



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO SUBESTACIÓN ELEVADORA 30kV/220kV

Autor: Alejandro Diaz Cerrada
Director: Pablo Mercado Bautista

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

Subestación elevadora 30kV/220kV

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico2021/2022..... es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Alejandro Diaz Cerrada Fecha: 21/Noviembre/ 2022

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Pablo Mercado Bautista

Fecha: 30 / 11 / 2022



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO SUBESTACIÓN ELEVADORA 30kV/220kV

Autor: Alejandro Diaz Cerrada
Director: Pablo Mercado Bautista

Madrid

Agradecimientos

Agradezco a mi familia y mi entorno más cercano el apoyo incondicional y la motivación transmitida durante todo el recorrido académico.

A mi novia Conchita por su comprensión y su apoyo incondicional.

SUBESTACIÓN ELEVADORA 30KV/220KV

Autor: Díaz Cerrada, Alejandro

Director: Mercado Bautista, Pablo

Entidad Colaboradora: Voltae engineering

RESUMEN DEL PROYECTO

1. Introducción

En el presente trabajo de fin de Grado se va a exponer el detalle de un proyecto de una subestación elevadora 30kV/220kV con una potencia de 250MVA, distribuida en tres parques fotovoltaicos. Dos de los parques tienen una potencia instalada de 100MVA y el otro una potencia instalada de 50MVA. Ambas infraestructuras no existen hoy en día por lo que se llevará a cabo la construcción de forma simultanea ya que la subestación, aunque se puedan llevar a cabo modificaciones en un futuro, estará solo para abastecer a las plantas fotovoltaicas.

Cabe mencionar que la subestación cumple con la normativa vigente en todos sus aspectos. La normativa es abundante recogiendo desde los tipos de cables hasta las distancias a aplicar en cada zona.

2. Descripción del Proyecto

La subestación formará parte de un entorno rural en la que no hay zonas residenciales cerca por lo que no habrá problema por el impacto visual generado por la subestación al disponerse de forma intemperie. El recinto contará con un edificio en el que se lleven labores de control y se dispondrán las celdas de media tensión y la aparamenta de alta tensión en forma intemperie.

Se realizará el proyecto sobre un terreno sobre el que habrá que realizar una previa plataforma, pero la obra civil no se ha considerado objeto principal de este proyecto basándonos en la parte electromecánica.

En un primer lugar, se llevará a cabo una memoria en la que se dispondrán todas aquellas partes de las que forma parte el proyecto. Como esta memoria esta apoyada en su mayoría por cálculos, estos se dispondrán en el apartado del anexo. La memoria hará una descripción de todas esas partes y será lo primero que aparezca en el proyecto.

La zona de media tensión, a 30kV, será la que conecte los parques fotovoltaicos con la subestación elevadora por medio de cables subterráneos. Estos cables subterráneos están sujetos a normativas que cumplir y se ha pensado el trabajo de forma que serán tipos de cables tipificados por lo que es de gran facilidad encontrar un distribuidor que los proporcione. Estos cables de media tensión subterráneos llegan a la subestación y se conectarán a las celdas prefabricadas que se describen en el proyecto. Estas celdas vienen prefabricadas y con unas características dadas. En la siguiente imagen se puede apreciar cómo se detalla en el catálogo del fabricante del cual se han obtenido los datos para realizar el proyecto.

Ilustración 1 Catálogo MESA

La zona de alta tensión, a 220kV, será la que conecte los parques fotovoltaicos con la red de transporte. Esta zona se dispondrá a la intemperie debido a que las condiciones de los alrededores de la subestación lo permiten al no haber zonas urbanas en las cercanías. Este método es el más económico a la hora de realizar el montaje y reparaciones aunque al disponerse a la intemperie sufre más las inclemencias meteorológicas. Se mantendrán las

tres líneas separadas, aunque finalmente se unan en un embarrado común con el fin de ahorrar costes y solo disponer de una línea de evacuación.

Como se ha comentado anteriormente en este resumen, los apartados de la memoria que requieran de un apartado más detallado sobre el cálculo se encontrarán en la parte de anexo de cálculos justificativos. En estos cálculos se llevarán a cabo estudios como el de la puesta a tierra siendo una parte importante en el desarrollo de la subestación o la generación de campos de esta misma. En la siguiente imagen un ejemplo de la normativa aplicada en un anexo de cálculo, donde se puede ver como en la normativa se detallan tipos de configuraciones.

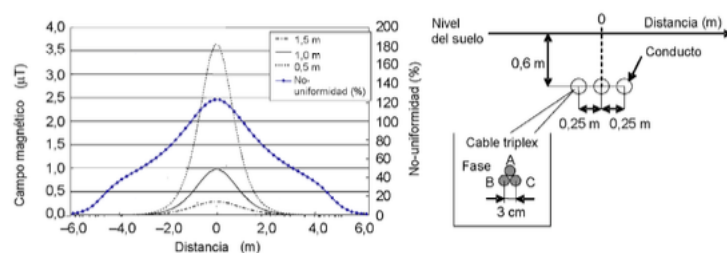


Figura B.11 – Niveles y no uniformidades de campo magnético encima de los cables subterráneos – Efecto de la separación entre conductores

Ilustración 2 Normativa campos electromagnéticos

En el apartado de planos, que va a continuación se ha desarrollado con una herramienta de dibujo. Se presentan los planos que completan el trabajo, cabe destacar que el trabajo empezó por el diseño de estos planos.

Finalmente, se detalla un presupuesto económico del trabajo teniendo en cuenta las partes que se han realizado.

BOOSTER SUBSTATION

Author: Diaz Cerrada, Alejandro

Supervisor: Mercado Bautista, Pablo

Collaborating Entity: Voltae engineering

ABSTRACT

Pequeño resumen de 3 ó 4 líneas que sinteticen que se ha hecho y que resultados se han logrado. El formato simula un paper científico. El resumen **debe tener 3 páginas y contener al menos una figura** de la arquitectura o esquema del Trabajo y otra de los resultados. Este apartado será el más importante de todos.

Keywords: Bluetooth, Mobile, Indoor

1. Introduction

In this final degree project, we are going to present the details of a project for a 30kV/220kV elevating substation with a power of 250MVA, distributed in three photovoltaic parks. Two of the parks have an installed power of 100MVA and the other has an installed power of 50MVA. Both infrastructures do not exist today, so the construction will be carried out simultaneously, as the substation, although modifications may be carried out in the future, will only be used to supply the photovoltaic plants. It is worth mentioning that the substation complies with current regulations in all aspects. The regulations are extensive, covering everything from the types of cables to the distances to be applied in each area.

2. Description of the project

The substation will form part of a rural environment in which there are no residential areas nearby, so there will be no problem with the visual impact generated by the substation as it will be in the open air. The site will have a control building and the medium-voltage switchgear and high-voltage switchgear will be in the open air.

The project will be carried out on land on which a preliminary platform will have to be built, but the civil works have not been considered as the main object of this project based on the electromechanical part.

In this report, it will be possible to see in detail the switchgear available in the substation for the high and low voltage areas.

[illegible]

To raise this voltage, three custom-ordered transformers with the characteristics mentioned in the project have been provided.

The high voltage area, at 220kV, will connect the photovoltaic parks to the transmission grid. This area will be located outdoors, as the conditions in the vicinity of the substation allow it, as there are no urban areas in the vicinity. This method is the most economical when it comes to assembly and repairs, although it is more exposed to inclement weather. The three separate lines will be kept separate although they will eventually be joined together in a common busbar in order to save costs and only have one evacuation line.

As mentioned earlier in this summary, the sections of the report that require a more detailed section on the calculation will be found in the annex part of the supporting calculations. In these calculations, studies such as grounding will be carried out, being an important part in the development of the substation or the generation of the substation fields. The following image shows an example of the regulations applied in a calculation annex, where you can see how the regulations detail types of configurations.

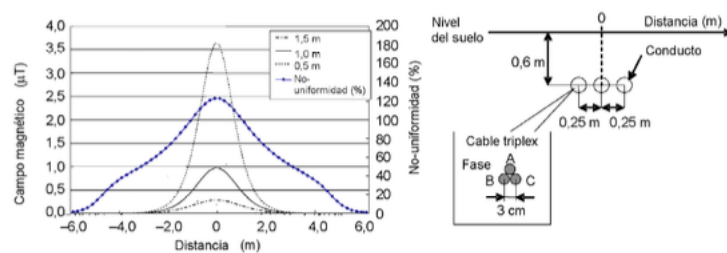


Figura B.11 – Niveles y no uniformidades de campo magnético encima de los cables subterráneos – Efecto de la separación entre conductores

Ilustración 4 Regulations

In the section on plans, which follows, it has been developed with a drawing tool. The plans that complete the work are presented, it should be noted that the work began with the design of these plans.

Finally, an economic budget of the work is detailed, taking into account the parts that have been carried out.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Memoria.....	8
Antecedentes	8
Emplazamiento.....	9
Normativa de aplicación.....	10
Datos de diseño	24
Descripción técnica	25
1.1.1 Posición de 220kV	25
1.1.2 Posición de 30kV	26
1.1.3 Posición de transformación.....	28
1.1.4 Características de la aparamenta.....	29
1.1.1 Servicios auxiliares.....	40
1.1.2 Obra civil	43
1.1.3 Estructura metálica.....	44
1.1.4 Conductor de media tensión	45
1.1.5 Protecciones.....	46
1.1.6 Medida de energía	48
1.1.7 Alumbrado	50
1.1.8 Sistema de medida fiscal.....	51
1.1.9 Puesta a tierra	53
Capítulo 2. Anexo: Cálculos justificativos.....	55
Cálculo de Puesta a tierra	55
2.1.1 Introducción.....	56
2.1.2 Normativa	56
2.1.3 Parámetros de diseño	57
2.1.4 Método del cálculo de puesta a tierra	58
2.1.5 Detalle de cálculo	60
Cálculo de distancias.....	81
2.1.6 Introducción.....	81
2.1.7 Normativa	81
2.1.8 Condiciones ambientales	82
2.1.9 Distancias mínimas.....	82

2.1.10 Distancias en pasillos de protección	82
2.1.11 Distancias mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico RD 612/2001	84
2.1.12 Niveles de aislamiento nominal para el grupo A.....	85
2.1.13 Niveles de aislamiento nominal para el grupo B.....	86
Cálculo de cables y embarrados	87
2.1.14 Introducción.....	87
2.1.15 Normativa	87
2.1.16 Conductores desnudos 220kV.....	88
2.1.17 Intensidad admisible para los conductores	88
2.1.18 Intensidad admisible en cortocircuito	90
2.1.19 Efecto corona y perturbaciones eléctricas	93
2.1.20 Cálculos para conductores de media tensión.....	94
Equipos de medida y facturación	97
Campos electromagnéticos.....	99
2.1.21 Introducción.....	99
2.1.22 Detalle de cálculo	100
Capítulo 3. Planos.....	103
Capítulo 4. Presupuesto.....	104
Capítulo 5. Pliego de condiciones	116
OBJETO	116
ABREVIATURAS.....	117
DISPOSICIONES GENERALES	118
5.1.1 SEGURIDAD EN EL TRABAJO.....	118
5.1.2 GESTIÓN AMBIENTAL	118
5.1.3 CÓDIGOS Y NORMAS.....	119
5.1.4 CONDICIONES PARA LA EJECUCIÓN POR CONTRATA.....	120
5.1.5 CONDICIONES DE LOS MATERIALES DE LA OBRA.....	120
5.1.6 RELLENOS.....	120
5.1.7 HORMIGONES.....	121
5.1.8 ÁRIDOS PARA MORTEROS Y HORMIGONES.....	122
5.1.9 MORTEROS.....	123

5.1.10 CEMENTOS.....	124
5.1.11 AGUA.....	124
5.1.12 ARMADURAS.....	125
5.1.13 PIEZAS DE HORMIGÓN ARMADO O PRETENSADO.....	125
5.1.14 MATERIALES SIDERÚRGICOS, CARACTERÍSTICAS Y ENSAYOS.....	125
5.1.15 LAMINADOS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS.....	126
CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	127
5.1.16 MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	127
5.1.17 HORMIGONES.....	128
5.1.18 PAVIMENTOS DE HORMIGÓN.....	129
5.1.19 ARMADURAS.....	129
5.1.20 LAMINADOS.....	129
5.1.21 ENCOFRADOS.....	129
5.1.22 PIEZAS PREFABRICADAS DE HORMIGÓN ARMADO O PRETENSADO.....	130
5.1.23 ESTRUCTURA METÁLICA.....	130
5.1.24 EMBARRADOS Y CONEXIONES.....	130
5.1.25 TRANSFORMADORES Y REACTANCIAS DE POTENCIA.....	131
5.1.26 BATERÍA DE CONDENSADORES.....	132
5.1.27 CELDAS BLINDADAS DE 30 KV.....	132
5.1.28 CABLES DE POTENCIA.....	132
5.1.29 CABLES DE FUERZA Y CONTROL.....	133
5.1.30 PUESTA A TIERRA.....	133
PLAN DE CONTROL DE CALIDAD.....	134
5.1.31 REPLANTEOS.....	134
5.1.32 MOVIMIENTOS DE TIERRAS.....	135
5.1.33 HORMIGÓN.....	135
5.1.34 PIEZAS PREFABRICADAS DE HORMIGÓN ARMADO O PRETENSADO.....	135
5.1.35 ARMADURAS.....	136
5.1.36 MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS Y SOPORTES.....	136
RECEPCIÓN DE LAS OBRAS.....	136
5.1.37 MEDICIÓN Y COMPROBACIONES.....	137
5.1.38 PRUEBAS LOCALES Y P.E.S. DE EQUIPOS DE BAJA TENSIÓN.....	137
5.1.39 PRUEBAS DE CONTROL, TELECONTROL Y P.E.S. DEL APARELLAJE DE AT..	138

