ballast	
Type of Ballast	HF = High frequency
Number of ballast	1

MIR036548

Drawings

Wattage	L1	C1	L	C for Hood nut
18W	724	704	681	On request
36W	1334	1314	1291	On request
58W	1634	1614	1591	On request





MIR078887

MIR

GLAMOX

MIRZ54-600 LED 2500 HF TW PC 840 M20

EAN-nr: 7054130788874

Stock code: A

A high quality industrial/marine long life LED luminaire.

Electrical data	
Voltage from (V)	220
Maximum voltage (V)	240
Minimum frequency (Hz)	50
Maximum frequency (Hz)	60
Minimum voltage in DC	176
Maximum voltage in DC	280
Total consumption (W)	19
Number of luminaires on a 10A MCB type B (80% load)	10
Number of luminaires on a 10A MCB type C (80% load)	16
Number of luminaires on a 16A MCB type B (80% load)	16
Number of luminaires on a 16A MCB type C (80% load)	26
EMC_Cat	EMC1
Leakage Current (mA)	0,3

Termination	
Cable gland	M20-Polyamide
Number of cable entries	2
Cable_Diameter	7
Cable_Diameter_Max	14
Termination	5x6mm² screw terminal block
Blind-plug	M20-Polyamide
Number of blind plugs	2
Type of through wiring	5x2,5

Technical data	
IP classification	54
IK Classification	10
Minimum ambient temperature (°C)	-25
Maximum ambient temperature (°C)	45
Corrosion class	C3

Body	
Body material	Aluminium/zinc treated steel
Colour of body	White

Light technical data	
Light source	LED
Colour rendering and colour temperature	CRI>80, 4000K
Lumen Out	2460
MacAdam step	3
Lumen/Watt	129
Median useful life (EN 62717) Ta25	100000h L80B50
Median useful life (EN 62717) Max Ta	90000h L80B50
Luminous flux decline (LLMF) 50000h Ta25	0.86
L80B50 Median useful life (EN 62717) Ta25 (hr)	100000
L80B50 Median useful life (EN 62717) MaxTa (hr)	90000

Dimensions	
Net weight (kg)	3,5
Gross weight (kg)	3.76
Length (mm)	724
Width (mm)	165
Height (mm)	128
CCmax (mm)	704
CCmin (mm)	704

Optic	
Optic	Clear
Material of diffuser	Polycarbonate
Lightdistribution Up/Down	5/95

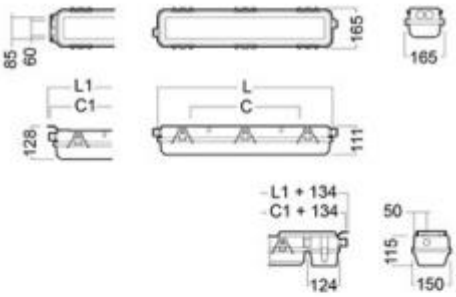
Ballast	
Type of Ballast	HF = High frequency
Number of ballast	1

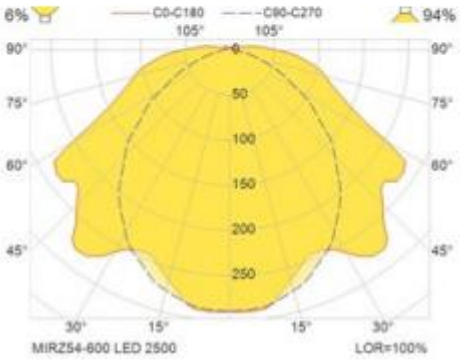
MIR078887

MIR

Drawings

MIR LED	L1	C1	L	C for Hood nut
MIR-600 LED	724	704	681	On request
MIR-1200 LED	1334	1314	1291	On request
MIR-1500 LED	1634	1614	1591	On request





MIRZ54-1200

MIR078891

MIR

GLAMOX

MIRZ54-1200 LED 5000 HF-EB3/S TW PC 840

EAN-nr: 7054130788911

Stock code: B

A high quality industrial/marine long life LED luminaire.

For IP54 only 2 diffuser clips on each side of fixture

Electrical data	
Voltage from (V)	220
Maximum voltage (V)	240
Minimum frequency (Hz)	50
Maximum frequency (Hz)	60
Minimum voltage in DC	176
Maximum voltage in DC	280
Total consumption (W)	37
Number of luminaires on a 10A MCB type B (80% load)	7
Number of luminaires on a 10A MCB type C (80% load)	15
Number of luminaires on a 16A MCB type B (80% load)	12
Number of luminaires on a 16A MCB type C (80% load)	24
EMC_Cat	EMC1
Leakage Current (mA)	0,3

Termination	
Cable gland	M20-Polyamide
Number of cable entries	2
Cable_Diameter	7
Cable_Diameter_Max	14
Termination	5x6mm² screw terminal block
Blind-plug	M20-Polyamide
Number of blind plugs	1
Type of through wiring	5x2,5

Technical data	
IP classification	54
IK Classification	10
Minimum ambient temperature (°C)	0
Maximum ambient temperature (°C)	45
Corrosion class	C3

Ballast	
Type of Ballast	HF = High frequency
Number of ballast	1
Wiring Options	Integrated emergency with battery box

Light technical data	
Light source	LED
Colour rendering and colour temperature	CRI>80, 4000K
Lumen Out	4913
MacAdam step	3
Lumen/Watt	133
Median useful life (EN 62717) Ta25	90000h L70B50
Median useful life (EN 62717) Max Ta	70000h L70B50
Luminous flux decline (LLMF) 50000h Ta25	0.89
L70B50 Median useful life (EN 62717) Ta25 (hr)	90000
L70B50 Median useful life (EN 62717) MaxTa (hr)	70000

Dimensions	
Net weight (kg)	8,4
Gross weight (kg)	9,18
Length (mm)	1468
Width (mm)	165
Height (mm)	128
CCmax (mm)	1448
CCmin (mm)	1448

Emergency	
Type of emergency	S = Standard
Duration in battery mode (hrs)	3 hours
Output in battery mode (%)	13

Optic	
Optic	Clear
Material of diffuser	Polycarbonate
Lightdistribution Up/Down	5/95

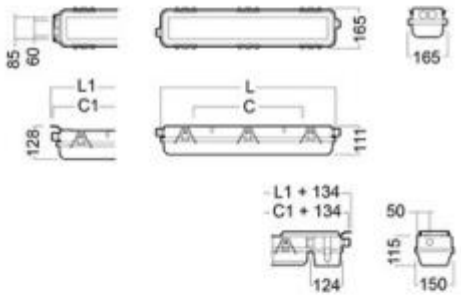
Body	
Body material	Aluminium/zinc treated steel
Colour of body	White

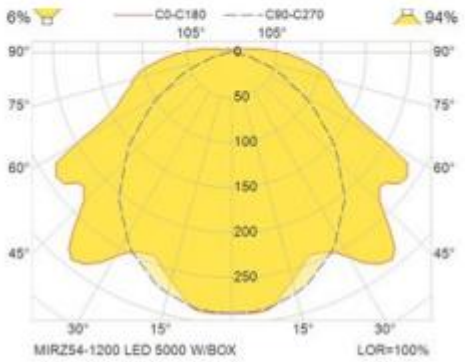
MIR078891

MIR

Drawings

MIR LED	L1	C1	L	C for Hood nut
MIR-600 LED	724	704	681	On request
MIR-1200 LED	1334	1314	1291	On request
MIR-1500 LED	1634	1614	1591	On request

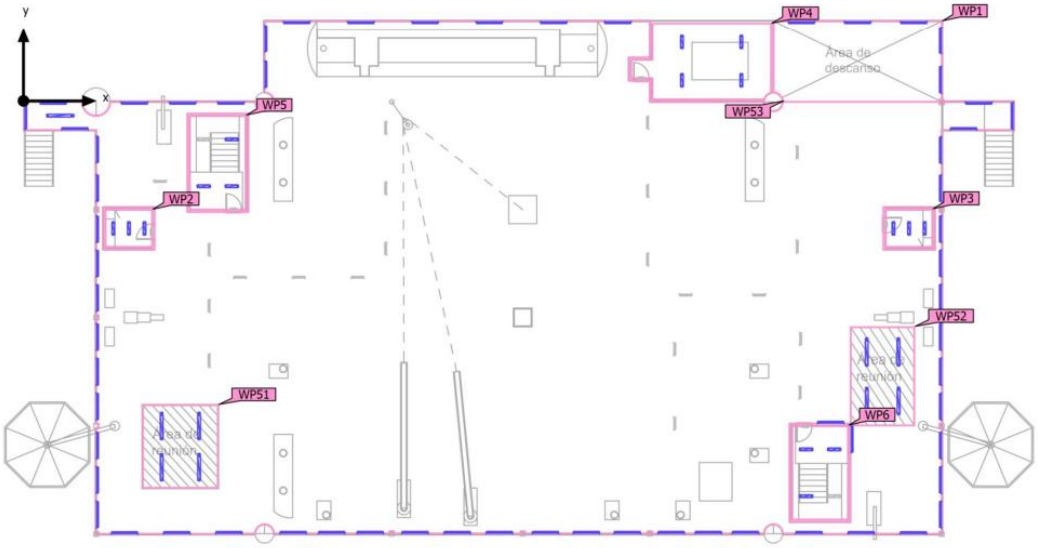




2. Datos obtenidos

2.1.Cubierta inferior

- Iluminación normal

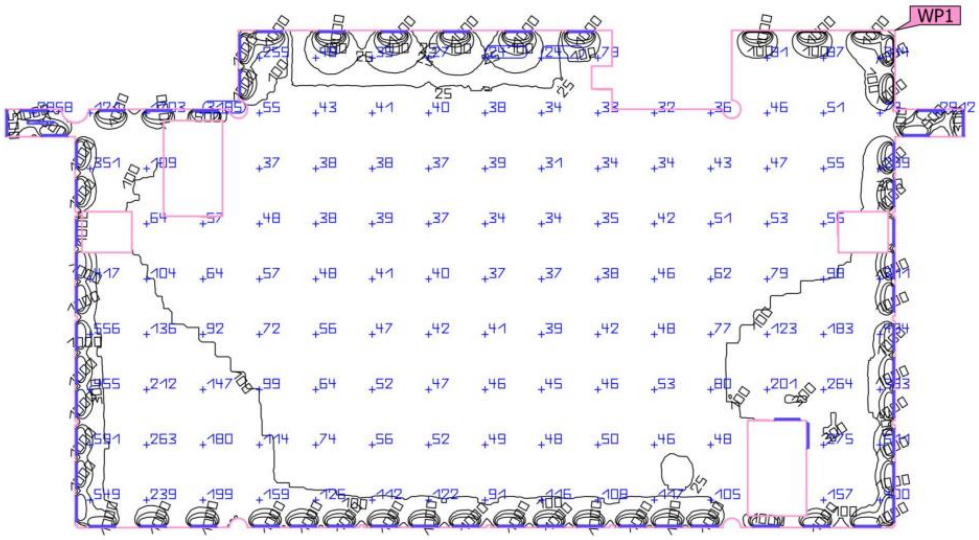


- Iluminación de emergencia

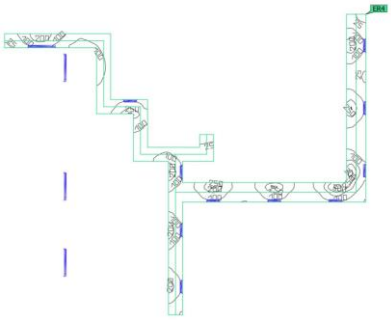
2.2.