Capítulo 6. Estudio de seguridad y salud.....	139
DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO	139
6.1.1 ACCESOS Y VALLADO	139
6.1.2 SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	139
6.1.3 OBRA CIVIL	140
6.1.4 MONTAJE.....	142
Montaje y/o desmontaje de los componentes mecánicos y eléctricos	142
Montaje y/o desmontaje de los componentes de control.....	143
Cableados de interconexión	143
6.1.5 Descripción de trabajos.....	143
Cables.....	145
6.1.6 <u>Trabajos próximos a elementos en tensión</u> <u>RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD</u>	147
DISTANCIAS LÍMITE DE LAS ZONAS DE TRABAJO	147
RIESGO ELÉCTRICO	149
6.1.7 <u>Trabajos en tensión</u>	150
5 MEDIOS AUXILIARES	152
6.1.1 ESCALERAS	152
Generales.....	152
INSTALACIONES PROVISIONALES	154
6.1.2 INSTALACIÓN PROVISIONAL ELÉCTRICA	154
6INSTALACIÓN DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS	156
INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR.....	158
6.1.3 DOTACIÓN DE ASEOS	158
PLIEGO DE CONDICIONES.....	159
CONSIDERACIONES DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA.....	159
6.1.4 CONSIDERACIONES DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	159
6.1.5 SEÑALIZACIÓN DE LA OBRA.....	160
6.1.6 CONDICIONES DE SEGURIDAD DE LOS MEDIOS AUXILIARES, MÁQUINAS Y EQUIPOS.....	160
6.1.7 ACCIONES A SEGUIR EN CASO DE ACCIDENTE LABORAL.....	162
6.1.8 COMUNICACIONES INMEDIATAS EN CASO DE ACCIDENTE	163
6.1.9 SEGURIDAD EN LA OBRA	163

6.1.10 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	163
6.1.11 LIBRO DE INCIDENCIAS	164
6.1.12 SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL Y PATRONAL.....	165
Capítulo 7. Anexo	166
Objetivos de desarrollo sostenible de Naciones Unidas.....	166

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Catálogo MESA	8
Ilustración 2 Normativa campos electromagnéticos	9
Ilustración 3 Mesa catalogue	11
Ilustración 4 Regulations	12
Ilustración 5 Emplazamiento	9
Ilustración 6 Catálogo Media tensión	37
Ilustración 7 Método cálculo PaT	59
Ilustración 8 Planta de la subestación	61
Ilustración 9 Forma de la malla	71
Ilustración 10 Aislamiento grupo A	85
Ilustración 11 Aislamiento grupo B	86
Ilustración 12 Cálculos campos media tensión	101

Índice de tablas

Tabla 1 Datos de diseño.....	24
Tabla 2 Características Transformador 50MVA	29
Tabla 3 Características aislamiento transformador 50MVA	30
Tabla 4 Características transformador 100MVA.....	31
Tabla 5 Características aislamiento transformador 100MVA	31
Tabla 6 Características interruptor 220kV.....	32
Tabla 7 Características seccionador 220kV.....	33
Tabla 8 Características TI 220kV	34
Tabla 9 Características TT 220kV	34
Tabla 10 Características autoválvulas 220kV	35
Tabla 11 Características embarrado 220kV.....	35
Tabla 13 Características Reactancia	37
Tabla 14 Características autoválvulas 30kV	38
Tabla 15 Características seccionador 30kV.....	38
Tabla 16 Características interruptor 30kV.....	39
Tabla 17 Características embarrado 30kV.....	39
Tabla 18 Características PaT	57
Tabla 19 Tipos de conductores malla.....	64
Tabla 20 Parámetros tensiones	78
Tabla 21 Condiciones ambientales	82
Tabla 22 Distancias mínimas.....	82
Tabla 23 Características conductores	89
Tabla 24 tabla 13 normativa	96
Tabla 25 Anexo II del RD1066/2001	100

Capítulo 1. MEMORIA

En este capítulo se hace una introducción de este proyecto despertando el interés del lector por el proyecto y describiendo la motivación del proyecto.

ANTECEDENTES

Se proyecta la subestación con el objeto de proporcionar la posibilidad del transporte del suministro a las (3) plantas fotovoltaicas que se van a construir. Por lo que los antecedentes de este proyecto se deben enfocar como la necesidad que tienen las ciudades de hacer transiciones a generaciones sostenibles y de autoconsumo.

La construcción de esta subestación irá de la mano de los parques, por lo que desarrollará a la vez que las plantas fotovoltaicas con el objeto de empezar a distribuir energía al terminar las plantas.

Se construirán 3 plantas fotovoltaicas en una zona rural en los alrededores de Málaga. Cada una de ellas independiente por lo que podrían o no pertenecer al mismo propietario, pero eso no es objeto de este proyecto. Estas plantas tendrán una potencia instalada de 250 MVA distribuyéndose en 2 parques de 100MVA y un parque de 50 MVA.

EMPLAZAMIENTO

La subestación se localizará en Málaga, en una zona interurbana rural próxima a la localización del parque fotovoltaico donde se utilizarán los caminos públicos para su acceso y así minimizar el impacto de la subestación. La localización de la parcela se detallará en los planos de localización y emplazamiento.

La subestación se localizará en el lugar que se muestra a continuación:

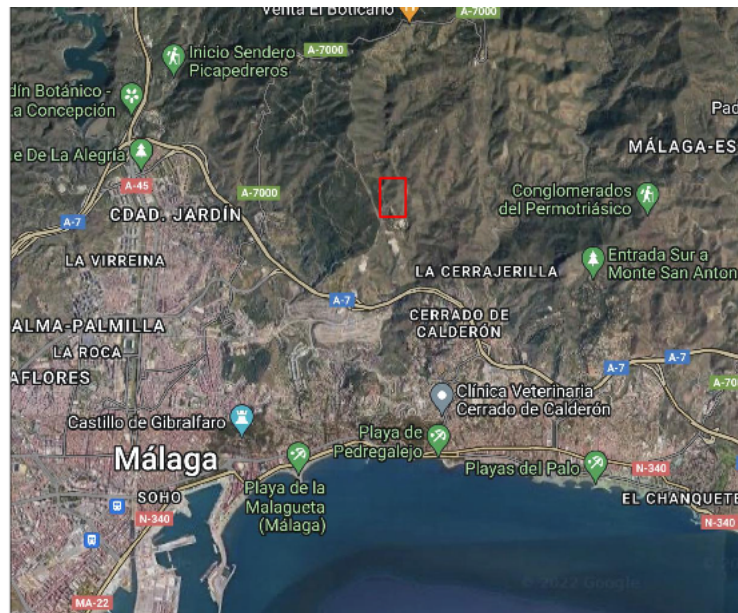


Ilustración 5 Emplazamiento

En el presente proyecto se detallará la parte electromecánica de la subestación con algunos matices sobre la obra civil.

Este proyecto se llevará a cabo siguiendo rigurosamente la normativa vigente.

En el interior del recinto se llevará a cabo la construcción de la subestación con su apartamentada propia y las celdas de media tensión que se agruparán en un edificio en el cual también habrá un centro de maniobra. La entrada en media tensión se hará de manera subterránea y la salida en alta tensión con conductores desnudos aéreos.

Las condiciones del terreno en el que se hallará la subestación se detallarán más adelante.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

En este apartado se mencionará la normativa aplicada en el proyecto:

“Para la realización de este proyecto, se ha tenido en cuenta el obligado cumplimiento de la normativa que a continuación se relaciona.

Instalaciones eléctricas y fotovoltaicas

- Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- Real Decreto 187/2016, de 6 de mayo, por el que se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- Real Decreto 1074/2015, de 27 de noviembre, por el que se modifica distintas disposiciones en el sector eléctrico.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento

Unificado de Puntos de Medida de Sistema Eléctrico.

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba Reglamento electrotécnico para baja tensión, y sus Instrucciones técnicas complementarias ITC-BT 01 a 52.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Todas las instalaciones cumplirán la Normativa Europea EN, la Normativa CENELEC, las Normas UNE y las Recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).
- Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos. **Estructuras y Obra civil**
 - Eurocódigo 1: Acciones generales y Acciones del viento en estructuras. UNE-EN 1991-1-4:2007/A1:2010.
 - Real Decreto 314Decreto 3565/1972, de 23 de diciembre, por el que se establecen las normas tecnológicas de la edificación (NTE) y modificaciones posteriores, tanto en cuanto a la ejecución de los trabajos, como en lo relativo a mediciones.
 - Orden de 6 de febrero de 1976 del Ministerio de Obras Públicas, por la que se aprueba el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) y sus modificaciones posteriores.

Normas relacionadas en la ITC-LAT-02 del Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

Generales:

- UNE-EN 60529:2018 Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- UNE-EN 60060-1:2012 C ORR 2013 Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 1: Definiciones generales y requisitos de ensayo
- UNE-EN 50102:1996 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- UNE-EN 50102 C ORR:2002 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- UNE-EN 50102/A1:1999 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- UNE-EN 50102/A1 C ORR:2002 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- UNE-EN 60060-2:2012 Técnicas de ensayos de alta tensión. Parte 2: Sistemas de medida.
- UNE-EN 60060-3:2006 Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 3: Definiciones y requisitos para ensayos in situ.
- UNE-EN 60060-3 C ORR.:2007 Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 3: Definiciones y requisitos para ensayos in situ.
- UNE-EN 600711:2006 Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas.
- UNE-EN 60071-2:1999 Coordinación de aislamiento. Parte 2: Guía de aplicación.
- UNE-EN 60270:2002 Técnicas de ensayo en alta tensión. Medidas de las descargas parciales.
- UNE-EN 60865-1:1997 Corrientes de cortocircuito. Parte 1: Definiciones y métodos

de cálculo.

- UNE-EN 60909-0:2016 (Ratificada) Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 0: Cálculo de corrientes. (Ratificada por AENOR en agosto de 2016).
- UNE-EN 60909-3:2004 Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 3:
Corrientes durante dos cortocircuitos monofásicos a tierra simultáneos y separados y corrientes parciales de cortocircuito circulando a través de tierra. /2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba

Cables y conductores:

- UNE 21144-1-1:2012 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1-1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Generalidades.
- UNE 21144-1-2:1997 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 2: Factores de pérdidas por corrientes de Foucault en las cubiertas en el caso de dos circuitos en capas.
- UNE 21144-1-3:2003 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 3: Reparto de la intensidad entre cables unipolares dispuestos en paralelo y cálculo de pérdidas por corrientes circulantes.
- UNE 21144-2-1:1997 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica.
- UNE 21144-2-1/1M:2002 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica.

- UNE 21144-2-1/21V1:2007 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica.
- UNE 21144-2-2:1997 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 2: Método de cálculo de los coeficientes de reducción de la intensidad admisible paragrupos de cables al aire y protegidos de la radiación solar.
- UNE 21144-3-1:1997 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 1: Condiciones de funcionamiento de referencia y selección del tipo de cable.
- UNE 21144-3-2:2000 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 2: Optimización económica de las secciones de los cables eléctricos de potencia.
- UNE 21144-3-3:2007 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 3: Cables que cruzan fuentes de calor externas.
- UNE 21192:1992 Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático.
- UNE 2110031:2001 Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) a 3 kV ($U_m = 3,6$ kV).
- UNE 211003-2:2001 Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) a 30 kV ($U_m = 36$ kV).
- UNE 211435:2011 Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución de energía eléctrica.
- UNE-EN 60228:2005 Conductores de cables aislados.

- UNE-EN 60228 CORR.:2005 Conductores de cables aislados.
- UNE-1-113 620-5-E-1:2007 Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV. Parte 5: Cables unipolares y unipolares reunidos, con aislamiento de XLPE. Sección E-1: Cables con cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 5E-1, 5E-4 y 5E-5).
- UNE-1-113 620-7-E-1:2007 Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV. Parte 7: Cables unipolares y unipolares reunidos, con aislamiento de EPR. Sección E-1: Cables con cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 7E-1, 7E-4 y 7E-5).
- UNE-HD 620-9-E:2007 Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV. Parte 9: Cables unipolares y unipolares reunidos, con aislamiento de HEPR. Sección E: Cables con aislamiento de HEPR y cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 9E-1, 9E-4 y 9E-5).

Accesorios para cables:

- UNE 21021:1983 Piezas de conexión para líneas eléctricas hasta 72,5 kV.
- UNE-EN 61442:2005 Métodos de ensayo para accesorios de cables eléctricos de tensión asignada de 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) a 36 kV ($U_m = 42$ kV)
- UNE-EN 61238-1:2006 Conectores mecánicos y de compresión para cables de energía de tensiones asignadas hasta 36 kV ($U_m=42$ kV). Parte 1: Métodos de ensayo y requisitos.
- UNE-HD 629.1:2008 Requisitos de ensayo para accesorios de utilización en cables de energía de tensión asignada desde 3,6/6(7,2) kV hasta 20,8/36(42) kV. Parte 1: Cables con aislamiento extruido.
- UNE-HD 629.1:2008 Requisitos de ensayo para accesorios de utilización en cables de

energía de
tensión asignada desde 3,6/6(7,2) kV hasta 20,8/36(42) kV. Parte 1: Cables con
aislamiento extruido.

Apoyos y herrajes:

- UNE-EN ISO 10684:2006/AC:2009 Elementos de fijación. Recubrimientos por galvanización en caliente
(ISO 10684:2004/ Cor 1:2008)
- UNE-EN ISO 1461:2010 Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo. (ISO 1461:2009)

Aparamenta:

- UNE-EN 62271-103:2012 Aparamenta de alta tensión. Parte 103:
Interruptores para tensiones asignadas superiores a 1kV e inferiores o iguales a 52 kV.
- UNE-EN 602821:2007 Fusibles de alta tensión. Parte 1: Fusibles limitadores de corriente
- UNE-EN 62271-100:2011 C ORR 2014 Aparamenta de alta tensión. Parte 100:
Interruptores automáticos de corriente alterna.
- UNE-EN 62271-102:2005 Aparamenta de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores depuesta a tierra de corriente alterna.

Aisladores:

UNE-EN 62217:2013 Aisladores poliméricos de alta tensión para uso interior y exterior. Definiciones generales, métodos de ensayo y criterios de aceptación

Pararrayos:

- UNE 21087-3:1995 Pararrayos. Parte 3: ensayos de contaminación artificial de los pararrayos.

- UNE-EN 60099-4:2016 Pararrayos. Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna.
- UNE-EN 60099-5:2013 (Ratificada) Pararrayos. Parte 5: Recomendaciones para la selección y utilización. (Ratificada por AENOR en noviembre de 2013.)