2.2.1. Plano general

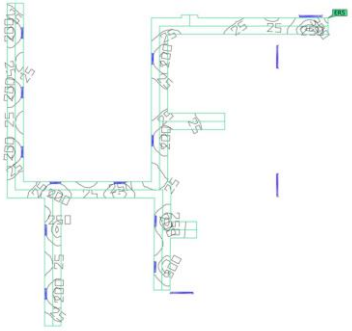
- Iluminación normal



- Iluminación de emergencia
  - Parte izquierda

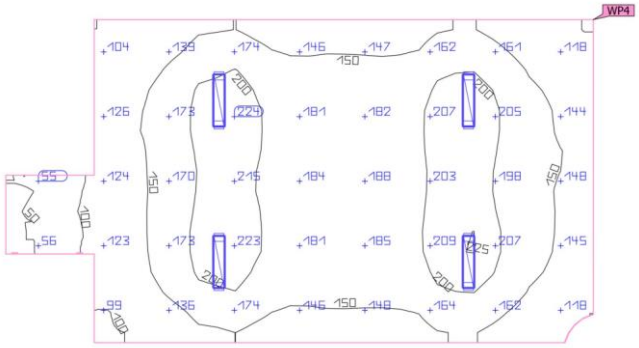


  - Parte derecha

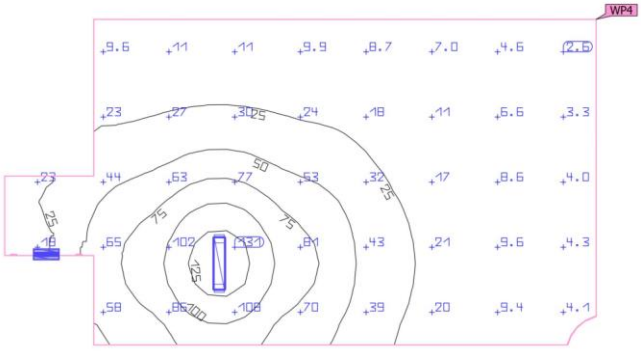


2.2.2. Separadora de aceite

- Iluminación normal

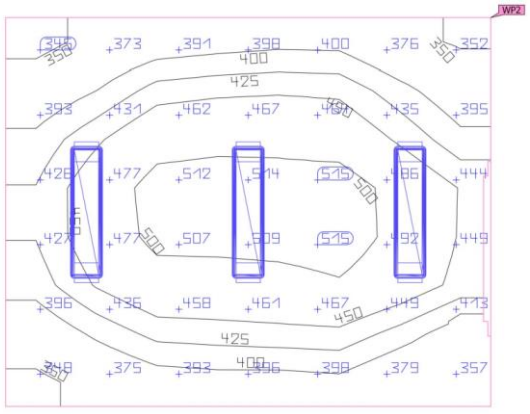


- Iluminación de emergencia

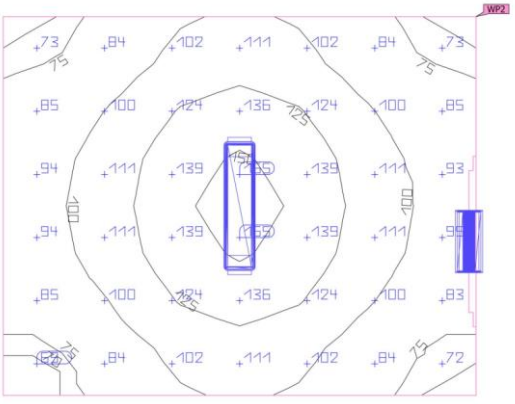


2.2.3. Vestuario 1

- Iluminación normal

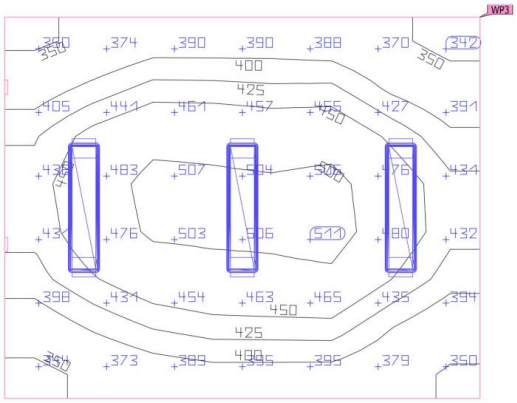


- Iluminación de emergencia

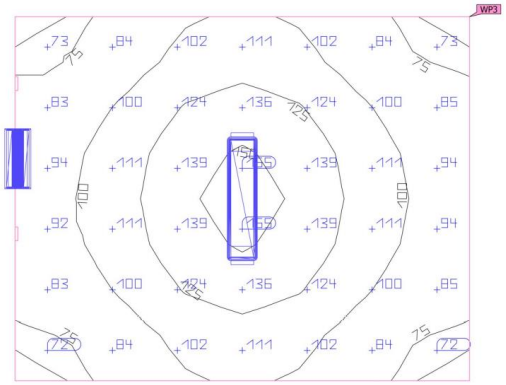


2.2.4. Vestuario 2

- Iluminación normal

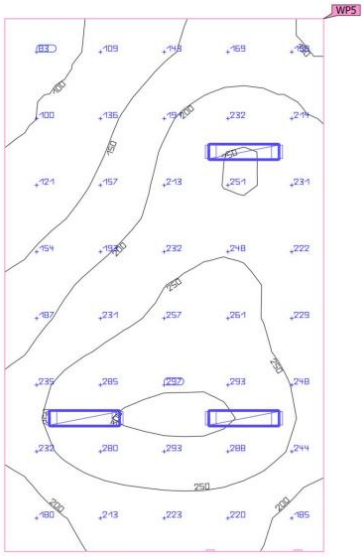


- Iluminación de emergencia

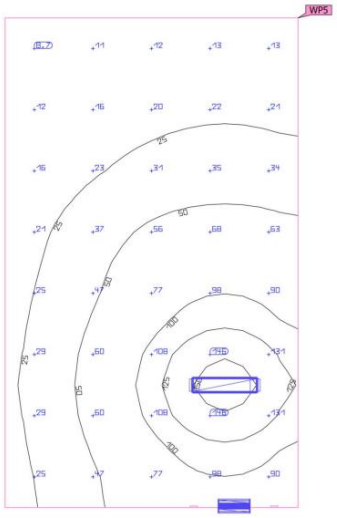


2.2.5. Acceso jacket 1

- Iluminación normal

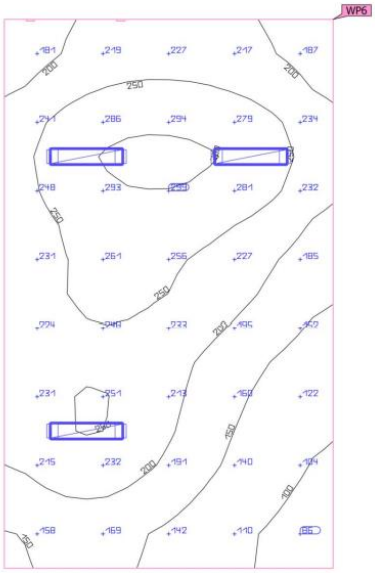


- Iluminación de emergencia

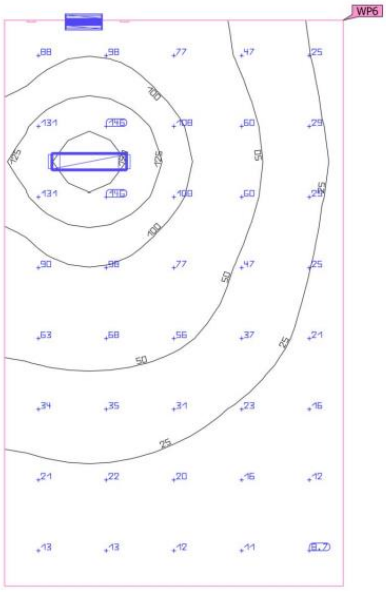


2.2.6. Acceso jacket 2

- Iluminación normal

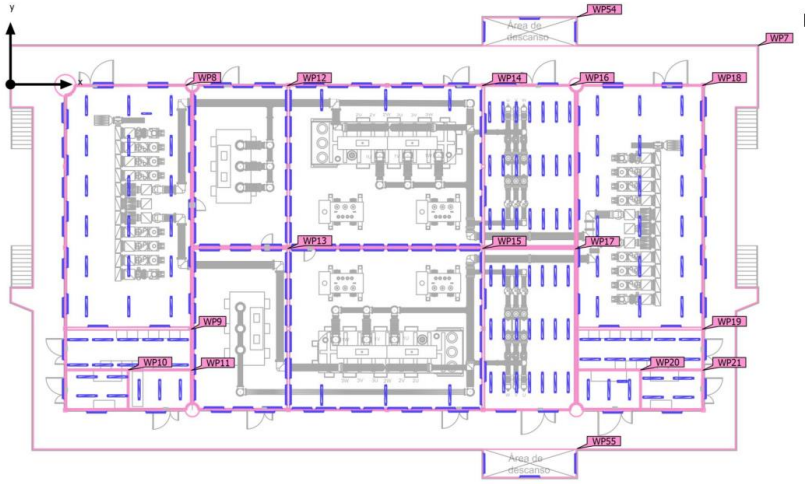


- Iluminación de emergencia

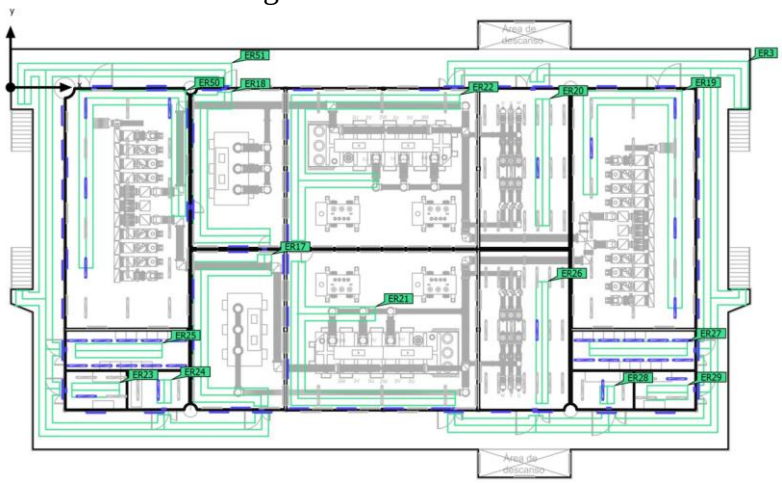


2.3.Cubierta principal

- Iluminación normal

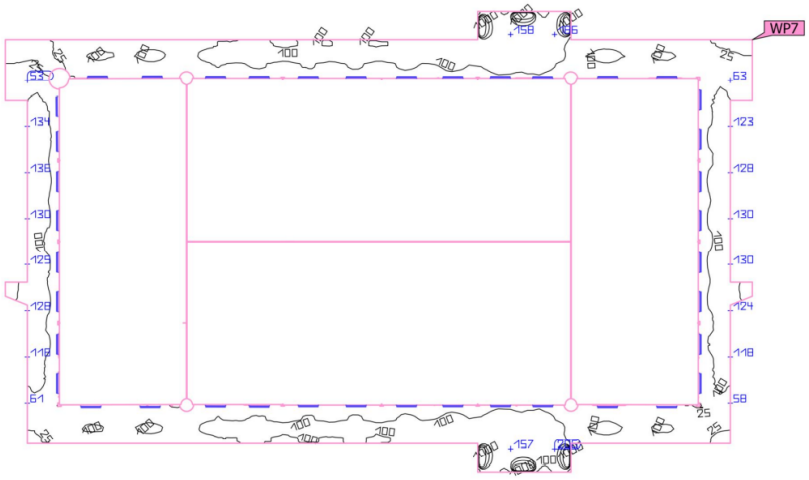


- Iluminación de emergencia

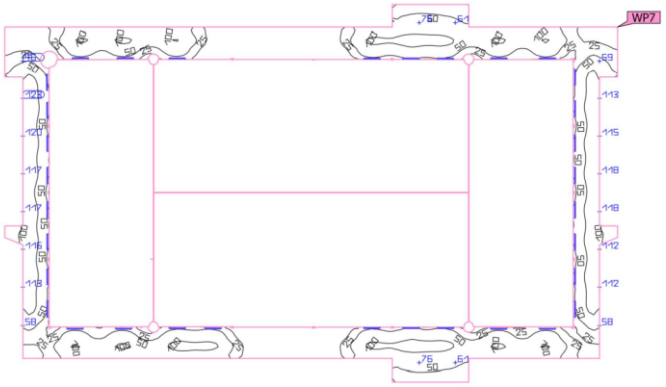


2.3.1. Área exterior

- Iluminación normal

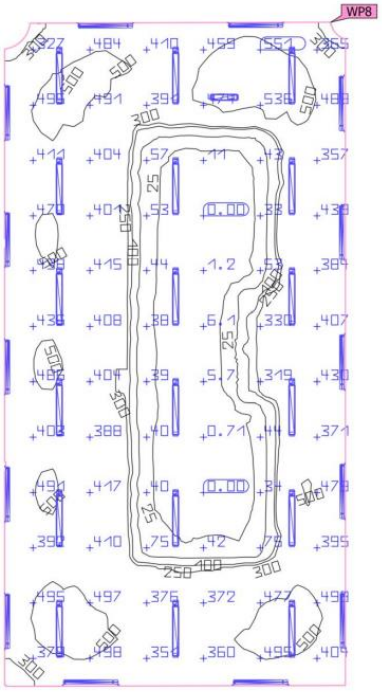


- Iluminación de emergencia

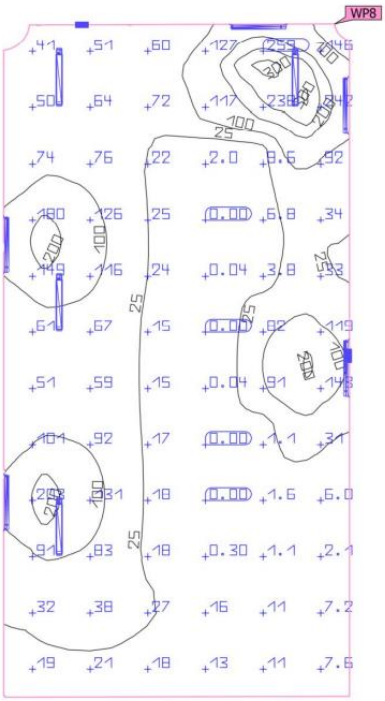


2.3.2. 66kV GIS izquierdo

- Iluminación normal

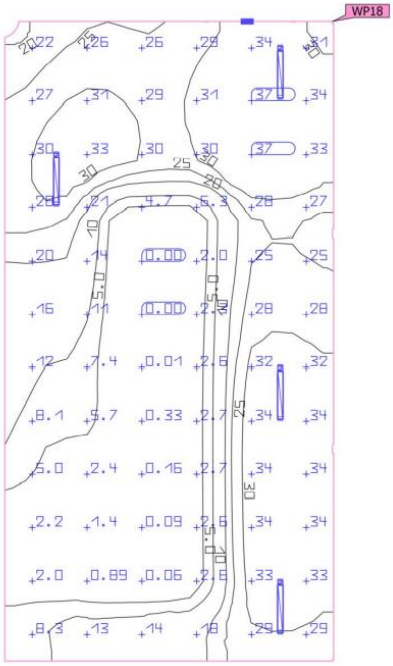


- Iluminación de emergencia

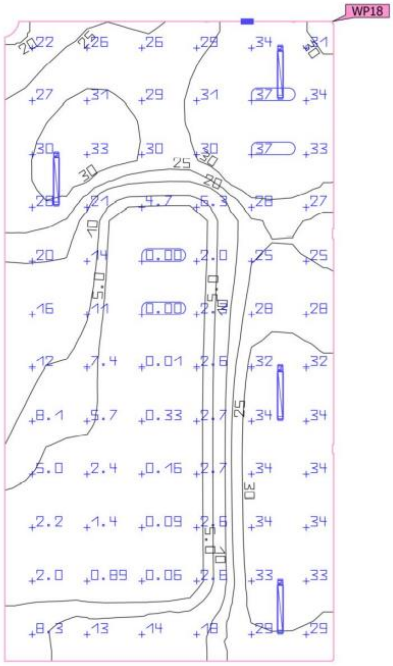


2.3.3. 66kV GIS derecho

- Iluminación normal

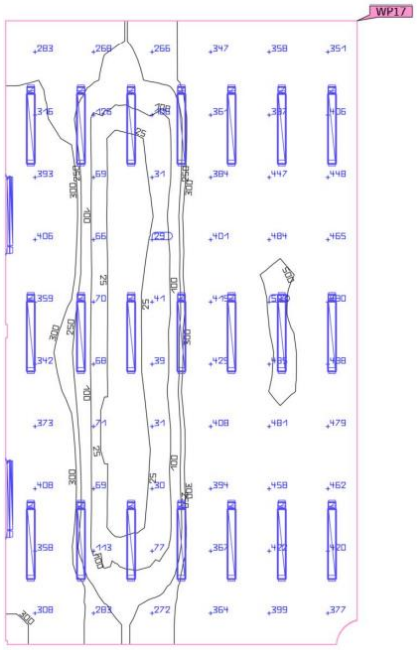


- Iluminación de emergencia

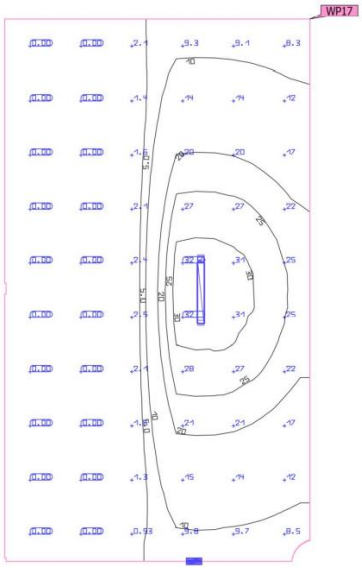


2.3.4. 220kV GIS inferior

- Iluminación normal

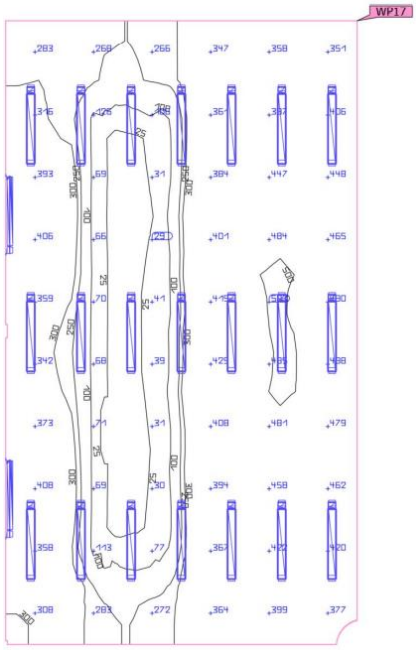


- Iluminación de emergencia

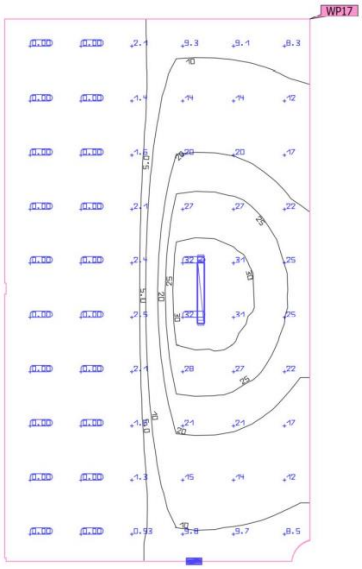


2.3.5. 220 kV GIS superior

- Iluminación normal

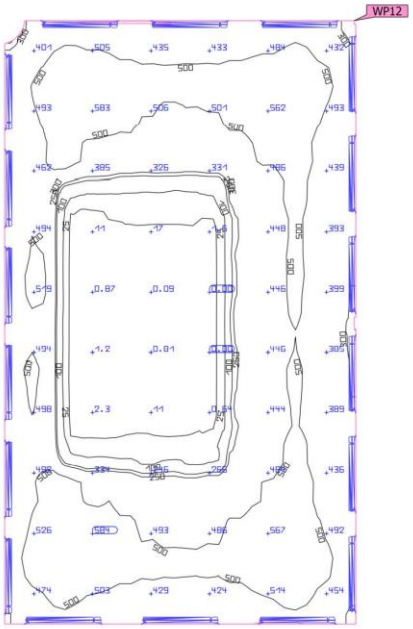


- Iluminación de emergencia

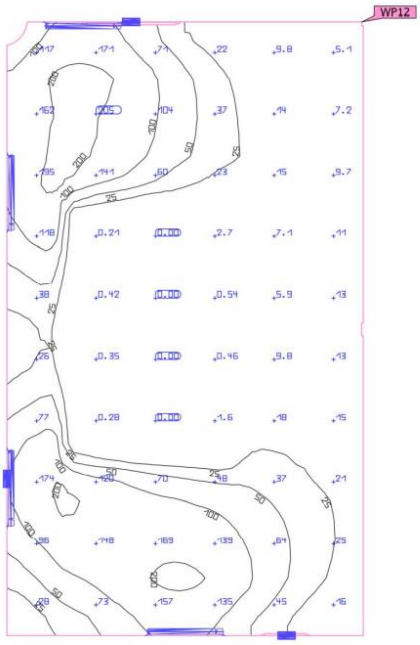


2.3.6. Reactor shunt superior

- Iluminación normal

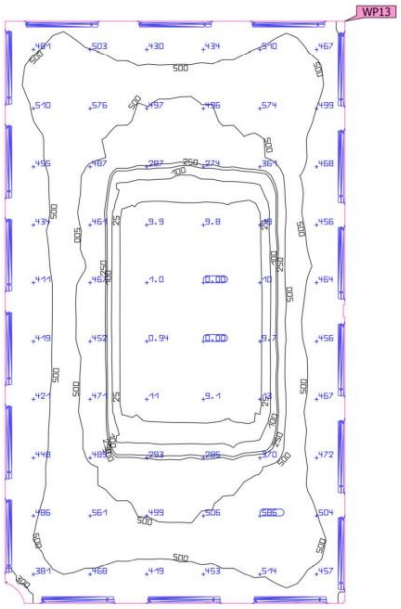


- Iluminación de emergencia

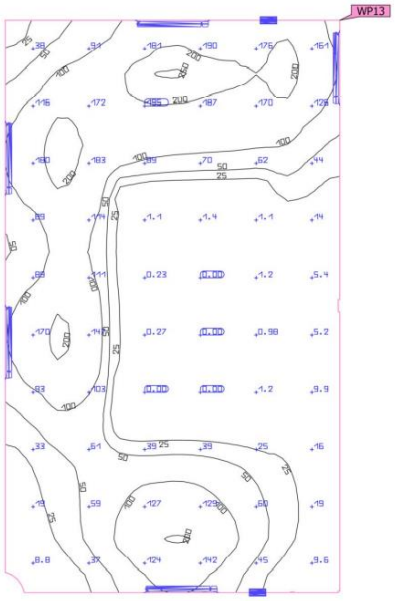


2.3.7. Reactor shunt inferior

- Iluminación normal

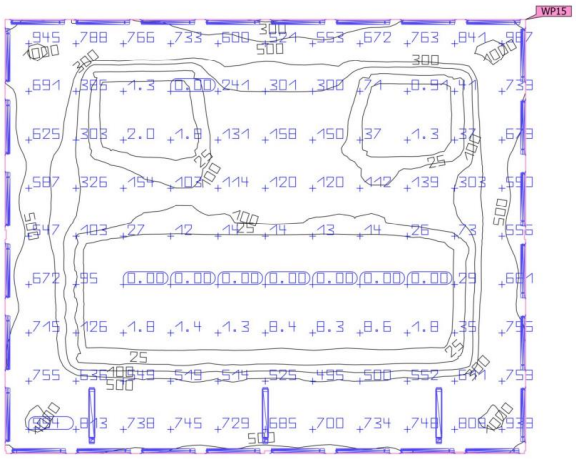


- Iluminación de emergencia

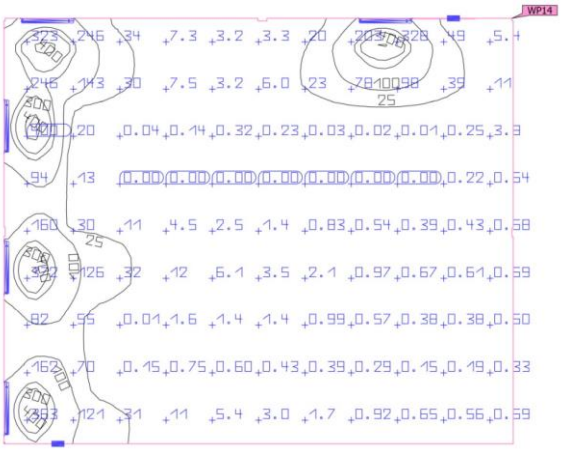


2.3.8. Sala del transformador superior

- Iluminación normal

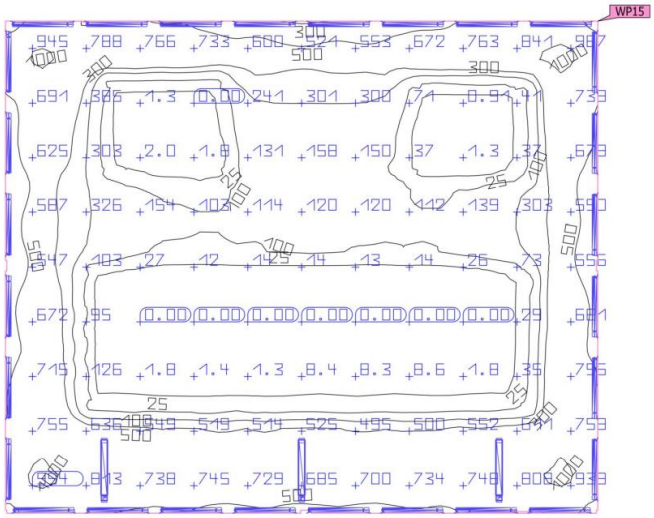


- Iluminación de emergencia

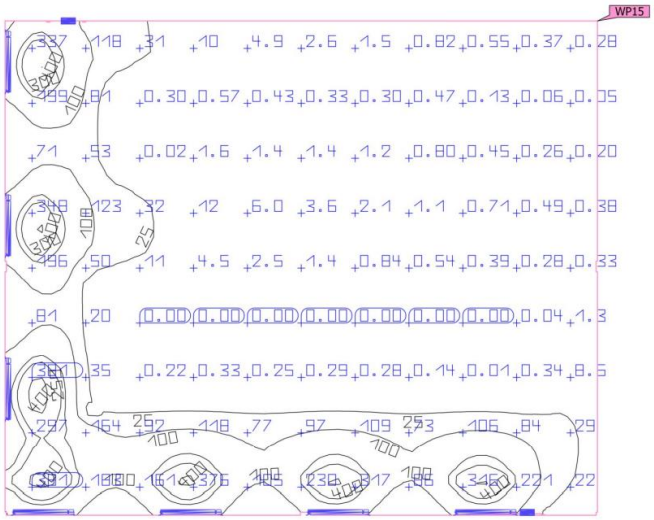


2.3.9. Sala del transformador inferior

- Iluminación normal

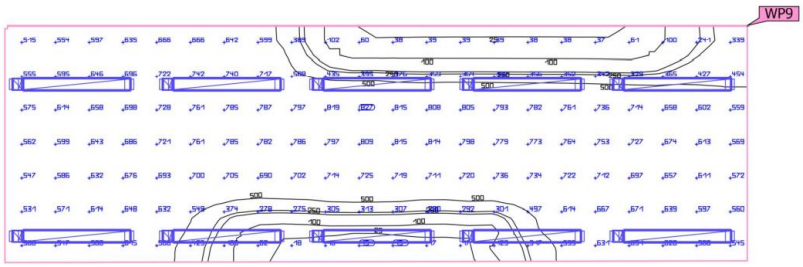


- Iluminación de emergencia

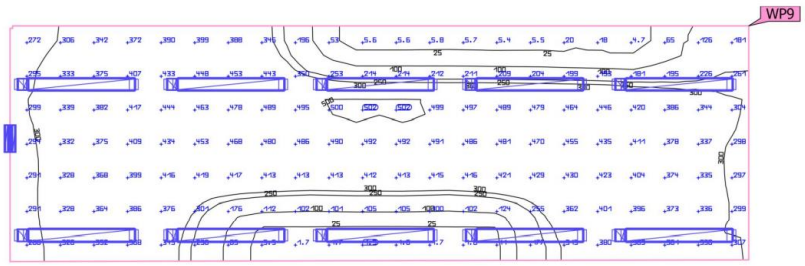


2.3.10. Control MV 1

- Iluminación normal

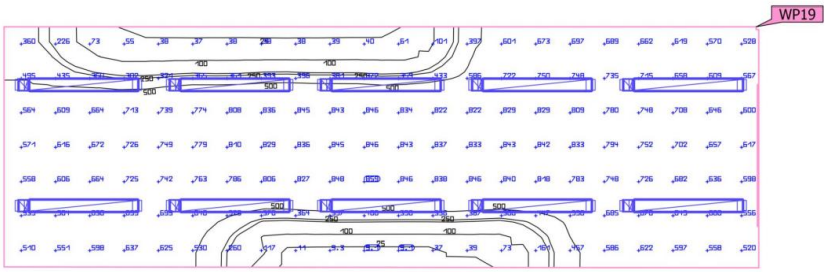


- Iluminación de emergencia

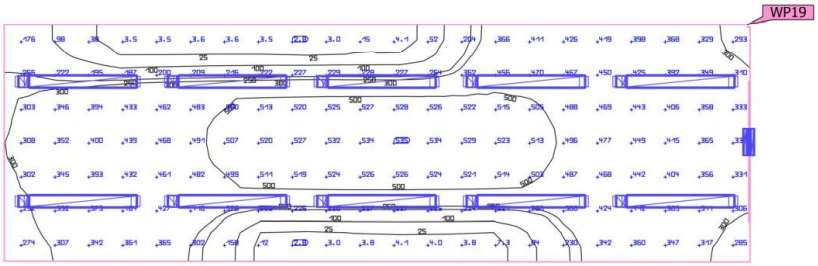


2.3.11. Control MV 2

- Iluminación normal

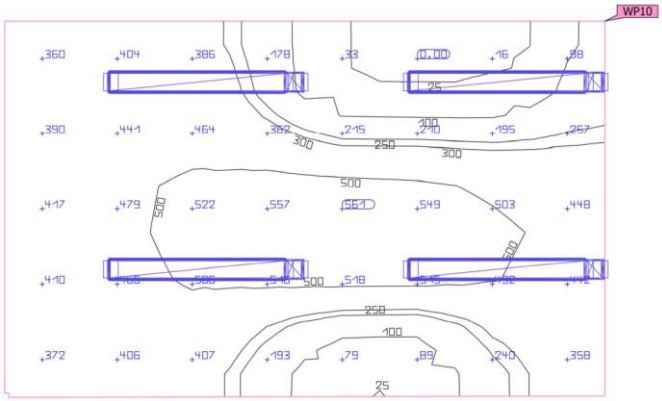


- Iluminación de emergencia

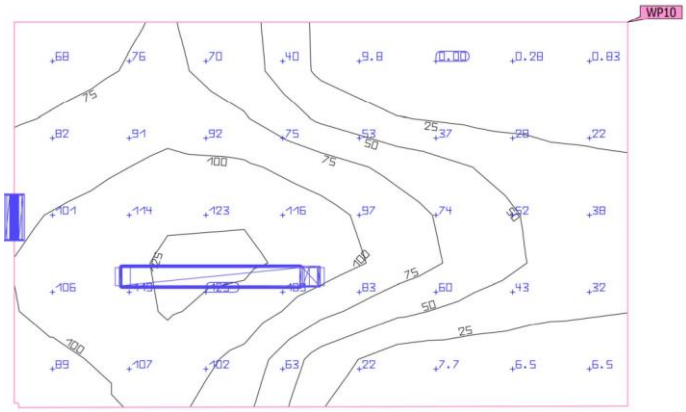


2.3.12. Sala batería REE 1

- Iluminación normal

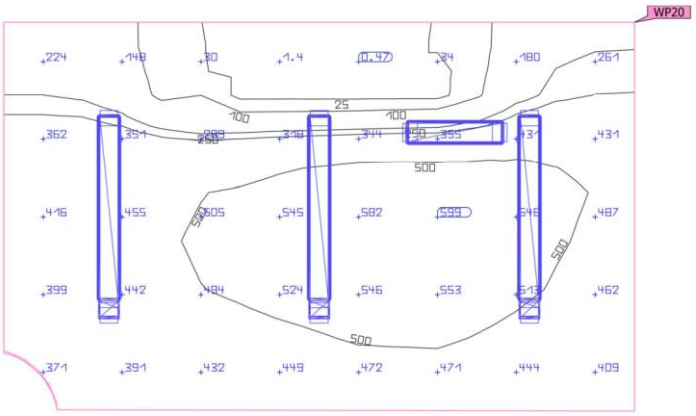


- Iluminación de emergencia

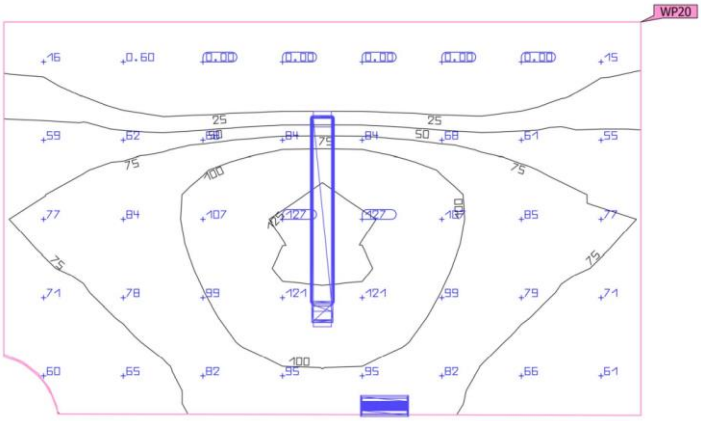


2.3.13. Sala batería REE 2

- Iluminación normal

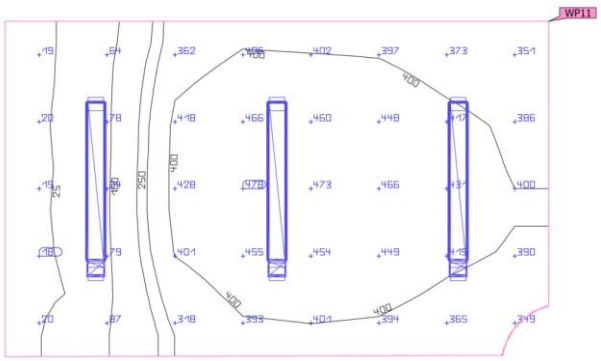


- Iluminación de emergencia

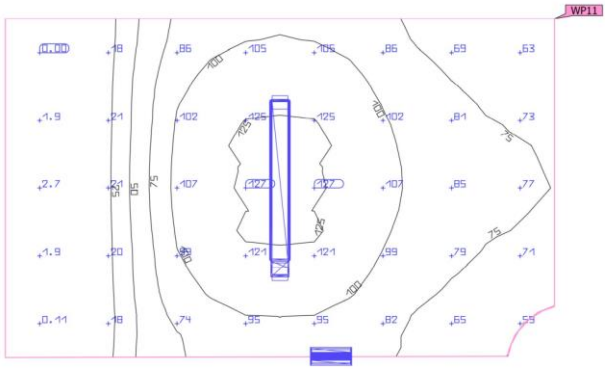


2.3.14. Sala batería IBR 1

- Iluminación normal

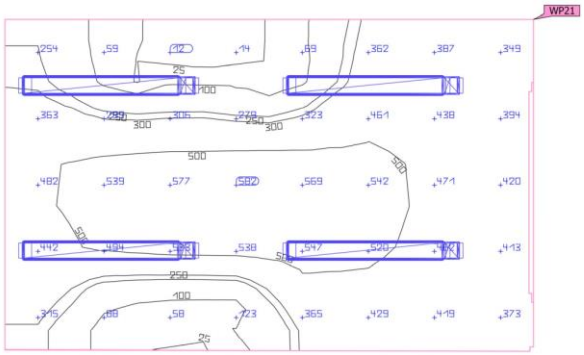


- Iluminación de emergencia

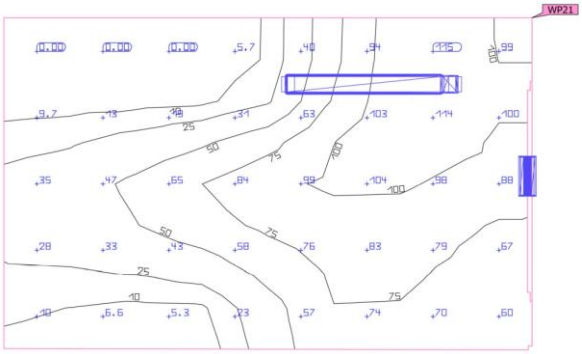


2.3.15. Sala batería IBR 2

- Iluminación normal

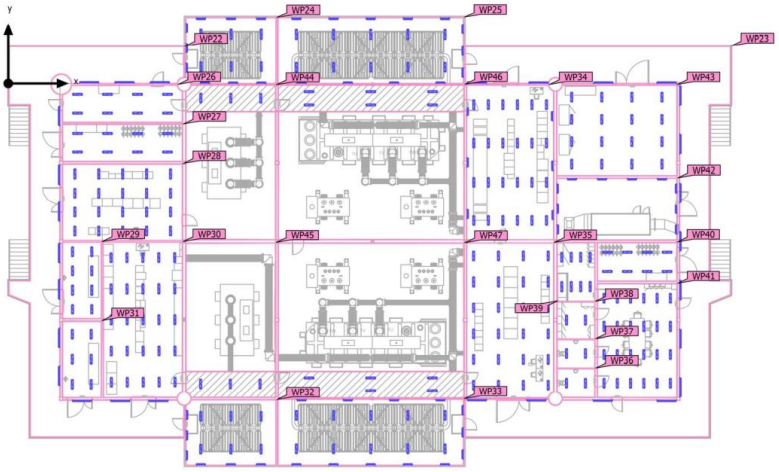


- Iluminación de emergencia

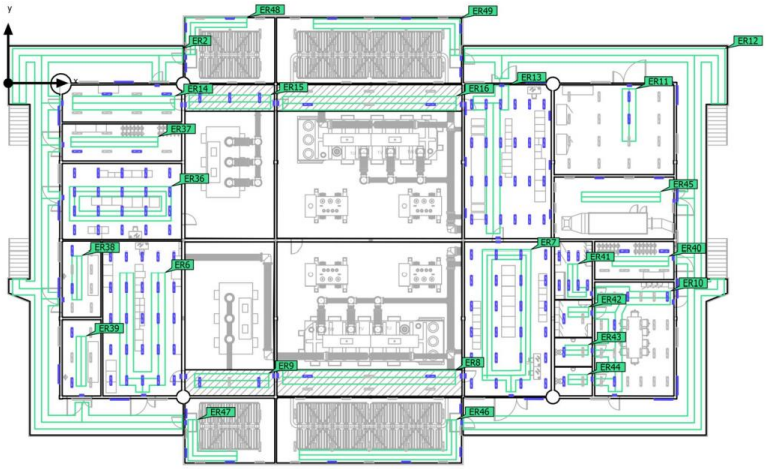


2.4. Cubierta útil

- Iluminación normal

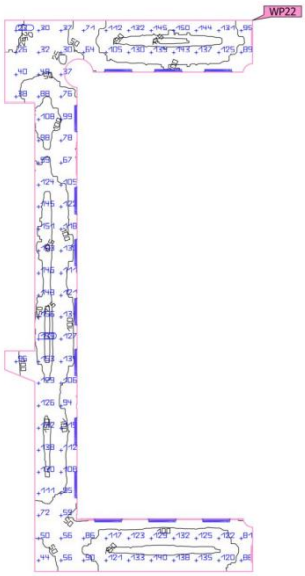


- Iluminación de emergencia

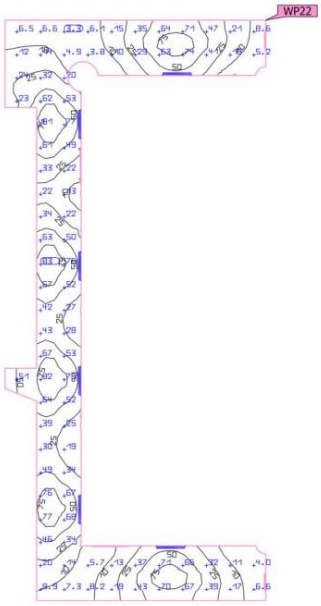


2.4.1. Pasarela exterior izquierda

- Iluminación normal

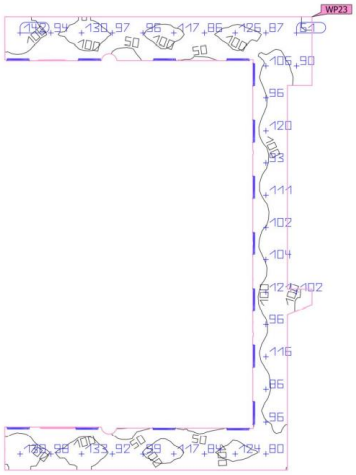


- Iluminación de emergencia

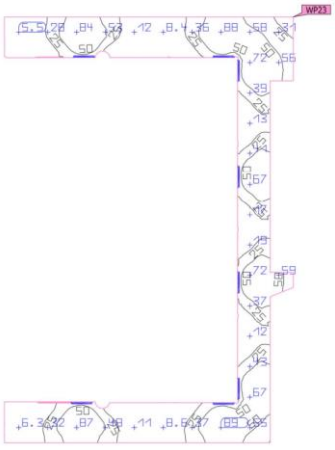


2.4.2. Pasarela exterior derecha

- Iluminación normal

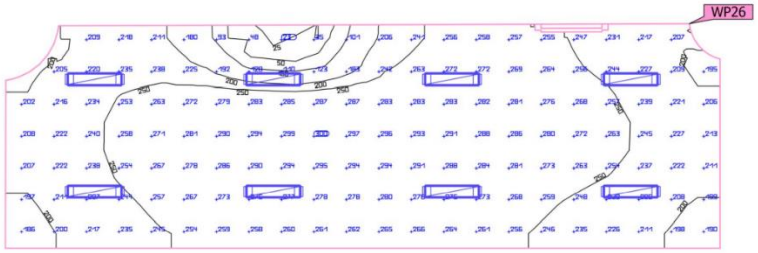


- Iluminación de emergencia

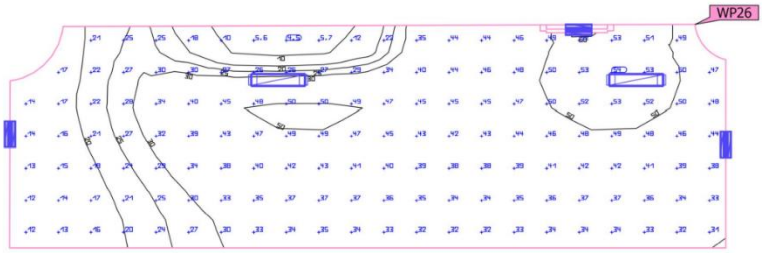


2.4.3. Almacén de bienes peligrosos

- Iluminación normal

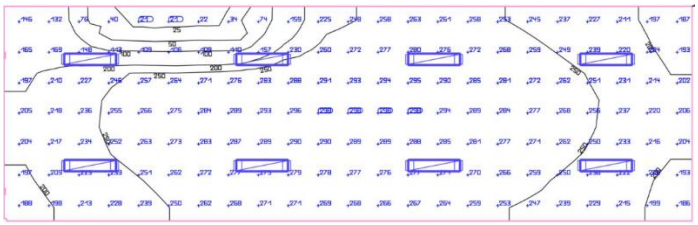


- Iluminación de emergencia

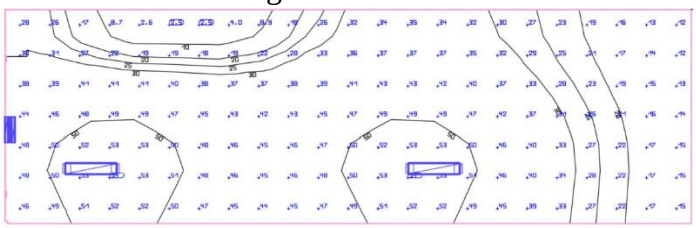


2.4.4. Sala de contraincendios 1

- Iluminación normal

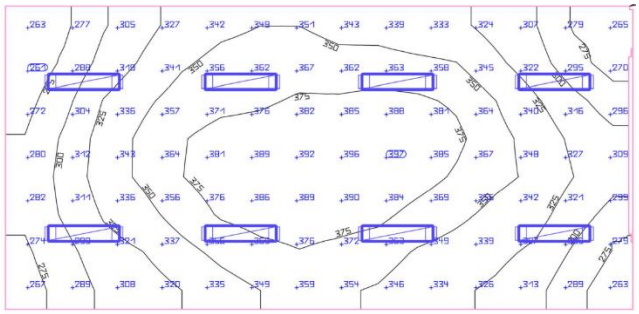


- Iluminación de emergencia

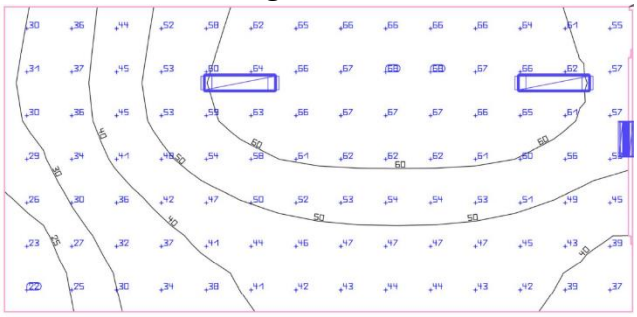


2.4.5. Sala de contraincendios 2

- Iluminación normal

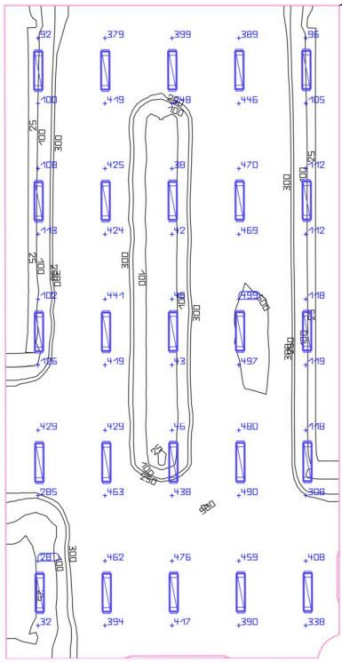


- Iluminación de emergencia

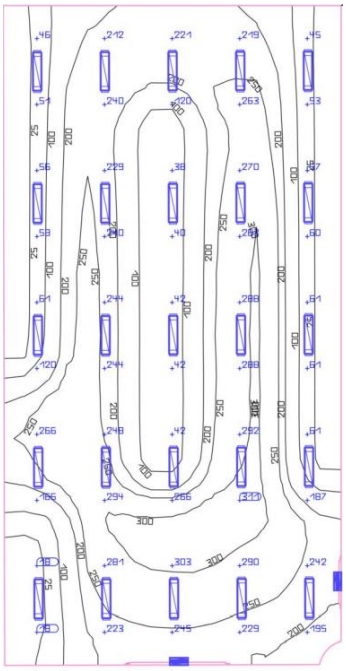


2.4.6. Sala de control y BT REE 1

- Iluminación normal

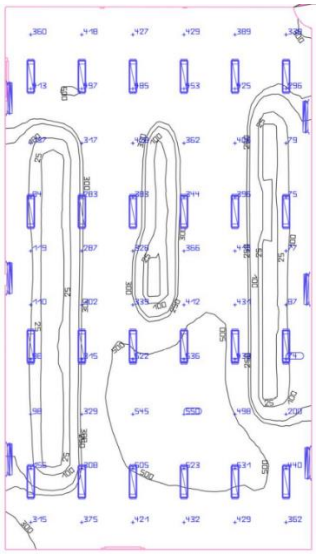


- Iluminación de emergencia

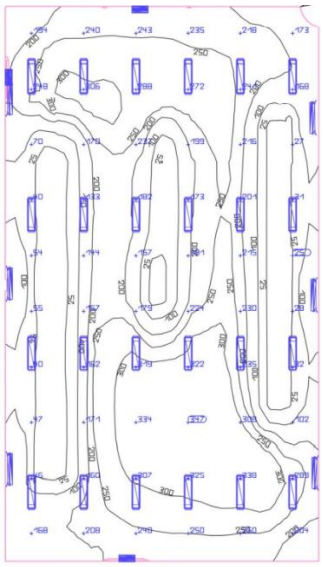


2.4.7. Sala de control y BT REE 2

- Iluminación normal

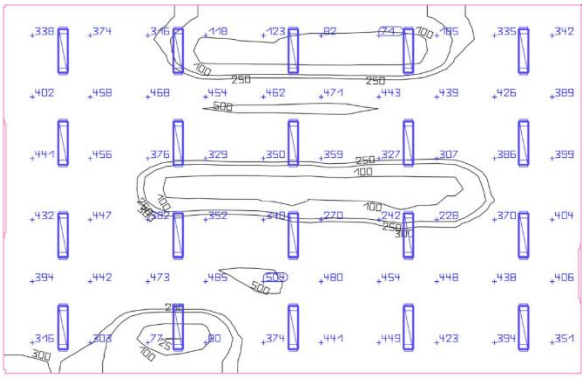


- Iluminación de emergencia

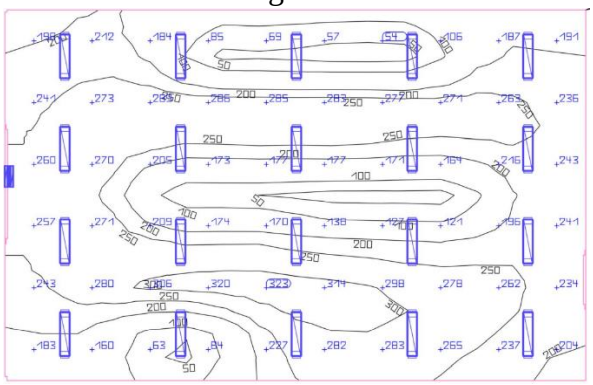


2.4.8. Sala de control y BT IBR 1

- Iluminación normal

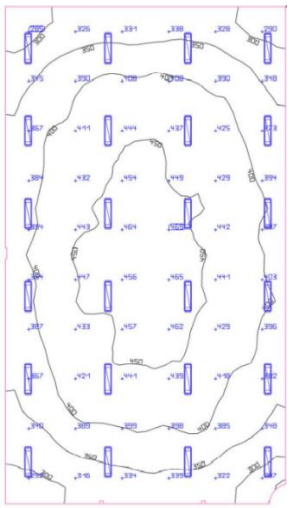


- Iluminación de emergencia

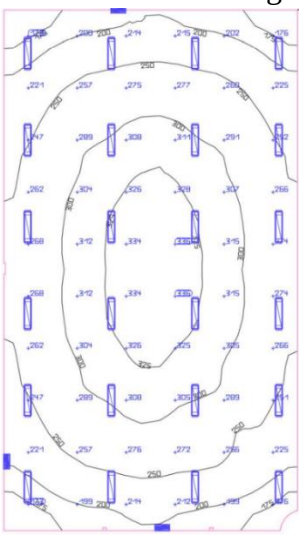


2.4.9. Sala de control y BT IBR 2

- Iluminación normal

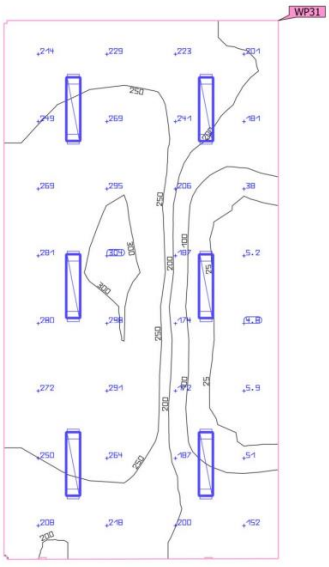


- Iluminación de emergencia

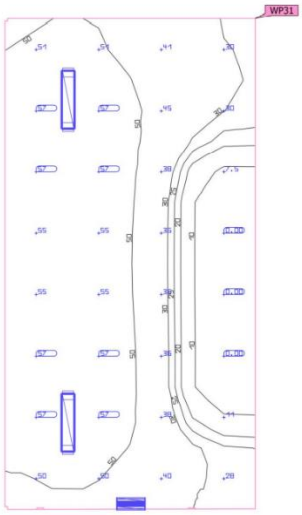


2.4.10. Sala del compresor 1

- Iluminación normal

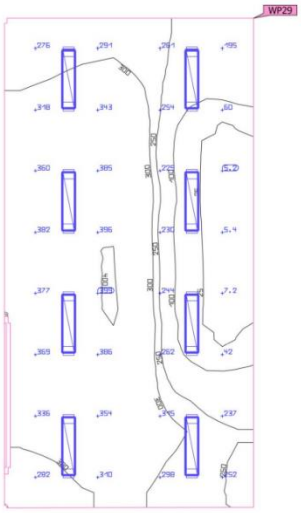


- Iluminación de emergencia

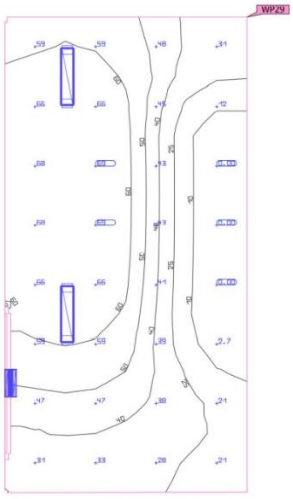


2.4.11. Sala del compresor 2

- Iluminación normal

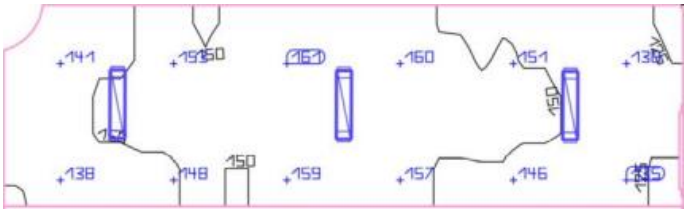


- Iluminación de emergencia

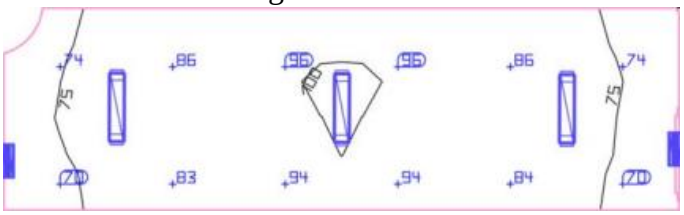


2.4.12. Pasarela reactor shunt superior

- Iluminación normal

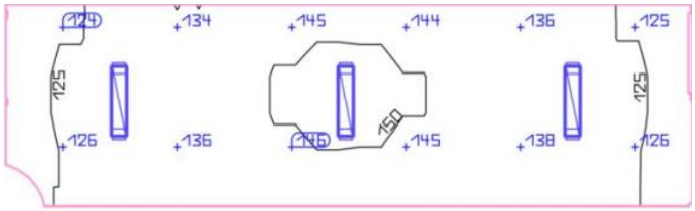


- Iluminación de emergencia

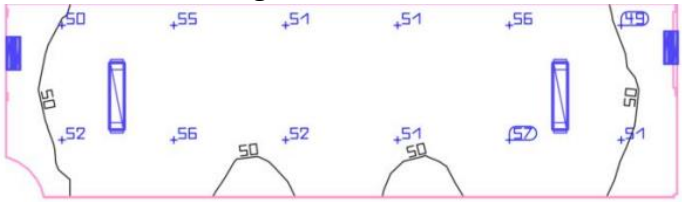


2.4.13. Pasarela reactor shunt inferior

- Iluminación normal

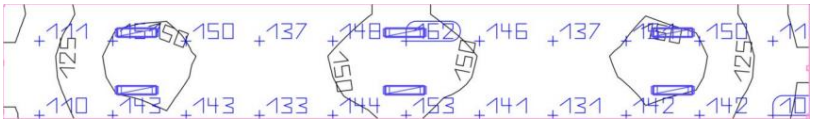


- Iluminación de emergencia

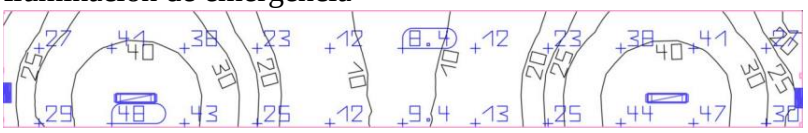


2.4.14. Pasarela transformadores superior

- Iluminación normal

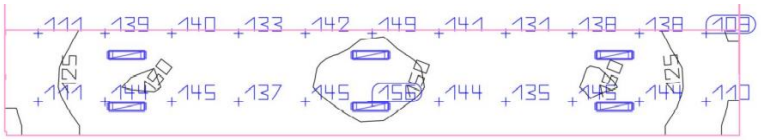


- Iluminación de emergencia

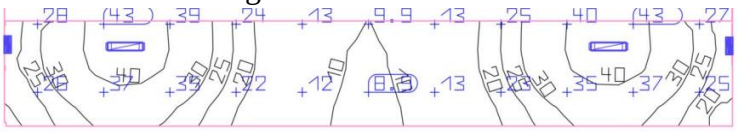


2.4.15. Pasarela transformadores inferior

- Iluminación normal

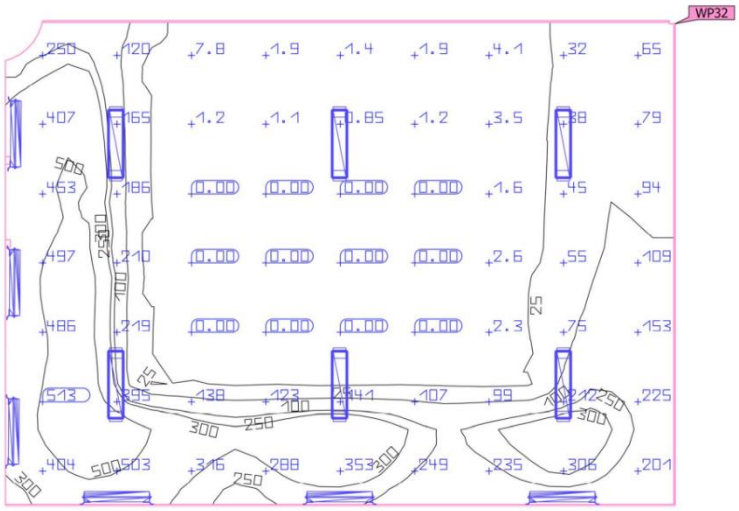


- Iluminación de emergencia

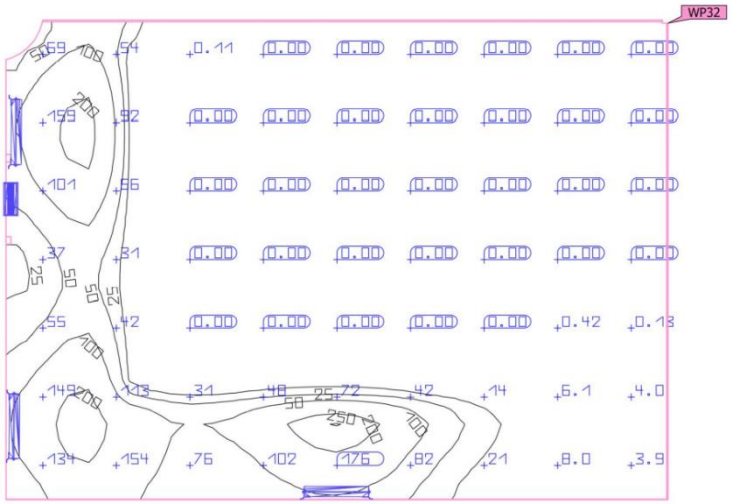


2.4.16. Banco de refrigeración Shunt inferior

- Iluminación normal

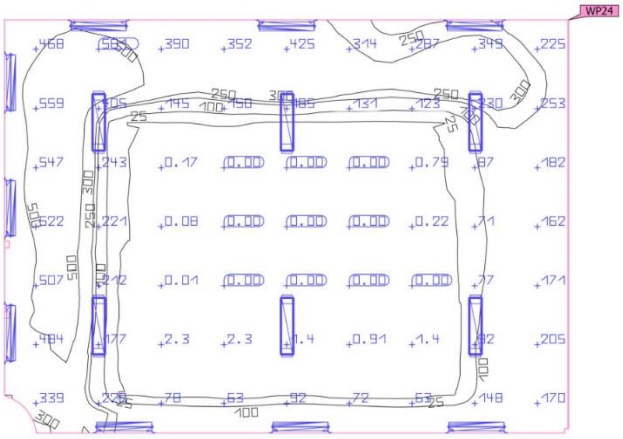


- Iluminación de emergencia

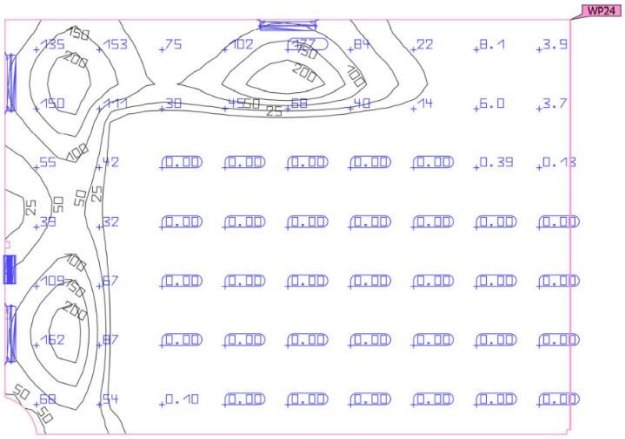


2.4.17. Banco de refrigeración Shunt superior

- Iluminación normal

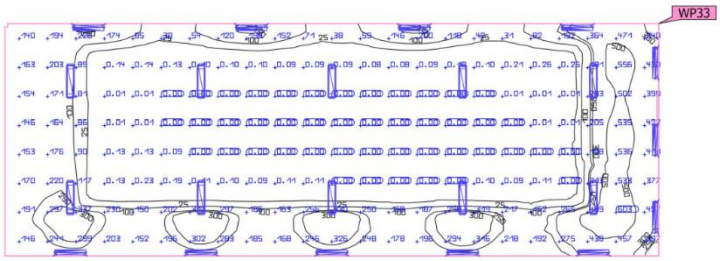


- Iluminación de emergencia

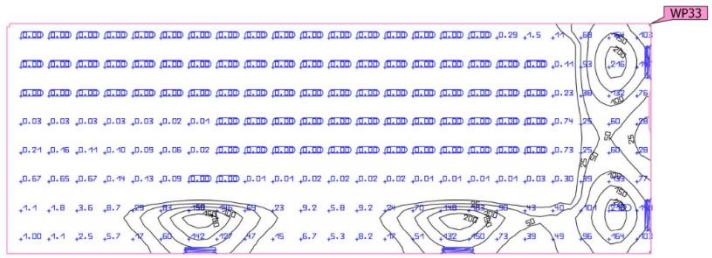


2.4.18. Banco de refrigeración Transformadores inferior

- Iluminación normal

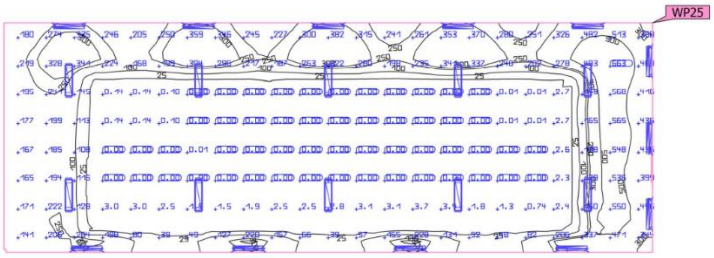


- Iluminación de emergencia

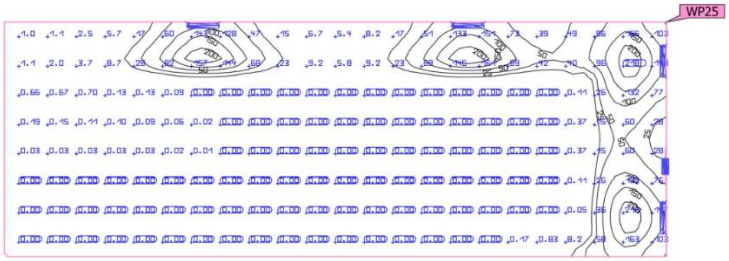


2.4.19. Banco de refrigeración Transformadores superior

- Iluminación normal

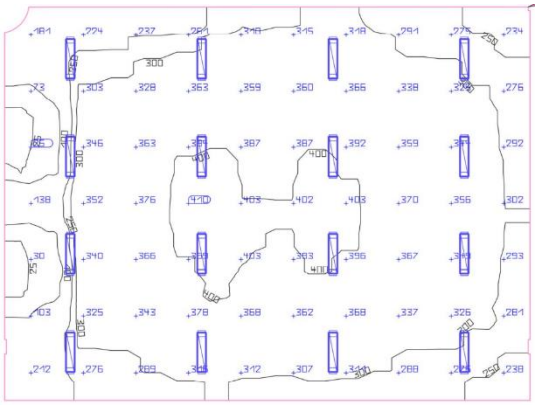


- Iluminación de emergencia

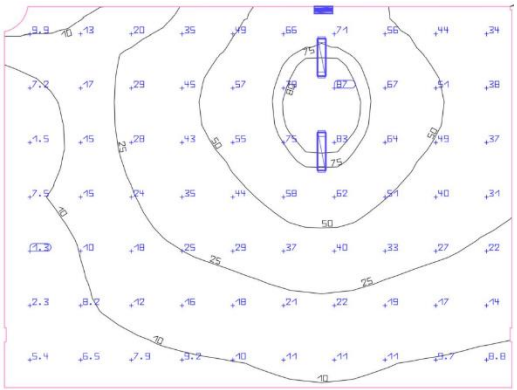


2.4.20. Taller

- Iluminación normal

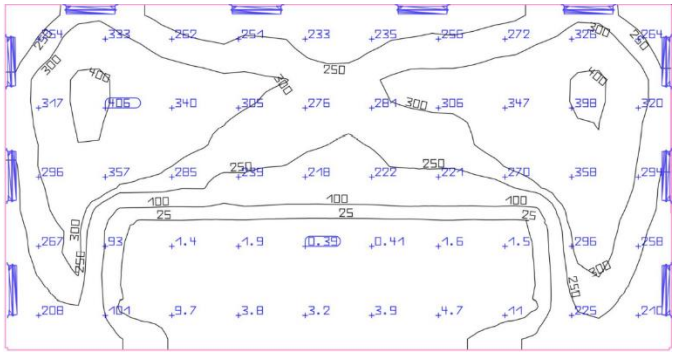


- Iluminación de emergencia

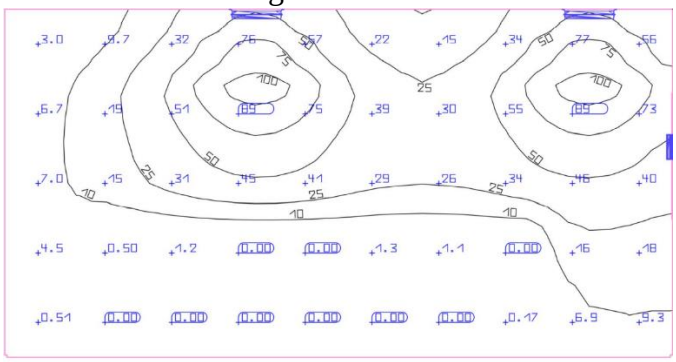


2.4.21. Sala de climatización

- Iluminación normal

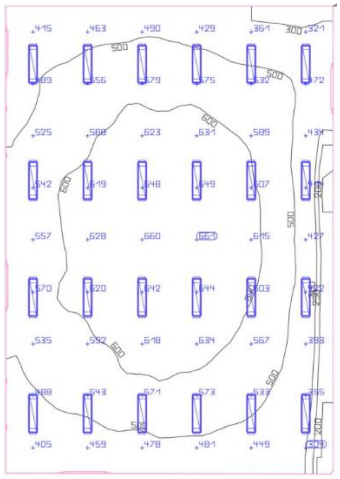


- Iluminación de emergencia

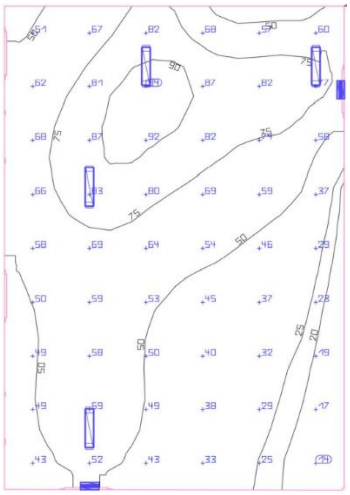


2.4.22. Sala de reuniones

- Iluminación normal

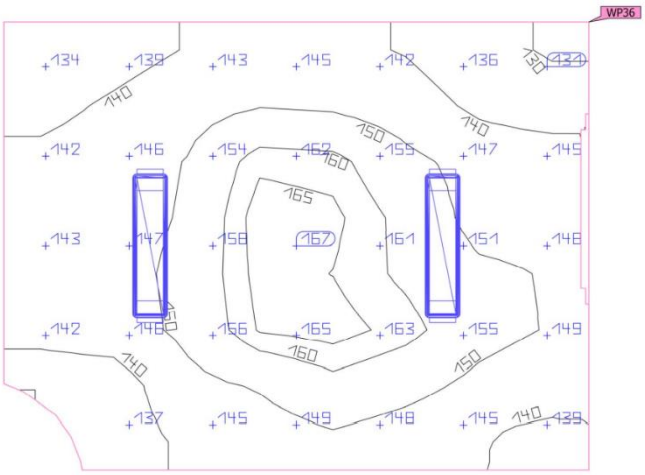