Normas relacionadas en la ITC-RAT-02 del Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

Generales:

- UNE-EN 60060-1:2012 Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 1: Definiciones generales y requisitos de ensayo.
- UNE-EN 60060-2:2012 Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 2: Sistemas de medida.
- UNE-EN 60071-1:2006 Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas.
- UNE-EN 60071-1/A1:2010 Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas.
- UNE-EN 60071-2:1999 Coordinación de aislamiento. Parte 2: Guía de aplicación.
- UNE-EN 60027-1:2009 Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte 1: Generalidades.
- UNE-EN 60027-1:2009/A2:2009 Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte 1: Generalidades.
- UNE-EN 60027-4:2011 Símbolos literales utilizados en electrotécnica. Parte 4: Máquinas eléctricas rotativas.
- UNE 207020:2012 IN Procedimiento para garantizar la protección de la salud y la seguridad de las personas en instalaciones eléctricas de ensayo y de medida de alta tensión.

Aisladores y pasatapas:

- UNE-EN 60168:1997 Ensayos de aisladores de apoyo, para interior y exterior, de cerámica o de vidrio, para instalaciones de tensión nominal superior a 1000 V.
- UNE-EN 60168/A1:1999 Ensayos de aisladores de apoyo, para interior y exterior, de cerámica o de vidrio, para instalaciones de tensión nominal superior a 1 kV.
- UNE-EN 60168/A2:2001 Ensayos de aisladores de apoyo, para interior y exterior, de cerámica o de vidrio, para instalaciones de tensión nominal superior a 1 kV.
- UNE 21110-2:1996 Características de los aisladores de apoyo de interior y de exterior para instalaciones de tensión nominal superior a 1000 V.
- UNE 21110-2 ERRATUM:1997 Características de los aisladores de apoyo de interior y de exterior para instalaciones de tensión nominal superior a 1000 V.
- UNE-EN 60137:2011 Aisladores pasantes para tensiones alternas superiores a 1000 V.
- UNE-EN 60507:2014 Ensayos de contaminación artificial de aisladores de cerámica y vidrio para alta tensión destinados a redes de corriente alterna.

Aparamenta:

- UNE-EN 62271-1:2019 Aparamenta de alta tensión. Parte 1: Especificaciones comunes para aparamenta de corriente alterna.
- UNE-EN 61439-5:2015 Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 5: Conjuntos de aparamenta para redes de distribución pública.

Seccionadores:

- UNE-EN 62271-1:2019 Aparamenta de alta tensión. Parte 1:
Especificaciones comunes paraaparamenta de corriente alterna.
- UNE-EN 62271-102:2005 Aparamenta de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores depuesta a tierra de corriente alterna.
- UNE-EN 62271-102:2005 ERR:2011 Aparamenta de alta tensión. Parte 102: Seccionadores yseccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- UNE-EN 62271-102:2005/A1:2012 Aparamenta de alta tensión. Parte 102: Seccionadores yseccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- UNE-EN 62271-102:2005/A2:2013 Aparamenta de alta tensión. Parte 102: Seccionadores yseccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.

Interruptores, contactores e interruptores automáticos:

- UNE-EN 62271-103:2012 Aparamenta de alta tensión. Parte 103:
Interruptores para tensiones asignadas superiores a 1kV e inferiores o iguales a 52 kV.
- UNE-EN 62271-106:2012 Aparamenta de alta tensión. Parte 106:
Contactores, controladores y arrancadores de motor con contactores, de corriente alterna.
- UNE-EN 62271-100:2011 Aparamenta de alta tensión. Parte 100:
Interruptores automáticos de corriente alterna.

Aparamenta bajo envolvente metálica o aislante:

- UNE-EN 62271-200:2012 Aparamenta de alta tensión. Parte 200: Aparamenta bajo envolvente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.

- UNE-EN 62271-201:2015 Aparamenta de alta tensión. Parte 201: Aparamenta bajo envolvente aislantede corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
- UNE-EN 60529:2018 Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- UNE-EN 50102:1996 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- UNE-EN 50102 C ORR:2002 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- UNE-EN 50102/A1:1999 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- UNE-EN 50102/A1 C ORR:2002 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).

Transformadores de potencia:

- UNE-EN 60076-1:2013 Transformadores de potencia. Parte 1: Generalidades.
- UNE-EN 60076-2:2013 Transformadores de potencia. Parte 2: Calentamiento de transformadores sumergidos en líquido.
- UNE-EN 60076-3:2014 C ORR 2014 Transformadores de potencia. Parte 3: Niveles de aislamiento, ensayos dieléctricos y distancias de aislamiento en el aire.
- UNE-EN 60076-5:2008 Transformadores de potencia. Parte 5: Aptitud para soportar cortocircuitos.
- UNE-EN 60076-11:2005 Transformadores de potencia. Parte 11: Transformadores de tipo seco.
- UNE-EN 50588-1:2018 Transformadores de media potencia a 50 Hz, con tensión

más elevada para el material no superior a 36 kV. Parte 1: Requisitos generales.

- UNE 21428-1:2011 Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVA a 2500 kVA con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales.
Complemento nacional.
- UNE 21428-1-1:2011 Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVA a 2500 kVA con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales. Requisitos para transformadores multitensión en alta tensión.
- UNE 21428-1-2:2011 Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVA a 2500 kVA con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales. Requisitos para transformadores bitensión en baja tensión.
- UNE-EN 50464-2-1:2010 Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVA a 2500 kVA con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 2-1:
Transformadores de distribución con cajas de cables en el lado de alta y/o baja tensión. Requisitos generales.
- UNE-EN 50464-2-2:2010 Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVA a 2500 kVA con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 2-2:
Transformadores de distribución con cajas de cables en el lado de alta y/o baja tensión. Cajas de cables Tipo 1 para uso en transformadores de distribución que cumplan los requisitos de la norma EN 50464-2-1.
- UNE-EN 50464-2-3:2010 Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVA a 2500 kVA con tensión más elevada para el

material de hasta 36 kV. Parte 2-3:

Transformadores de distribución con cajas de cables en el lado de alta y/o baja tensión. Cajas de

- cables Tipo 2 para uso en transformadores de distribución que cumplan los requisitos de la norma EN 50464-2-1.
- UNE-EN 50464-3:2010 Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVA a 2500 kVA con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 3: Determinación de la potencia asignada de transformadores con corrientes no sinusoidales.

Centros de transformación prefabricados:

- UNE-EN 62271-202:2015 Aparamenta de alta tensión. Parte 202: Centros de transformación prefabricados de alta tensión/baja tensión.
- UNE-EN 62271-212:2017 (Versión corregida en fecha 2017-11-15) Aparamenta de alta tensión. Parte 212: Conjuntos compactos de equipos para centros de transformación (CEADS).

Transformadores de medida y protección:

- UNE-EN 61869-2:2013 Transformadores de medida. Parte 2: Requisitos adicionales para los transformadores de intensidad.
- UNE-EN 61869-1:2010 Transformadores de medida. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 61869-5:2012 Transformadores de medida. Parte 5: Requisitos adicionales para los transformadores de tensión capacitivos.
- UNE-EN 61869-3:2012 Transformadores de medida. Parte 3: Requisitos adicionales para los

transformadores de tensión inductivos.

- UNE-EN 61869-4:2014 (Ratificada) Transformadores de medida. Parte 4: Requisitos adicionales para transformadores combinados. (Ratificada por AENOR en noviembre de 2014.)

Pararrayos:

- UNE-EN 60099-4:2016 Pararrayos. Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna.

Fusibles de alta tensión:

- UNE-EN 60282-1:2011 Fusibles de alta tensión. Parte 1: Fusibles limitadores de corriente.

Cables y accesorios de conexión de cables:

- UNE 211605:2013 Ensayo de envejecimiento climático de materiales de revestimiento de cables.
- UNE-EN 60332-1-2:2005 Métodos de ensayo para cables eléctricos y cables de fibra óptica sometidos a condiciones de fuego. Parte 1-2: Ensayo de resistencia a la propagación vertical de la llama para un conductor individual aislado o cable. Procedimiento para llama premezclada de 1 kW.
- UNE-EN 60228:2005 Conductores de cables aislados.
- UNE 211002:2017 Cables eléctricos de baja tensión. Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V (Uo/U). Cables unipolares sin cubierta, con aislamiento termoplástico, y con altas prestaciones respecto a la reacción al fuego, para instalaciones fijas
- UNE 21027-9:2014 Cables eléctricos de baja tensión. Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V (Uo/U). Cables con propiedades especiales ante el fuego. Cables unipolares sin cubierta con aislamiento reticulado libre de halógenos y baja emisión de humo. Cables no

propagadores del incendio.

- UNE 211006:2010 Ensayos previos a la puesta en servicio de sistemas de cables eléctricos de alta tensión en corriente alterna.
- UNE 211620:2018 Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV inclusive. Cables unipolares y unipolares reunidos con aislamiento de XLPE. Cables con pantalla de tubo de aluminio y cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 10E-6, 10E-7, 10E-8 y 10E-9).
- UNE 211027:2013 Accesorios de conexión. Empalmes y terminaciones para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).
- UNE 211028:2013 Accesorios de conexión. Conectores separables apantallados enchufables y atornillables para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV)''

DATOS DE DISEÑO

En este apartado se expondrán de los parámetros de diseño de la aparamenta de las posiciones de media y alta tensión de la subestación. La aparamenta a instalar debe soportar las condiciones mostradas en la tabla y tendrán las características más apropiadas en base a su función.

Tabla 1 Datos de diseño

	MT	AT
Parámetro de diseño	30 kV	220 kV

Tensión nominal	30 kV	220 kV
Frecuencia nominal	50 Hz	50 Hz
Tensión más elevada para el material	36 kV	245 kV
Sobretensión máxima a frec. industrial	70 kV	460 kV
Sobretensión máxima a impulso tipo rayo(1,2/50µS)	170 kV	1050 kV
Intensidad de cortocircuito	40 kA	40 kA

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

1.1.1 POSICIÓN DE 220kV

Para la posición de 220 kV se ha propuesto una configuración simple barra. Llegan 3 posiciones de transformación provenientes de los parques fotovoltaicos y sale una posición de línea hacia la subestación de REE.

El aparellaje de cada posición de manera esquemática es el siguiente:

- Posición de línea:
 - 3 pararrayos unipolares
 - 1 seccionador tripolar con puesta a tierra
 - 1 seccionador trifásico
 - 3 terminales de exterior para conductor desnudo
 - 3 transformadores de intensidad

- 1 transformador de tensión
- 3 interruptores monopolares

- Posiciones de transformador (3):
 - 3 pararrayos unipolares
 - 1 seccionador tripolar con puesta a tierra
 - 1 seccionador trifásico
 - 3 transformadores de intensidad
 - 3 interruptores monopolares

- Barra de 220 kV:
 - 3 transformadores de tensión

1.1.2 POSICIÓN DE 30kV

Para la posición de 30 kV se ha propuesto una configuración simple barra donde en el caso de la línea que llega del parque de 50MVA tendrá 3 posiciones de línea, una línea de 100MVA tendrá 6 posiciones de línea y la otra posición de 100MVA tendrá 7 ya que incluye a los servicios auxiliares. Saldrá de cada barra una posición de línea hacia la posición de transformación.

El aparellaje de cada posición de manera esquemática es el siguiente:

50MVA

- 3 celdas de línea.
- 1 acometida de transformador
- 1 autoválvula en la barra

100MVA

- 3 celdas de línea.
- 1 acometida de transformador

- 1 autoválvula en la barra

100MVA

- 3 celdas de línea.
- 1 acometida de transformador
- 1 autoválvula en la barra
- 1 celda de servicios auxiliares

El aparellaje de cada posición de manera esquemática es el siguiente:

- Posición de línea:
 - 1 seccionador tripolar con puesta a tierra
 - 3 transformadores de intensidad
 - 3 interruptores tripolares
 -
- Posiciones de transformador (3):
 - 3 pararrayos unipolares
 - 1 seccionador tripolar con puesta a tierra
 - 3 transformadores de intensidad
 - 3 interruptores monopoles

1.1.3 POSICIÓN DE TRANSFORMACIÓN

La subestación dispondrá de 3 transformadores, dos transformadores iguales para la potencia de 100 MVA y otro para la potencia de 50 MVA

Transformador 50MVA

El transformador será:

- 50 MVA
- Ynd11
- $220 \pm 10\% / 30 \text{ kV}$
- ONAN/ONAF

Transformador 100MVA:

El transformador será:

- 100 MVA
- Ynd11
- $220 \pm 10\% / 30$ kV
- ONAN/ONAF

1.1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA

En este apartado se detallará la característica de la aparamenta para las posiciones anteriormente descritas.

1.1.4.1 Características 220kV

1.1.4.1.1 Transformador de potencia 50MVA

Se instalará un transformador de 50 MVA de relación 30/220kV trifásico, de aceite y con regulación en carga.

Tabla 2 Características Transformador 50MVA

Tipo de servicio	Continuo
------------------	----------

Potencia Nominal	50 MVA
Refrigeración	Onan/Onaf
Tensión primario vacío	220 kV
Tensión secundario vacío	30 kV
Frecuencia nominal	50 Hz
Conexión de los devanados	Estrella/Triángulo
Grupo de conexión	YNd11

Tabla 3 Características aislamiento transformador 50MVA

	Primario	Secundario
Tensión soportada a impulso tipo rayo (kV)	1050	170
Tensión aplicada durante 1 minuto, frecuencia nominal(kV)	460	70

Protecciones

El transformador contará con los siguientes equipos de protección:

- Indicadores de nivel de aceite (2), cada uno dispone de alarma para el nivel bajo. Controlarán el nivel del transformador y el regulador.
- Dispositivos para liberar presión (2).
- Relé Buchholz
- Relés de protección (3) para el conmutador en carga
- Termómetro para indicar la temperatura del aceite del transformador con ajustes predeterminados: nivel refrigeración forzada 1, nivel refrigeración forzada 2, alarma temperatura.
- Termómetro para indicar la temperatura del aceite del devanado de alta tensión con ajustes predeterminados: nivel refrigeración forzada 1, nivel refrigeración forzada 2, alarma temperatura.