- Iluminación de emergencia

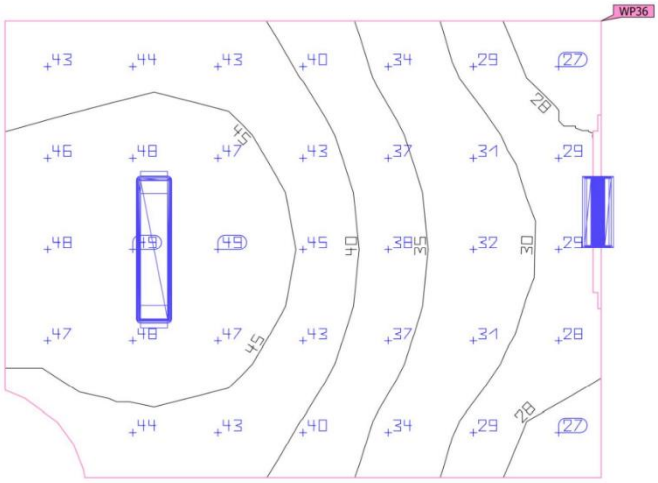


2.4.23. Baño 1

- Iluminación normal

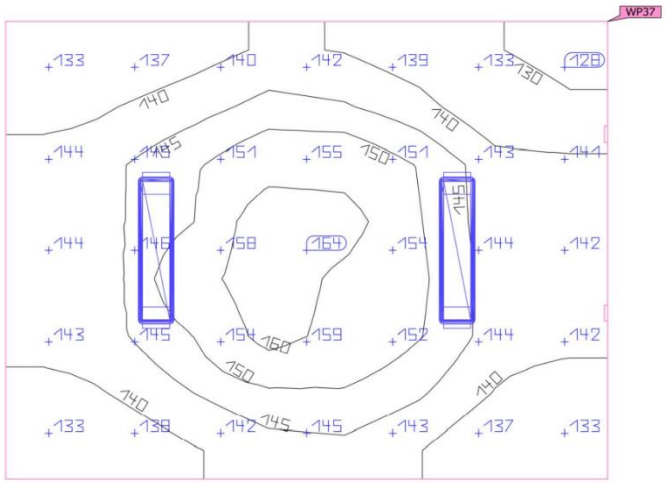


- Iluminación de emergencia

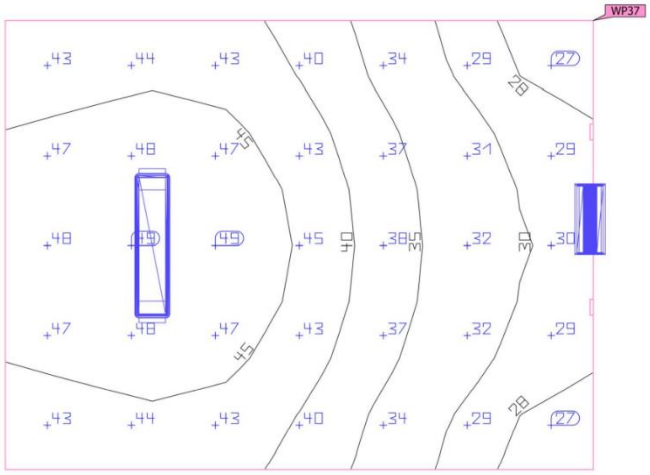


2.4.24. Baño 2

- Iluminación normal

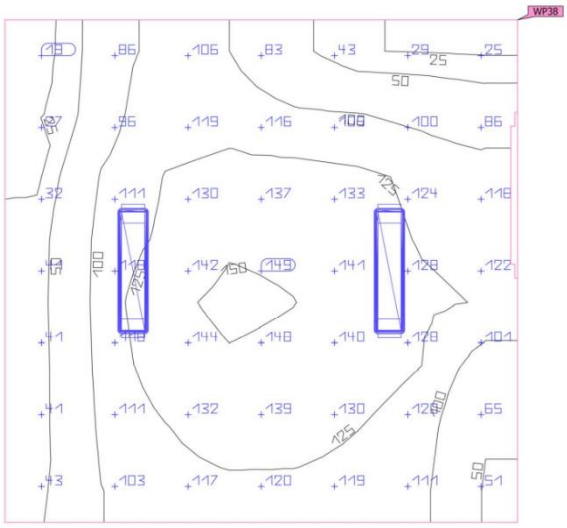


- Iluminación de emergencia

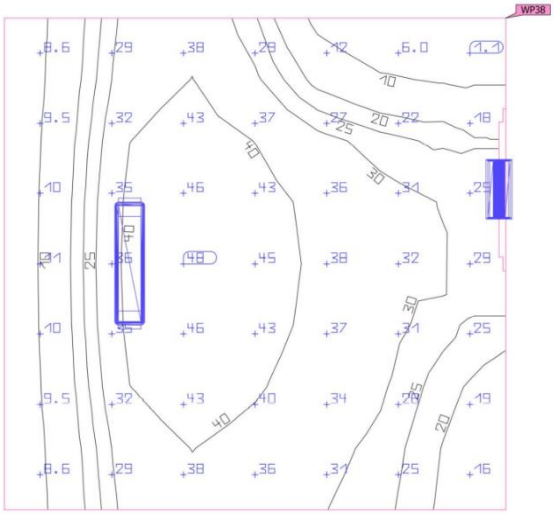


2.4.25. Despensa

- Iluminación normal

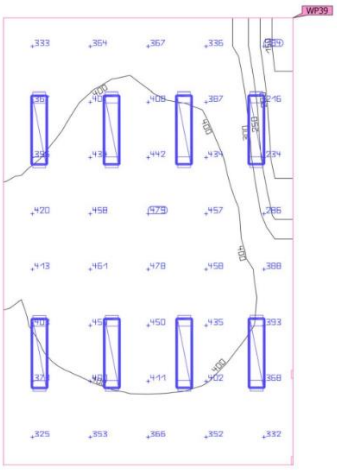


- Iluminación de emergencia

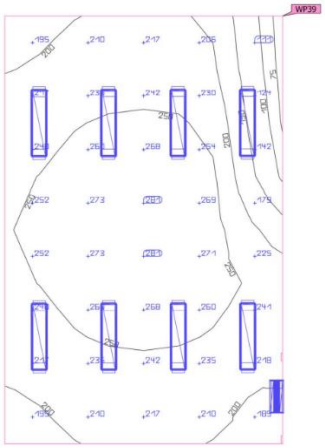


2.4.26. Enfermería

- Iluminación normal

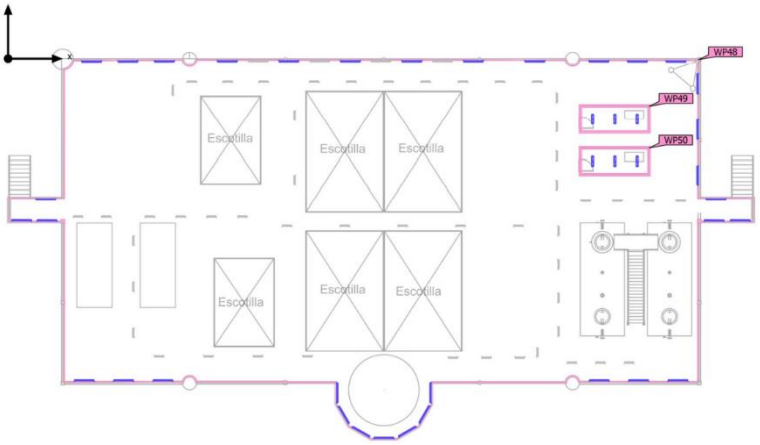


- Iluminación de emergencia

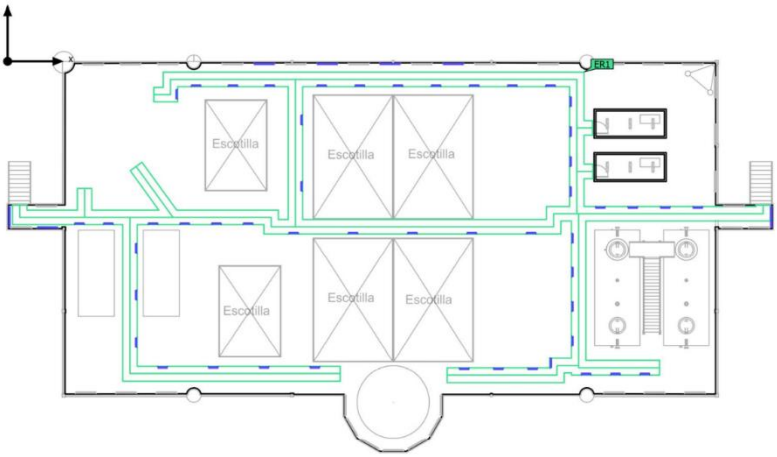


2.5. Cubierta superior

- Iluminación normal

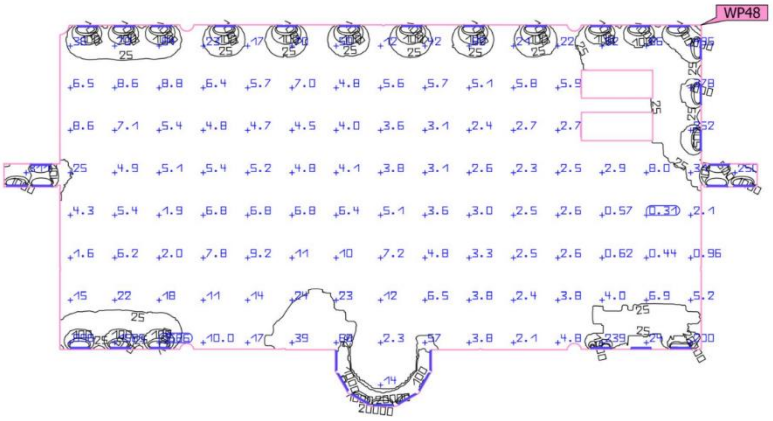


- Iluminación de emergencia

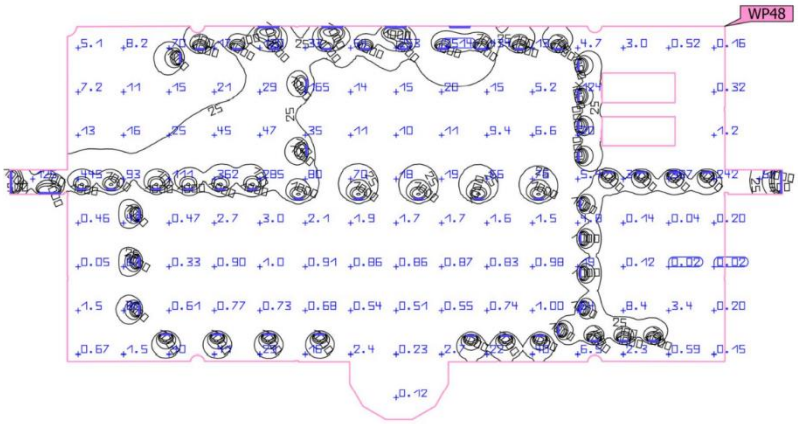


2.5.1. Zona exterior

- Iluminación normal

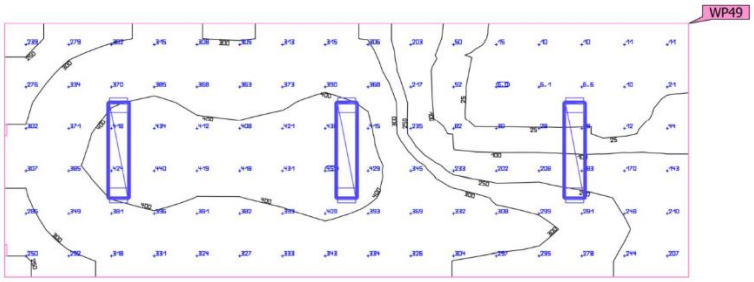


- Iluminación de emergencia

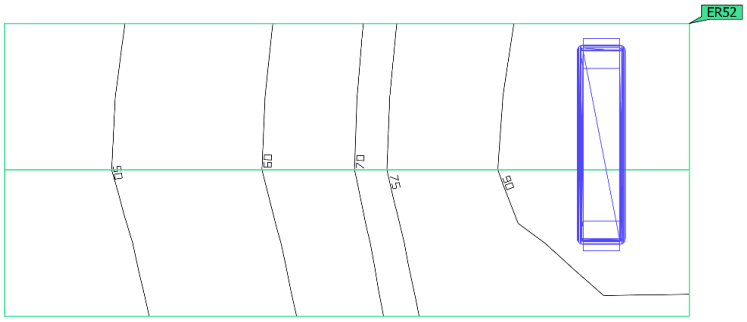


2.5.2. Generador de emergencia 1

- Iluminación normal

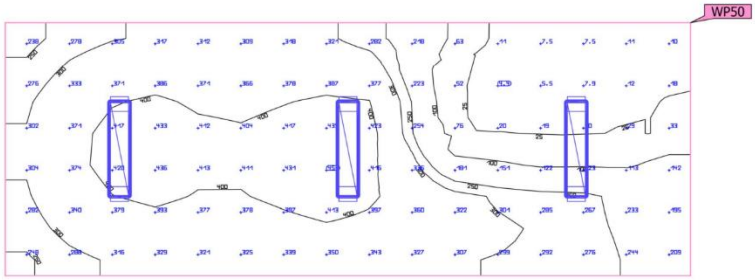


- Iluminación de emergencia

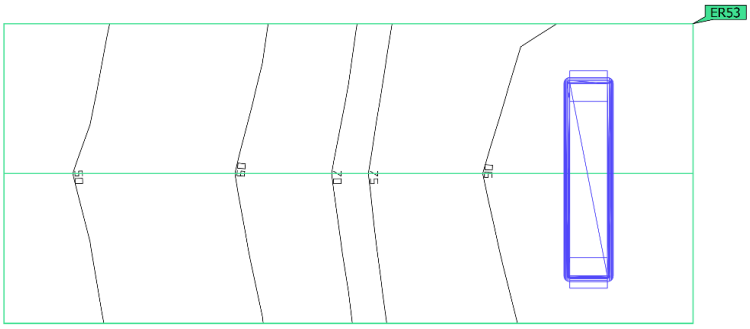


2.5.3. Generador de emergencia 2

- Iluminación normal

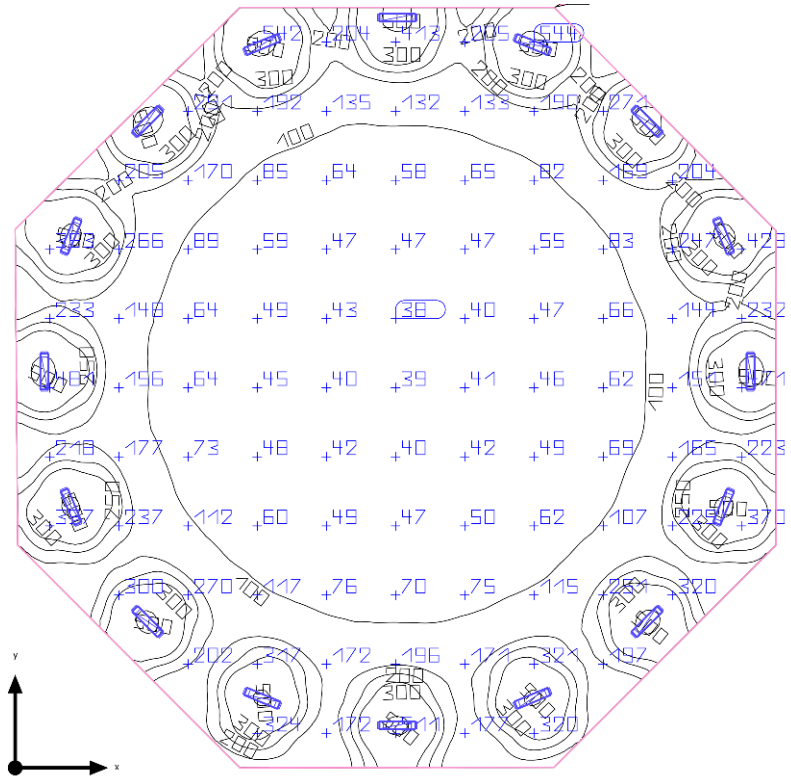


- Iluminación de emergencia

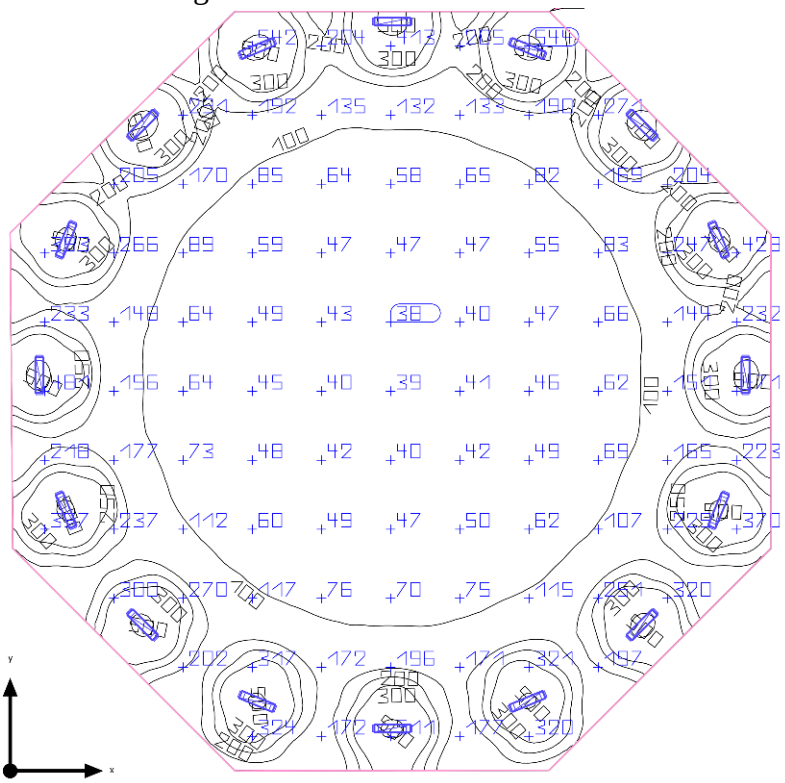


2.5.4. Helipuerto

- Iluminación normal



- Iluminación de emergencia



3. Pliego de condiciones

Índice

1. Introducción y generalidades
   1.1. Objeto
   1.2. Ámbito de aplicación
   1.3. Descripción de obras
   1.4. Disposiciones y normativa aplicable
   1.5. Unidades de medida
2. Disposiciones generales
   2.1. Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes implicados
   2.2. Documentos entregados al contratista
   2.3. Conocimiento del lugar y circunstancias de la obra
   2.4. Autorización para iniciar las obras
   2.5. Plazos de ejecución
   2.6. Informe de geotecnia y estudio marítimo
   2.7. Programación del trabajo
   2.8. Programación de planos y documentación técnica
   2.9. Dirección de obras
   2.10. Inspección de obras
   2.11. Subcontratos
3. Obligaciones sociales, laborales y económicas
   3.1. Pérdidas y averías en las obras
   3.2. Daños y perjuicios
   3.3. Seguridad y salud
   3.4. Protección del medio ambiente
   3.5. Objetos hallados en las obras
4. Condiciones de calidad
5. Ejecución de las obras
   5.1. Replanteo de las obras
   5.2. Maquinaria y medios auxiliares
   5.3. Recepción de materiales y equipos
   5.4. Prórroga por causa de fuerza mayor
   5.5. Trabajos defectuosos
   5.6. Vicios ocultos
   5.7. Gastos asociados por pruebas y ensayos
   5.8. Limpieza de las obras
6. Descripción de las instalaciones
7. Especificación de los materiales y equipos

1. Introducción y generalidades

1.1. Objeto

El presente pliego de condiciones constituye un conjunto de documentos, normas, criterios y disposiciones para la construcción, dirección, ensamblaje, control e inspección de las obras que componen el Proyecto de la subestación deslocalizada en el Cabo Trafalgar, siendo de obligación su cumplimiento por parte del contratista encargado de la obra civil.

Se recogerán, por lo tanto, las condiciones específicas de las obras constitutivas del Proyecto. Las obras definidas en el presente pliego se llevarán a término de acuerdo con éste, pudiéndose sufrir modificaciones de manera circunstancial según se estime conveniente durante la realización del Proyecto.

1.2. Ámbito de aplicación

Las prescripciones contenidas en este pliego son de aplicación única y exclusivamente a las obras contempladas en el proyecto, o aquellas que a través de la ejecución de la obra fuera necesaria en un momento dado.

1.3. Descripción de obras

Las actuaciones que se prevén y se detallan a continuación serán:

- **Construcción del Módulo Superior de la Subestación**

Se requiere de diferentes fases de trabajo expuestas a continuación, cada una con sus claras diferencias y emplazadas en el astillero:

Adquisición: Las actividades técnicas y comerciales necesarias para el suministro de materiales y equipos especializados que permitan la ejecución de la construcción

Fabricación: Los procesos que normalmente se llevan a cabo en los talleres de fabricación para la producción de unidades relativamente pequeñas. Entonces, el trabajo de taller incluirá procesos tales como laminación, estampación, corte, ajuste, soldeo, tratamiento para la atenuación de tensiones efectuados sobre artículos tales como elementos tubulares soldados, vigas, nudos, viguetas, conos, apoyos, abrazaderas…

Montaje: Proceso que se efectúa fuera del taller de fabricación per en el nivel del suelo con el fin de montar los grupos de artículos fabricados en el taller y constituir la unidad (montada).

Elevación: Consiste en el proceso para instalar los artículos montados y fabricados en el taller junto con su configuración final. En el caso del Módulo Superior, también se instalará los diversos equipos auxiliares principales que conforman la subestación (Transformadores, GIS, grúas…)

1.4. Disposiciones y normativa aplicable

El contratista deberá ser responsable de la identificación, compilación y cumplimiento de toda la normativa técnica aplicable, requisitos estatuarios, códigos de prácticas… Siendo, en particular, importante el cumplimiento de las regulaciones españolas para poder facilitar la legislación del proyecto.

Además, el contratista deberá aplicar los códigos y estándares referidos en este pliego y listados a continuación, proveyendo alternativas que el empleador, según su criterio, podría aceptar si algunas de estas normativas entran en conflicto o su aplicación puede ser dudosa.

Asimismo, el empleador proveerá al contratista los requisitos de consentimiento para el diseño detallado de la subestación según normativa y criterios específicos de la empresa. La lista de estándares incluida en esta sección no debe ser considerada como un todo, pero sí, como un resumen sumario de los códigos de diseños básicos aplicables.

- **Requisitos estatuarios**

  El contratista debe ser consciente de cualquier regulación española adicional que no sean requeridos en el proyecto o en el proceso de certificación pero que se pidan para la completa legalización de la obra civil.

- **Estándares técnicos**

  - Estándares internacionales (IEC, ISO, EN, NORSOK…)
  - Estándares de sociedades de clasificación (DNVGL)
  - Cuerpos de estandarización españolas

- **Otros estándares**

  - SOLAS
  - ISO 9001:2015, Sistema de gestión de calidad

- **Códigos generales**

  El contratista deberá producir el diseño de la subestación en cumplimiento con los siguientes códigos y estándares provistos en caso de no haber regulaciones locales o estatuarias que establezcan condiciones más restrictivas:

  - DNVGL-ST-0145 Subestaciones deslocalizadas, Edición octubre 2020.
  - SOLAS. Convención internacional para la seguridad en la vida en el mar.

- **Directivas europeas**

  - Directiva 89/391/EEC- Introducción de medidas para fomentar mejoras en la salud y seguridad de los trabajadores en el trabajo.
  - Directiva 89/391/EEC- Requerimientos mínimos de seguridad y salud para el espacio de trabajo.
  - Directiva 89/656/EEC- Uso de equipo de protección personal
  - Directiva 90/269EEC- Manual de manipulación de cargas
  - Directiva 2001/45/EEC- Trabajos en altura
  - Directiva 2009/26/EEC- Directiva de equipamiento marino
  - Directiva 2013/35/EU- Sobre requerimientos mínimos de seguridad y salud respecto la exposición de trabajadores al riesgo procedente de agentes físicos (Campos electromagnéticos).