- Termómetro para indicar la temperatura del aceite del devanado de baja tensión con ajustes predeterminados: nivel refrigeración forzada 1, nivel refrigeración forzada 2, alarma temperatura.
- Termostato de indicación de nivel de temperatura del regulador.

1.1.4.1.2 Transformador de potencia 100MVA

Se instalará un transformador de 100 MVA de relación 30/220kV trifásico, de aceite y con regulación en carga.

Tabla 4 Características transformador 100MVA

Tipo de servicio	Continuo
Potencia Nominal	100 MVA
Refrigeración	Onan/Onaf
Tensión primario vacío	220 kV
Tensión secundario vacío	30 kV
Frecuencia nominal	50 Hz
Conexión de los devanados	Estrella/Triángulo
Grupo de conexión	YNd11

Tabla 5 Características aislamiento transformador 100MVA

	Primario	Secundario
--	----------	------------

Tensión soportada a impulso tipo rayo (kV)	1050	170
Tensión aplicada durante 1 minuto, frecuencia nominal(kV)	460	70

Protecciones

El transformador contará con los siguientes equipos de protección:

- Indicadores de nivel de aceite (2), cada uno dispone de alarma para el nivel bajo. Controlarán el nivel del transformador y el regulador.
- Dispositivos para liberar presión (2).
- Relé Buchholz
- Relés de protección (3) para el conmutador en carga
- Termómetro para indicar la temperatura del aceite del transformador con ajustes predeterminados: nivel refrigeración forzada 1, nivel refrigeración forzada 2, alarma temperatura.
- Termómetro para indicar la temperatura del aceite del devanado de alta tensión con ajustes predeterminados: nivel refrigeración forzada 1, nivel refrigeración forzada 2, alarma temperatura.
- Termómetro para indicar la temperatura del aceite del devanado de baja tensión con ajustes predeterminados: nivel refrigeración forzada 1, nivel refrigeración forzada 2, alarma temperatura.
- Termostato de indicación de nivel de temperatura del regulador.

1.1.4.1.3 Interruptor 220kV

Se detallará en la siguiente tabla las características de los interruptores que permitirán realizar el cierre y apertura de los circuitos en carga:

Tabla 6 Características interruptor 220kV

Tensión nominal	220 kV
-----------------	--------

Tensión más elevada para el material	245 kV
Intensidad nominal	2000 A
Corriente de cortocircuito	40 A
Frecuencia nominal	50 Hz
Valor de cresta de la corriente admisible, corta duración	100 kA
Tiempo de ruptura	3 ciclos
Poder de corte	40 kA
Rango de temperatura de trabajo	-25°C/ +40 °C

Los interruptores contarán con una cámara de extinción de gas SF6 autosoplado. El interruptor será accionado con un mando motorizado, que activará mediante transmisiones mecánicas la apertura y cierre del interruptor. El aislamiento constará de una pieza de porcelana y una barra aislante interior. Cada interruptor está lleno de gas a una presión controlada para garantizar el corte.

1.1.4.1.4 Seccionador 220kV

Para realizar la apertura de líneas que no trabajen en carga, se ha previsto de seccionadores de las siguientes características:

Tabla 7 Características seccionador 220kV

Tensión nominal	220 kV
Tensión más elevada para el material	245 kV
Intensidad nominal	2000 A
Valor de cresta de corriente admisible	80 kA
Frecuencia nominal	50 Hz
Duración nominal admisible de corriente de cortocircuito	1 segundo
Tipo	Tripolar
Poder de corte nominal en cortocuito	40 kA

1.1.4.1.5 Transformador de intensidad

Se dispondrá de transformadores de intensidad para medida y protección con las siguientes características:

Tabla 8 Características TI 220kV

Tensión nominal	220 kV
Tensión más elevada para el material	245kV
Relación de transformación	
Potencia y clases de precisión:	
Número de devanados secundarios	
Frecuencia nominal	50 Hz

1.1.4.1.6 Transformador de tension

Se dispondrá de transformadores de tensión tipo inductivo para medida y protección con las siguientes características:

Tabla 9 Características TT 220kV

Tensión nominal	220 kV
Tensión más elevada para el material	245 kV
Relación de transformación	1:200
Potencia y clases de precisión:	80 kA
Número de devanados secundarios	2
Frecuencia nominal	50 Hz

1.1.4.1.7 Autoválvulas 220kV

Se dispondrá de autoválvulas para proteger la instalación contra las sobretensiones, de origen atmosférico o de cualquier tipo que puedan producirse.

Tabla 10 Características autoválvulas 220kV

Tensión nominal	220 kV
Tensión de servicio continuo	158 kV
Tensión asignada	192 kV
Clase de descarga	3
Intensidad de descarga nominal	10 kA
Contador de descargas	Sí

1.1.4.1.8 Embarrado 220kV

Para el diseño de la subestación se ha propuesto un diseño de simple barra en alta tensión. Este embarrado de 220kV será de tipo interperia y se construirá con tubos rígidos de aluminio. Se detallarán sus características a continuación:

Tabla 11 Características embarrado 220kV

Material	AlMgSiO
Diametros del tubo	150 mm exterior 134 mm interior
Sección del tubo	3569 mm ²
Intensidad máxima admisible	4500 A

La distancia entre ejes de conductores es de 4 metros.

1.1.4.2 Características 30kV

En este apartado se detallan las características de las celdas. Las celdas son prefabricadas por un fabricante especializado. Se dispondrá de celdas encapsuladas con gas SF6.

Tabla 12 Características 30kV

Configuración	Interior. Simple barra.
Tensión nominal	30 kV
Tensión más elevada para el material	36 kV
Tensión soportada a frecuencia industrial	70 kV
Tensión soportada a impulso tipo rayo	170 kVcr
Intensidad nominal de corta duración 1 seg	25 kA
Clasificación arco interno IAC	AFL
Resistencia frente arcos internos	25 kA
Capacidad de cierre de cortocircuito, valor cresta	63 kA
Intensidad nominal de barras	1250 A
Intensidad nominal derivaciones celda de trafo de potencia	1250 A
Intensidad nominal derivaciones celdas de línea / Batería de Condensadores	630 A
Intensidad nominal derivaciones celda SS.AA	630 A

Se muestra en la siguiente imagen el catálogo del fabricante del cual se ha obtenido.

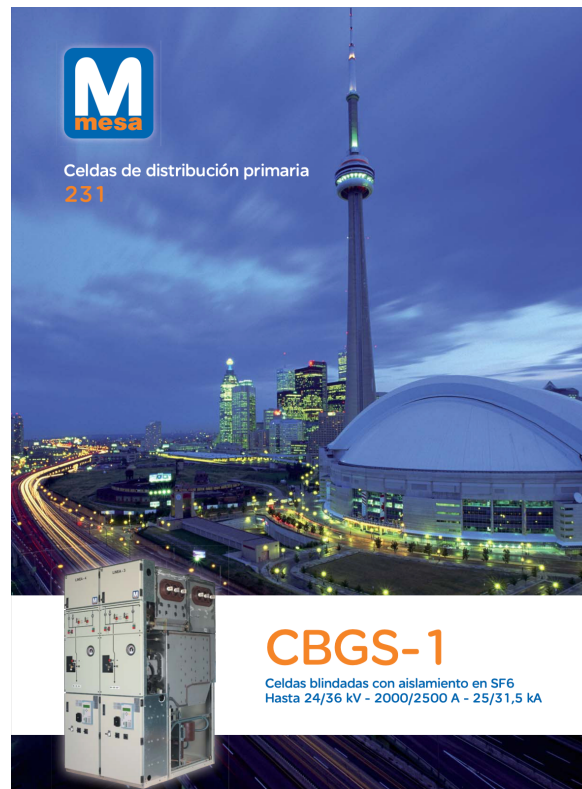


Ilustración 6 Catálogo Media tensión

1.1.4.2.1 Reactancia de puesta a tierra

Para detectar faltas monofásicas y generar un neutral difícil se dispondrá de una reactancia de puesta a tierra con las siguientes características:

Tabla 12 Características Reactancia

Tensión nominal de servicio	30 kV
Tensión de aislamiento	36 kV
Frecuencia	50 Hz
Intensidad de defecto a tierra por el neutro	800 A

Duración del defecto a tierra por el neutro	10 s
Aislamiento de partes activas	30 kV 36 kV 50 Hz 300 A 10 s Seco 70 kV 170 kV
Tensión de ensayo a frecuencia industrial	70kV
Tensión soportada a impulso tipo rayo	170kV

1.1.4.2.2 Autoválvulas 30kV

Las características de las autoválvulas son las descritas a continuación:

Tabla 13 Características autoválvulas 30kV

Cantidad	3
Tensión nominal	30 kV
Tensión más elevada para el material	36 kV
Frecuencia	50 HZ
Tensión de servicio continuo	29 kV
Intensidad de descarga nominal (onda 8/20 μ s)	10 kA
Clase de descarga	2
Contador de descargas	No incluido

1.1.4.2.3 Seccionador 30kV

Las características de los seccionadores son las descritas a continuación:

Tabla 14 Características seccionador 30kV

Cantidad	1 (tripolar)
Tensión nominal	30 kV

Frecuencia	50 HZ
Tensión más elevada para el material	36 kV
Corriente nominal servicio continuo	630 A
Cuchilla de puesta a tierra	No
Tipo	Tripolar
Accionamiento cuchillas principales	Manual

1.1.4.2.4 Interruptor 30kV

Las características de los interruptores son las descritas a continuación:

Tabla 15 Características interruptor 30kV

Cantidad	1 (tripolar)
Tensión nominal	30 kV
Frecuencia	50 HZ
Tensión más elevada para el material	36 kV
Corriente nominal servicio continuo	630 A
Tipo	Tripolar
Poder de corte nominal en cortocircuito	31,5 kA

1.1.4.2.5 Embarrado 30kV

Las características del embarrado de media tensión son las siguientes:

Tabla 16 Características embarrado 30kV

Cantidad	1 (tripolar)
Tensión nominal	30 kV
Frecuencia	50 HZ

Tensión más elevada para el material	36 kV
Aleación	E-AlMgSi0.5, F22
Diametros	100/90 mm

1.1.1 SERVICIOS AUXILIARES

La subestación dispone de servicios auxiliares para mantener los sistemas necesarios para que la subestación funcione y también los necesarios para seguir con la subestación en funcionamiento en caso de que ocurra una incidencia.

Estos servicios serán tanto en alterna como en continua:

- Servicios Auxiliares de Corriente Alterna con tensiones nominales de 400/230 Vca, 50 Hz.
- Servicios Auxiliares de Corriente Continua con tensiones nominales de 125 Vcc.

En general, la subestación dispondrá de los siguientes equipos para alimentar a los equipos necesarios:

- Transformador de Servicios Auxiliares.
- Grupo electrógeno.
- Armario Corriente Alterna 420-230 Vca.
- Cuadros Corriente Alterna
- Cuadro de fuerza y climatización.

- Cuadro de alumbrado
- Armario de Corriente Continua 125 Vcc
- Rectificadores, cargadores y baterías de corriente continua 125 Vcc.
- Convertidor 48 Vcc para comunicaciones.

Estos servicios alimentarán a los siguientes equipos:

- Aparamenta 220-132-30 kV (Motores, caldeo, iluminación, protección en armarios intemperie)
- Transformador de Potencia (Cambiador de tomas, ventilación, etc,)
- Equipos de Mando y Control.
- Sistemas de control e información.
- Equipos de protección.
- Sistemas de señalización y alarma.
- Equipos de telecontrol.
- Sistemas de comunicaciones.
- Alumbrado y fuerza de la instalación (Edificio y Exterior).
- Climatización.

1.1.1.1 Protección contra incendios

El sistema se encargará de detectar con rapidez y eficacia de forma automática cuando se produzca un incendio. Se encargará de notificar al responsable de la gestión de línea

subestación el incidente y alarmar en la zona de la subestación de lo que ocurre para una prevención por parte de personas que puedan estar en los alrededores. Se dispondrá de los siguientes elementos:

- Detector óptico
- Detector de humo
- Pulsadores de alarma
- Extintores
- Carro portátil de extintores para el transformador

1.1.1.2 Sistema antiintrusismo

Se instalará en la subestación un sistema para la protección a nivel de robos o detección de personal no autorizado. Este sistema se podrá controlar en remoto desde normalmente un proveedor externo que se encargue del sistema de alarmas. Toda persona no autorizada o que siga procedimientos no autorizados para proceder al acceso de la subestación será identificada y se notificará al responsable de este sistema de intrusismo. Se compondrá de los equipos que se nombran a continuación

- Central de Alarmas
- Detectores de movimiento infrarrojos.
- Cerraduras con contactos magnéticos
- Bocina y luminoso rojo exterior

1.1.2 OBRA CIVIL

Aunque no se entre en el detalle, se enumerarán los aspectos básicos sobre la obra civil. Cabe destacar que al estar en un montículo requiere de una gran plataforma, pero esto también le aporta una gran evacuación de aguas ante inclemencias meteorológicas. A continuación, se nombran esos aspectos básicos:

- Movimiento de tierras incluyendo la adecuación del terreno, explanaciones y rellenos necesarios hasta dejar a cota la plataforma sobre la que se construirá la subestación.
- Ejecución de viales de acceso y de viales interiores de la subestación.
- Urbanización del terreno incluida la capa de grava superficial.
- Construcción de un edificio para albergar los equipos de control, protección y comunicaciones y los servicios auxiliares de CA y CC; así como las celdas del sistema de MT.
- Sistema de drenajes.
- Cimentaciones, bancada y depósito de aceite para el transformador.
- Arquetas y canalizaciones para el paso de cables.
- Cierre perimetral, puerta de acceso y señalización.

1.1.3 ESTRUCTURA METÁLICA

El montaje de la subestación requerirá de una serie de estructuras metálicas que sobretodo serán requeridos para el montaje de la aparamenta de alta tensión.

Toda esta estructura puede verse más detalladamente y la disposición que tendrá en los planos.

Toda la estructura incluyendo tornillería y otros elementos se construirá con materiales que resistan la corrosión ya que estará a la interperie.

1.1.4 CONDUCTOR DE MEDIA TENSIÓN

La conexión entre el parque fotovoltaico y la subestación elevadora, en concreto las celdas de media tensión. Este conexionado se hará con cables subterráneos en paralelo en bandejas. La intensidad de diseño depende del parque del que proviene la línea.

Para el parque de 50MVA tenemos una intensidad de diseño de 1013A por lo que se instalarán dos ternas de cable unipolar de cobre 18/30kV de sección 630mm² con lo que se alcanza una intensidad de 1350A según lo dispuesto en el ITC-LAT 6.

Para el parque de 100MVA tenemos una intensidad de diseño de 2026A por lo que se instalarán cuatro ternas de cable unipolar de cobre 18/30kV de sección 630mm² con lo que se alcanza una intensidad de 2700A según lo dispuesto en el ITC-LAT 6.

1.1.5 PROTECCIONES

La protección se encargará de disparar o saltar las alarmas enviando al centro de control la incidencia ocurrida en la subestación.

Para la subestación del estudio se ha previsto la siguiente protección:

Posición de Línea:

Se ha previsto un bastidor de relés equipado con dos sistemas de protección redundantes e independientes. Cada sistema se alimentará de un sistema rectificador – batería de 125 Vcc diferente y actuarán sobre bobinas de disparo del interruptor diferentes.

El Armario de protección y control de Línea dispondrá de los siguientes componentes principales:

- Una (1) UCP
- Una (1) protección principal, compatible con el modelo del extremo remoto
- Una (1) protección secundaria, compatible con el modelo del extremo remoto
- Un (1) relé de fallo interruptor 50S-62X (BJ8).
- Un (1) relé de teledisparo 94TD (RJ8).

- Un (1) relé de teledisparo 94TDE (RF4).
- Un (1) Selector con retorno a cero para activar/desactivar el teledisparo
- Un (1) switch de comunicaciones para la integración de los equipos con la UCS.
- Un (1) panel de parcheo para fibra monomodo y multimodo.
- Bornas auxiliares, relés repetidores, etc.
- Cableado de comunicaciones (Fibra / Ethernet).
- Material auxiliar eléctrico (Interruptores, canaletas, toma de corriente, etc.).

Posición de Línea 30 kV:

Se dispondrá de un equipo de UCP con las siguientes funciones:

- Protección de sobreintensidad temporizada de fases (51).
- Protección de sobreintensidad instantánea de fases (50).
- Protección de sobreintensidad instantánea de neutro (50N).
- Protección direccional de neutro (67N).
- Supervisión de bobinas (3).
- Oscilografía y registro de eventos (OSC).
- Registro de Medidas (I, U, P, Q, $\cos\Phi$, f).
- Sinóptico y mando para control de los elementos de la posición.

Para el transformador se ha dispuesto también una protección que queda detallada en otra parte del proyecto.

1.1.6 MEDIDA DE ENERGÍA

La medida para la facturación y la correcta organización de que corresponde a cada propietario del parque se realizará en las líneas de alta tensión por lo que se medirá tras pasar el transformador y antes de llegar al embarrado común ya que es interesante realizar la medida independientemente por cada parque. Se realizará la medida en acuerdo al Reglamento de Puntos de Medida, Real Decreto 1110/2007 del 24 de agosto.

Para los parques, las plantas se considera Tipo 1 y deberá ser verificada la medición cada 2 años según el reglamento.

La medida se realizará por cada línea por lo que será facilitada al propietario de cada planta la medida y facturación de su instalación. También, a la hora de repartir los gastos comunes en la línea que contenga los SSAA. Los equipos de medida, se detallan a continuación:

- Contador electrónico conjunto de Activa y Reactiva. Gracias a este contador se podrá realizar la medida en los cuatro cuadrantes por lo que se puede medir el consumo y la generación.

- Clase de precisión del contador de activa: 0.2s
- Clase de precisión del contador de reactiva: 0.5
- Máxímetro parametrizable.
- Registrador de medida integrado
- Regleta de verificación, la cual permite realizar mediciones amperimétricas y voltimétricas,

proporcionar alimentación auxiliar para calibración, facilitar sustitución y/o conexión de equipos auxiliares.

- Unidad de comunicación con planta
- Modem de comunicaciones GSM (Global System for Mobile Communications). Se puede controlar en remoto.

Por último, como se indica en el reglamento se ha de cumplir instalando cajas de formación independientes para tensiones e intensidades.

1.1.7 ALUMBRADO

La subestación estará dotada de alumbrado exterior, interior y de emergencia. Estos aportarán a la subestación seguridad para realizar las maniobras y para el acceso al puesto de control

1.1.7.1 ALUMBRADO EXTERIOR

El alumbrado exterior instalado permitirá aportar la luminosidad suficiente para las operaciones nocturnas necesarias tanto de control como de alguna incidencia que pueda surgir.

- No se instalarán luminarias en posiciones horizontales que queden por encima del plano de la subestación
- Se iluminará lo indispensable para no favorecer la contaminación lumínica del entorno en el que se encuentra.
- Se evitará aportar un espectro de luz en longitudes de onda inferiores a 54nm

Se instalarán focos de aluminio con una potencia de 300W con el fin de respetar lo anteriormente mencionado a una altura de 2,5 metros sobre el piso.

1.1.7.2 ALUMBRADO INTERIOR

El interior del edificio se hará mediante tubos fluorescentes

1.1.7.3 ALUMBRADO DE EMERGENCIA

El sistema de alumbrado de emergencia contará a nivel lumínico con lámparas y alimentado en corriente continua.

1.1.8 SISTEMA DE MEDIDA FISCAL

En cuanto los equipos contadores-registradores, cumpliendo con lo especificado en el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico y más concretamente en las instrucciones técnicas complementarias, para puntos de medida de tipo 1 (potencia intercambiada anual igual o superior a 5 GWh) se instalarán contadores de energía activa de clase 0,2s y reactiva de clase 0,5 para medida comprobante.

El equipamiento necesario que se ha previsto para el consumo de energía será el siguiente:

- Transformadores de tensión e intensidad ubicados en la salida de la posición de línea.
- Contadores de energía activa que, en el caso de los estáticos, deberán contar con el correspondiente

certificado de conformidad a las normas UNE-EN 62053-22 y UNE-EN 62053-21 para su clase de

precisión, simple tarifa, conexión a 4 hilos, clase de precisión 0,2s.

- El registro de energía activa será realizado en todos los sentidos en los que sea posible la circulación

de la energía.

- Contadores de energía reactiva que, en el caso de los estáticos, deberán contar con el correspondiente

certificado de conformidad a las normas UNE-EN 62053-23 para su clase de precisión, 4 hilos, clase de precisión 0,5. El registro de energía reactiva será realizado en todos los cuadrantes en la que sea posible la circulación de la energía.

El registro de energía reactiva será realizado en todos los cuadrantes en los que sea posible la circulación de la energía.

- Registrador-discriminador tarifario, destinado al almacenamiento de las medidas procedentes de los contadores y dar apoyo a la teletransmisión, podrá tener la función de máxímetro y de acumulación de curvas de carga.
- Podrá almacenar la información de uno o más equipos de medida.
- El período de integración deberá ser de 15 minutos, aunque deberá ser posible parametrizar valores

inferiores.

- Dispondrá de un módem para red telefónica conmutada, compatible con el puesto central de

telemedida.

Para la facturación de toda la generación de la planta fotovoltaica Los Pradillos se instalará una medida comprobante en la parte de alta tensión, en la salida en 400 kV de la subestación Los Pradillos 400 kV. Finalmente se instalará una medida principal en el punto frontera con la subestación de REE para la medida de la totalidad de los parques de este nudo, a menos de 500 metros de la subestación Fuencarral 400 kV.

De este modo se da cumplimiento a lo establecido en el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (RD 1110/2007).

Ç

1.1.9 PUESTA A TIERRA

Se instalará una malla enterrada con las medidas de la subestación. En el anexo se incluirá el detalle del cálculo para el cual se ha hecho una hoja de cálculo específica.

Se conseguirá eliminar la posibilidad de electrocución del personal que acceda al recinto de la subestación.

Se seguirá el ITC-RAT 13 del “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión”.

Se conectará a la malla de tierra los siguientes elementos:

- Los chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
- Los envoltentes de los conjuntos de armarios metálicos.
- Las puertas metálicas de los locales.
- Las vallas y cercas metálicas.
- Las columnas, soportes, pórticos, etc.

- Las estructuras y armaduras metálicas de los edificios que contengan instalaciones de alta tensión.
- Las armaduras metálicas de los cables.
- Las tuberías y conductos metálicos.
- Las carcasas de transformadores, generadores, motores y otras máquinas.
- Hilos de guarda o cables de puesta a tierra de las líneas aéreas.
- Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.
- Pantalla de separación de los circuitos primario y secundario de los transformadores de medida o protección.
- El neutro de los alternadores
- Los circuitos de media tensión de los transformadores de medida o protección,
- Los limitadores, descargadores, autoválvulas, pararrayos, para eliminación de sobretensiones o descargas atmosféricas.

Capítulo 2. ANEXO: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA

2.1.1 INTRODUCCIÓN

En el siguiente apartado se va a mostrar los cálculos necesarios para el diseño de la puesta a tierra de la Subestación 30/220kV. También se comprobará como se cumple las tensiones de paso y contacto admisibles para dicha instalación.

2.1.2 NORMATIVA

El cálculo y diseño de la puesta a tierra se hará teniendo presente las siguientes normas:

- IEEE Std 80-2013, (2013). IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding. IEEE, New York.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITCRAT 01 a 23.

2.1.3 PARÁMETROS DE DISEÑO

La presente memoria de cálculo está elaborada de acuerdo con los siguientes parámetros:

Tabla 17 Características PaT

Corriente de cortocircuito *	4,65 kA
Factor de crecimiento	1,0
Tiempo de duración de la corriente de falta	1 s
Temperatura media máxima	34°C
Resistividad de la capa superficial	4000 Ω m
Espesor de la capa superficial	0,1 m
Resistencia del cuerpo humano	1000 Ω
Peso de la persona	70 kg
Profundidad a la que se instalará la Malla de Tierras	0,8 m

*Nota: Este valor se deberá corroborar una vez se tenga el Estudio de Cortocircuito

2.1.4 MÉTODO DEL CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA

Según lo establecido en la IEEE Std 80-2013 se seguirán los siguientes pasos para el diseño de la puesta a tierra, que se mostrarán en el siguiente diagrama de manera esquemática. Gracias a este diagrama se podrá ver con claridad las etapas de cálculo que posteriormente se detallarán.

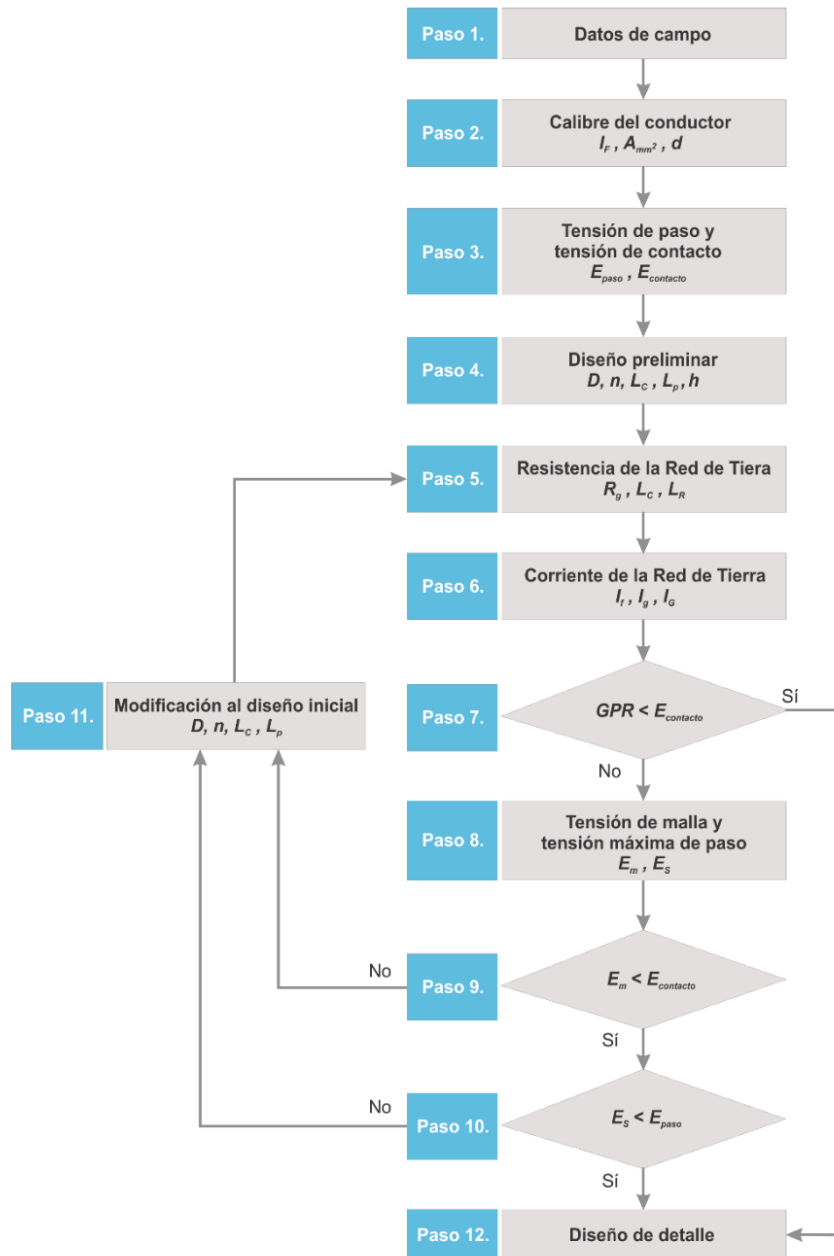


Ilustración 7 Método cálculo PaT

2.1.5 DETALLE DE CÁLCULO

En este apartado se detallará el cálculo y el diseño de la red de tierras siguiendo el diagrama anterior.

Paso 1.

Datos de campo

En este primer paso se determinará el área de la subestación y la resistividad del terreno de esta.