- **Códigos arquitectónicos**

  - DNVGL-CP-0165 -Penetración de cables y tuberías
  - IEC 61892 -Unidades móviles y fijas deslocalizadas. Instalaciones eléctricas. Todas las partes.
  - IEC 61400 -Turbinas de viento.

- **Códigos eléctricos**

  - IEC 60076: Transformadores de potencia
  - IEC 60092-302: Instalaciones eléctricas en barcos
  - IEC 60099: Disyuntores
  - IEC 62305: Protección contra el rayo
  - IEC 60309: Tomas de corriente, enchufes y acoples para propósitos industriales

- IEC 60529: Grados de protección provistos por envolventes (Código IP)
- IEC 60617: Símbolos gráficos usados en diagramas
- IEC 60721-3-3: Clasificación de las condiciones medioambientales
- IEC 61000: Compatibilidad electromagnética
- IEC 60898: Accesorios eléctricos- Interruptores para protección de sobreintensidades
- IEC 62040: Sistema de potencia ininterrumpidos (SAI)
- IEC 62275: Grados de protección provistos por envolventes para equipo eléctrico contra impactos mecánicos externos (Código IK)
- IEC 62275: Sistema de gestión de cableado
- DNVGL-OS-D201: Instalaciones eléctricas
- IEEE 485: Baterías de plomo-ácido para aplicaciones estacionarias

1.5. Unidades de medida

Se adoptan como unidades para el presente Pliego de condiciones las pertenecientes íntegramente al Sistema Internacional de Unidades de Medida (S.I.), que están declaradas de uso legal en España por la Ley 3/1985 de 18 de marzo, de Metrología.

2. Disposiciones generales

2.1. Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes implicados

2.1.1. Promotor o empleador

Persona física o jurídica, pública o priva, que impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las horas de edificación para sí o para su posterior entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa, impulsando las gestiones necesarias para llevar a cabo la obra civil proyectada haciéndose cargo de todos los costes necesarios.

1. Agente generador

   En el parque eólico será dueño de los aerogeneradores, por lo tanto, de la planta de aerogeneración, y tendrá la función como empleador de proyectar la subestación siendo dueño de la parte de control y aparamenta de alta y media tensión.

2. Agente transmisor

   Será propietario de parte de la subestación respectiva al control de parte de media y baja tensión dentro de la subestación. Éste actuará como operador eléctrico y tendrá un papel principal en el mantenimiento y control de la red de transmisión de la energía hasta la subestación en costa. En España este papel estará a cargo de Red Eléctrica Española.

2.1.2. Proyectista

Es el agente que redacta el proyecto por encargo del promotor o empleador con sujeción a normativa técnica.

También podrá redactar proyectos parciales del mismo proyecto, o partes complementarias a éste.

2.1.3. Contratista

Referido a la compañía que ha adquirido el contrato de la construcción, transporte e instalación de la subestación por parte del empleador.

2.1.4. Entidades de control de calidad

Son entidades de calidad o de control de la obra civil, capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de la ejecución de la obra y sus respectivas instalaciones de acuerdo con las especificaciones de contrato y la normativa aplicable.

2.1.5. Suministradores

Se consideran suministradores a los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos que se requerirán en la obra civil y cuya fabricación está fuera del alcance del contratista.

Esto incluirá materiales, elementos semielaborados, componentes, instalaciones, equipamientos, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

2.2. Documentos entregados al contratista

Los documentos correspondientes del Proyecto o cualquier otro complementario que el Empleador entregue al Contratista para la ejecución de la obra, tendrá carácter contractual, considerándose parte constitutiva del contrato. Los documentos serían:

- Documentos contractuales

Los principales documentos contractuales, aparte de este pliego, serían:

- Programa de planificación y seguimiento
- Documento de control de información técnica
- Reporte de lanzamiento de estudios y trabajos

- Documentos informativos

Se consideran como tales el resto de los documentos del proyecto, la mayoría ya incluidos en el apartado anexos y que contienen información detallada para la ejecución de las obras.

2.3. Conocimiento del lugar y circunstancias de la obra

Previamente el empleador debe comunicar al contratista la situación del emplazamiento de la obra civil, al cual el mismo empleador deberá remitir unos estudios geotécnicos, sobre viento y oleaje correspondientes para la viabilidad del proyecto y puesta en conocimiento de las condiciones dónde se proyectará dicha obra civil.

De esta manera, no se podrá alegar causas de desconocimiento o ausencia informativa para la aceptación de las condiciones técnicas, económicas o de plazos de obras, por parte del contratista.

2.4. Autorización para iniciar las obras

La licitación de la obra será promovida por el gobierno de España, y consecuentemente por la Junta de Andalucía en una colaboración de Red Eléctrica de España con Iberdrola, entonces se dará permiso a la realización de la obra y deberá cumplir con la ley de Puertos del Estado, tal y como se referencia en el Artículo 31 sobre Normas especiales para artefactos navales y plataformas fijas de la Ley 14/2014, de 24 de julio, de Navegación Marítima.

Se entenderá entonces a la Subestación como una plataforma fija que se define en el artículo 9 del Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante por “todo artefacto o instalación susceptible de realizar operaciones de exploración o explotación de recursos marítimos o de destinarse a cualesquiera otras actividades, emplazadas sobre el lecho de la mar, anclado o apoyado en él”.

Registrándose, por lo tanto, de una manera similar a las embarcaciones, al Registro de Buques y Empresas Navieras y Registro de Bienes Muebles. También deberá cumplimentar la regulación que proceda en el Convenio Internacional de Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS 74/88), además de estar en concordancia con los regímenes legislativos anteriormente citados.

2.5. Plazos de ejecución

La obra está estipulada que tenga un mínimo de 25 años de operatividad con 30 años de vida útil de sus principales elementos constructivos. Asimismo, tras la adjudicación de la obra al Contratista se estipulará una serie de plazos de ejecución

para el fin de la ingeniería, inicio de la construcción y finalización de la construcción, rondando el año y medio en esta etapa. Y también se estipularán los plazos para el montaje y ensamblado de la Subestación llegado el momento de la finalización de la etapa anterior.

2.6. Informe de geotecnia y estudio marítimo

Para el estudio de resistividad del terreno, colocación y estructura de la "jacket" el empleador deberá entregar consecuentemente una serie de documentos e informes sobre geotecnia y estudios marítimos que posibiliten dichos análisis al proyectista, a la hora de realizar la obra civil.

2.7. Programación del trabajo

Como parte del programa contractual, al inicio del proyecto el proyectista deberá entregar en un plazo no menor a un mes, un programa detallado sobre la programación del trabajo, estando coordinado con el programa general. Adicionalmente, durante la ejecución de los trabajos, el proyectista deberá completar programas específicos para actividades en concreto, teniendo en cuenta la presencia de consultores técnicos u otros contratistas y fabricantes.

2.8. Programación de planos y documentación técnica

Desde el momento de adjudicación de la obra hasta su finalización, se deberá entregar al empleador cuando este lo requiera y en unos plazos fijados semanal o mensualmente, según se especifique: los diferentes reportes, estudios, planos y detallados constructivos que vaya pidiendo para el conocimiento del estado y realización de la obra.

Dichas fechas de entrega se pondrán en conocimiento del proyectista y se dispondrán de mutuo acuerdo la cantidad de documentación a entregar en el plazo correspondiente.

2.9. Dirección de obras

La dirección de la obra será llevada a cabo por el Proyectista bajo supervisión y conocimiento del Empleador. Se definirán de mutuo acuerdo las áreas comunes, trabajos de reparación, áreas de uso exclusivo, la división de responsabilidades…

2.10. Inspección de obras

Se deberá llevar a cabo por parte del proyectista una inspección, no sólo de las obras sino también de la recepción del equipo, auditorías pertinentes al programa del proyecto y supervisión de los componentes, ensamblajes, pruebas…

Debiéndose entregar al Empleador de forma semanal un reporte de progresos en el que se indique la aplicación de la inspección y cualquier incidencia o percance que pueda haber ocurrido durante las actividades desarrolladas.

Y, asimismo, un reporte mensual, con el resumen de todos los reportes anteriormente entregados y posibles incidencias que no hayan entrado o se hayan dejado atrás en la realización de los subsecuentes reportes semanales.

2.11. Subcontratos

Todas las Subcontrataciones que estén en la ejecución de los trabajos incluyendo los referentes a suministro de materiales o equipo deberán estar aprobados por el Empleador.

Los materiales suministrados por el Contratista serán directa y exclusivamente entregados desde factorías o marcas que sean escogidas por el Contratista y que el Empleador haya dado su visto bueno.

En casos especiales, el Empleador deberá definir la calidad del material, especificando marcas y tipos de materiales a utilizar.

3. Obligaciones sociales, laborales y económicas

3.1. Pérdidas y averías en las obras

El contratista, cuándo y dónde sea posible, deberá ser capaz de garantizar la disponibilidad de equipo/ materiales de repuesto para un periodo de tiempo y también asegurar su rápida disposición. Se notificará al Empleador de cualquier percance o perjuicio que pueda suceder en la obra debiéndosele informar a través del reporte semanal o mensual que se ha especificado para la Inspección de obras.

3.2. Daños y perjuicios

El Contratista deberá hacerse responsable de asumir y solucionar cualquier incidencia que pueda provocar daños y perjuicios siendo legalmente responsable durante el transcurso de la obra civil. Se deberá notificar al Empleador en cualquier caso todo daño y perjuicio que hubiese sido provocado y las medidas que se han tomado para solucionarlo.

3.3. Seguridad y salud

El Proyectista se verá obligado a asumir y cumplir el SOLAS 74/88 que regula dentro de su ámbito de aplicación las especificaciones sobre seguridad y salud para el trabajo en el mar y de forma complementaria las pautas y directrices que vengan estipuladas en el Convenio sobre el trabajo marítimo, 2006, de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

Asimismo, se creará un comité de seguridad encargado de promover las medidas y soluciones sobre seguridad y salud en cada caso.

3.4. Protección del medio ambiente

Se considerará infracción grave según artículo 307 de Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante a: la destrucción o abandono de las plataformas fijas en aguas situadas en zonas en las que España ejerza soberanía, derechos soberanos o jurisdicción, considerándose también el vertido no autorizado de productos sólidos, líquidos o gaseosos en la Zona II, exterior de las aguas portuarias.

Esto acarreará la denominación de infracción grave cuando dichas acciones u omisiones tipificadas puedan suponen asimismo lesión a alguna persona que pueda motivar la baja por incapacidad no superior a siete días, o daños perjuicios superiores a 1200 euros e inferiores a 6000 euros, las que también pongan en peligro la seguridad de la plataforma…

3.5. Objetos hallados en las obras

Se cumplimentará con el capítulo III de la Ley 60/1962, de 24 de diciembre, por la que se regulan los auxilios, salvamentos, remolques, hallazgos y extracciones marítimos. Por lo cual, cualquier objeto hallado en la localización de la obra civil deberá ser comunicado a las autoridades pertinentes, como puede ser el Instituto del Patrimonio Cultural de España.

4. Condiciones de calidad

Los productos, equipos y sistemas que sean suministrados deberán cumplir las condiciones que se especifican sobre ellos en las distintas partes del proyecto. Teniendo unas calidades acordes con las distintas normas que estén publicadas sobre estos y que tendrán un carácter complementario a este apartado.

Por parte del contratista debe existir obligación de comunicar a los suministradores las cualidades exigidas para los distintos elementos, aconsejándose que previamente al empleo y adquisición de estos se solicite la aprobación de entidades y laboratorios encargados del control de calidad en cada caso.

El contratista será responsable del cumplimiento de las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de estos.

El contratista notificará al empleador, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga a utilizar, aportando las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Se deberá tener en cuenta las garantías específicas de calidad con un marcado CE que indicará:

- El cumplimiento de unas determinadas especificaciones técnicas relacionadas con los requerimientos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las Guías DITE (Guía para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo).

- El cumplimiento el sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones que se indican en los mandatos relativos a normas armonizadas y en las especificaciones técnicas armonizadas.

Es obligación del contratista verificar que los productos afectados por el sistema de marcado CE cumplimente los requisitos

5. Ejecución de las obras

5.1. Replanteo de las obras

El Contratista iniciará “in situ” el replanteo de las obras dónde se señalarán las referencias principales que se mantendrán como base para posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista incluyéndose en su oferta.

Asimismo, se someterá el replanteo a la aprobación del Empleador y, cuando se obtenga su conformidad se preparará una Acta de inicio y replanteo de la obra. Será responsabilidad del Contratista la omisión o deficiencia de este documento.

5.2. Maquinaria y medios auxiliares

Constituirá como obligación del Contratista del proyecto, la construcción, conservación y explotación, además de su desmontaje, demolición y retirada de toda obra respecto a instalaciones auxiliares, necesarias para la ejecución de las obras.

Asimismo, el Contratista estará obligado y será de su responsabilidad el aprovisionamiento y disposición en obra de toda la maquinaria, útiles y medios auxiliares requeridos para la ejecución de estos, en las condiciones de calidad, capacidad, potencia y cantidad suficientes para suplir todas las condiciones estipuladas en el Contrato.

5.3. Recepción de materiales y equipos

Los materiales y equipos que hayan de constituir parte integrante de la obra definitiva y que el Contratista emplee en los medios auxiliares para la ejecución de la obra, así como también los materiales y equipos de aquellas instalaciones y obras auxiliares que formen parte total o parcialmente de la obra y, por consiguiente, objeto del Contrato, deberán cumplir las especificaciones establecidas en este pliego y demás documentos específicos para cada caso.

El Contratista deberá presentar al Empleador, para su aprobación, muestras, catálogos y certificaciones de homologación de los productos, materiales y equipos identificados por marcas o por patentes.

5.4. Prórroga por causa de fuerza mayor

Si, por causa de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del Contratista, éste no pudiese iniciar las obras, tuviera que suspenderlas o no le fuera posible finalizarlas en los plazos fijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para su cumplimiento.

Para ello, el Contratista expondrán en un escrito dirigido al Empleador la causa/s principales que le impiden la ejecución de los trabajos o el retraso de estos.

5.5. Trabajos defectuosos

El Contratista deberá emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en el transcurso del proyecto, y realizará todos y cada uno de los trabajos de acuerdo con lo estipulado.

Por ello, el Contratista será responsable de la ejecución de los trabajaos contratados y de las faltas y defectos que pudieran derivarse de su mala ejecución.

5.6. Vicios ocultos

El Contratista será el responsable único de los vicios ocultos y defectos de la construcción, durante la ejecución de las obras y el período de garantía, hasta los plazos prescritos después de la terminación de las obras, aparte de otras posibles responsabilidades legales que puedan derivarse.

Si el Empleador tuviese razones fundadas para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción podrá ordenar la realización el diagnóstico de los trabajos que crea defectuosos.

El Contratista por su parte, deberá demoler, desmontar y reconstruir toda unidad mal ejecutada sin poder eludir su responsabilidad por cualquier revisión o examinación con anterioridad por parte del Empleador.

5.7. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

Todos los gastos que se originen por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras entrarán en el alcance de responsabilidades del Contratista.

Todo ensayo sin resultados satisfactorios o que no ofrezca suficientes garantías, podrá comenzarse nuevamente o realizarse nuevos ensayos o pruebas especificadas en el proyecto, a cargo y cuenta del Contratista y con la debida penalización que el Empleador estime conveniente en un documento que deberá entregar al Contratista antes de iniciar la obra.

5.8. Limpieza de las obras

Será obligación del Contratista el mantenimiento de la limpieza de las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, además de la retirada de instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como la ejecución de todos los trabajos y adopción de las medidas que sean apropiadas para que la obra esté en las mejores condiciones higiénicas.

6. Descripción de las instalaciones

La geometría del módulo superior de la subestación se basa en 4 cubiertas soportadas por 4 extremidades con una envolvente de 23 x 27.20 metros en forma de H.

El módulo superior está construido como una estructura de acero multiplanta con 4 niveles diferentes como se indica:

Cubierta inferior	(Altura con respecto al nivel del mar: 21 metros)
Cubierta principal	(Altura con respecto al nivel del mar: 28 metros)
Cubierta útil	(Altura con respecto al nivel del mar: 37 metros)
Cubierta superior	(Altura con respecto al nivel del mar: 42 metros)

Las principales columnas y refuerzos consisten en partes tubulares, y las vigas de la cubierta dónde recaiga la mayor parte de la carga será de secciones H ó T según estándar.

Sólo los muros centrales en forma de H sostienen cargas y elementos estructurales, el resto de los muros, tanto internos como externos se definen como no estructurales.

Las pasarelas y escaleras de acceso se situarán fuera de los muros del módulo. El acceso al módulo superior estará provisto a través de dos escaleras desde la plataforma de acceso de desembarco, que forma parte de la subestructura, a la cubierta inferior. Desde la cubierta inferior se tendrá acceso entonces a otras localizaciones a través de escaleras.

El equipo y sistemas principales que deberán estar en la subestación serán:

- 4 x 66kV bloque de aparamenta GIS, para la conexión con los aerogeneradores.
- 2 x Transformadores de alta tensión y sus depósitos de aceite.
- 2 x 220kV bloques de aparamenta GIS, para la conexión con la subestación en costa.
- 2 x Reactores Shunt y los bancos de refrigeración respectivos.
- 4 x transformadores de puesta a tierra-auxiliares.

- 2 x Generadores de emergencia con sus tanques respectivos.
- Equipo de contraincendios y detección de éste.
- Grúas principales y secundarias.
- Dependencias de rescate y evacuación.
- Sistema de navegación y comunicaciones SCADA.

La distribución del equipo y sistemas ya mencionados será:

Cubierta inferior

- Carrete portamangueras
- Tanque sumidero y separador de aceite
- Grúas pescantes (2)
- Almacén de elementos peligrosos
- Cabinas para trajes de supervivencia y chalecos salvavidas
- Enganches de cableado de 66kV y 220kV
- Botes salvavidas para descenso (2)

Cubierta principal

- Transformadores de puesta a tierra-auxiliares (4)
- Aparamenta GIS 72,5kV
- Aparamenta GIS 245kV
- Reactores Shunt (2)
- Transformadores principales de 400MVA (2)

Cubierta útil

- Habitación Baja Tensión
- Habitación primeros auxilios
- Baño
- Habitación multifuncional
- Habitación de control del parque eólico
- Habitación de comunicaciones
- Habitación SAI-baterías
- Habitación de control
- Habitación de contraincendios
- Habitación climatización
- Habitación de medida

- Almacén

Cubierta superior

- Unidades de refrigeración de agua
- Extractores
- Grúa principal
- Mástil de comunicación
- Escotillas
- Generadores diesel (2)
- Depósitos de combustible (2)
- Helipuerto

7. Especificación de materiales

Listado de elementos y materiales	**Calidades mínimas exigibles a los elementos y materiales**	**Pruebas y ensayos a realizar a los elementos y materiales**
Constructivos		
Acero inoxidable 316L	▪ EN 10025 Hot rolled products of structural steels ▪ EN 10164 Steel products with improved deformation properties perpendicular to the surface of the product. Technical delivery conditions. ▪ EN 10204 Metallic products – Types of inspection documents. ▪ EN 10210 Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels. ▪ EN 10225 Weldable structural steels for fixed offshore structures.	▪ Ensayo no destructivo ○ Ensayo microscópico y rugosidad superficial ○ Ensayo por ultrasonidos ○ Ensayos por líquidos penetrantes ○ Ensayos por partículas magnéticas ○ Ensayo de dureza ▪ Ensayos destructivos ○ Ensayo de tracción ○ Ensayo de resiliencia ○ Ensayo de compresión ○ Ensayo de flexión
Aluminio o aleaciones de aluminio	▪ EN 755 Aluminium and aluminium alloys. Extruded rod/bar, tube and profiles. ▪ EN 1592 Aluminium and aluminium alloys. HF seam welded tubes. Mechanical properties. ▪ EN 485 Aluminium and aluminium alloys - Sheet, strip and plate. ▪ EN 515 Aluminium and aluminium alloys - wrought products - temper designations. ▪ EN 573 Aluminium and aluminium alloys - Chemical composition and form of wrought products. ▪ EN 13195 Aluminium and aluminium alloys. Specifications for wrought and cast products	○ Ensayo de dureza ○ Ensayo de tracción ○ Ensayo de compresión, flexión, corte y torsión ○ Ensayo de resistencia a temperaturas elevadas ○ Ensayo de resistencia a la fatiga ○ Ensayo de tenacidad

	for marine applications (shipbuilding, marine and offshore).	
Caucho y elastómeros	▪ DIN 53516 Testing of rubber and elastomers; determination of abrasion resistance ▪ ASTM D412 Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers— Tension. ▪ ASTM D746 Standard Test Method for Brittleness Temperature of Plastics and Elastomers by Impact. ▪ ASTM D2240 Standard Test Method for Rubber Property—Durometer Hardness	○ Ensayo de curado del elastómero ○ Ensayo de acondicionamiento ○ Ensayo ambiental ○ Ensayo de densidad ○ Ensayo de dureza ○ Ensayo de tracción ○ Ensayo de compresión
Pinturas y barnices	▪ ISO 7783 Paints and varnishes -- Determination of water-vapour transmission properties -- Cup method. ▪ ISO 12944 Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems.	○ Determinación de las propiedades de transmisión de agua-vapor ○ Ensayo de porosidad o continuidad de la película
Electricidad e Instrumentación		
Transformadores de potencia	▪ IEC 60076 series: Power Transformers, guidance. ▪ IEC 61869 series: Instrument Transformers. ▪ IEC/TS 60076-19: Rules for the determination of uncertainties in the measurement of the losses on power transformers and reactors ▪ IEC 60296: Fluids for electrotechnical applications. Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear. ▪ IEC/TR 60616: Terminal and tapping makings for power Transformers ▪ IEC 62262. Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code). ▪ IEC 60529: Degrees of protection provided by enclosures (IP code).	○ Ensayo de cortocircuito ○ Ensayo de vacío
Maquinas eléctricas rotativas	▪ IEC 60034-1 Rotating electrical machines - Part 1: Rating and performance. ▪ IEC 62262. Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code). ▪ IEC 60529: Degrees of protection provided by enclosures (IP code).	○ Ensayo de cortocircuito ○ Ensayo de vacío
Autoválvulas	▪ IEC 60099: Surge arresters. ▪ IEC 60099-4: Surge Arresters Part 4: Metal oxide surge arresters without gaps for AC systems. ▪ IEC 62262. Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code).	○ Ensayo de aislamiento ○ Ensayo de factor de potencia de aislamiento ○ Prueba de pérdidas de potencia

	▪ IEC 60529: Degrees of protection provided by enclosures (IP code).	
Relés	▪ IEC 60255 series: Electrical Relays.	○ Ensayo de temporización automática ○ Prueba de armónicos ○ Prueba de capacidad
Fibra óptica	▪ IEC 60793: Optical fibres. ▪ IEC 60794-1: Optical fibre cables. ▪ IEC 60874: Connectors for optical fibres. ▪ Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions. ▪ IEC 60811-2-1: Insulating and sheathing materials of electric and optical cables. Common test methods. Methods specific to elastomeric compounds. Ozone resistance, hot set and mineral oil immersion tests.	○ Ensayo de Construcción y dimensiones del cable ○ Ensayo de resistencia del aislamiento del cable ○ Ensayo de elongación en Frío ○ Prueba de presión a altas temperaturas ○ Pruebas de envejecimiento acelerado UV ○ Pruebas mecánicas para cables flexibles
Baterías	▪ EN 50272: Safety requirements for secondary batteries and battery installations ▪ IEC 60896-21: Stationary lead-acid batteries - Part 21: Valve regulated types - Methods of test. ▪ IEC 60896-22: Stationary lead-acid batteries - Part 22: Valve regulated types – Requirements ▪ IEEE 485 Lead Acid Batteries for Stationary Applications.	○ Ensayo de medición de capacidad ○ Ensayo de medición de impedancia
Reactores Shunt	▪ IEC 60076 series: Power Transformers, guidance. ▪ IEC 61869 series: Instrument Transformers. ▪ IEC/TS 60076-19: Rules for the determination of uncertainties in the measurement of the losses on power transformers and reactors ▪ IEC 60296: Fluids for electrotechnical applications. Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear. ▪ IEC/TR 60616: Terminal and tapping makings for power Transformers ▪ IEC 62262. Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code). ▪ IEC 60529: Degrees of protection provided by enclosures (IP code).	○ Ensayo de cortocircuito ○ Ensayo de vacío
Cableado	▪ IEC 60502-1: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV (Um = 1,2 kV) up to 30 kV (Um = 36 kV) - Part 1: Cables for rated voltages of 1 kV (Um = 1,2 kV) and 3 kV (Um = 3,6 kV). ▪ EN 50 525-1: Electric cables - Low voltage energy cables of rated voltages up to and	○ Ensayo de Construcción y dimensiones del cable ○ Ensayo de resistencia del aislamiento del cable ○ Ensayo de elongación en Frío

	including 450/750 V (U0/U) - Part 1: General requirements. ▪ EN 50 525-3: Electric cables - Low voltage energy cables of rated voltages up to and including 450/750 V (U0/U) - Part 3-11: Cables with special fire performance - Flexible cables with halogenfree thermoplastic insulation, and low emission of smoke ▪ IEC 60228: Nominal cross-sectional areas and composition of conductors of insulated cables.	○ Prueba de presión a altas temperaturas ○ Pruebas de envejecimiento acelerado UV ○ Pruebas mecánicas para cables flexibles
Aparamenta de alta tensión	▪ IEC 60947-7-1: Low-voltage switchgear and controlgear. Part 7-1: Ancillary equipment. Terminal blocks for copper conductors. ▪ IEC 61634: High-voltage switchgear and controlgear – Use and handling of sulphur hexafluoride (SF6) in high voltage switchgear and controlgear. ▪ IEC 62271: High-voltage switchgear and controlgear.	○ Ensayos dieléctricos ○ Ensayos sobre productos y materiales ○ Impulsos de corriente hasta 200kA
Sistema de alimentación ininterrumpida	▪ IEC 62040: Uninterruptible power systems (SAI).	○ Prueba de fallo de red en la SAI, comprobación de la eficiencia de la batería y comprobación del correcto funcionamiento del cargador de baterías
Aparamenta de baja tensión	▪ IEC 61557: Electrical safety in low voltage distribution system ▪ IEC 60947-7-1: Low-voltage switchgear and controlgear. Part 7-1: Ancillary equipment. Terminal blocks for copper conductors.	○ Ensayos dieléctricos ○ Ensayos sobre productos y materiales ○ Impulsos de corriente hasta 200kA

4. Mediciones y Presupuesto

Índice

1. Medición
   1.1. Medición de las obras ejecutadas
   1.2. Precios unitarios
2. Presupuesto

1. Medición

1.1. Medición de las obras ejecutadas

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
3C-1.2	Descarga, transporte y almacenamiento de los Transformadores de potencia principales en las salas de los transformadores principales. 4 hora de gruista 15 hora de soldador 1 horas de Electricista alta-media tensión			

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
1A-1.1	Descarga, transporte y almacenamiento de los Reactores Shunt principales en las salas de los reactores shunt. 4 hora de gruista 14 hora de soldador 1 horas de Electricista alta-media tensión			

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
1A-1.2	Descarga, transporte y almacenamiento de los Transformadores de puesta a tierra/ auxiliares en las salas de los transformadores principales. 6 horas de gruista 16 horas de soldador 1 horas de Electricista alta-media tensión			

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
1A-1.4	Descarga, transporte y almacenamiento de los GIS de 245kV en las salas de los GIS de 245kV. 12 horas de gruista 2 horas de electricista			

1 horas de Electricista alta-media tensión

32 horas de soldador

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
1A-1.5	Descarga, transporte y almacenamiento de los GIS de 72,5kV en las salas de los GIS de 72,5kV. 16 horas de gruista 1,5 horas de electricista 42 horas de soldador 1 horas de Electricista alta-media tensión			

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
1A-1.3	Instalación y ensamblaje de los Transformadores de potencia principales en las salas de los transformadores principales. 1 hora de gruista 3 hora de electricista 1 hora de soldador 2 horas de Electricista alta-media tensión			

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
1A-1.8	Instalación y ensamblaje de los Reactores Shunt principales en las salas de los reactores shunt. 1 hora de gruista 3 hora de electricista 2 hora de soldador 1 horas de Electricista alta-media tensión			

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
1A-1.7				

Instalación y ensamblaje de los Transformadores de puesta a tierra/ auxiliares en las salas de los transformadores principales.

7 horas de Electricista alta-media tensión

5 horas de electricista

4 horas de soldador

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
1A-1.10	Instalación y ensamblaje de los GIS de 245kV en las salas de los GIS de 245kV. 15 horas de Electricista alta-media tensión 7 horas de electricista 16 horas de soldador			

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
1A-1.9	Instalación y ensamblaje de los GIS de 72,5kV en las salas de los GIS de 72,5kV. 18 horas de Electricista alta-media tensión 8 horas de electricista 23 horas de soldador			

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
1A-1.6	Pruebas en tierra de los Transformadores de potencia principales en las salas de los transformadores principales. 14 horas de ingeniero de pruebas de alta y media tensión 8 horas de electricista 1 hora de soldador			

Código	Unidad / Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1A-1.13	Pruebas en tierra de los Reactores Shunt principales en las salas de los reactores shunt. 13 horas de ingeniero de pruebas de alta y media tensión 7 horas de electricista 1 hora de soldador			

Código	Unidad / Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1A-1.12	Pruebas en tierra de los Transformadores de puesta a tierra/ auxiliares en las salas de los transformadores principales. 17 hora de ingeniero de pruebas de alta y media tensión 4 horas de electricista 1 hora de soldador			

Código	Unidad / Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1A-1.15	Pruebas en tierra de los GIS de 245kV en las salas de los GIS de 245kV. 15 hora de ingeniero de pruebas de alta y media tensión 2 hora de electricista 1 hora de soldador			

Código	Unidad / Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1A-1.14	Pruebas en tierra de los GIS de 72,5kV en las salas de los GIS de 72,5kV. 25 hora de ingeniero de pruebas de alta y media tensión 8 hora de electricista 3 hora de soldador			

Código	Unidad / Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1A-2.3	Suministro, instalación y montaje de los GIBs de 66kV entre GIS y transformadores auxiliares. 6 hora de herrero 2 hora de electricista 18 hora de soldador			

Código	Unidad / Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1A-2.11	Suministro, instalación y montaje de los GIBs de 220kV entre Reactores Shunt y GIS. 7 hora de herrero 3 hora de electricista 23 hora de soldador			

Código	Unidad / Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1A-2.10	Suministro, instalación y montaje de los GIBs de 220kV entre Transformadores principales y GIS 7 hora de herrero 3 hora de electricista 21 hora de soldador			

Código	Unidad / Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1A-3.1	Suministro y fabricación de la puesta a tierra, el equipo de protección contra el rayo y demás equipos y materiales 4 hora de gruista 19 hora de electricista 22 hora de soldador			

Código	Unidad / Descripción	Cantidad	Precio	Importe

1A-3.2	Instalación y ensamblaje de la puesta a tierra, el equipo de protección contra el rayo y demás equipos y materiales ¾ hora de gruista 3 hora de electricista 4 hora de soldador			
Código	***Unidad / Descripción***	***Cantidad***	***Precio***	***Importe***
1A-4.1	Suministro, instalación y ensamblaje de los cuadros, paneles y demás aparamenta de Baja Tensión 3 hora de gruista 54 horas de electricista 22 horas de soldador 10 horas de herrero			
Código	***Unidad / Descripción***	***Cantidad***	***Precio***	***Importe***
1A-4.4	Suministro, instalación y ensamblaje de los sistemas de generadores de emergencia y demás equipo y materiales 8 hora de gruista 12 hora de electricista 3 hora de soldador			
Código	***Unidad / Descripción***	***Cantidad***	***Precio***	***Importe***
1A-4.6	Suministro, instalación y ensamblaje del sistema de Traceado Eléctrico 5 hora de gruista 16 hora de electricista 4 hora de soldador			
Código	***Unidad / Descripción***	***Cantidad***	***Precio***	***Importe***
C-CP1.1	Metro de circuito formado por 3x35mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito SCD1(T)-CA-1 de 8,92 metros de longitud.			

9 metros de bandeja 100mm x 60mm

4 horas de electricista
9 metros de cable XTCuZ1-K(AS+)
1 interruptor NSX 250N

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
C-CP1.2	Metro de circuito formado por 3x10mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito SCP1(T)-CA-1de 9,72 metros de longitud.			
	10 metros de bandeja 100mm x 60mm			
	4,5 horas de electricista			
	10 metros de cable XTCuZ1-K(AS+)			
	1 interruptor NSX 100N			

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
C-CP1.3	Metro de circuito formado por 3x70mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito SCH1(T)-CA-1 de 12,43 metros de longitud.			
	13 metros de bandeja 100mm x 60mm			
	4,5 horas de electricista			
	13 metros de cable XTCuZ1-K(AS+)			
	1 interruptor NSX 400N			

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
C-CP1.4	Metro de circuito formado por 3x70mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito Grua_princ(T)-CA-1 de 25 metros de longitud.			
	25 metros de bandeja 100mm x 60mm			
	8 horas de electricista			
	13 metros de cable XTCuZ1-K(AS+)			
	1 interruptor NSX 400N			

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*

C-CP1.5 Metro de circuito formado por 3x2,5mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito CPC1(T)-CA-1 de 4 metros de longitud.

4 metros de bandeja 100mm x 60mm

2 horas de electricista

4 metros de cable XTCuZ1-K(AS+)
1 interruptor iC60L

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*

C-CP1.6 Metro de circuito formado por 3x185mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito SCH2(T)-CA-2 de 36,94 metros de longitud.

38 metros de bandeja 100mm x 60mm

10 horas de electricista

37 metros de cable XTCuZ1-K(AS+)
1 interruptor NSX 630N

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*

C-CP1.7 Metro de circuito formado por 3x2,5mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito Contrainc_1(T)-CA-1 de 2,72 metros de longitud.

3 metros de bandeja 100mm x 60mm

2 horas de electricista

3 metros de cable XTCuZ1-K(AS+)
1 interruptor iC60L

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*

C-CP1.8 Metro de circuito formado por 3x2,5mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito ServDiesel_1(T)-CA-1 de 1 metros de longitud.