Para poder definir la puesta a tierra se necesita conocer el área que hay disponible para la red mallada enterrada. En esta área se incluirá todo el perímetro de la subestación, quedando dentro todos los equipos que la componen y las edificaciones correspondientes. Se muestra en la siguiente imagen un plano de planta de la subestación para calcular el perímetro del que se dispone para el diseño.

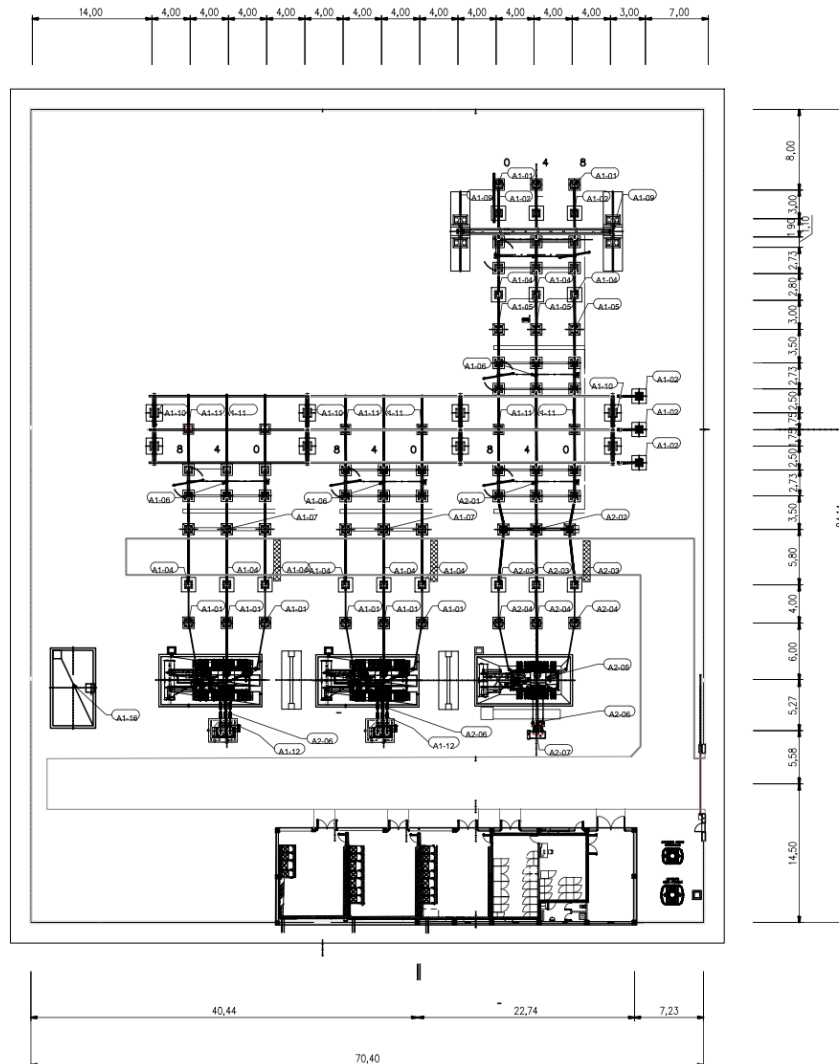


Ilustración 8 Planta de la subestación

Por lo que, según la planta de la subestación,
Tenemos un Área disponible de 5880 metros cuadrados

Y el valor de resistividad propuesto para los cálculos es de:

$$\rho=200[\Omega \cdot m]$$

Paso 2.

Calibre del conductor

Se calculará el calibre del conductor que compondrá la malla de tierra. Para determinar este calibre necesitaremos conocer algunos parámetros de la subestación como la corriente de falta a tierra, el tiempo de duración de la falta, así como las características del conductor y la temperatura ambiente del sitio. Para calcular la intensidad de falta seguiremos la siguiente formula:

$$I_F = F_c D_f I_f$$

Donde se relaciona, la corriente asimétrica de falta, el factor de crecimiento, el factor de decremento de la corriente de falta y la corriente simétrica de falta a tierra.

Para el factor de crecimiento, se considera un crecimiento de 20% para el tiempo de vida de la subestación por lo que el valor de nuestro factor será de 1.

Para el tiempo de falta se considerará 1 segundo debido a que corresponde al tiempo de respuesta de las protecciones.

Y con este tiempo de falta y el factor X/R se podrá calcular el factor de decremento de falta. Se empleará la siguiente tabla para obtener este factor:

Fault duration, t_f		Decrement factor, D_f			
Seconds	Cycles at 60 Hz	$X/R = 10$	$X/R = 20$	$X/R = 30$	$X/R = 40$
0.008 33	0.5	1.576	1.648	1.675	1.688
0.05	3	1.232	1.378	1.462	1.515
0.10	6	1.125	1.232	1.316	1.378
0.20	12	1.064	1.125	1.181	1.232
0.30	18	1.043	1.085	1.125	1.163
0.40	24	1.033	1.064	1.095	1.125
0.50	30	1.026	1.052	1.077	1.101
0.75	45	1.018	1.035	1.052	1.068
1.00	60	1.013	1.026	1.039	1.052

Por lo que se tiene un valor de 1,026.

Para la corriente simétrica de falta, tendremos en cuenta un valor de corriente de falta obteniendo por valores de REE para nuestra zona de 4,9 kA.

Por lo que se obtiene una corriente asimétrica, $I_F = 5,023$ kA.

Para calcular la sección del conductor se utilizará la siguiente expresión:

$$A_{mm^2} = \frac{I_F}{\sqrt{\frac{TCAP 10^{-4}}{t_f \alpha_r \rho_r} \ln \left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a} \right)}}$$

Por lo que nos falta obtener el tipo de conductor que se usa para la malla a de tierra, se utilizará en este caso un cable de cobre desnudo, publicada en la IEEE Std 80-2013.

Tabla 18 Tipos de conductores malla

Table 1 – Material constants

Description	Material conductivity (%)	α_r factor at 20 °C (1/°C)	K_0 at 0 °C (0 °C)	Fusing ^a temperature T_m (°C)	ρ_r 20 °C ($\mu\Omega \cdot cm$)	TCAP thermal capacity [$J/(cm^3 \cdot ^\circ C)$]
Copper, annealed soft-drawn	100.0	0.003 93	234	1083	1.72	3.42
Copper, commercial hard-drawn	97.0	0.003 81	242	1084	1.78	3.42
Copper-clad steel wire	40.0	0.003 78	245	1084	4.40	3.85
Copper-clad steel wire	30.0	0.003 78	245	1084	5.86	3.85

Se obtienen los coeficientes necesarios de la anterior tabla.

Por lo que:

A_{mm^2} = Sección transversal del conductor, en [mm^2]. I_F = Corriente asimétrica de falta a tierra, en [kA].

$TCAP$ = Capacidad térmica por unidad de volumen del conductor, en [$J/(cm^3 \cdot ^\circ C)$].

t_f = Tiempo de duración de la corriente de falta, en [s].

α_r = Coeficiente térmico de resistividad del conductor a la temperatura de referencia T_r , en [$1/^\circ C$].

ρ_r = Resistividad del conductor a la temperatura de referencia T_r , en [$\mu\Omega \cdot cm$].

$K_0 = 1/\alpha_0$ ó $(1/\alpha_r) - T_r$, en [$^\circ C$].

α_0 = Coeficiente térmico de resistividad del conductor a 0 °C, en [$1/^\circ C$].

T_m = Temperatura máxima permisible del conductor, en [$^\circ C$].

T_a = Temperatura ambiente del sitio, en [$^\circ C$].

1.-Datos Generales

Descripción cable :	101 Copper, commercial hard-drawn
Temperatura ambiente :	40 °C
Intensidad de falta (valor eficaz):	4,9 kA
Tiempo de la falta:	0,4 s
Conductividad del material:	97 %
Coefficiente de resistividad térmico a 20°C:	0,00381 °C ⁻¹
K ₀ :	242 °C
Temperatura de fusión:	1084 °C
Resistividad pr a 20°C	1,78 μΩ·cm
Capacidad térmica TCAP:	3,42 J/(cm ³ ·°C)
Sección mínima:	11,091695 mm ²
Sección mínima normalizada:	16 mm²

2.- DC Offset de la Corriente

Considerar:	Si
Frecuencia de red:	50 Hz
Tiempo de falta:	0,4 s
Relación X / R:	10
Constante tiempo del DC offset Ta	0,031831 s

Factor de reducción **1,0390272**
Df:
Intensidad corriente asimétrica: 5,0912332 kA

Si el cable seleccionado es hard drawn copper y se requiere por razones mecánicas la resistencia de éste,
la temperatura de fusión deberá
ser 250 °C

En ese caso:

Sección mínima: 18,498008 mm²
Sección mínima
normalizada: 25 mm²

Paso 3.

Tensión de contacto y tensión de paso

En este tercer paso se calculará las tensiones de paso y contacto admisibles para el cuerpo humano. Se realizarán los cálculos considerando una persona de 70 kg.

Para realizar este cálculo, se emplearán las siguientes ecuaciones:

$$E_{\text{paso } 70} = \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} (R_B + 6\rho_s C_s)$$

$$E_{\text{contacto } 70} = \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} (R_B + 1.5\rho_s C_s)$$

Donde

C_s = Factor de reducción de la capa superficial, en $[1/m]$

ρ = Resistividad de terreno homogéneo de la subestación, en $[\Omega \cdot m]$.

ρ_s = Resistividad de la capa superficial, en $[\Omega$
 $\cdot m]$.

h_s = Espesor de la capa superficial, m

Se presentan los cálculos obtenidos en el Excel desarrollado que se ha comentado anteriormente, con un valor de resistividad siguiendo la norma IEEE Std 80-2013.

CÁLCULO DE LA TENSIÓN DE PASO Y CONTACTO ADMISIBLE

1.-Cálculo según IEEE 80-2000

Peso de la persona:

kg

Resistividad capa superficial ρ_s :	3000	$\Omega \cdot m$
Resistividad del terreno ρ :	200	$\Omega \cdot m$
Profundidad de la capa superficial h_s :	0,1	m
Factor reductor de la capacidad normal Cs:	0,710344828	
Tiempo de descarga t_s :	0,4	s
Corriente de descarga máxima admisible (Dalziel's):	248,23880	mA
Corriente de descarga máxima admisible (Curva Z):	456,25	mA
Corriente de descarga máxima admisible:	248,23880	mA
Tensión metal-metal E_{mm} :	248,23880	V
Tensión de contacto admisible:	1041,74695	V
Tensión de paso admisible:	3422,27141	V

2.- Cálculo según MIE-RAT 13

- Tensión de contacto: 414 V

-
Nota:
Si el tiempo de falta está entre 3-5 segundos, la tensión máxima de contacto será de 64V
Si el tiempo de falta es superior a 5 segundos, la tensión de contacto no será superior a 50 V

- Tensión de paso: 3960 V

3.- Elección Normativa

- Norma a aplicar: MIE RAT 13

Tensión de contacto admisible E_{touch} : 414,00000 V

Tensión de paso admisible E_{step} : 3960,00000 V

-

Paso 4. Diseño preliminar

En este paso se va a seguir el Excel realizado para hacer el diseño de la malla de puesta a tierra, se ha seguido y buscado medidas normalizadas y típicas en el diseño de la malla como es la distancia entre conductores de 5 metros. Se muestra a continuación como se ha calculado, para la nomenclatura se utilizad esta plantilla:

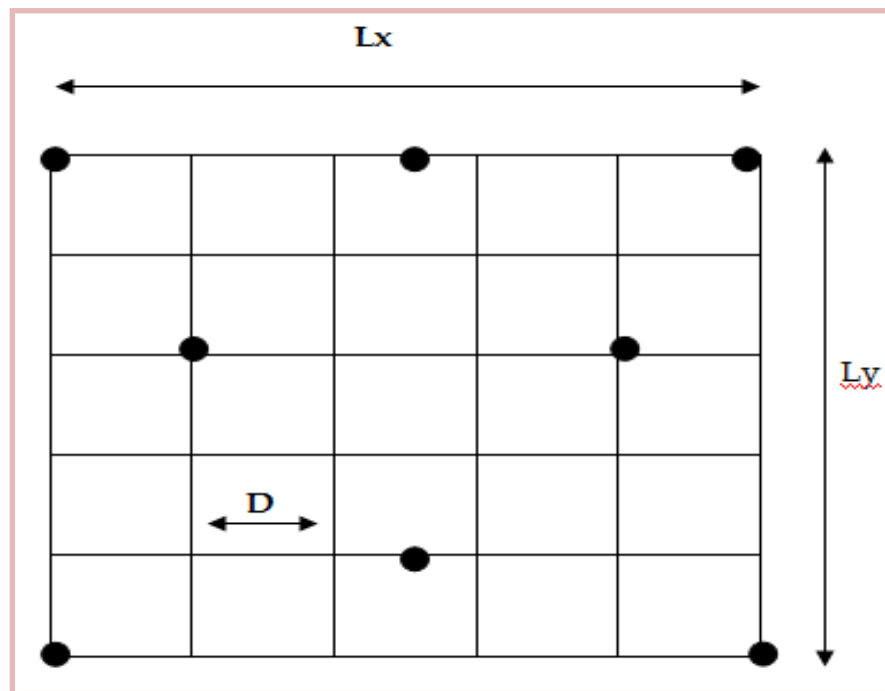


Ilustración 9 Forma de la malla

El diseño se realizará en forma de rectángulo ya que es la forma de la subestación objeto de diseño.

Diseño Rectangular:

Longitud del lado de la malla Lx:	85 m
Longitud del lado de la malla Ly:	70 m
Área total A:	5950 m ²
Número de conductores en x:	20
Espacio entre conductores Dy:	3,6842105 m
Número de conductores en y:	18
Espacio entre conductores Dx:	5 m
Espacio medio entre conductores D:	4,3421053 m
Perímetro Lp:	310 m
Longitud total conductores Lc:	2960 m
Distancia máxima entre dos puntos Dm:	110,11358 m
Factor geométrico na:	19,096774
Factor geométrico nb:	1,0023551
Factor geométrico nc:	1
Factor geométrico nd:	1
Factor geométrico n:	19,141749
Factor corrección geométrico Ki:	3,4769789
Número de picas n _R :	30
Longitud pica L _r :	3 m
Longitud picas total L _R :	90 m
Longitud total efectiva L _M :	3102,4915 m
Diámetro pica 2b:	0,0183 m

Por lo que se obtienen estos datos en nuestro diseño inicial que después habrá que comprobar.