1 metros de bandeja 100mm x 60mm

1/2 horas de electricista

1metros de cable XTCuZ1-K(AS+)
1 interruptor iC60L

Código	Unidad / Descripción	Cantidad	Precio	Importe
C-CP1.9	Metro de circuito formado por 3x2,5mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito ServTrafo_1(T)-CA-1 de 1 metros de longitud. 1 metros de bandeja 100mm x 60mm 1/2 horas de electricista 1 metros de cable XTCuZ1-K(AS+) 1 interruptor iC60L			

Código	Unidad / Descripción	Cantidad	Precio	Importe
C-CP1.10	Metro de circuito formado por 3x2,5mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito ServShunt_1(T)-CA-1 de 1 metros de longitud. 1 metros de bandeja 100mm x 60mm 1/2 horas de electricista 1 metros de cable XTCuZ1-K(AS+) 1 interruptor iC60L			

Código	Unidad / Descripción	Cantidad	Precio	Importe
C-CP1.11	Metro de circuito formado por 3x16mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito CG1(T)-CA-1de 13 metros de longitud. 13 metros de bandeja 100mm x 60mm 7 horas de electricista 13 metros de cable XTCuZ1-K(AS+) 1 interruptor NSX 160N			

Código	Unidad / Descripción	Cantidad	Precio	Importe
C-CP1.12	Metro de circuito formado por 3x4mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito SCEM(T)-CA-1de 3,375 metros de longitud. 4 metros de bandeja 100mm x 60mm			

1 horas de electricista

4 metros de cable XTCuZ1-K(AS+)
1 interruptor NSX 100N

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
C-CP1.13	Metro de circuito formado por 3x10mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito Grua_ple1(T)-CA-1 de 44,48 metros de longitud.			
	45 metros de bandeja 100mm x 60mm			
	18 horas de electricista			
	45 metros de cable XTCuZ1-K(AS+) 1 interruptor NSX 100N			

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
C-CP2.1	Metro de circuito formado por 3x10mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito SCD2(T)-CA-1 de 2,85 metros de longitud.			
	3 metros de bandeja 100mm x 60mm			
	1 horas de electricista			
	3 metros de cable XTCuZ1-K(AS+) 1 interruptor iC60L			

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
C-CP2.2	Metro de circuito formado por 3x2,5mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito SCP2(T)-CA-1 de 2,85 metros de longitud.			
	3 metros de bandeja 100mm x 60mm			
	1/2 horas de electricista			
	3 metros de cable XTCuZ1-K(AS+) 1 interruptor iC60L			

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
C-CP2.3	Metro de circuito formado por 3x35mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito SCH2(T)-CA-1 de 5,69 metros de longitud.			

6 metros de bandeja 100mm x 60mm

2 horas de electricista

6 metros de cable XTCuZ1-K(AS+)
1 interruptor NSX 250N

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
C-CP2.4	Metro de circuito formado por 3x2,5mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito CPC2(T)-CA-1 de 17,2 metros de longitud. 18 metros de bandeja 100mm x 60mm 4 horas de electricista 18 metros de cable XTCuZ1-K(AS+) 1 interruptor iC60L			

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
C-CP2.5	Metro de circuito formado por 3x185mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito SCH1(T)-CA-2 de 37,63 metros de longitud. 38 metros de bandeja 100mm x 60mm 14 horas de electricista 38 metros de cable XTCuZ1-K(AS+) 1 interruptor NSX 630N			

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
C-CP2.6	Metro de circuito formado por 3x2,5mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito Contrainc_2(T)-CA-1 de 12,89 metros de longitud. 13 metros de bandeja 100mm x 60mm 4 horas de electricista 13 metros de cable XTCuZ1-K(AS+) 1 interruptor iC60L			

Código	Unidad / Descripción	Cantidad	Precio	Importe
C-CP2.7	Metro de circuito formado por 3x2,5mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito ServDiesel_2(T)-CA-1 de 1 metros de longitud. 1 metros de bandeja 100mm x 60mm 1/2 horas de electricista 1 metros de cable XTCuZ1-K(AS+) 1 interruptor iC60L			

Código	Unidad / Descripción	Cantidad	Precio	Importe
C-CP2.8	Metro de circuito formado por 3x2,5mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito ServTrafo_2(T)-CA-1 de 1 metros de longitud. 1 metros de bandeja 100mm x 60mm 1/2 horas de electricista 1 metros de cable XTCuZ1-K(AS+) 1 interruptor NSX 630N			

Código	Unidad / Descripción	Cantidad	Precio	Importe
C-CP2.9	Metro de circuito formado por 3x2,5mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito ServShunt_2(T)-CA-1 de 1 metros de longitud. 1 metros de bandeja 100mm x 60mm 1/2 horas de electricista 1 metros de cable XTCuZ1-K(AS+) 1 interruptor iC60L			

Código	Unidad / Descripción	Cantidad	Precio	Importe
C-CP2.11	Metro de circuito formado por 3x35mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito CG2(T)-CA-1de 18,2 metros de longitud. 19 metros de bandeja 100mm x 60mm 9 horas de electricista			

19 metros de cable XTCuZ1-K(AS+)
1 interruptor NSX 250N

Código	*Unidad / Descripción*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
C-CP2.12	Metro de circuito formado por 3x6mm² Cu, TN-C-S instalado para el circuito Grua_ple2(T)-CA-1 de 32,28 metros de longitud. 1 metros de bandeja 100mm x 60mm 1/2 horas de electricista 1 metros de cable XTCuZ1-K(AS+) 1 interruptor NSX 100N			

1.2. Precios unitarios

Código	*Unidad / Descripción*	*Precio*	*Unidad*
	Metro de Cable XTCuZ1-K(AS+)	2,79 €	***metro***
	Interruptor iC60L	492,50 €	-
	Interruptor iC60L	530,00 €	-
	Interruptor iC60L	827,08 €	-
	Interruptor NSX 100N	967,15 €	-
	Interruptor NSX 100N	1.467,06€	-
	Interruptor NSX 160N	2.911,65€	-
	Interruptor NSX 250N	4.461,28€	-
	Interruptor NSX 400N	6.211,49€	-
	Interruptor NSX 630N	6.211,49€	-
	Metro de bandeja 100mm x 60mm	22,35€	***metro***
	Metro de bandeja 150mm x 60mm	26,18€	***metro***
	Metro de bandeja 200mm x 60mm	31,25€	***metro***
	Metro de bandeja 300mm x 60mm	46,27€	***metro***
	Metro de bandeja 400mm x 60mm	60,44€	***metro***
	Metro de bandeja 450mm x 60mm	75,30€	***metro***
	Metro de bandeja 500mm x 60mm	82,34€	***metro***
	Metro de bandeja 600mm x 60mm	90,23€	***metro***
	Cuadros de distribución	2453,45 €	-
	UPS 40kVA	6463,00 €	-
	UPS 30KVA	5859,20 €	-

Sistema Convertidor CC REE	32302,04€	-
Sistema Convertidor CC IBR	62494,08€	-
Reactores Shunt	2.230.000,00€	-
Transformadores principales	6.500.000,00€	-
Transformadores auxiliares	1.900.000,00€	-
Generador auxiliar	2.850.000,00€	-
Generador de emergencia	1.400.000,00€	-
GIS 72,5 kV	12.347.899,00€	-
GIS 245 kV	8.300.000,00€	-
GIB	1.800.000,00€	-

2. Presupuesto

Item	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio unitario	Precio total
3	**Estructural y civil**				
1A	**Electricidad**				
1A-1	**Equipo de Alta Tensión**				
1A-1.1	Descarga, transporte y almacenamiento de los Reactores Shunt	1	1	892.000,00 €	892.000,00 €
1A-1.2	Descarga, transporte y almacenamiento de los Transformadores Principales	1	1	1.543.980,00 €	1.543.980,00 €
1A-1.3	Descarga, transporte y almacenamiento de los Transformadores de puesta a tierra/ auxiliares	1	1	788.999,32 €	788.999,32 €
1A-1.4	Descarga, transporte y almacenamiento de los GIS de 245 kV	1	1	432.000,00 €	432.000,00 €
1A-1.5	Descarga, transporte y almacenamiento de los GIS de 72,5 kV	1	1	543.020,45 €	543.020,45 €
1A-1.6	Instalación y ensamblaje de los Transformadores Principales	1	1	120.322,55 €	120.322,55 €
1A-1.7	Instalación y ensamblaje de los Transformadores de puesta a tierra/ auxiliares	1	1	158.433,55 €	158.433,55 €
1A-1.8	Instalación y ensamblaje de los Reactores Shunt	1	1	118.221,87 €	118.221,87 €
1A-1.9	Instalación y ensamblaje de los GIS 72,5 kV	1	1	256.878,12 €	256.878,12 €
1A-1.10	Instalación y ensamblaje de los GIS 245 kV	1	1	143.423,45 €	143.423,45 €
1A-1.11	Pruebas en tierra de los Transformadores Principales	1	1	160.882,21 €	160.882,21 €
1A-1.12	Pruebas en tierra de los Transformadores de puesta a tierra/ auxiliares	1	1	192.445,32 €	192.445,32 €
1A-1.13	Pruebas en tierra de los Reactores Shunt	1	1	133.423,11 €	133.423,11 €
1A-1.14	Pruebas en tierra de los GIS 72,5 kV	1	1	145.212,46 €	145.212,46 €
1A-1.15	Pruebas en tierra de los GIS 245 kV	1	1	122.112,33 €	122.112,33 €
1A-2	**Cables y Canalizaciones**				
1A-2.1	Fabricación y suministro de canalizaciones incluyendo soportes	1	1	232.723,30 €	232.723,30 €
1A-2.2	Instalación y montaje de las canalizaciones incluyendo soportes	1	1	182.423,50 €	182.423,50 €
1A-2.3	Suministro de los cables de 66kV entre GIS y transformadores auxiliares	1	1	332.877,20 €	332.877,20 €
1A-2.4	Suministro de los GIBs de 66kV entre GIS y transformadores auxiliares	1	1	110.054,50 €	110.054,50 €
1A-2.5	Instalación y montaje de los GIBs de 66kV entre GIS y transformadores auxiliares	1	1	310.221,20 €	310.221,20 €
1A-2.6	Instalación y montaje de los cables de 66kV entre GIS y transformadores auxiliares	1	1	108.920,40 €	108.920,40 €
1A-2.7	Suministro de elementos auxiliares del cableado de 66kV	1	1	150.388,90 €	150.388,90 €
1A-2.8	Instalación y montaje de elementos auxiliares del cableado de 66kV	1	1	123.424,40 €	123.424,40 €
1A-2.9	Suministro de los GIBs de 220kV entre Transformadores principales y GIS	1	1	200.418,00 €	200.418,00 €
1A-2.10	Instalación y montaje de los GIBs de 220kV entre Transformadores principales y GIS	1	1	121.992,65 €	121.992,65 €
1A-2.11	Suministro de los GIBs de 220kV entre Reactores Shunt y GIS	1	1	91.788,32 €	91.788,32 €
1A-2.12	Instalación y montaje de los GIBs de 220kV entre Reactores Shunt y GIS	1	1	142.098,99 €	142.098,99 €
1A-2.13	Suministro de los cables de Baja Tensión, Control, instrumentación y comunicación	1	1	421.988,99 €	421.988,99 €
1A-3	**Sistema de protección contra el rayo y Puesta a Tierra**				

1A-3.1	Suministro y fabricación de la puesta a tierra, el equipo de protección contra el rayo y demás equipos y materiales	1	1	412.757,11 €	412.757,11 €
1A-3.2	Instalación y ensamblaje de la puesta a tierra, el equipo de protección contra el rayo y demás equipos y materiales	1	1	399.881,99 €	399.881,99 €
1A-4	**Sistema eléctrico de Baja Tensión**				
1A-4.1	Fabricación y suministro de los cuadros, paneles y demás aparamenta de Baja Tensión	1	1	210.443,55 €	210.443,55 €
1A-4.2	Instalación y ensamblaje de los cuadros, paneles y demás aparamenta de Baja Tensión	1	1	80.212,00 €	80.212,00 €
1A-4.3	Probado en costa de los cuadros, paneles y demás aparamenta de Baja Tensión	1	1	39.454,21 €	39.454,21 €
1A-4.4	Fabricación y suministro de los sistemas de generadores de emergencia y demás equipo y materiales	1	1	145.020,98 €	145.020,98 €
1A-4.5	Instalación y ensamblaje de los sistemas de generadores de emergencia y demás equipo y materiales	1	1	119.233,20 €	119.233,20 €
1A-4.6	Fabricación y suministro del sistema de Traceado Eléctrico	1	1	222.198,98 €	222.198,98 €
1A-4.7	Instalación y ensamblaje del sistema de Traceado Eléctrico	1	1	45.002,12 €	45.002,12 €
1A-4.8	Probado en costa del sistema de Traceado Eléctrico	1	1	22.100,20 €	22.100,20 €
	SUBTOTAL				9.976.979,43 €

2	**Personal**				
Item	**Descripción**	**Unidad**	**Horas trabajadas**	**Coste por hora**	**Coste total**
2.1	Soldador estructura	78	1736	12,50 €	1.692.600,00 €
2.2	Soldador de tubería	55	1736	12,50 €	1.193.500,00 €
2.3	Electricista	49	1736	12,00 €	1.020.768,00 €
2.4	Electricista alta tensión-media tensión	22	1736	15,00 €	572.880,00 €
2.9	Ingeniero de pruebas de alta y media tensión	5	1736	33,00 €	286.440,00 €
	SUBTOTAL				4.766.188,00 €

3	**Equipos Principales y auxiliares de la Subestación**				
Item	**Descripción**	**Unidades**	**Cantidad**	**Precio unitario**	**Precio total**
3A	**Equipos eléctricos principales**				
3A-1	Reactores Shunt	1	2	2.230.000,00 €	4.460.000,00 €
3A-2	Transformadores principales	1	2	6.500.000,00 €	13.000.000,00 €
3A-3	Transformadores auxiliares	1	4	1.900.000,00 €	7.600.000,00 €
3A-4	Generador auxiliar	1	1	2.850.000,00 €	2.850.000,00 €
3A-5	Generador de emergencia	1	1	1.400.000,00 €	1.400.000,00 €
3A-6	GIS 72,5 kV	1	2	12.347.899,00 €	24.695.798,00 €
3A-7	GIS 245 kV	1	2	8.300.000,00 €	16.600.000,00 €
3A-8	GIB	1	1	1.800.000,00 €	1.800.000,00 €
3B	**Equipos eléctricos auxiliares**				

3B-1	Cuadros de distribución	1	12	2.453,45 €	29.441,40 €
3B-2	Grua plegable	1	2	965,00 €	1.930,00 €
3B-3	UPS 40kVA	1	1	6.463,00 €	6.463,00 €
3B-4	UPS 30KVA	1	1	5.859,20 €	5.859,20 €
3B-5	Sistema Convertidor CC REE	-	2		-
3B-6	Batería	1	36	802,89 €	28.904,04 €
3B-7	Rectificador	1	2	1.699,00 €	3.398,00 €
3B-8	Sistema Convertidor CC IBR	-	2		-
3B-9	Batería	1	72	802,89 €	57.808,08 €
3B-10	Rectificador	1	2	2.343,00 €	4.686,00 €
3C	**Interruptores**				
3C-1	iC60L	1	0	439,55 €	- €
3C-2	iC60L	1	0	492,50 €	- €
3C-3	iC60L	1	270	530,00 €	143.100,00 €
3C-4	NSX 100N	1	15	827,08 €	12.406,20 €
3C-5	NSX 100N	1	10	967,15 €	9.671,50 €
3C-6	NSX 160N	1	10	1.467,06 €	14.670,60 €
3C-7	NSX 250N	1	3	2.911,65 €	8.734,95 €
3C-8	NSX 400N	1	2	4.461,28 €	8.922,56 €
3C-9	NSX 630N	1	2	6.211,49 €	12.422,98 €
3D	**Cables y accesorios**				
3D-1	Cableado Baja tensión	1	8799	2,71 €	23.845,29 €
3D-2	Bandeja 100mm x 60mm	1	7893	22,35 €	176.408,55 €
3D-3	Bandeja 150mm x 60mm	1	606	26,18 €	15.865,08 €
3D-4	Bandeja 200mm x 60mm	1	0	31,25 €	- €
3D-5	Bandeja 300mm x 60mm	1	0	46,27 €	- €
3D-6	Bandeja 400mm x 60mm	1	0	60,44 €	- €
3D-7	Bandeja 450mm x 60mm	1	0	75,30 €	- €
3D-8	Bandeja 500mm x 60mm	1	0	82,34 €	- €
3D-9	Bandeja 600mm x 60mm	1	0	90,23 €	- €
	SUBTOTAL				72.970.335,43 €

Resumen del presupuesto del proyecto		
1	**Estructural y civil**	**9.976.979,43 €**
2	**Personal**	**4.766.188,00 €**

3	**Equipos Principales y auxiliares de la Subestación**	**72.970.335,43 €**
Coste total de la obra:		**87.713.502,86 €**

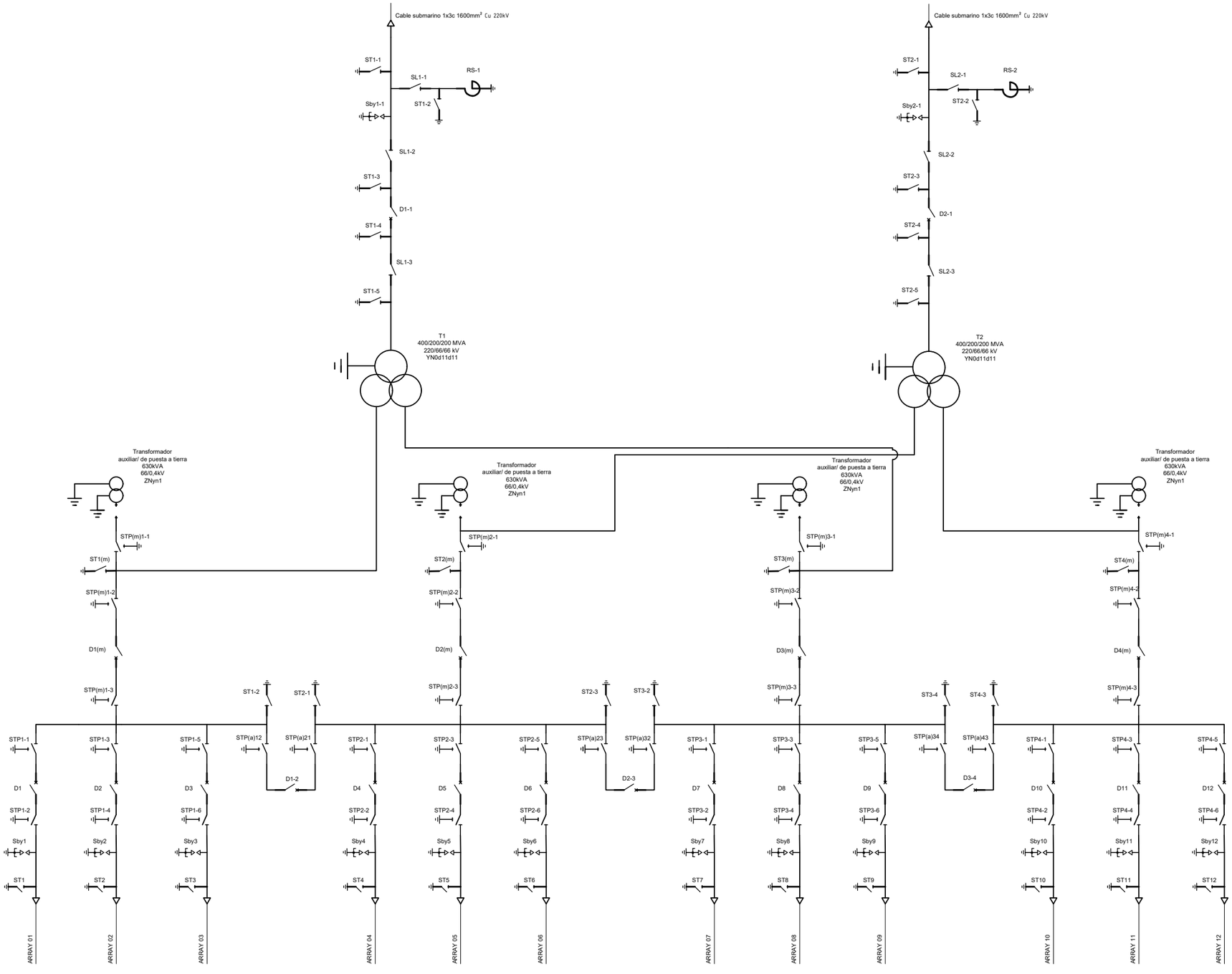
13% Gastos generales	**11.402.755,37 €**
6% Beneficio Industrial	**5.262.810,17 €**
Total	**104.379.068,40 €**

21% IVA	**21.919.604,36 €**
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN	**126.298.672,77 €**

5. Planos

Índice

1. Esquemas unifilares
   1.1. Esquema unifilar en alta y media tensión de la subestación
   1.2. Esquema unifilar en baja tensión de la subestación (1)
   1.3. Esquema unifilar en baja tensión de la subestación (2)
2. Planos de planta principales
   2.1. Plano de planta de la cubierta inferior
   2.2. Plano de planta de la cubierta principal
   2.3. Plano de planta de la cubierta útil
   2.4. Plano de planta de la cubierta superior
   2.5. Plano de escape en planta de la cubierta inferior
   2.6. Plano de escape en planta de la cubierta principal
   2.7. Plano de escape en planta de la cubierta útil
   2.8. Plano de escape en planta de la cubierta superior
   2.9. Plano de planta de la cubierta inferior (iluminación)
   2.10. Plano de planta de la cubierta principal (iluminación)
   2.11. Plano de planta de la cubierta útil (iluminación)
   2.12. Plano de planta de la cubierta superior (iluminación)
   2.13. Plano de planta de la cubierta inferior (Tomas de corriente)
   2.14. Plano de planta de la cubierta principal (Tomas de corriente)
   2.15. Plano de planta de la cubierta útil (Tomas de corriente)
   2.16. Plano de planta de la cubierta superior (Tomas de corriente)
3. Detalles constructivos
   3.1. Plano constructivo sala GIS 66kV izquierdo
   3.2. Plano constructivo sala GIS 66kV derecho
   3.3. Plano constructivo sala GIS 220kV superior
   3.4. Plano constructivo sala GIS 220kV inferior
   3.5. Plano constructivo sala del reactor Shunt superior
   3.6. Plano constructivo sala del reactor Shunt inferior
   3.7. Plano constructivo sala de transformadores superior (1)
   3.8. Plano constructivo sala de transformadores superior (2)
   3.9. Plano constructivo sala de transformadores inferior (1)
   3.10. Plano constructivo sala de transformadores inferior (2)



Universidad de Cádiz (ESI)

Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar

Esquema unifilar en alta y media tensión de la subestación

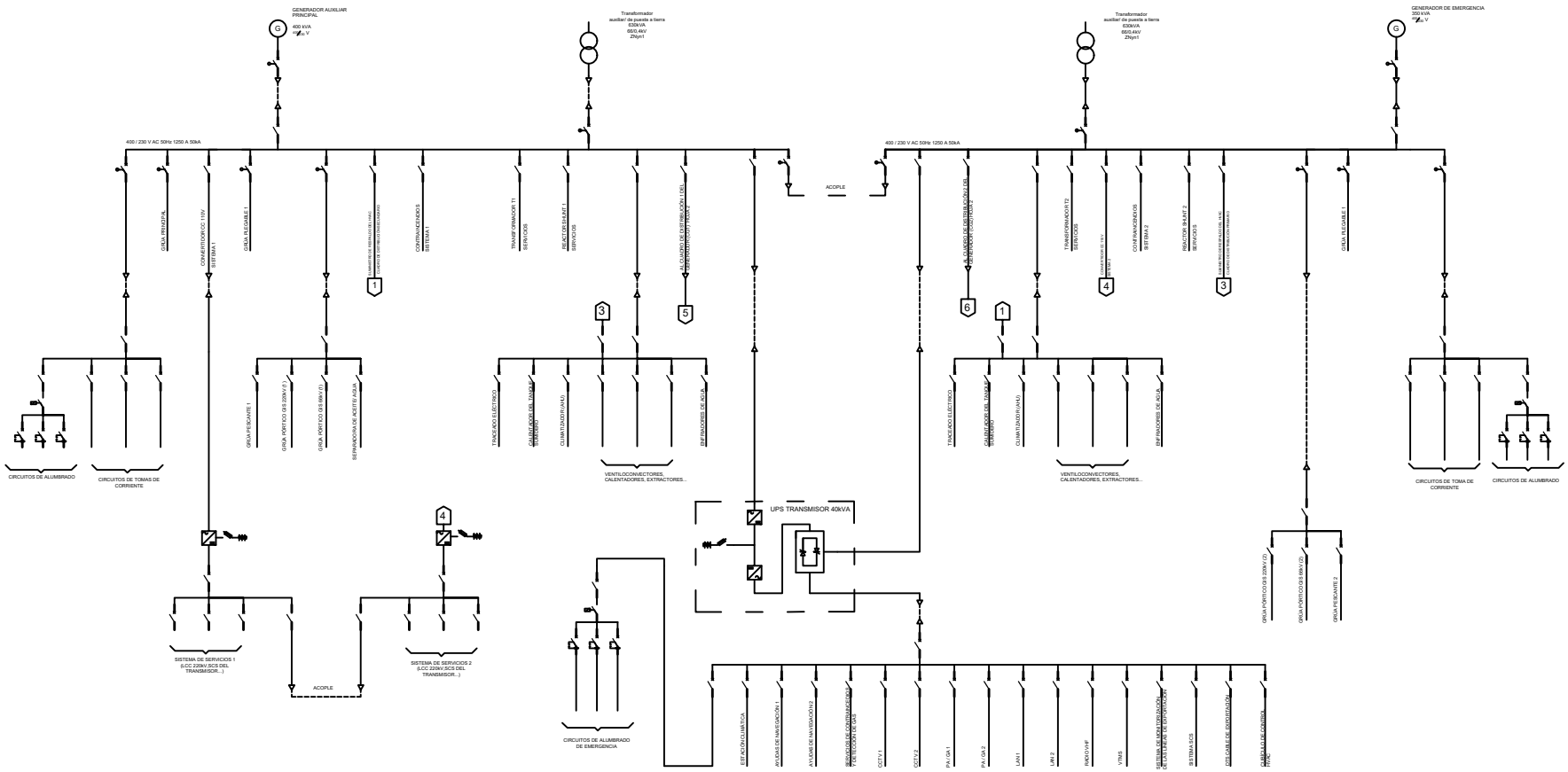
Autor : Antonio Gutiérrez Baz

Fecha : 20/02/2022

Formato : A3

Escala : 1:1000

Número de plano : 1



Universidad de Cádiz (ESI)	
Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar	
Esquema unifilar en baja tensión de la subestación (1)	
Autor: Antonio Gutiérrez Baz	Fecha : 20/02/2022
	Formato : A3
	Escala : 1:1000
	Número de plano : 2

RESPONSABILIDAD
DEL GENERADOR

5

KWh

CIRCUITOS DE ALUMBRADO

CIRCUITOS DE TOMA DE
CORRIENTE

6

KWh

CIRCUITOS DE TOMA DE
CORRIENTE

CIRCUITOS DE ALUMBRADO

UPS GENERADOR 40kVA

SISTEMA DE SERVICIOS 1
(LCC 220kV,SCS DEL
GENERADOR...)

SISTEMA DE SERVICIOS 2
(LCC 220kV,SCS DEL
GENERADOR...)

ACOPLE

CCTV 1

CCTV 2

RADIO VHF

CELDA DE
TELECOMUNICACIONES 1

CELDA DE
TELECOMUNICACIONES 2

LAN 1

LAN 2

TRANSMISIÓN DE
ESTACIÓN CLIMÁTICA

VTMS

SISTEMA DE MONITORIZACIÓN
DE LAS LÍNEAS ENTRANTES

SISTEMA SCS

CELDA DE MEDICIÓN 1

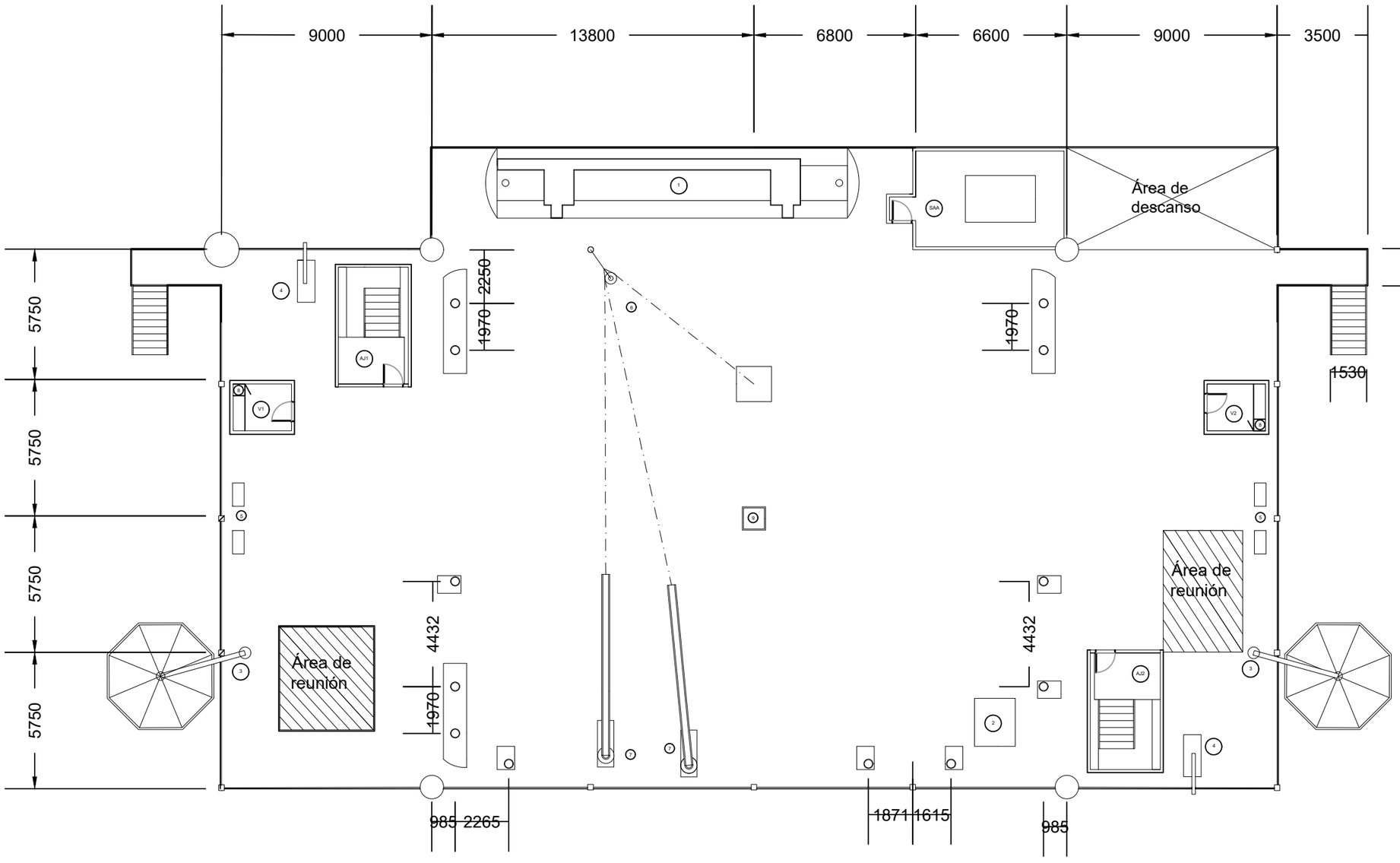
CELDA DE MEDICIÓN 2

PANEL GMS 1

PANEL GMS 2

CIRCUITOS DE ALUMBRADO
DE EMERGENCIA

Universidad de Cádiz (ESI)	
Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar	
Esquema unifilar en baja tensión de la subestación (2)	
Autor : Antonio Gutiérrez Baz	Fecha : 20/02/2022
	Formato : A3
	Escala : 1:1000
	Número de plano : 3



ITEM	LEYENDA
1	TANQUE SUMIDERO
2	CARRETE PORTAMANGUERAS
3	GRÚA PESCANTE
4	GRÚA PLEGABLE
5	CAJA DE CHALECOS SALVAVIDAS
6	CABESTRANTE
7	MARCO DE TRACCIÓN
8	CABINA DE EQUIPOS DE BOMBEROS
9	UNIDAD HIDRÁULICA

ITEM	LEYENDA
V1	VESTUARIO 1
V2	VESTUARIO 2
AJ1	ACCESO JACKET 1
AJ2	ACCESO JACKET 2
SAA	SALA SEPARADORA AGUA/ACEITE

Universidad de Cádiz (ESI)

Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar

Plano de planta de la cubierta inferior

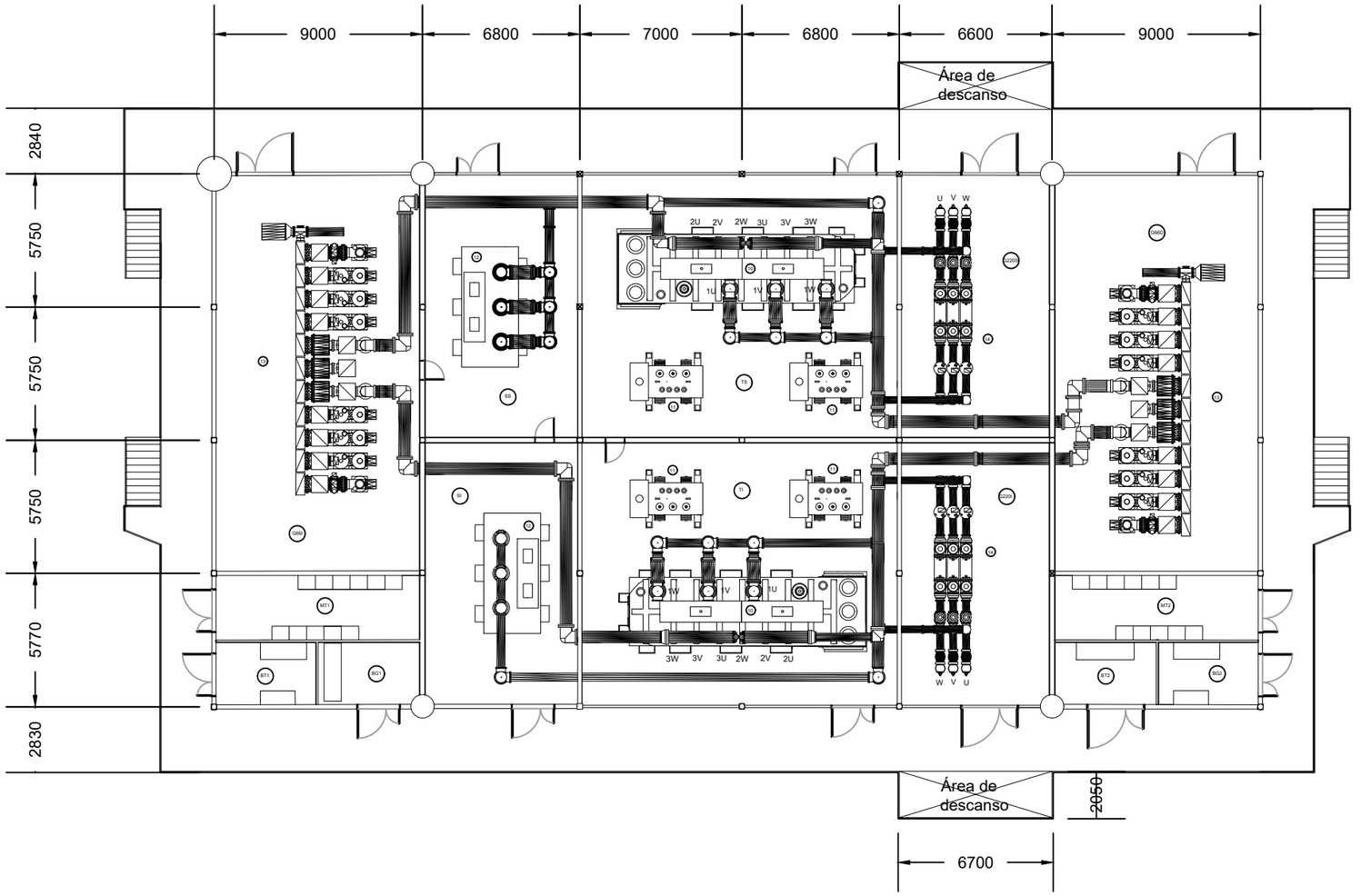
Autor : Antonio Gutiérrez Baz

Fecha : 20/02/2022

Formato : A3

Escala : 1:1000

Número de plano : 4



ITEM	LEYENDA
G66I	SALA GIS 66KV IZQUIERDA
G66D	SALA GIS 66KV DERECHA
G220S	SALA GIS 220KV SUPERIOR
G220I	SALA GIS 220KV INFERIOR
SS	SALA REACTOR SHUNT SUPERIOR
SI	SALA REACTOR SHUNT INFERIOR
TS	SALA DE TRANSFORMADORES SUPERIOR
TI	SALA DE TRANSFORMADORES INFERIOR
BT1	SALA BATERÍA DEL TRANSMISOR 1
BT2	SALA BATERÍA DEL TRANSMISOR 2
BG1	SALA BATERÍA DEL GENERADOR 1
BG2	SALA BATERÍA DEL GENERADOR 2
MT1	SALA CONTROL MT 1
MT2	SALA CONTROL MT2