Paso 5.

Resistencia de la Red de Tierras

Siguiendo el esquema del cálculo, con los datos ya obtenidos de diseño preliminar y datos del conductor podemos calcular la resistencia de puesta a tierra que tendría la subestación si se diera este diseño final.

Se calculará empleando la siguiente ecuación y ayudándonos del Excel que hemos diseñado.

$$R_g = \rho \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right]$$

Donde

R_g = Resistencia de la Red de Tierras, en $[\Omega]$.

ρ = Resistividad de terreno homogéneo de la subestación, en $[\Omega \cdot m]$.

L_T = Longitud total de los conductores enterrados, en $[m]$.

A = Área ocupada por la Red de Tierras, en $[m^2]$.

h = Profundidad de la Red de Tierras, en $[m]$.

Se detalla a continuación todos los datos obtenidos del conductor:

Cálculo Resistencia Puesta a Tierra Conductores Enterrados

Resistividad del terreno:	200 $\Omega \cdot m$
Diseño inicial Puesta a Tierra:	2 Rectangular
Longitud total de los conductores L_c :	2960 m
Profundidad de enterrado conductor h :	1 m
Diámetro del conductor d :	0,005642 m
Radio efectivo conductor a' :	0,075 m
Área total del mallado A :	5950 m^2
1) Curvas de Schwarz	
Tipo de Curva:	1 CURVA A
Coefficiente k_1 :	1,361428571
Coefficiente k_2 :	5,682142857
2) Kercel	
Coefficiente Kercel k_1 :	1,364551021
Coefficiente Kercel k_2 :	7,116353967
Método de cálculo:	Kercel
k_1 :	1,364551021
k_2 :	7,116353967
Resistencia PAT conductor R_1 :	1,215627899 Ω

2.- Cálculo Resistencia Puesta a Tierra Picas

Resistividad del terreno:	200 $\Omega \cdot m$
Diseño inicial Puesta a Tierra:	2 Rectangular
Longitud de cada pica L_r :	3 m
Diámetro pica $2b$:	0,0183 m

Número de picas n_R : 30
Longitud total picas L_R : 90 m
Resistencia PAT picas R_2 : **95,6510052 Ω**

3.- Cálculo Resistencia Mutua Puesta a Tierra

Resistencia PAT mutua R_m : **1,157829477 Ω**

-

4.- Cálculo Resistencia Puesta a Tierra

Resistencia PAT R_g :

1,21559

 Ω

-

- -

Paso 6. Corriente de la Red de Tierras

Siguiendo el proceso de cálculo, se calculará la corriente máxima de la red de tierras.

Se detalla a continuación lo obtenido.

En este cálculo, nos hemos ayudado de la gráfica de la IEEE Std-200, se escoge el factor Sf teniendo en cuenta el tipo de subestación sujeta al estudio, en nuestro caso una subestación con alta y baja tensión.

CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE PUESTA A TIERRA

1.- Datos de Entrada

Corriente falta I_F :	4,900 kA
Split factor Sf:	0,80516
Tipo de Resistencia de PAT	1 Combinación de mallas y picas
Resistencia puesta a tierra Rpat:	1,215592567 Ω

2.- Cálculo de Df

Factor de reducción Df:	1,039027
-------------------------	----------

3.- Cálculo Corriente

I_G

Considerar factor Df:

1 Si

Considerar factor Sf:

1 Si

Corriente I_G :

4,0993 kA

4.- Cálculo Ground Potential Rise GPR

-

GPR:

4983,026693 V

Por lo que siguiendo el método, hay que comprobar si se cumple que la GPR es mejor a la Econtacto. Como no cumple en este caso hay que calcular Em y Es

¿GPR = 4983,03 < Etouch= 414,00 ?

2 NO

CALCULAR Em Y Es

Paso 8. Tensión de malla y tensión máxima de paso

En este octavo paso hay que calcular la tensión de malla y la tensión máxima de paso. Teniendo en cuenta que nuestro diseño es rectangular y con picas en el perímetro

Tabla 19 Parámetros tensiones

Tipo de diseño	Distancia entre conductores	Factor geométrico α_n	Longitud efectiva L_M	Factor geométrico K_i	Longitud Total Conducto L_C	Longitud Total Picas L_R
Rectangular	4,342105263	19,14174924	3102,491457	3,476978888	2960	90

Tipo de mallado	Kii
1 Sin picas	0,683283847
2 Picas no localizadas en las esquinas	0,683283847
3 Picas en las esquinas	1
4 Picas en el perímetro	1

Por lo que:

CÁLCULO DE LA TENSIÓN DE MALLA Y DE PASO

1.-Datos Generales

Resistividad del terreno ρ :	200	$\Omega \cdot m$
Diseño inicial puesta a tierra:	2 Rectangular	
Distancia entre conductores D:	4,34	m
Diámetro del conductor d:	0,010998	m
Profundidad cable enterrado h:	1,000	m
Factor geométrico n:	19,14174924	
Tipo de mallado:	4 Picas en el perimetro	
Factor Kii:	1,000	
Factor Kh:	1,414	
Factor Km:	0,533	
Factor geométrico Ki:	3,476978888	
Factor geométrico Ks:	0,292	
Corriente de falta I_G :	4099,257291	A
Longitud total efectiva L_M :	3102,49	m
Longitud total conductores L_c :	2960,00	m
Longitud picas total L_R :	90,00	m
Longitud efectiva L_s :	2296,50	m
Tensión de contacto E_m :	489,54	V
Tensión de paso E_s :	362,51	V

Paso 9.

$$E_m < E_{contacto}$$

y

Paso 10.

$$E_s < E_{paso}$$

En este último paso, se verificará si es correcto el cálculo por lo que siguiendo con el Excel desarrollado se obtiene la siguiente conclusión:

CÁLCULO DE LA TENSIÓN DE MALLA Y DE PASO

$$\zeta E_m = 489,54 < E_{touch} = 1041,75 \quad ?$$

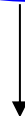
1 SI



COMPROBAR Estep

$$\zeta E_s = 362,51 < E_{step} = 3422,27 \quad ?$$

1 SI



DISEÑO PAT CORRECTO

CÁLCULO DE DISTANCIAS

2.1.6 INTRODUCCIÓN

En este anexo se va a calcular las distancias mínimas siguiendo la normativa vigente para la subestación del estudio.

Se calcularán las distancias mínimas teniendo en cuenta los niveles de tensión de la subestación sujeta al diseño. Esta subestación transforma media tensión en alta tensión. Se tendrá en cuenta la tensión más elevada del material y de la propia configuración.

2.1.7 NORMATIVA

Este anexo se ha desarrollado presente a las siguientes normas:

- ITC-RAT 12, 14, 15 de RD 337/2014, “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión”
- ITC-RAT 07 de RD 223/2008, “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión”
- Real decreto 614/2001, “Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico”

2.1.8 CONDICIONES AMBIENTALES

Para el cálculo de las distancias mínimas se considerarán las siguientes condiciones ambientales:

Tabla 20 Condiciones ambientales

Instalación	Exterior servicio continuo
Temperatura media[°C]	+22,5
Línea de fuga específica [mm/kVff]	20
Velocidad máxima del viento [km/h]	120

2.1.9 DISTANCIAS MÍNIMAS

Las distancias mínimas se han obtenido del Reglamento de condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, donde en su instrucción técnica complementaria ITC-RAT 12 se encuentra el detalle de estas distancias.

En la siguiente tabla se especifican las distancias mínimas para 220kV y 30kV:

Tabla 21 Distancias mínimas

Tensión nominal (kV)	Tensión nominal a los impulsos tipo rayo (kV de cresta)	Distancia mínima fase- tierra en el aire (cm)	Distancia mínima entre fases en el aire (cm)
30	170	32	32
220	1050	210	210

2.1.10 DISTANCIAS EN PASILLOS DE PROTECCIÓN

Siguiendo la normativa aplicada para calcular distancias se detalla que los elementos en tensión no protegidos que se encuentren sobre los pasillos deberán estar a una altura mínima H sobre el suelo, medida en centímetros, de $H = 250 + d$, siendo d la distancia en centímetros según las tablas que se encuentran en la ITC-RAT 12. En la subestación de estudio se obtendrán las siguientes distancias:

- Para la zona de 230kV, $H = 460$ cm
- Para la zona de 30kV, $H = 282$ cm

Por otra parte, todos los elementos en tensión en las zonas accesibles, están situados a una altura sobre el suelo superior a 230 cm, considerando en tensión la línea de contacto del aislador con su zócalo o soporte, si éste se encuentra puesto a tierra, cumpliendo de esta forma lo indicado en la instrucción ITC-RAT 15, punto 4.1.5.

Según la instrucción ITC-RAT 14 punto 6.1.1. e ITC-RAT 15 punto 4.1.1, tanto en instalaciones de interior como de exterior, la anchura de los pasillos de servicio tiene que ser suficiente para permitir la fácil maniobras e inspección de las instalaciones.

Esta anchura no será inferior a la que a continuación se indica:

- Pasillos de maniobras con elementos en tensión a un solo lado 1,0 m.
- Pasillos de maniobras con elementos en tensión a ambos lados 1,2 m.
- Pasillos de inspección con elementos en tensión a un solo lado 0,8 m.
- Pasillos de inspección con elementos en tensión a ambos lados 1,0 m.

2.1.11 DISTANCIAS MÍNIMAS PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES FRENTE AL RIESGO ELÉCTRICO RD 612/2001

Según la tabla 1 del Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, los elementos en tensión no protegidos tienen que estar a una altura mínima que se calcula utilizando la siguiente fórmula, $H=250 + DPEL-1 + 10$ (margen de seguridad) , por lo que dependiendo de la tensión:

- Para la zona de 220kV, $H = 520$ cm
- Para la zona de 30kV, $H = 342$ cm

2.1.12 NIVELES DE AISLAMIENTO NOMINAL PARA EL GRUPO A

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV cresta)		Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)			
		Lista 1	Lista 2	Lista 1		Lista 2	
				instalación en interior	instalación en exterior	instalación en interior	instalación en exterior
3,6	10	20		60	120		
			40			60	120
7,2	20	40		60	120		
			60			90	120
12	28	60		90	150		
			75			120	150
17,5	38	75		120	160		
			95			160	160
24	50	95		160	160		
			125			220	220
			145			270	270
36	70	145		270	270		
			170			320	320

Ilustración 10 Aislamiento grupo A

2.1.13 NIVELES DE AISLAMIENTO NOMINAL PARA EL GRUPO B

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV de cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)
52	95	250	480
72,5	140	325	630
123	185	450	900
	230	550	1100
145	185	450	900
	230	550	1100
	275	650	1300
170	230	550	1100
	275	650	1300
	325	750	1500
245	325	750	1500
	360	850	1700
	395	950	1900
	460	1050	2100

Ilustración 11 Aislamiento grupo B

CÁLCULO DE CABLES Y EMBARRADOS

2.1.14 INTRODUCCIÓN

En este documento se desarrolla el cálculo de los cables y embarrados basándonos en la normativa vigente. El objeto de cálculo es la subestación del proyecto que se compone de una zona de 30kV y otra de 220kV.

2.1.15 NORMATIVA

Para el siguiente anexo de cálculos, se ha desarrollado en base a la siguiente normativa vigente:

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITCRAT 01 a 23.
- CEI/IEC 60287-1- 1
- UNE 21144-2-1:1997 Resistencias Térmicas equivalente a CEI/IEC 60287-2-1
- IEC-60502-2 International Electrotechnical Commission - Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2 \text{ kV}$) up to 30 kV ($U_m = 36 \text{ kV}$).
- UNE-EN 60865 Corrientes de cortocircuito. Cálculo de efectos.
Guía resumida del clima en España 1961-1990. Instituto Nacional de Meteorología

2.1.16 CONDUCTORES DESNUDOS 220kV

En este apartado se va a detallar el cálculo para obtener los conductores desnudos que constituirán la parte de alta de la subestación. Para este diseño se empleará la intensidad máxima en condiciones normales de funcionamiento.

Para el cálculo de los conductores desnudos de alta tensión se recurre a la normativa ITC-LAT 07 donde como corriente de diseño se utiliza la corriente máxima que da el transformador en condiciones normales.

Siguiendo la siguiente fórmula:

$$I_{diseño} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n^{132kV}}$$

Se tiene que para el parque de 100MW una corriente máxima de 263 A y para los parques de 50 MW se tiene una corriente de 132 A.

2.1.17 INTENSIDAD ADMISIBLE PARA LOS CONDUCTORES

En este caso, con la corriente calculada buscando facilitar los temas logísticos y una posible futura ampliación del parque se utilizará un conductor desnudo 100-AL1/17-ST1A ya que resiste ambas intensidades y forma parte de los conductores normalizados siguiendo la normativa

En la siguiente tabla se muestra las características del conductor escogido para el montaje:

Tabla 22 Características conductores

Designación			100-AL1/17-ST1A
			===
Secciones	AL1	mm ²	100
	ST1A	mm ²	16,7
	Total	mm ²	116,7
Número de alambres	AL1	nº	6
	ST1A	nº	1
Diámetros de los alambres	AL1	mm	4,61
	ST1A	mm	4,61
Diámetros	Alma	mm	4,61
	Conductor	mm	13,8
Masa lineal		Kg/km	404
Carga conductora		daN	3433
Resistencia	a 20 °C		Ω/km
Módula de elasticidad	E		daN/mm ²
Dilatacion lineal	α		°Cx10 ⁻⁶
Reglamento	Densidad de	corriente	A/mm ²
	Intensidad de	corriente	A
Código			5463116

Según la tabla 11 del apartado 4 de la ITC-LAT 7 detalla la densidad de corriente máxima.

En nuestro caso, al haber escogido un conductor que se compone de un exterior de aluminio y un acero que compone el interior, hay que aplicar una corrección a la hora de hacer los cálculos. En este caso se tiene un factor de corrección de 0.916.