ITEM	LEYENDA
10	TRANSFORMADOR PRINCIPAL
11	TRANSFORMADOR AUXILIAR/ DE PUESTA A TIERRA
12	REACTOR SHUNT
13	APARAMENTA GIS 66KV
14	APARAMENTA GIS 220KV

Universidad de Cádiz (ESI)

Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar

Plano de planta de la cubierta principal

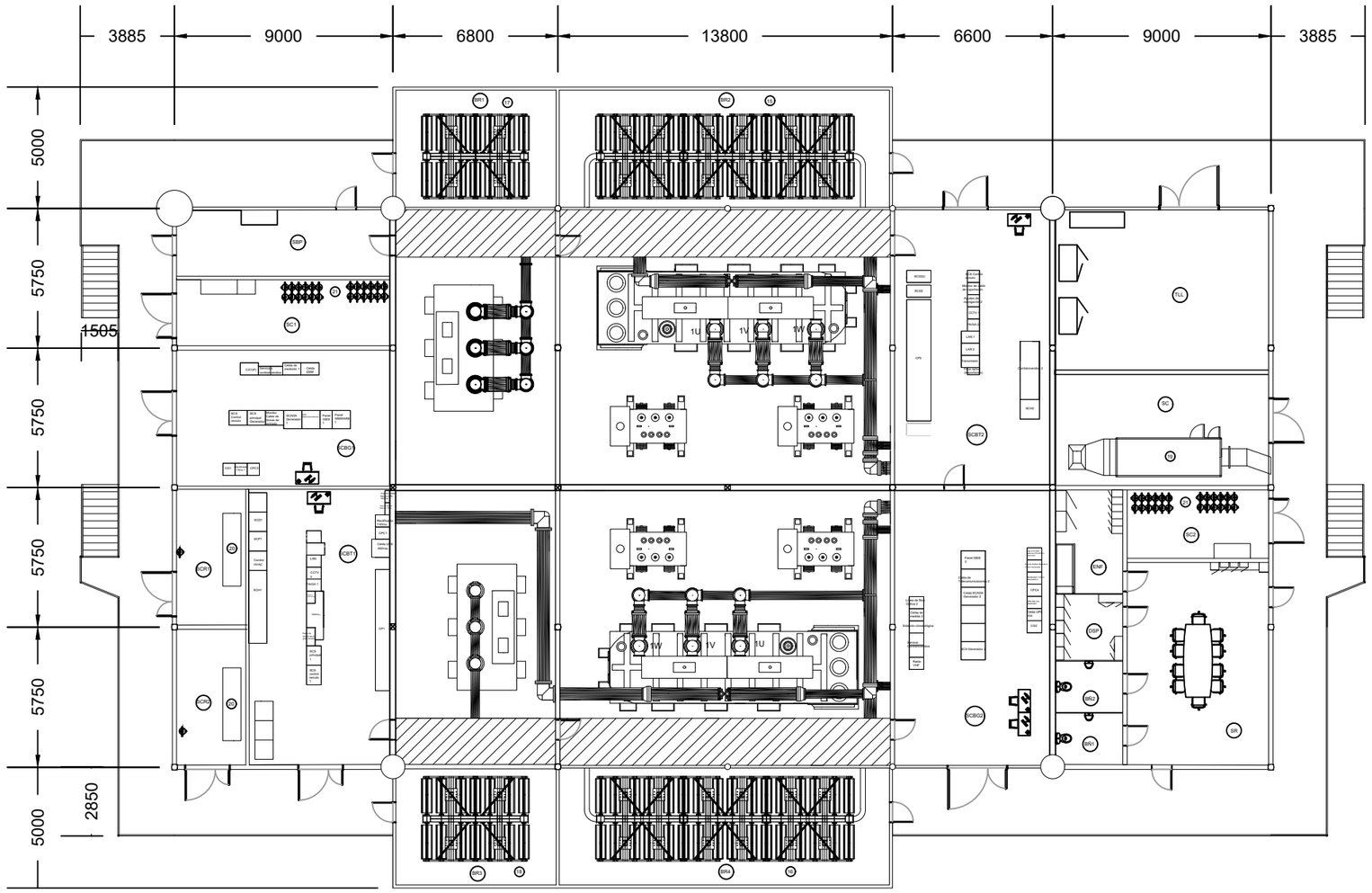
Autor : Antonio Gutiérrez Baz

Fecha : 20/02/2022

Formato : A3

Escala : 1:1000

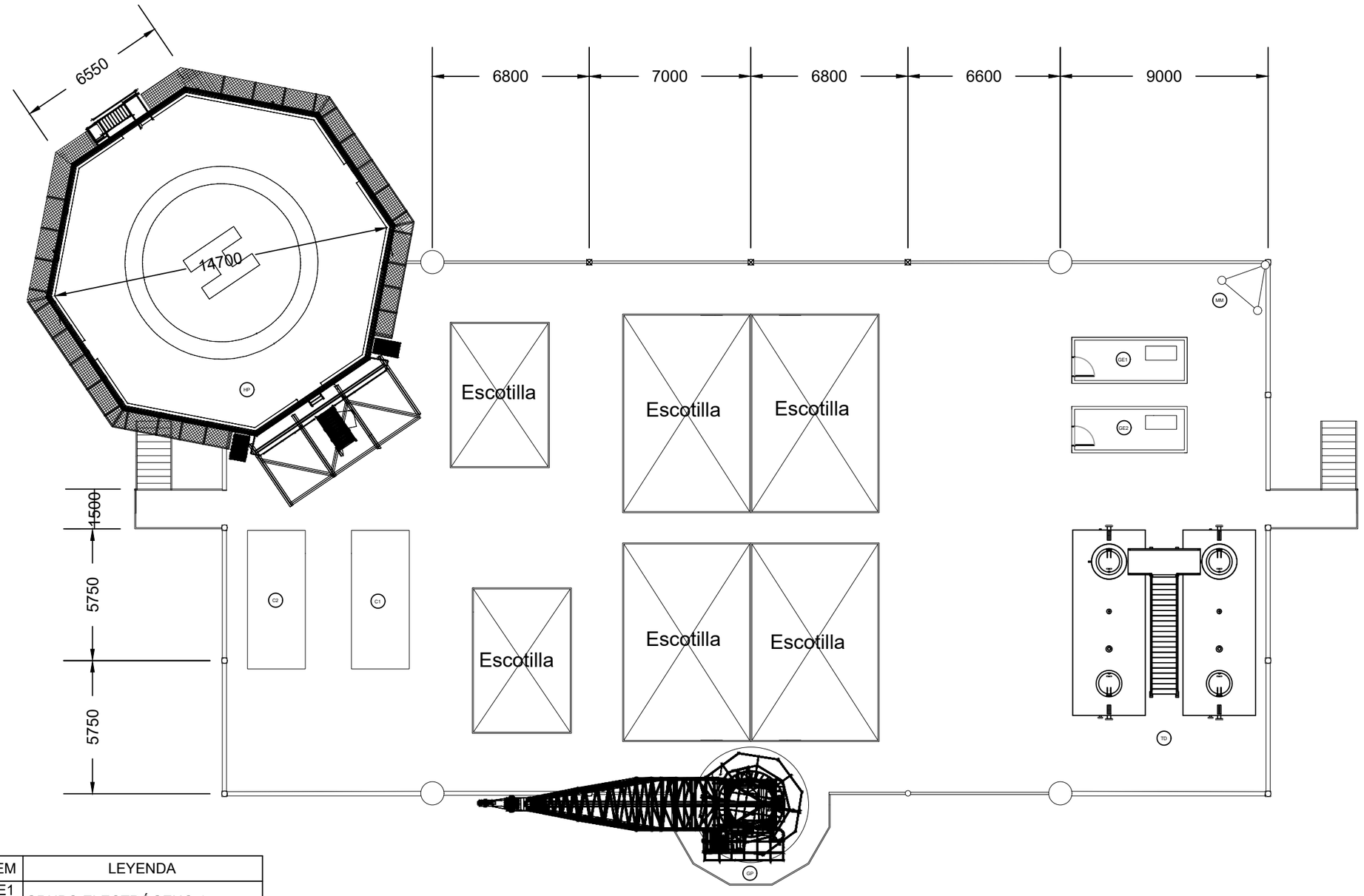
Número de plano : 5



ITEM	LEYENDA
SC1	SALA CONTRAINCENDIOS 1
SBP	SALA DE BIENES PELIGROSOS
SC	SALA DE CLIMATIZACIÓN
SC2	SALA CONTRAINCENDIOS 2
TLL	TALLER
SR	SALA REUNIONES
ENF	ENFERMERÍA
BÑ1	BAÑO 1
BÑ2	BAÑO 2
DSP	DESPENSA
SCR1	SALA COMPRESOR 1
SCR2	SALA COMPRESOR 2
SCBT1	SALA DE CONTROL Y BT TRANSMISOR 1
SCBT2	SALA DE CONTROL Y BT TRANSMISOR 2
SCBG1	SALA DE CONTROL Y BT GENERADOR 1
SCBG2	SALA DE CONTROL Y BT GENERADOR 2
BR1	SALA BANCO REGRIGERACIÓN 1
BR2	SALA BANCO REGRIGERACIÓN 2
BR3	SALA BANCO REGRIGERACIÓN 3
BR4	SALA BANCO REGRIGERACIÓN 4

ITEM	LEYENDA
15	BANCO DE REFRIGERACIÓN DEL TRANSFORMADOR 1
16	BANCO DE REFRIGERACIÓN DEL TRANSFORMADOR 2
17	BANCO DE REFRIGERACIÓN DEL REACTOR SHUNT 1
18	BANCO DE REFRIGERACIÓN DEL REACTOR SHUNT 1
19	UNIDAD DE MANIPULACIÓIN DE AIRE (AHU)
20	COMPRESOR
21	RACK DE EXTINTORES

Universidad de Cádiz (ESI)	
Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar	
Plano de planta de la cubierta útil	
Autor : Antonio Gutiérrez Baz	Fecha : 20/02/2022
	Formato : A3
	Escala : 1:1000
	Número de plano : 6



ITEM	LEYENDA
GE1	GRUPO ELECTRÓGENO 1
GE2	GRUPO ELECTRÓGENO 2
TD	TANQUES DIESEL
GP	GRÚA PRINCIPAL
HP	HELIPUERTO
C1	CONDENSADOR 1
C2	CONDENSADOR 2
MM	MÁSTIL METEOROLÓGICO

Universidad de Cádiz (ESI)

Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar

Plano de planta de la cubierta superior

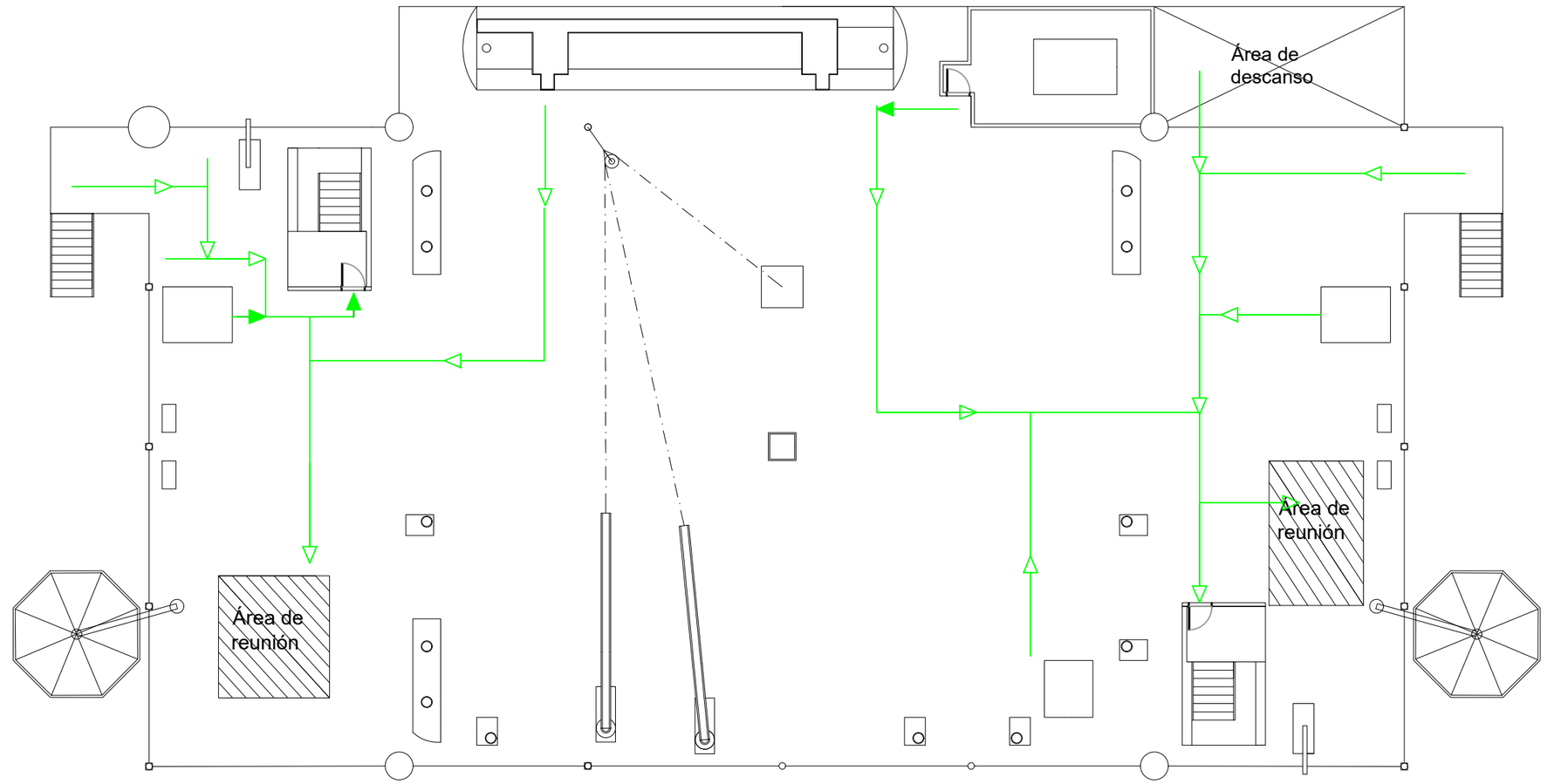
Autor : Antonio Gutiérrez Baz

Fecha : 20/02/2022

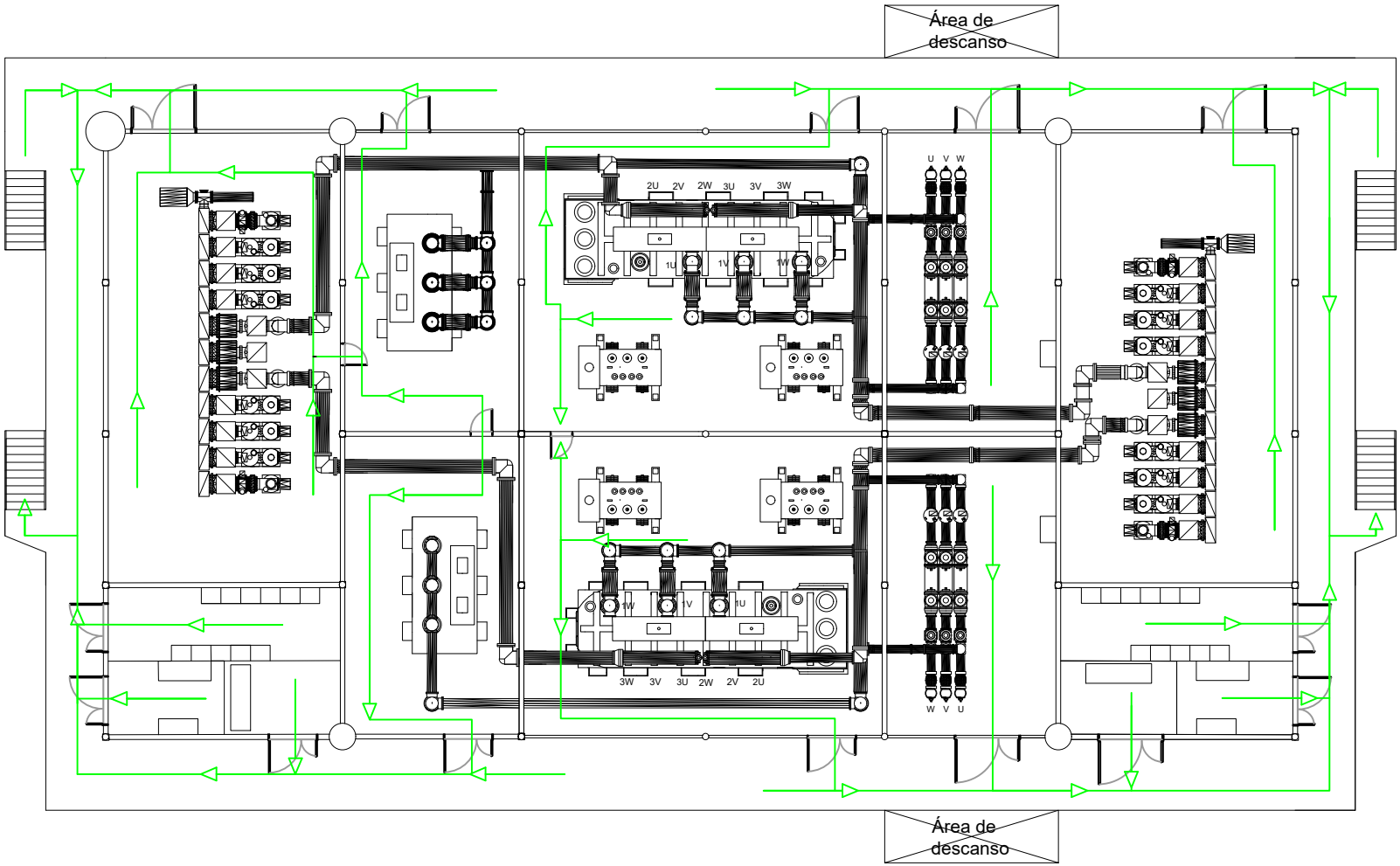
Formato : A3

Escala : 1:1000

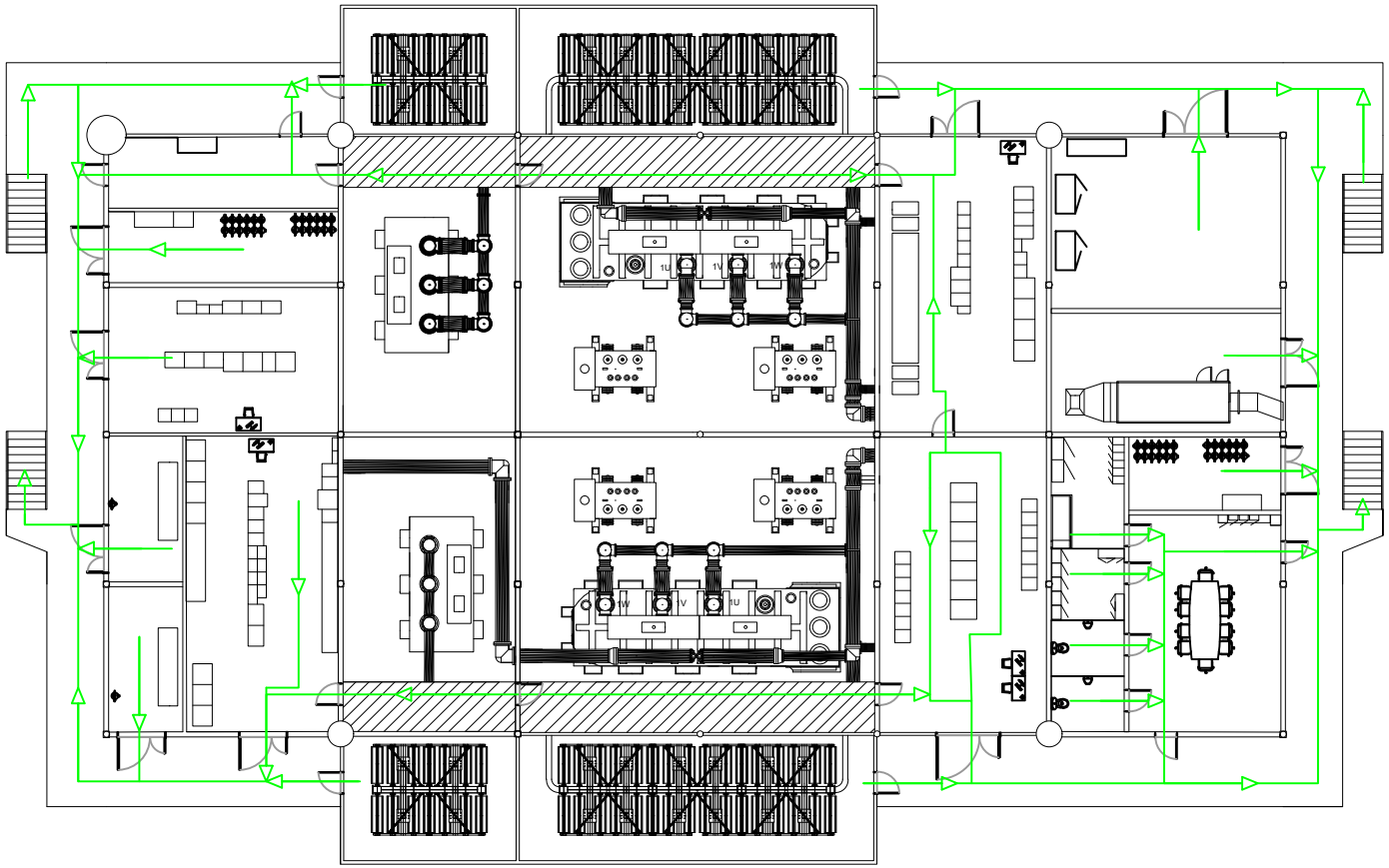
Número de plano : 7



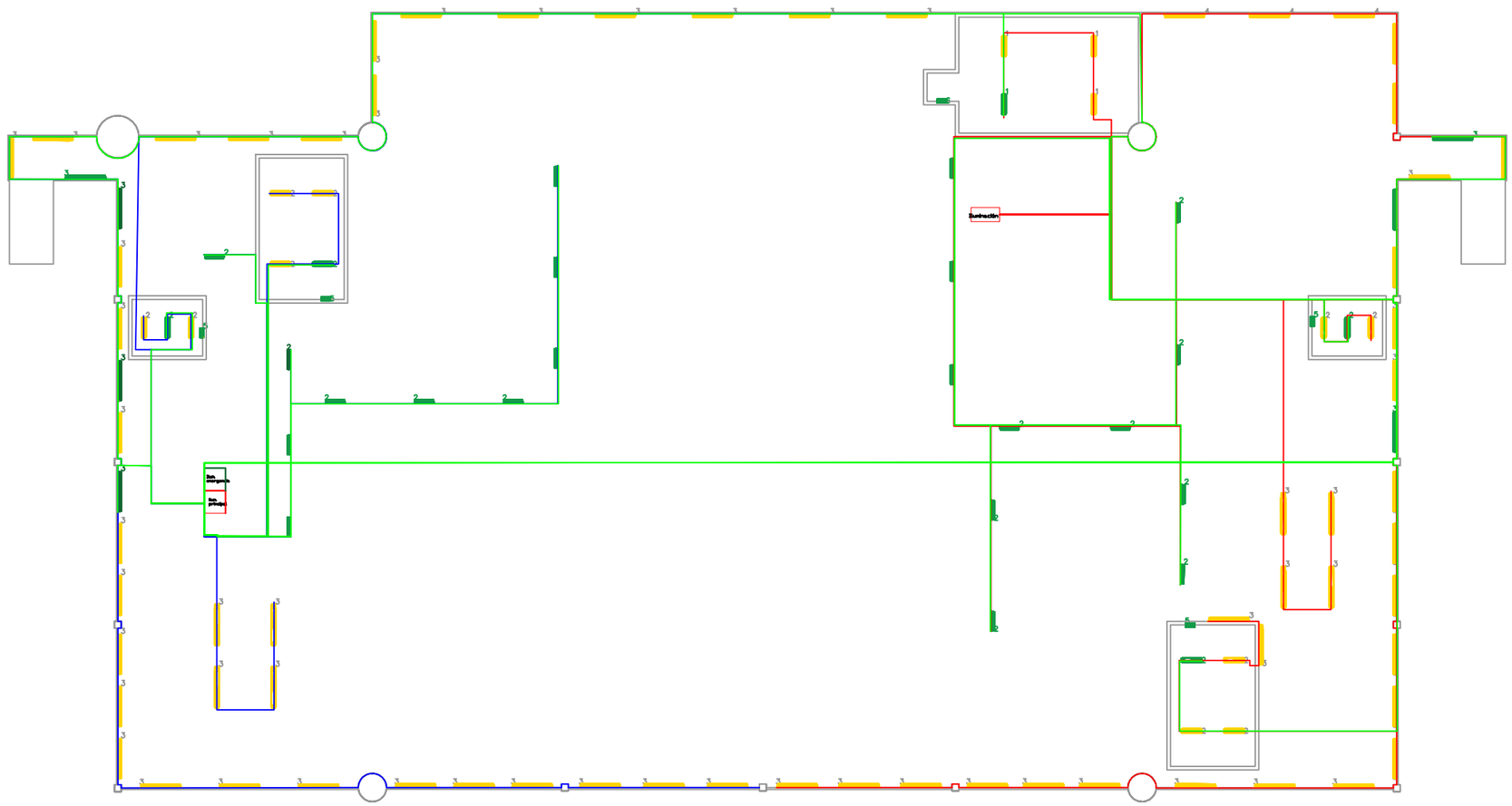
Universidad de Cádiz (ESI)	
Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar	
Plano de escape en planta de la cubierta inferior	
Autor : Antonio Gutiérrez Baz	Fecha : 20/02/2022
	Formato : A3
	Escala : 1:1000
	Número de plano : 8



Universidad de Cádiz (ESI)	
Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar	
Plano de escape en planta de la cubierta principal	
Autor: Antonio Gutiérrez Baz	Fecha: 20/02/2022
	Formato: A3
	Escala: 1:1000
	Número de plano: 9



Universidad de Cádiz (ESI)	
Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar	
Plano de escape en planta de la cubierta útil	
Autor: Antonio Gutiérrez Baz	Fecha: 20/02/2022
	Formato: A3
	Escala: 1:1000
	Número de plano: 10



COLOR	CIRCUITO
	Cuadro principal transmisor 1
	Cuadro principal transmisor 2
	Cuadro de emergencia transmisor

Lista de luminarias (Edificación 1, Cubierta Inferior)

Índice	Fabricante	Nombre del artículo	Número de artículo	Lámpara	Flujo luminoso	Factor de degradación	Potencia de conexión	Cantidad
1	Glamox	MIRZ54-600 LED 2500		1x LED MIR 2500 840	2460 lm	0.70	19 W	4
2	Glamox	MIRZ54-600 LED 2500		1x LED MIR 2500 840	2460 lm	0.80	19 W	35
3	Glamox	MIRZ54-1200 LED 5000 W/BOX		1x LED MIR 5000 840	4913 lm	0.80	37 W	67
4	Glamox	MIRZ54-1200 LED 5000 W/BOX		1x LED MIR 5000 840	4913 lm	0.70	37 W	5
5	Glamox	E20-S G2 EXIT DOUBLE		1x LED E20-S G2	10 lm	0.80	2 W	4
6	Glamox	E20-S G2 EXIT DOUBLE		1x LED E20-S G2	10 lm	0.70	2 W	1

Universidad de Cádiz (ESI)

Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar

Plano de planta de la cubierta superior

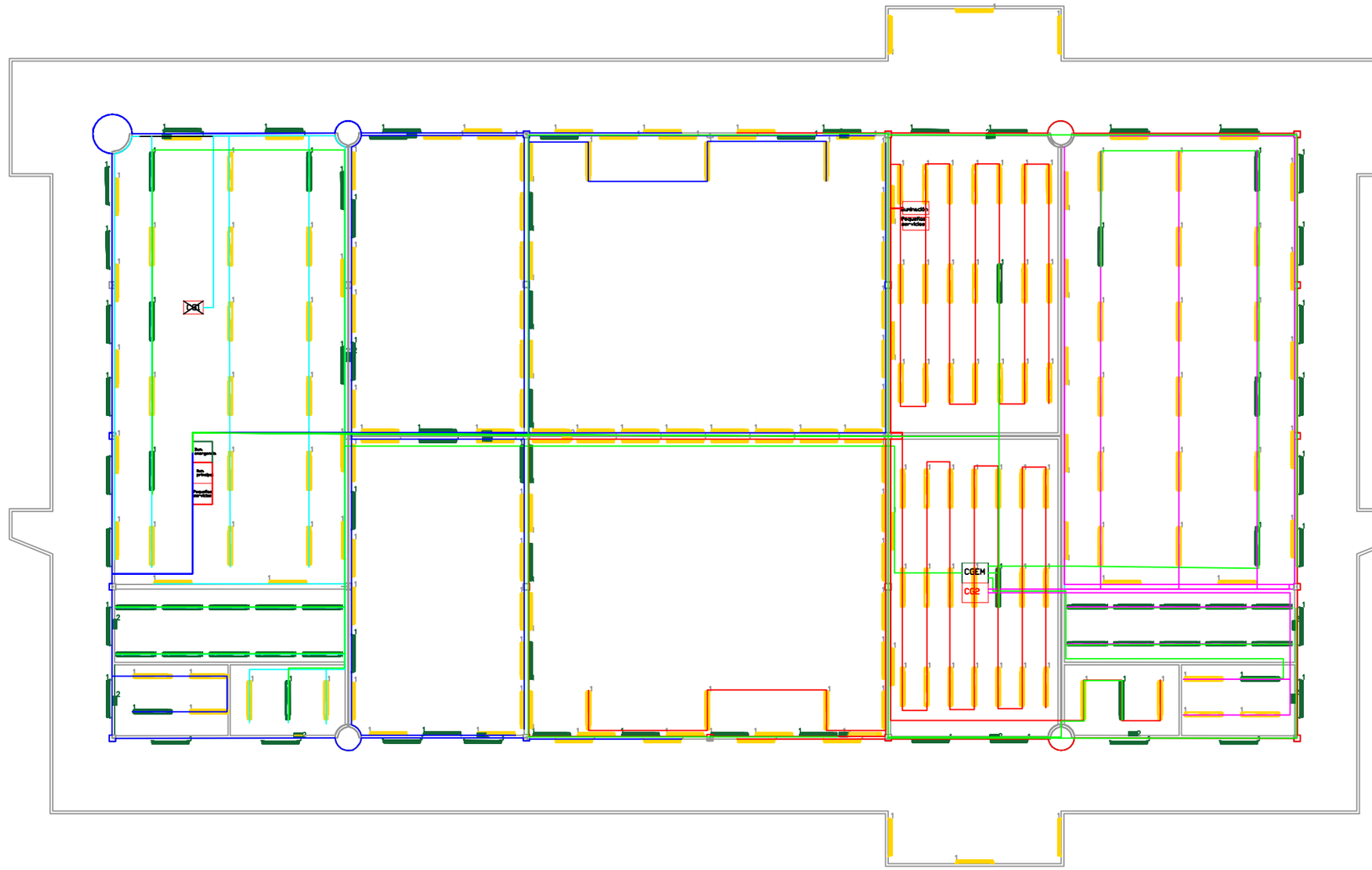
Autor : Antonio Gutiérrez Baz

Fecha : 20/02/2022

Formato : A3

Escala : 1:1000

Número de plano : 12



COLOR	CIRCUITO
	Cuadro principal transmisor 1
	Cuadro principal transmisor 2
	Cuadro de emergencia transmisor
	Cuadro principal generador 1
	Cuadro principal generador 2
	Cuadro de emergencia generador

Lista de luminarias (Edificación 1, Cubierta principal)

Índice	Fabricante	Nombre del artículo	Número de artículo	Lámpara	Flujo luminoso	Factor de degradación	Potencia de conexión	Cantidad
1	Glamox	MIRZ54-1200 LED 5000 W/BOX		1x LED MIR 5000 840	4913 lm	0.80	37 W	286
2	Glamox	E20-S G2 EXIT DOUBLE		1x LED E20-S G2	10 lm	0.80	2 W	20

Universidad de Cádiz (ESI)

Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar

Plano de planta de la cubierta superior

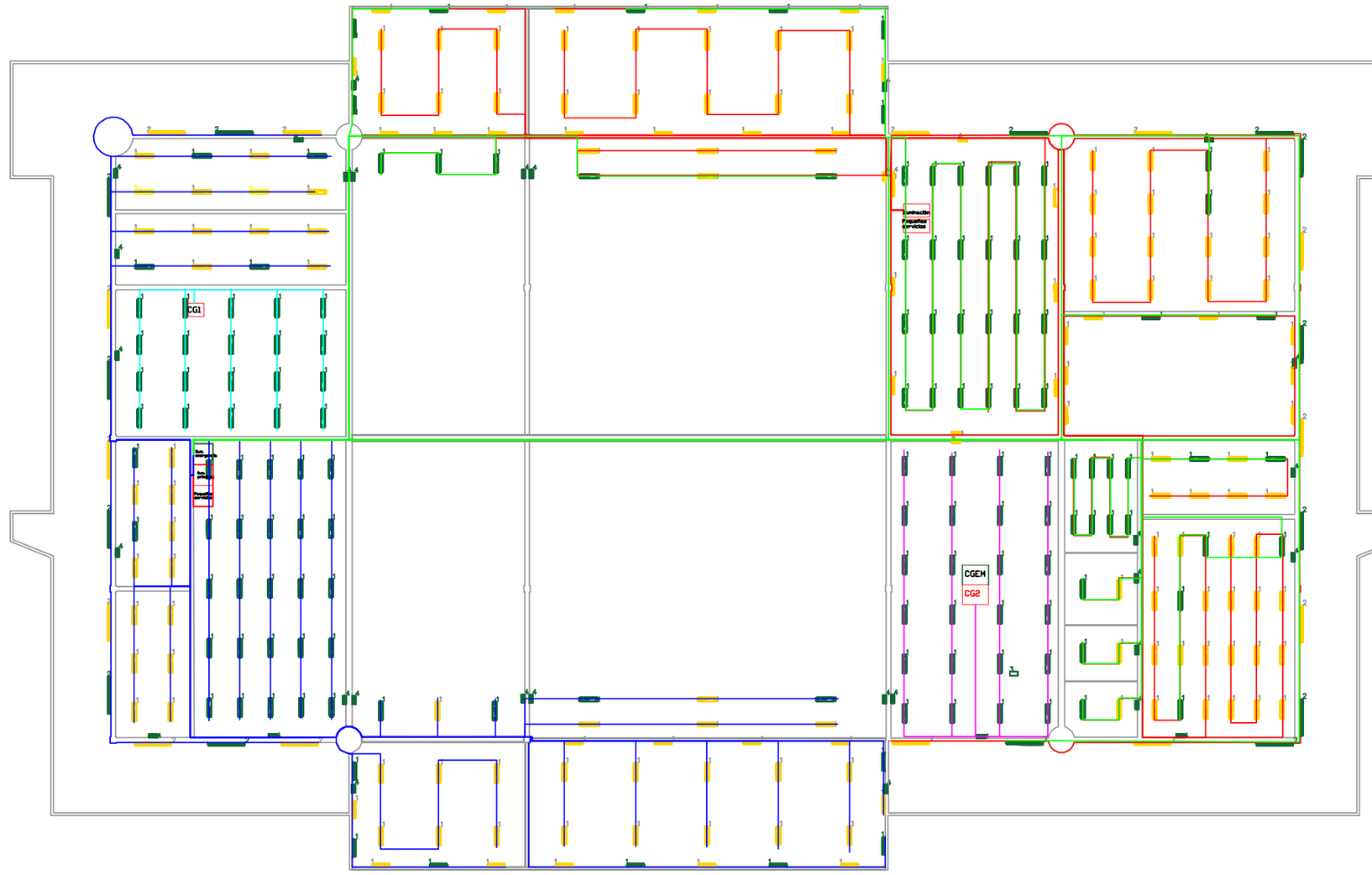
Autor : Antonio Gutiérrez Baz

Fecha : 20/02/2022

Formato : A3

Escala : 1:1000

Número de plano : 13



COLOR	CIRCUITO
	Cuadro principal transmisor 1
	Cuadro principal transmisor 2
	Cuadro de emergencia transmisor
	Cuadro principal generador 1
	Cuadro principal generador 2
	Cuadro de emergencia generador

Lista de luminarias (Edificación 1, Cubierta útil)

Índice	Fabricante	Nombre del artículo	Número de artículo	Lámpara	Flujo luminoso	Factor de degradación	Potencia de conexión	Cantidad
1	Glamox	MIRZ54-600 LED 2500		1x LED MIR 2500 840	2460 lm	0.80	19 W	290
2	Glamox	MIRZ54-1200 LED 5000 W/BOX		1x LED MIR 5000 840	4913 lm	0.80	37 W	28
3	EATON_EMERGENCY_LIGHTING	Outdoor Wall II R CG-S	40071355605	1x 1 x 2.2 HighPower LED	0 lm	0.80	0 W	1
4	Glamox	E20-S G2 EXIT DOUBLE		1x LED E20-S G2	10 lm	0.80	2 W	36

Universidad de Cádiz (ESI)

Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar

Plano de planta de la cubierta superior

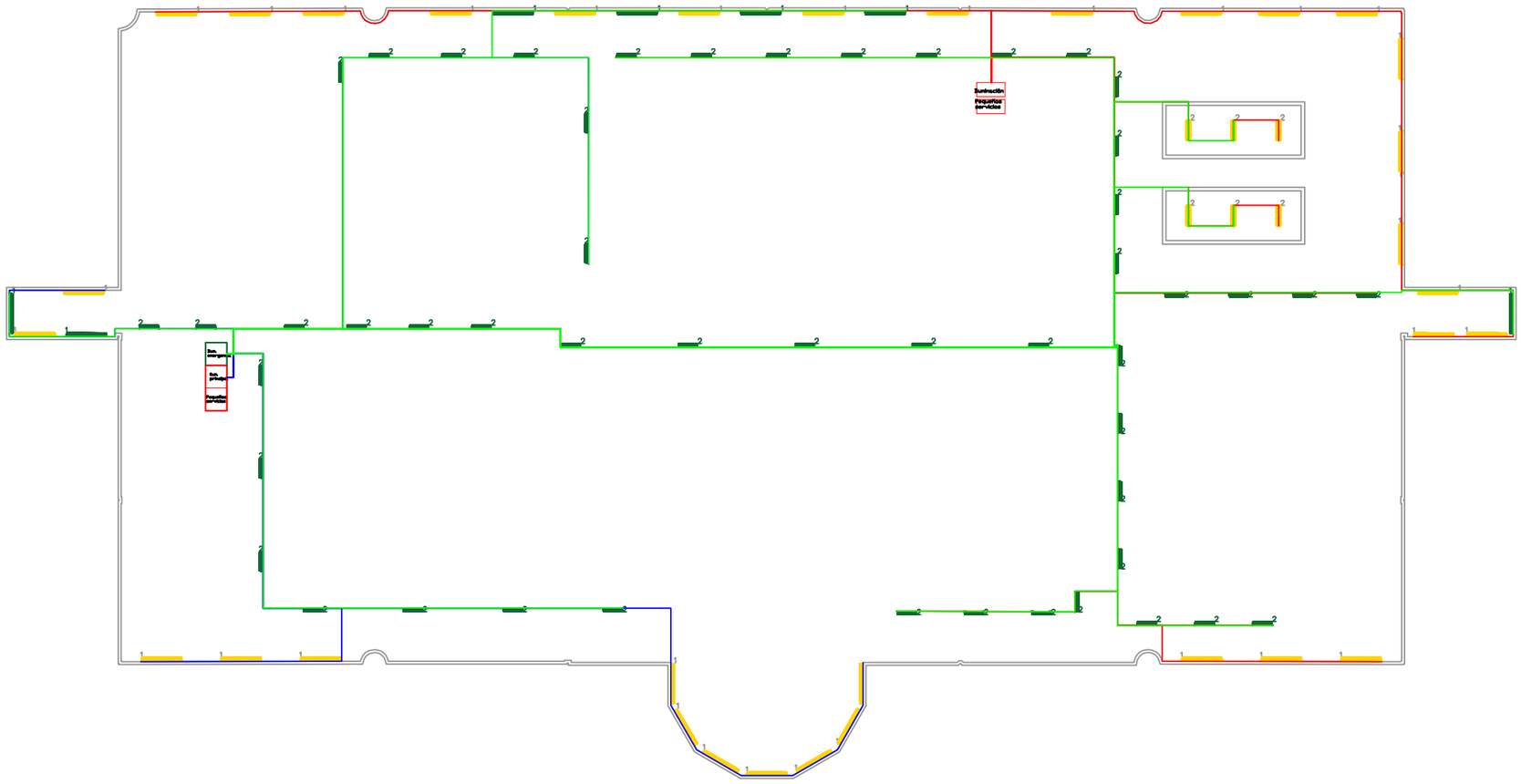
Autor : Antonio Gutiérrez Baz

Fecha : 20/02/2022

Formato : A3

Escala : 1:1000

Número de plano : 14



COLOR	CIRCUITO
	Cuadro principal transmisor 1
	Cuadro principal transmisor 2
	Cuadro de emergencia transmisor

Lista de luminarias (Edificación 1, Cubierta superior)

Índice	Fabricante	Nombre del artículo	Número de artículo	Lámpara	Flujo luminoso	Factor de degradación	Potencia de conexión	Cantidad
1	Glamox	MIRZ54-1200 LED 5000 W/BOX		1x LED MIR 5000 840	4913 lm	0.80	37 W	40
2	Glamox	MIRZ54-600 LED 2500		1x LED MIR 2500 840	2460 lm	0.80	19 W	56

Universidad de Cádiz (ESI)

Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar

Plano de planta de la cubierta superior

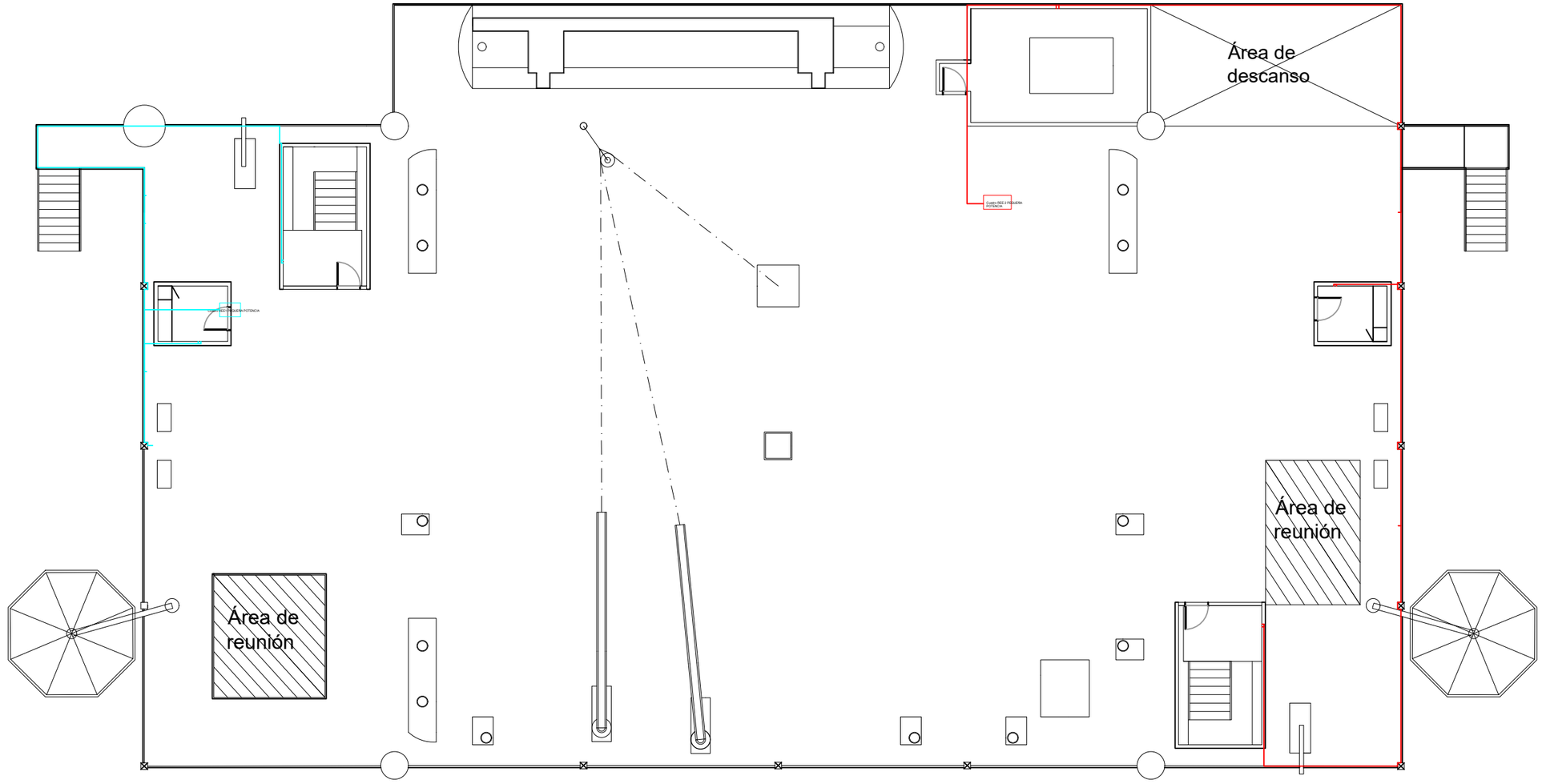
Autor : Antonio Gutiérrez Baz

Fecha : 20/02/2022

Formato : A3

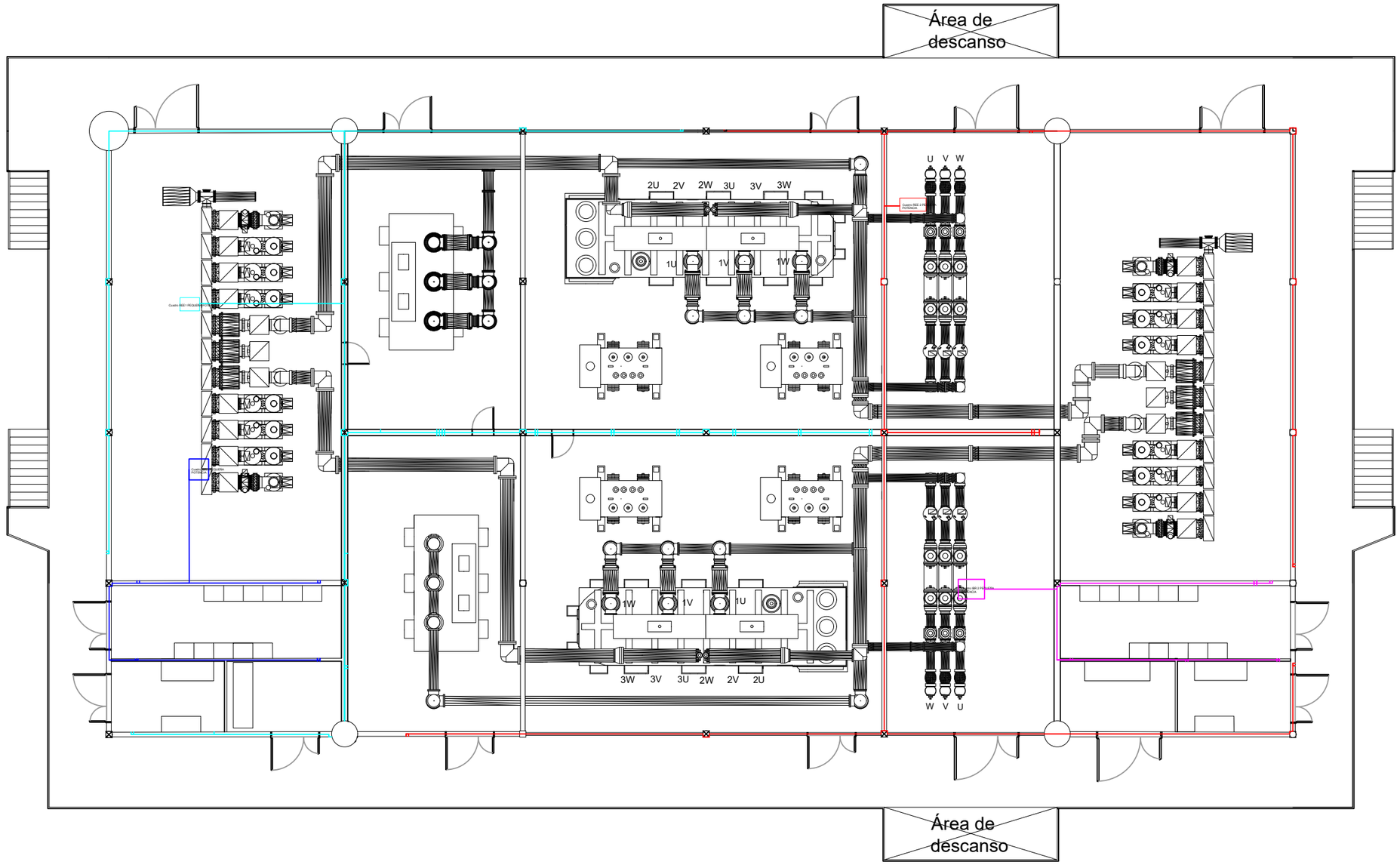
Escala : 1:1000

Número de plano : 15



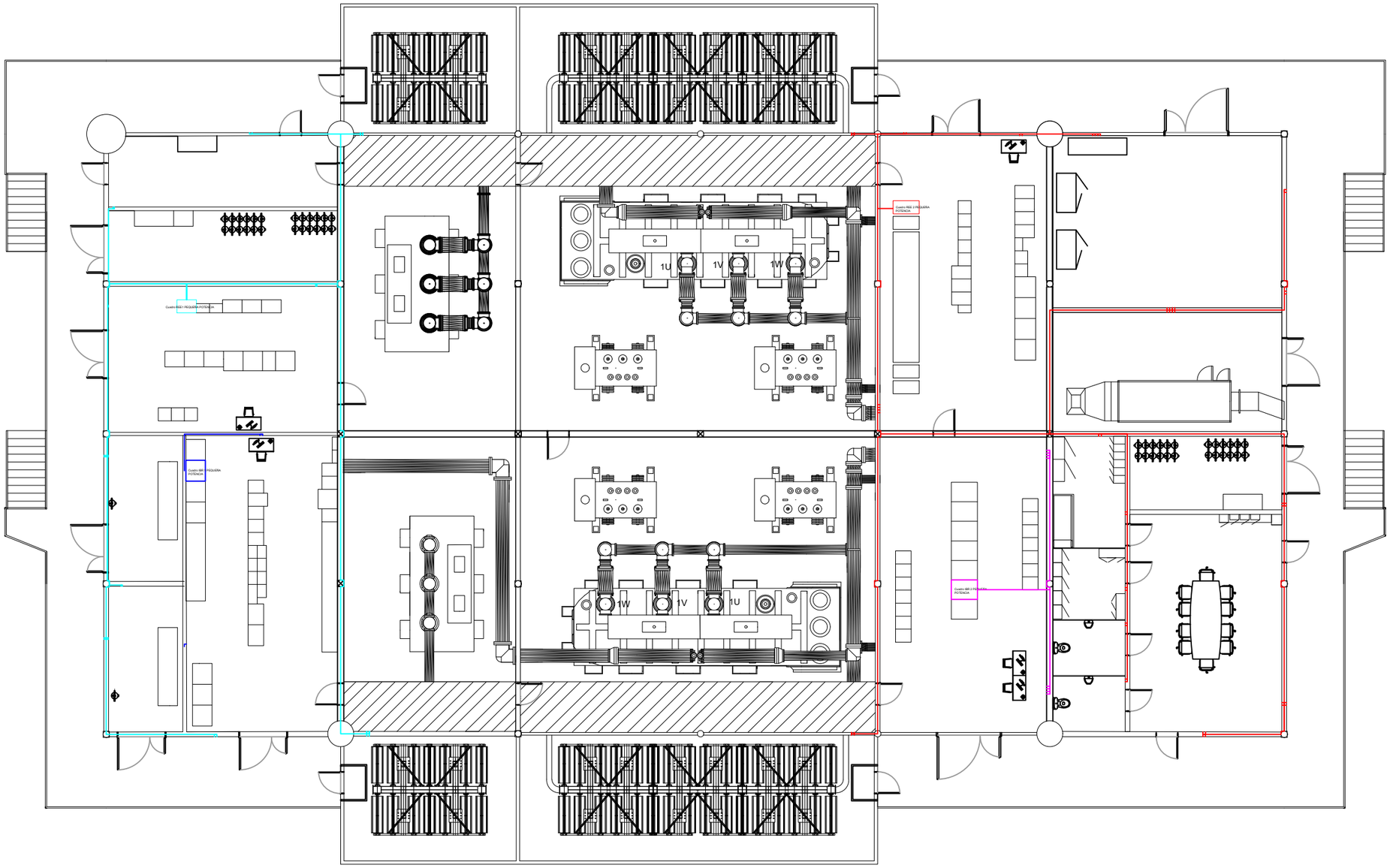
COLOR	CIRCUITO
	Cuadro principal transmisor 1
	Cuadro principal transmisor 2

Universidad de Cádiz (ESI)	
Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar	
Plano constructivo trasero de la sala de transformadores superior	
Autor : Antonio Gutiérrez Baz	Fecha : 20/02/2022
	Formato : A3
	Escala : 1:1000
	Número de plano : 16



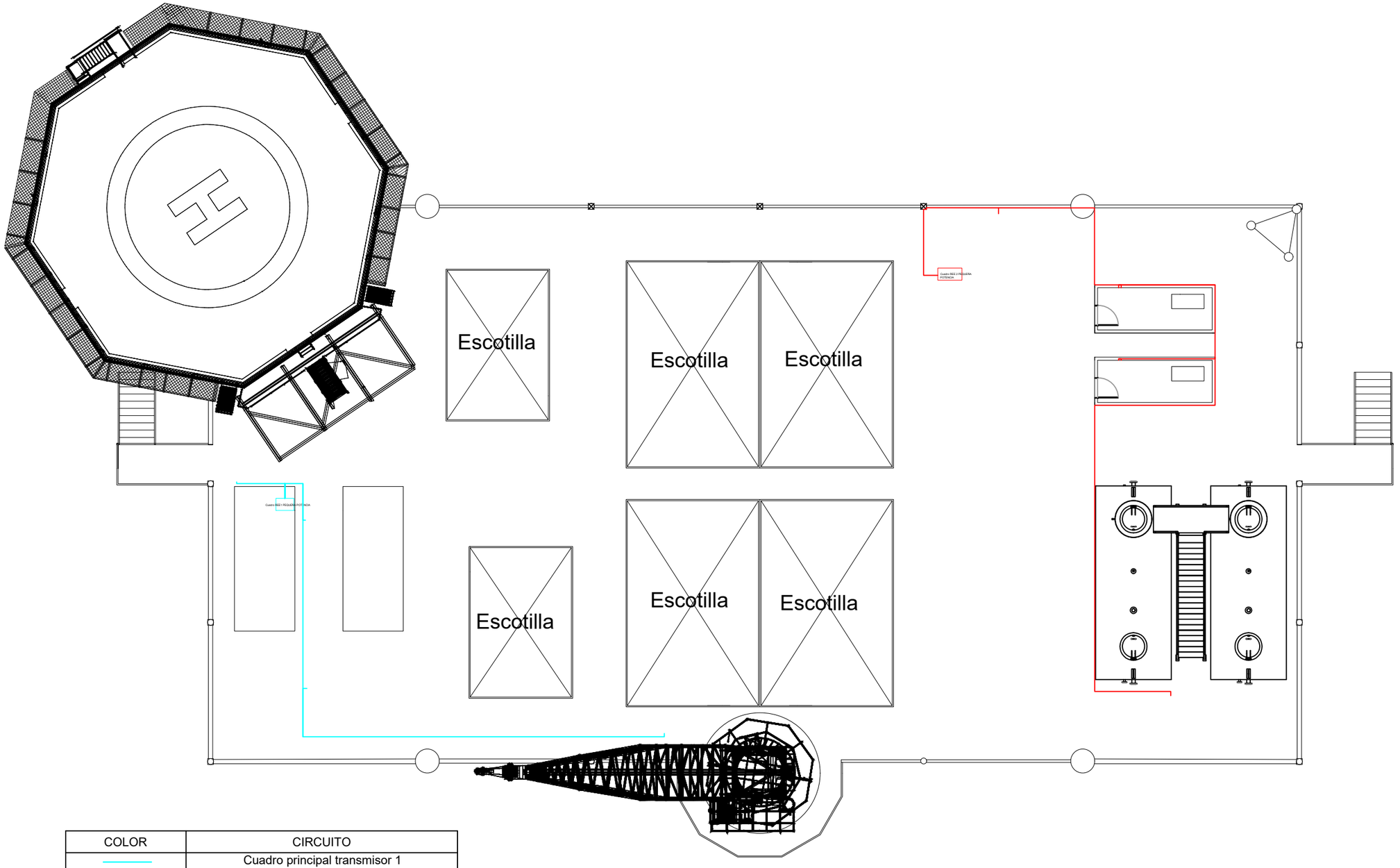
COLOR	CIRCUITO
	Cuadro principal transmisor 1
	Cuadro principal transmisor 2
	Cuadro principal generador 1
	Cuadro principal generador 2

Universidad de Cádiz (ESI)	
Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar	
Plano constructivo trasero de la sala de transformadores superior	
Autor : Antonio Gutiérrez Baz	Fecha : 20/02/2022
	Formato : A3
	Escala : 1:1000
	Número de plano : 17



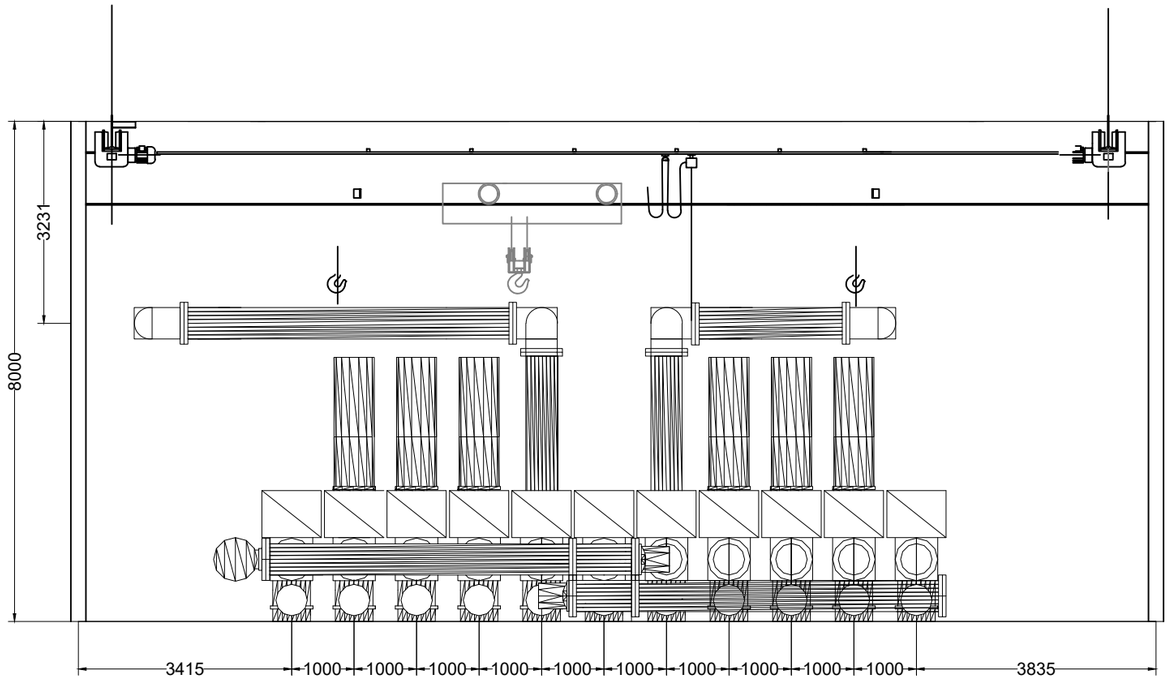
COLOR	CIRCUITO
	Cuadro principal transmisor 1
	Cuadro principal transmisor 2
	Cuadro principal generador 1
	Cuadro principal generador 2

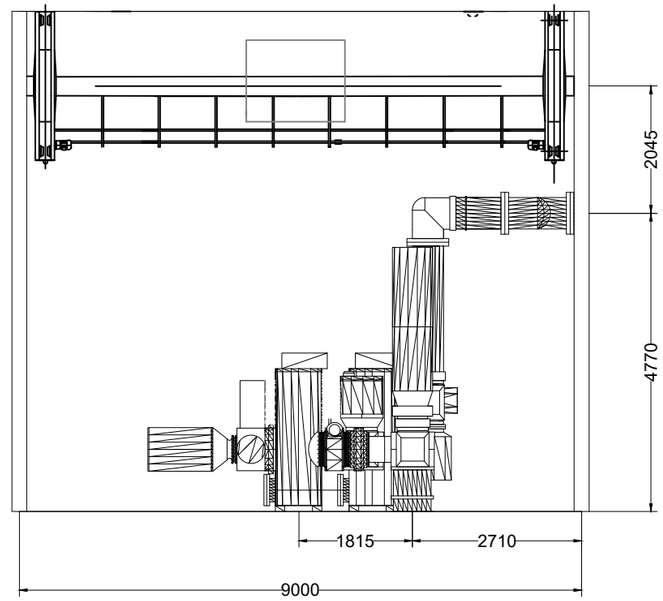
Universidad de Cádiz (ESI)	
Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar	
Plano constructivo trasero de la sala de transformadores superior	
Autor : Antonio Gutiérrez Baz	Fecha : 20/02/2022
	Formato : A3
	Escala : 1:1000
	Número de plano : 18

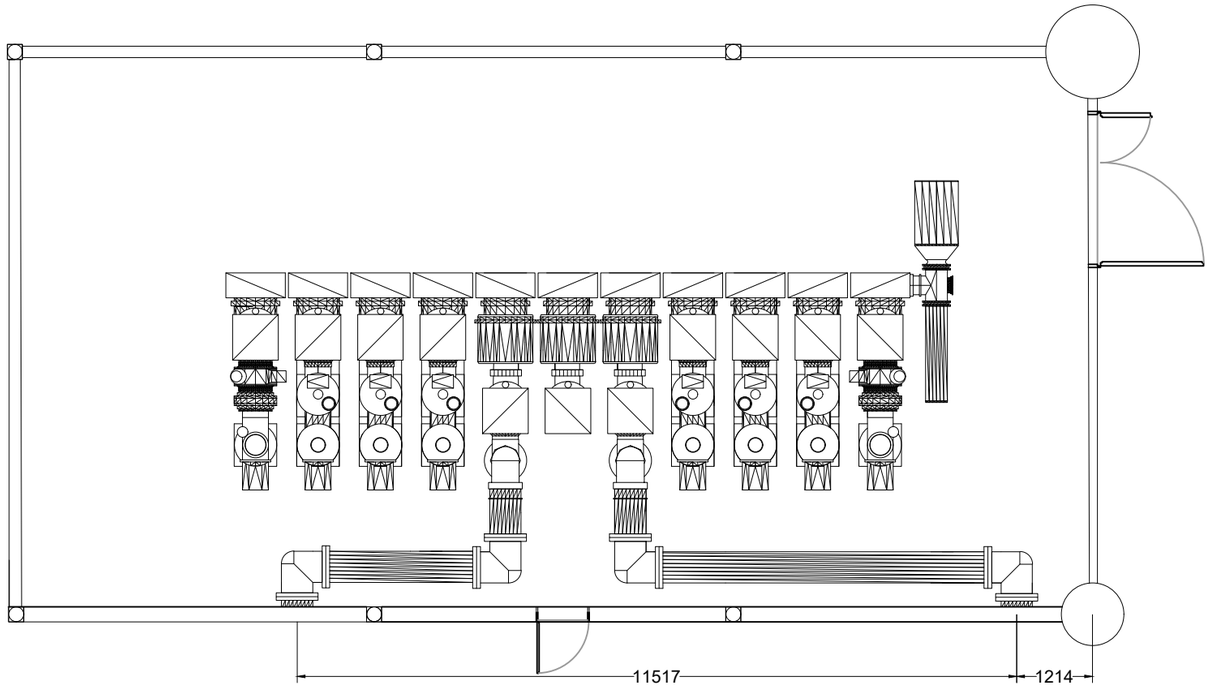


COLOR	CIRCUITO
	Cuadro principal transmisor 1
	Cuadro principal transmisor 2

UCA Universidad de Cádiz	Universidad de Cádiz (ESI)
	Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar
	Plano constructivo trasero de la sala de transformadores superior
Autor : Antonio Gutiérrez Baz	Fecha : 20/02/2022
	Formato : A3
	Escala : 1:1000
	Número de plano : 19







Universidad de Cádiz (ESI)

Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar

Plano constructivo sala GIS 66 kV izquierdo

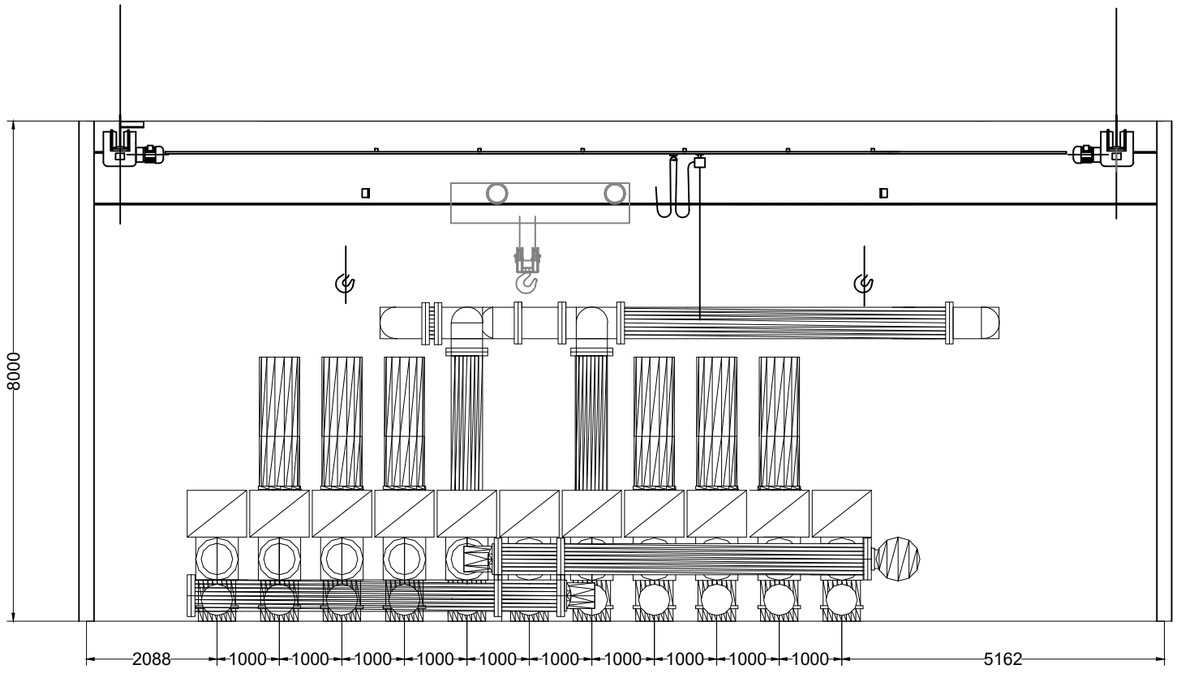
Autor : Antonio Gutiérrez Baz

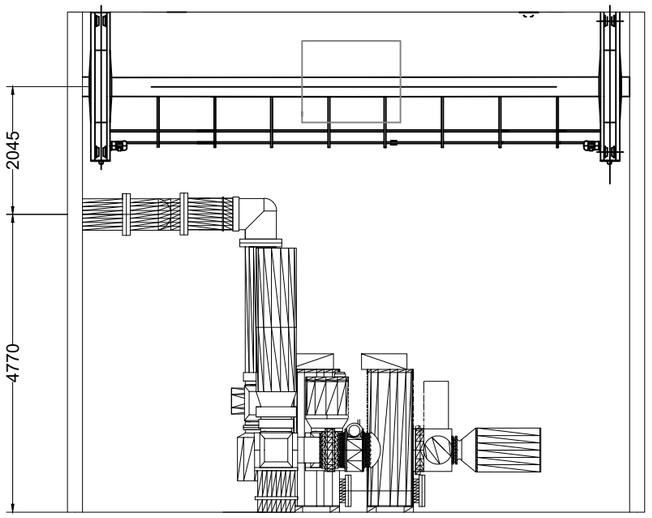
Fecha : 20/02/2022

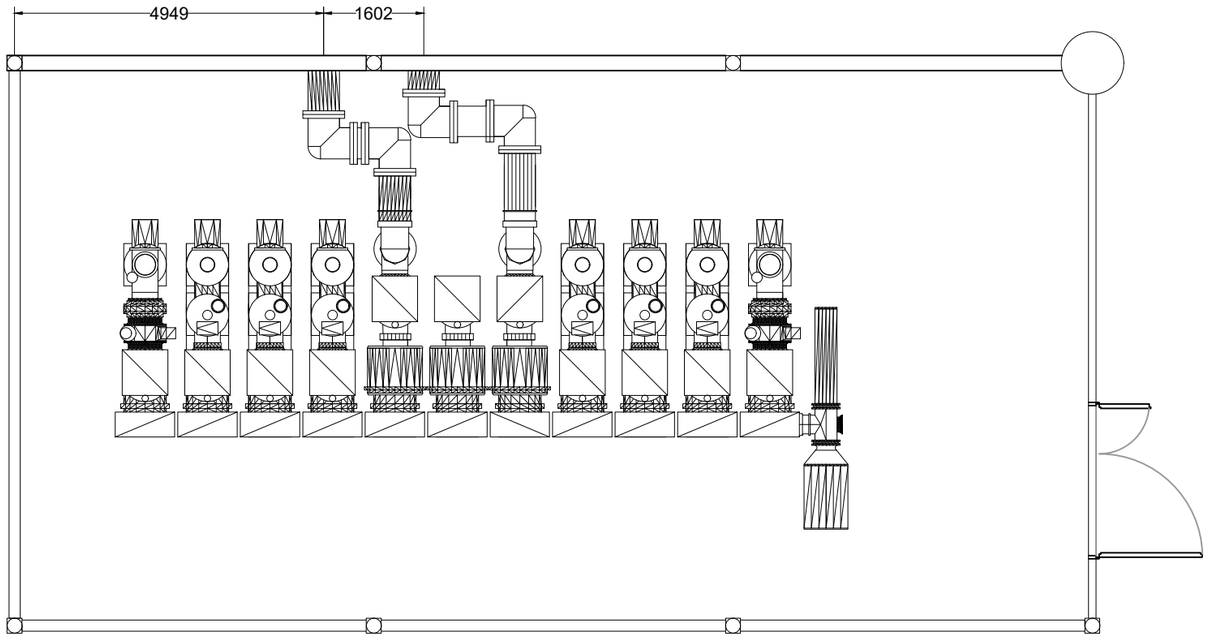
Formato : A3

Escala : 1:1000

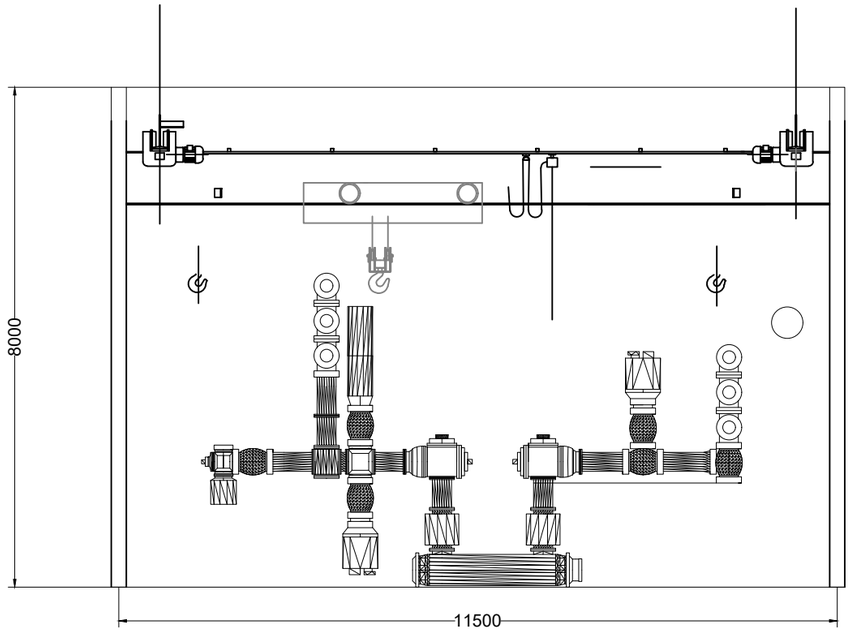
Número de plano : 20

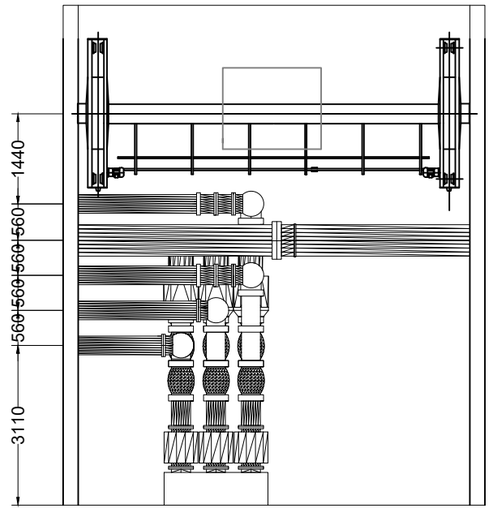


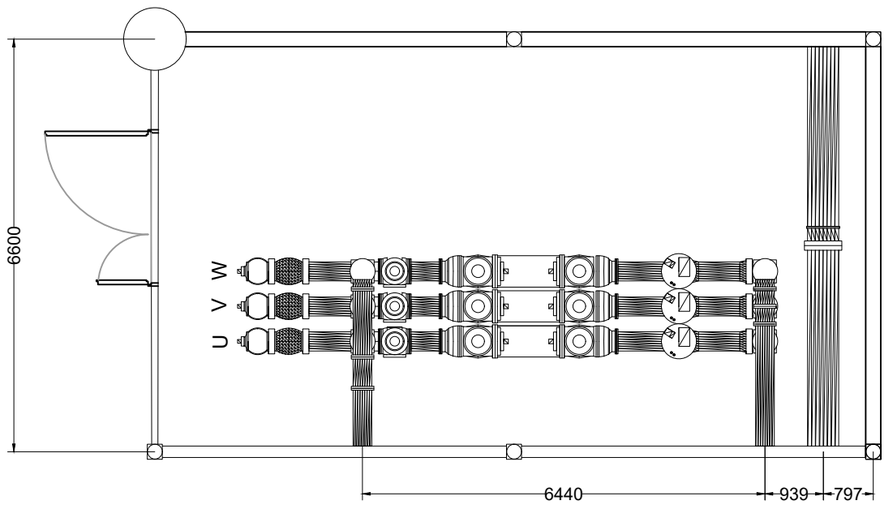




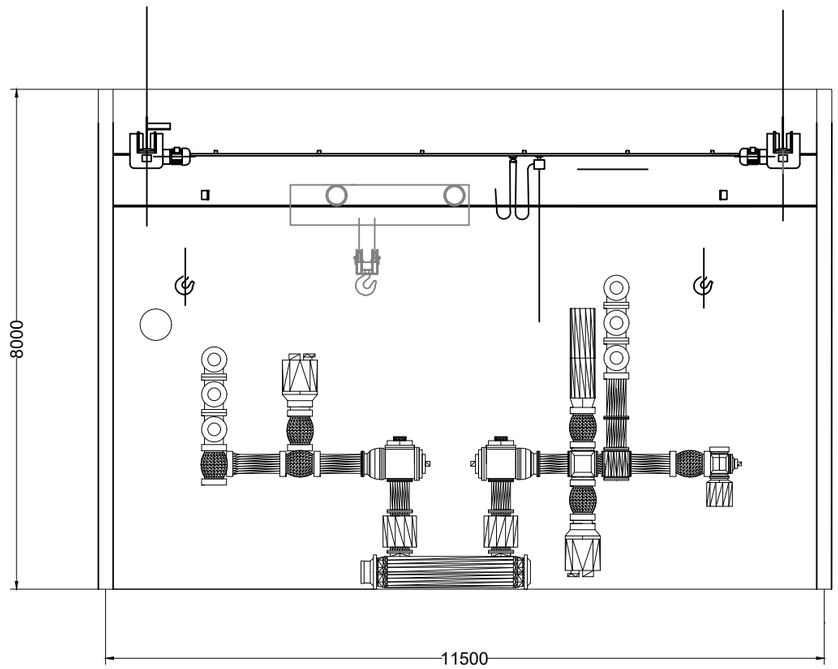
Universidad de Cádiz (ESI)	
Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar	
Plano constructivo sala GIS 66 kV derecho	
Autor : Antonio Gutiérrez Baz	Fecha : 20/02/2022
	Formato : A3
	Escala : 1:1000
	Número de plano : 21

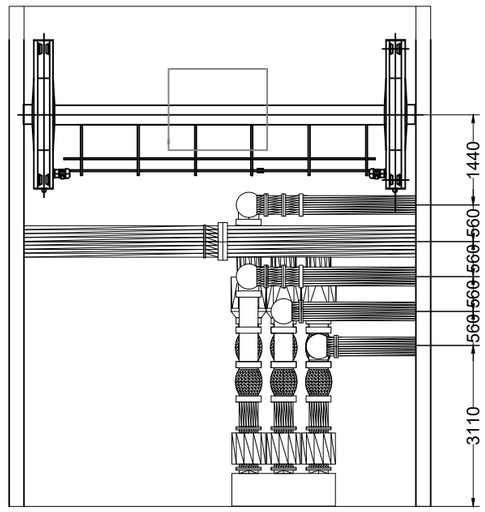


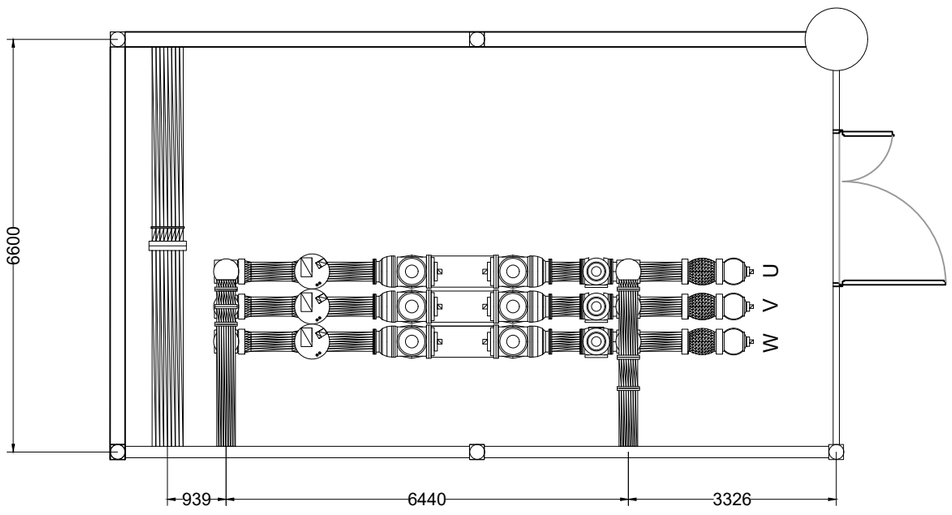




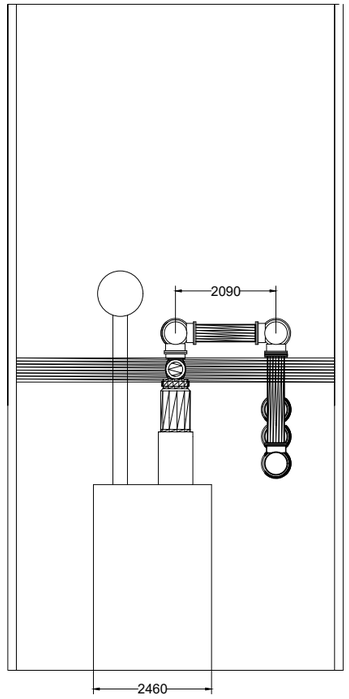
Universidad de Cádiz (ESI)	
Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar	
Plano constructivo de la sala GIS 220 kV superior	
Autor : Antonio Gutiérrez Baz	Fecha : 20/02/2022
	Formato : A3
	Escala : 1:1000
	Número de plano : 22

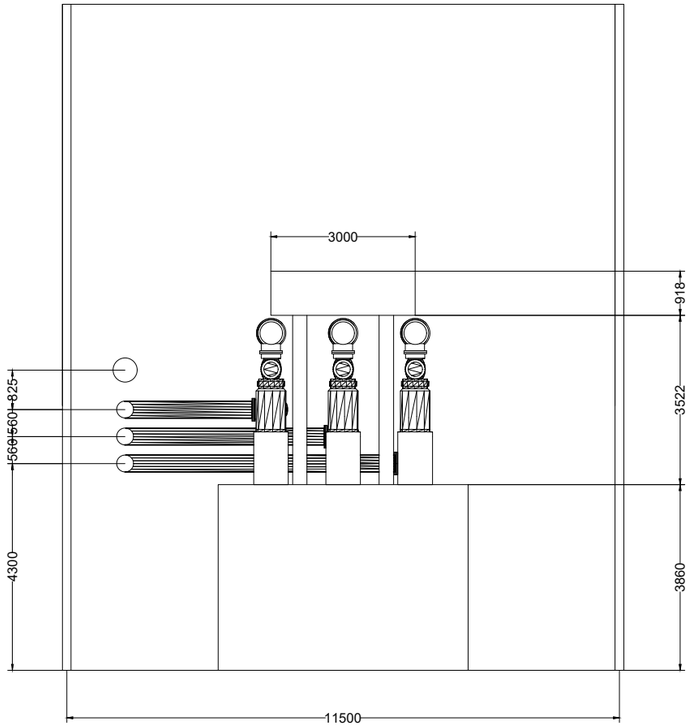


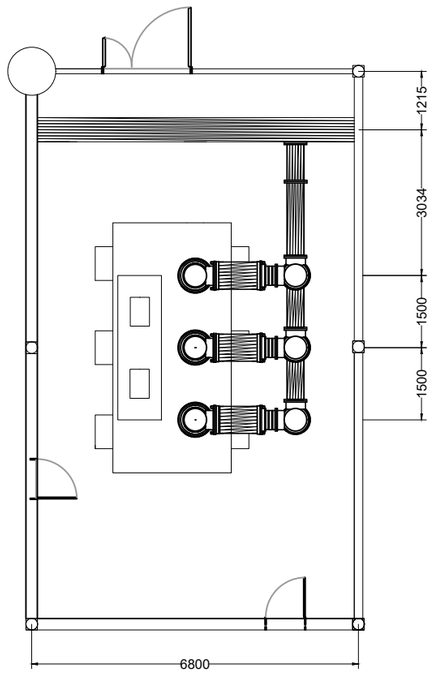




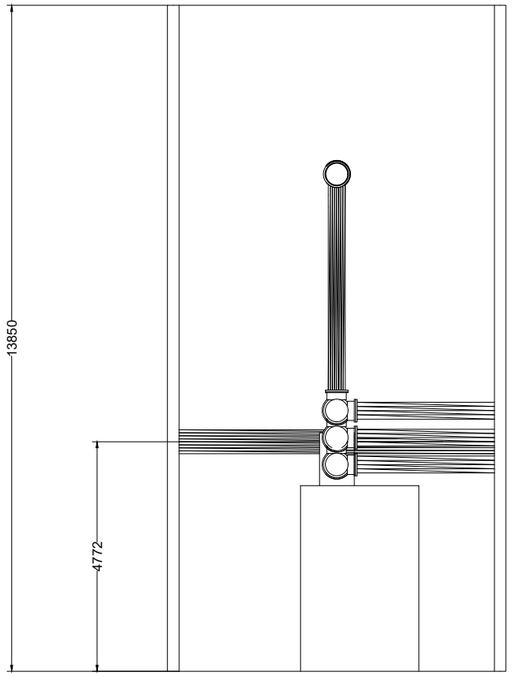
Universidad de Cádiz (ESI)	
Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar	
Plano constructivo de la sala GIS 220 kV inferior	
Autor : Antonio Gutiérrez Baz	Fecha : 20/02/2022
	Formato : A3
	Escala : 1:1000
	Número de plano : 23

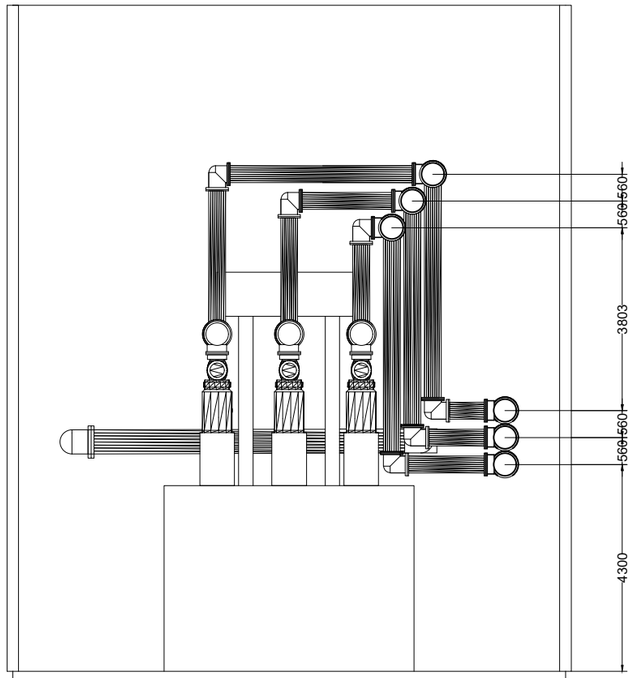


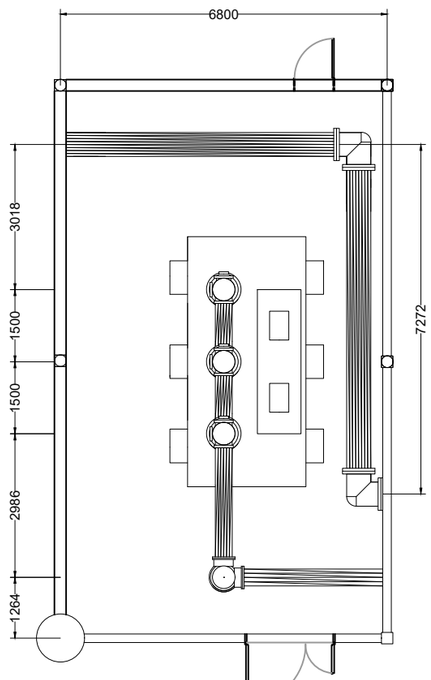




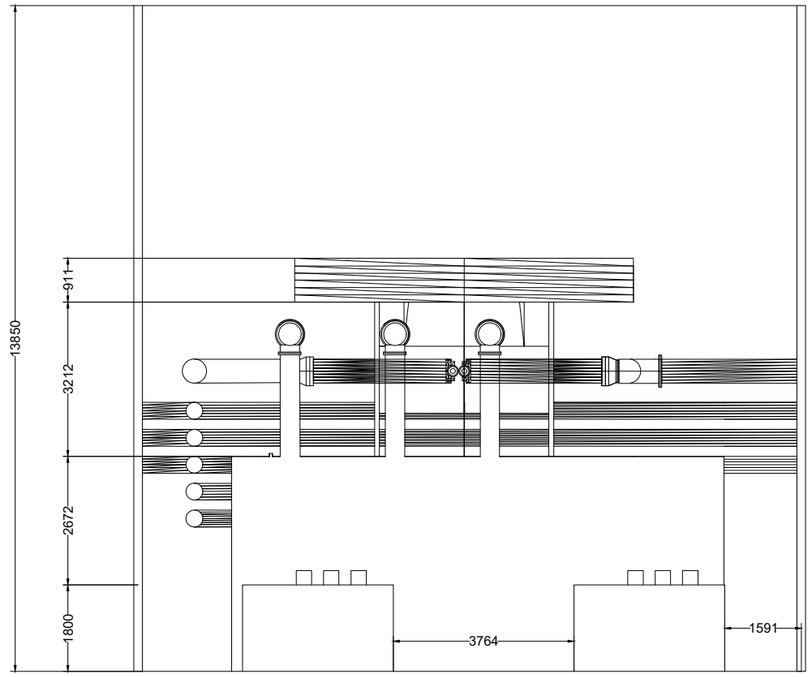
Universidad de Cádiz (ESI)	
Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar	
Plano constructivo de la Sala del Reactor Shunt Superior	
Autor : Antonio Gutiérrez Baz	Fecha : 20/02/2022
	Formato : A3
	Escala : 1:1000
	Número de plano : 24

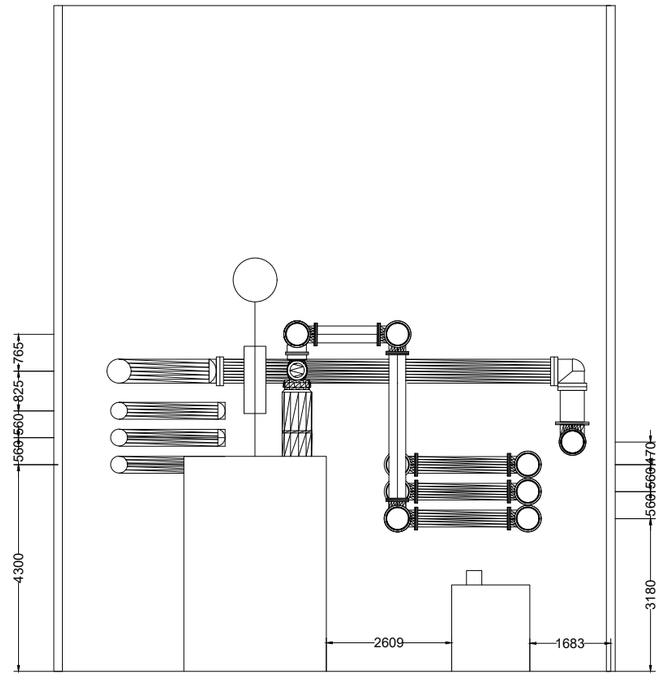


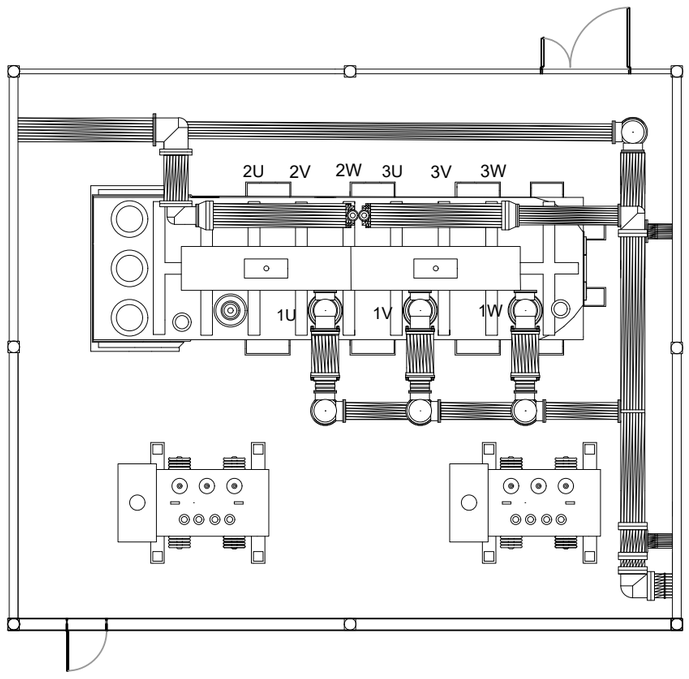




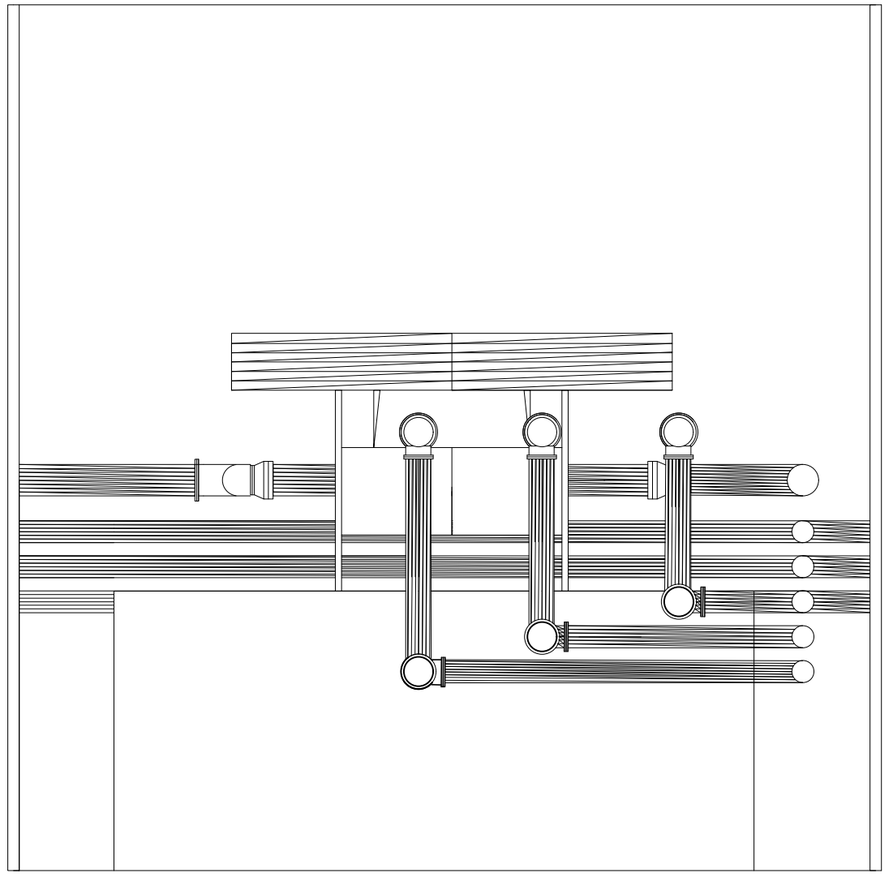
Universidad de Cádiz (ESI)	
Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar	
Plano constructivo de la Sala del Reactor Shunt Inferior	
Autor : Antonio Gutiérrez Baz	Fecha : 20/02/2022
	Formato : A3
	Escala : 1:1000
	Número de plano : 25



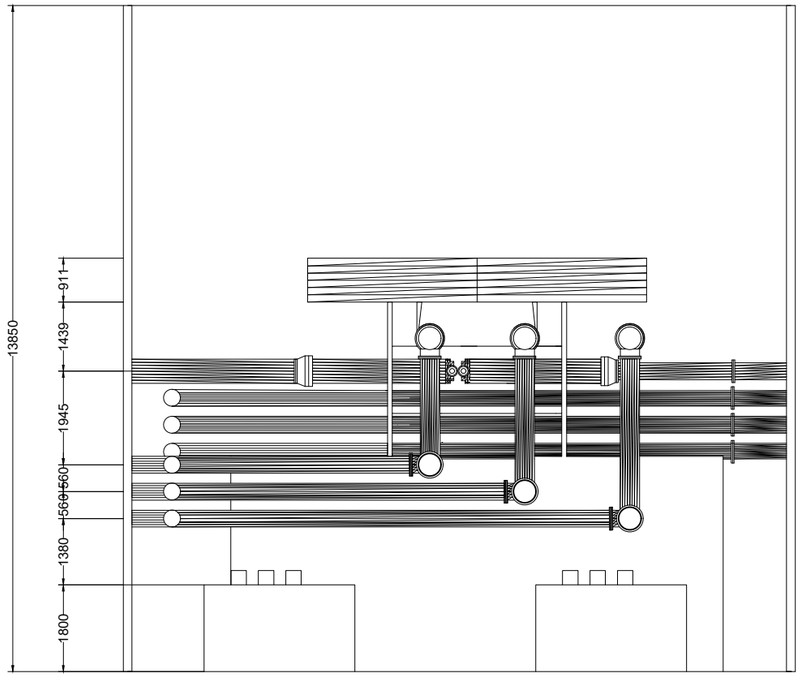


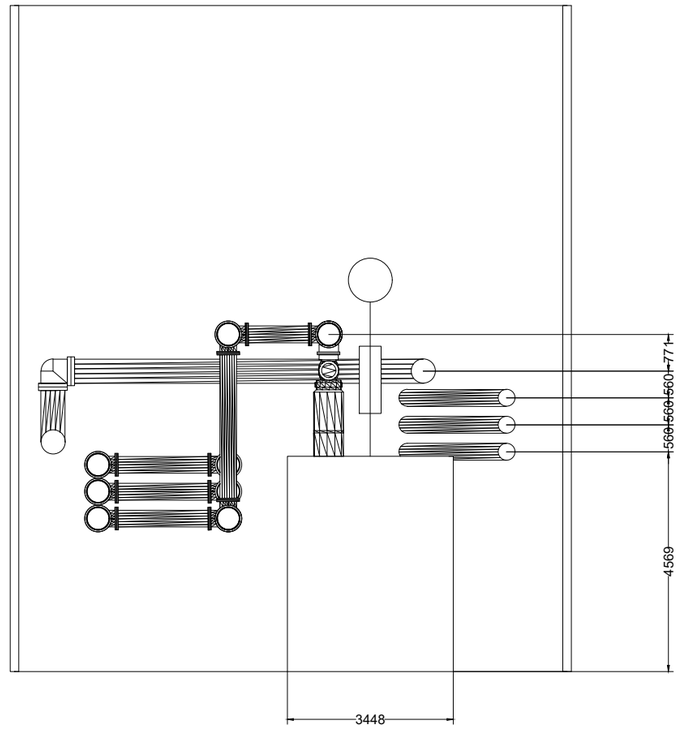


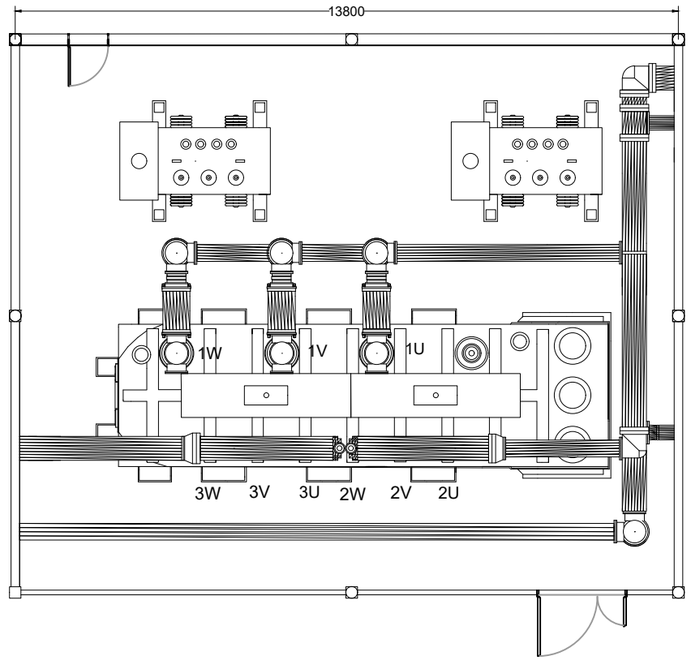
Universidad de Cádiz (ESI)	
Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar	
Plano constructivo de la sala de transformadores superior	
Autor : Antonio Gutiérrez Baz	Fecha : 20/02/2022
	Formato : A3
	Escala : 1:1000
	Número de plano : 26



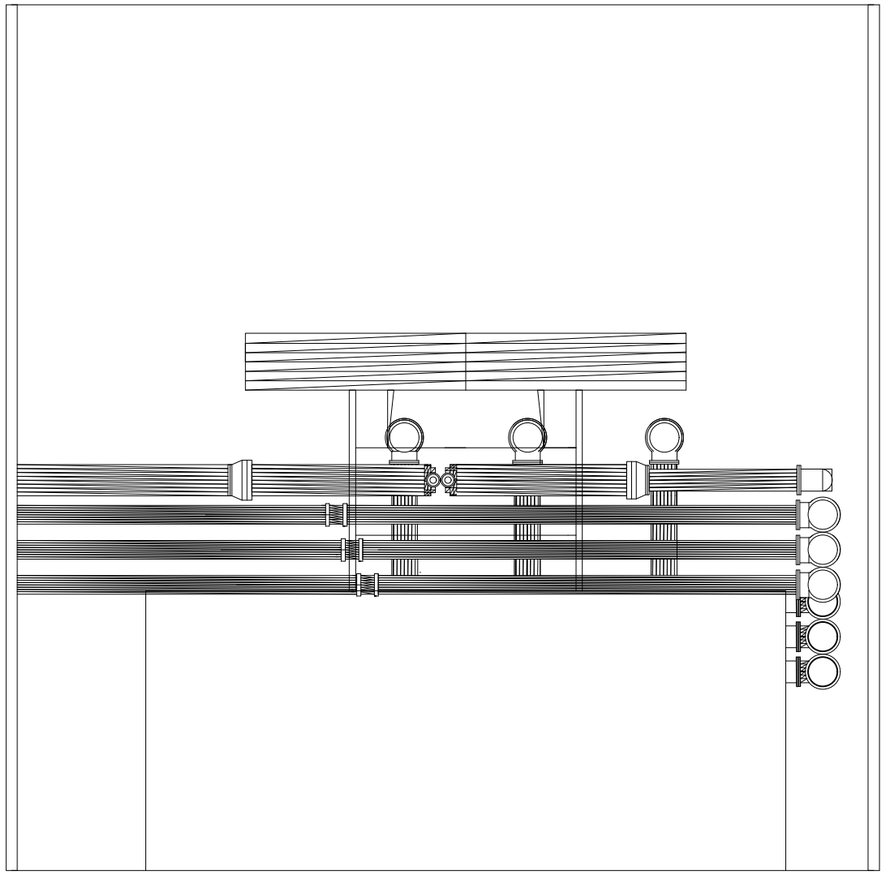
Universidad de Cádiz (ESI)	
Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar	
Plano constructivo trasero de la sala de transformadores superior	
Autor : Antonio Gutiérrez Baz	Fecha : 20/02/2022
	Formato : A3
	Escala : 1:1000
	Número de plano : 27







Universidad de Cádiz (ESI)	
Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar	
Plano constructivo de la sala de transformadores inferior	
Autor : Antonio Gutiérrez Baz	Fecha : 20/02/2022
	Formato : A3
	Escala : 1:1000
	Número de plano : 28



Universidad de Cádiz (ESI)	
Proyecto de Subestación Deslocalizada en el Cabo Trafalgar	
Plano constructivo trasero de la sala de transformadores inferior	
Autor : Antonio Gutiérrez Baz	Fecha : 20/02/2022
	Formato : A3
	Escala : 1:1000
	Número de plano : 29