De este modo, la máxima corriente en régimen permanente que puede circular por el conductor es:

$$I^{R.P} = J \cdot f \cdot S = 2.5 \cdot 0.916 \cdot 181.6 = 415.864 \text{ A} > I_{\max 1,2}$$

Donde

J es la densidad de corriente en A/mm²

f factor de corrección

S es la sección real del conductor en mm²

Por lo que según se ha calculado se obtiene que el conductor es válido para el montaje.

2.1.18 INTENSIDAD ADMISIBLE EN CORTOCIRCUITO

En este apartado se calculará la densidad de corriente máxima admisible en cortocircuito.

El cálculo se llevará a cabo por medio de la norma UNE-EN 60865-1 en su apartado 7 tal y como se indica en el apartado 4.2.2.2 de la ITC-LAT 07.

Para este cálculo se utilizarán los siguientes criterios:

- Se desprecia el efecto pelicular del conductor
- Se supone lineal la relación entre la resistencia y la temperatura
- Se considera constante el calor específico del conductor
- El calentamiento es adiabático

Donde la temperatura máxima recomendada para un conductor según la norma de este anexo de cálculo es de 200°C. Esta temperatura viene dada por la tabla 6 para conductores de aluminio.

En las condiciones de cortocircuito se debe cumplir que:

$$S_{th} \leq S_{thr} \cdot \sqrt{\frac{T_{kr}}{T_k}}$$

Donde

S_{th} es la densidad de corriente térmica equivalente de cortocircuito para un tiempo T_k

S_{thr} es la densidad de corriente soportada de corta duración para un tiempo T_{kr}

Según la norma indicada muestra los valores de S_{thr} para T_{kr} de 1 segundo y en el anexo A.11 de la citada norma se da la fórmula del cálculo de S_{thr} en función de T_{kr} , las características del conductor y las temperaturas iniciales y finales. Dicha fórmula es:

$$S_{thr} = \frac{1}{\sqrt{T_{kr}}} \sqrt{\frac{k_{20} \cdot c \cdot \rho}{\alpha_{20}} \ln \left(\frac{1 + \alpha_{20} \cdot (\theta_e - 20)}{1 + \alpha_{20} \cdot (\theta_b - 20)} \right)}$$

k_{20} es la conductividad del material en $1/(\Omega \cdot m)$

c es el calor específico en $J/(Kg \cdot K)$ ρ es el peso específico en Kg/m^3

α_{20} es el coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura en $1/K$

θ_e es la temperatura final del cortocircuito en $^{\circ}C$

θ_b es la temperatura al principio del cortocircuito en $^{\circ}C$. Se supondrá de $85^{\circ}C$, valor que indica la ITC-RAT 05 como máxima temperatura de servicio en régimen permanente.

Teniendo en cuenta que con esta expresión se calcula la densidad máxima de corriente que soporta un conductor en un tiempo para no sobrepasar cierta temperatura.

Con los siguientes valores:

$$\theta_e = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_b = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$k_{20}^{Al} = 35 \cdot 10^6\text{ }1/(\Omega \cdot \text{m})$$

$$C_{20}^{Al} = 910\text{ J}/(\text{Kg} \cdot \text{K})$$

$$\rho^{Al} = 2700\text{ Kg}/\text{m}^3$$

$$\alpha_{20}^{Al} = 0.00390\text{ }1/\text{K}$$

$$T_{kr} = 0.5\text{ s}$$

Donde se obtiene un valor de $116.14\text{ A}/\text{mm}^2$, por lo que se cumple la anterior expresión donde la densidad de corriente es menor a la densidad de corriente soportada.

2.1.19 EFECTO CORONA Y PERTURBACIONES ELÉCTRICAS

El efecto corona es un fenómeno eléctrico que se produce debido a la ionización del aire. Se observa un efecto luminoso cuando se produce esta ionización y cuanto mayor es la tensión, se manifiesta con más efusividad.

Se establece en el apartado 4.3 de la ITC-LAT 7 la necesidad de calcular el efecto corona en conductores con tensiones superiores a 66kV.

Se debe cumplir que:

$$U_n < U_c$$

Donde

U_n es la tensión máxima de la red

U_c es el valor de la tensión por encima de la cual el aire se ioniza

Para calcular la tensión crítica se utilizará la fórmula de F.W Peek:

$$U_c = V_t * \sqrt{3} * m_c * \delta * m_r * r * n * \ln\left(\frac{D}{r}\right)$$

U_C es la tensión crítica disruptiva fase-fase en kV

V_t es la tensión crítica disruptiva fase-neutro en kV

m_c es el coeficiente de rugosidad, cuyo valor es 1 para hilos de superficie lisa, 0.93-0.98 para hilos oxidados o rugosos, 0.83-0.87 para cables.

m_t es el coeficiente meteorológico, siendo su valor 1 para tiempo seco, 0.8 para tiempo húmedo

r es el radio del conductor en cm

D es la distancia entre fases en cm

r' es un radio ficticio que depende del número de conductores por fase y que, en este caso, al solotener un conductor por fase coincide con el radio del conductor en cm

n es el número de conductores por fase

δ es el factor de correlación de densidad del aire, función de la altura sobre el nivel del mar

$$\delta = \frac{3.921 * P}{273 + \vartheta}$$

Con

ϑ con la temperatura en grados centígrados

P presión barométrica en centímetro de columna de mercurio

Con unos valores de

$$\vartheta = 0.947$$

$$P = 75.62$$

Gracias a mediciones realizadas en el entorno de la subestación

Por lo que con la fórmula inicial,

$$U_c = 21.07 * \sqrt{3} * 0.85 * 0.947 * 1 * 0.875 * \ln\left(\frac{250}{0.875}\right)$$

Por lo que $U_c > U_n$ y se producirá efecto corona.

2.1.20 CÁLCULOS PARA CONDUCTORES DE MEDIA TENSIÓN

En este apartado, se van a exponer los criterios y cálculos para obtener la elección del conductor para la zona de media tensión. Se debe calcular cual será la intensidad máxima que circulará por el conductor en régimen permanente y la máxima intensidad que circulará por el conductor en un corto periodo de tiempo.

Intensidad que llega al transformador de potencia

Para este cálculo se hará uso de la ITC-LAT 06 donde se exponen las líneas subterráneas con cables aislados. Procediendo al cálculo:

$$I_{diseño} = \frac{S}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo

S potencia del parque

U tensión que transporta dicha potencia

Se hará el diseño teniendo en cuenta que los cables van en canalizaciones ya que son condiciones mas restrictivas que los cables al exterior.

El parque de 100MVA se compondrá de 6 líneas y los de 50MVA se compondrán de 3 líneas por lo que:

$$I_{diseño} = 321A$$

Se escoge el conductor siguiendo la tabla 13 de la norma por lo que el conductor escogido es el siguiente:

Tabla 23 tabla 13 normativa

Instalación	Aire y galerías
Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE)
Temperatura de servicio permanente	90°C
Material	Aluminio

Se ha escogido este material ya que cubre las necesidades de intensidad de diseño y por la facilidad de comprar en los distintos fabricantes que se han analizado. La sección escogida está normalizada y es típica entre los fabricantes.

Según la tabla 15, se puede calcular el número de ternas necesarias del conductor. Según la tabla, se podría hacer una aproximación que después habrá que comprobar en la que se dispondrían 4 ternas de cables unipolares de sección 240 mm², donde una de ellas se utilizará para el circuito de neutro.

Para verificar que el cálculo es correcto es necesario aplicar los criterios de corrección detallados en esta norma:

- Considerando la temperatura de 40°C se obtendría un f de 1
- Considerando que los cables están en contacto, según la tabla 19, habría que aplicar un factor de corrección de 0,78

Intensidad admisible con los criterios aplicados

Al aplicar los criterios de corrección obtendríamos una Intensidad máxima admisible de 354.9 A. Cumpliéndose para el circuito del neutro también.

Densidad de corriente

Se calculará de acuerdo con las temperaturas especificadas en la norma. Todo el calor desprendido se considera absorbido por los conductores

En la norma hay unos valores máximos admisibles por lo que se va a proceder a la comprobación de que no se superan estos valores

$$J_{cond}^{cortocircuito} = \frac{I_{cc}^{diseño}}{S} = \frac{10000}{4 \cdot 240 \text{ mm}^2} = 10.42 \text{ A/mm}^2 < J_{máx}^{cortocircuito} = 133 \text{ A/mm}^2$$

Por lo que cumple con el criterio de corto.

EQUIPOS DE MEDIDA Y FACTURACIÓN

Se ha mencionado en la memoria del equipamiento que se necesita para la facturación y medida.

Se disponen como ya se ha mencionado en cada línea para que se efectúe en la medida y facturación por cada planta con idea de facilitar a los propietarios de estas explotaciones su gestión. Los equipos instalados cumplen el RD 1110/2007 Reglamento Unificado de Puntos de Medida del Sistema Eléctrico.

En el caso de esta subestación pertenece al tipo 1 ya que es de potencia superior a 12MVA.

Sistema y características

El sistema se compondrá de transformadores de intensidad, de tensión y de contadores

Sistema primario

Los transformadores de intensidad toman un valor normalizado de 5 A.

Los transformadores de tensión toman un valor normalizado de $110:\sqrt{3}$

Sistema secundario

Se escoge un transformador con intensidad nominal mayor a la de la línea

Los transformadores de tensión toman un valor normalizado de $220000:\sqrt{3}$

Precisión

Se establecen en el Reglamento unos valores mínimos de precisión en los transformadores y los contadores. Lo marca el tipo de medida que se define en el Reglamento:

- Transformadores de intensidad clase 0.2s
- Transformadores de tensión de clase 0.2

Los contadores deberán de ser de clase menor o igual a 0.2s para potencia activa y menor o igual a 0.5 para potencia reactiva.

CAMPOS ELECTROMÁGNÉTICOS

2.1.21 INTRODUCCIÓN

Se establece unos límites de exposición máximos sobre emisiones radioeléctricas el RD 1066/2001 en el que se manifiestan unos valores que no se pueden sobrepasar en un entorno en el que sea habitual que permanezcan personas. Se establecen las condiciones de protección del dominio público, la restricción de emisiones radieléctricas y las medidas de protección sanitarias.

Tabla 24 Anexo II del RD1066/2001

Gama de frecuencia	Inducción magnética (mT)	Densidad de corriente (mA/m²) rms	SAR medio de cuerpo entero (W/kg)	SAR Localizado (cabeza y tronco) (W/kg)	SAR Localizado (miembros) (W/kg)	Densidad de potencia S (W/m²)
0 Hz	40					
>0-1 Hz		8				
1-4 Hz		8/f				
4-1.000Hz		2				
1.000 Hz-100 kHz		f/500				
100 kHz-10 MHz		f/500	0,08	2	4	
10 MHz-10 GHz			0,08	2	4	
10-300 GHz						10

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m²)
0-1 Hz		$3,2 \times 10^4$	4×10^4	
1-8 Hz	10.000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	
8-25 Hz	10.000	$4.000/f$	$5.000/f$	
0,025-0,8 kHz	250/f	4/f	5/f	
0,8-3 kHz	250/f	5	6,25	
3-150 kHz	87	5	6,25	
0,15-1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	
1-10 MHz	87/f ^{1/2}	0,73/f	0,92/f	
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2.000 MHz	1,375 f ^{1/2}	0,0037 f ^{1/2}	0,0046 f ^{1/2}	f/200
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

En la ITC-RAT 14 y la ITC-RAT 15 se recogen apartados sobre el Reglamento sobre condiciones técnicas y de seguridad en instalaciones de alta tensión donde en el diseño se minimizará los campos creados por la corriente a 50 Hz.

2.1.22 DETALLE DE CÁLCULO

Se procederá al cálculo de los campos creados.

Para el cálculo del campo magnético generado por un conjunto de cables se utilizará la siguiente fórmula.

$$\vec{B} = (B_x, B_y)$$

$$|B| = \sqrt{|B_x|^2 + |B_y|^2}$$

Media tensión

Las líneas de MT son subterráneas y se disponen en forma de ternas. Según la norma IEC 62110/2009 los cables subterráneos no producen ningún tipo de campo eléctrico por encima del suelo por lo que no hay que llevar a cabo la medida del campo eléctrico.

Estos no generan ningún campo eléctrico pero sí campo magnético, que se dispondrán según la establece la siguiente figura:

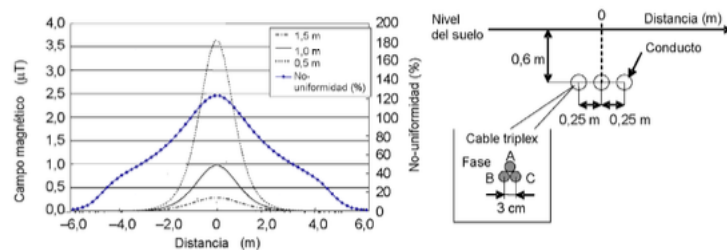


Figura B.11 – Niveles y no uniformidades de campo magnético encima de los cables subterráneos – Efecto de la separación entre conductores

Ilustración 12 Cálculos campos media tensión

Por lo que el campo creado por un cable enterrado será máximo sobre el triángulo del centro que forman los conductores.

$$B = \mu_0 * H = 4\pi 10^{-7} \frac{I}{2\pi r} \text{ (T)}$$

Por lo que, según la fórmula, teniendo en cuenta que conocemos la corriente y el radio del punto P donde se desea calcular el campo por cada línea se tendría un campo de:

- Para un punto situado a 0,5 metros 4,866 μT
- Para un punto situado a 1 metro 1,315 μT

Dándose que los valores obtenidos están muy lejanos a lo que dicta el reglamento que establece que tiene que estar por debajo de 100μT.

Alta tensión

Basándonos en el *Resumen sobre los Campos eléctricos y magnéticos generados por las instalaciones eléctricas de alta tensión*” elaborado por REE, se puede determinar que los campos magnéticos de la subestación sujeta al estudio no suponen un riesgo para la salud pública.

Conclusión

Ninguno de los campos supera los límites establecidos por el reglamento, ni en media tensión ni en alta tensión.

Capítulo 3. PLANOS

Plano 1- Situación

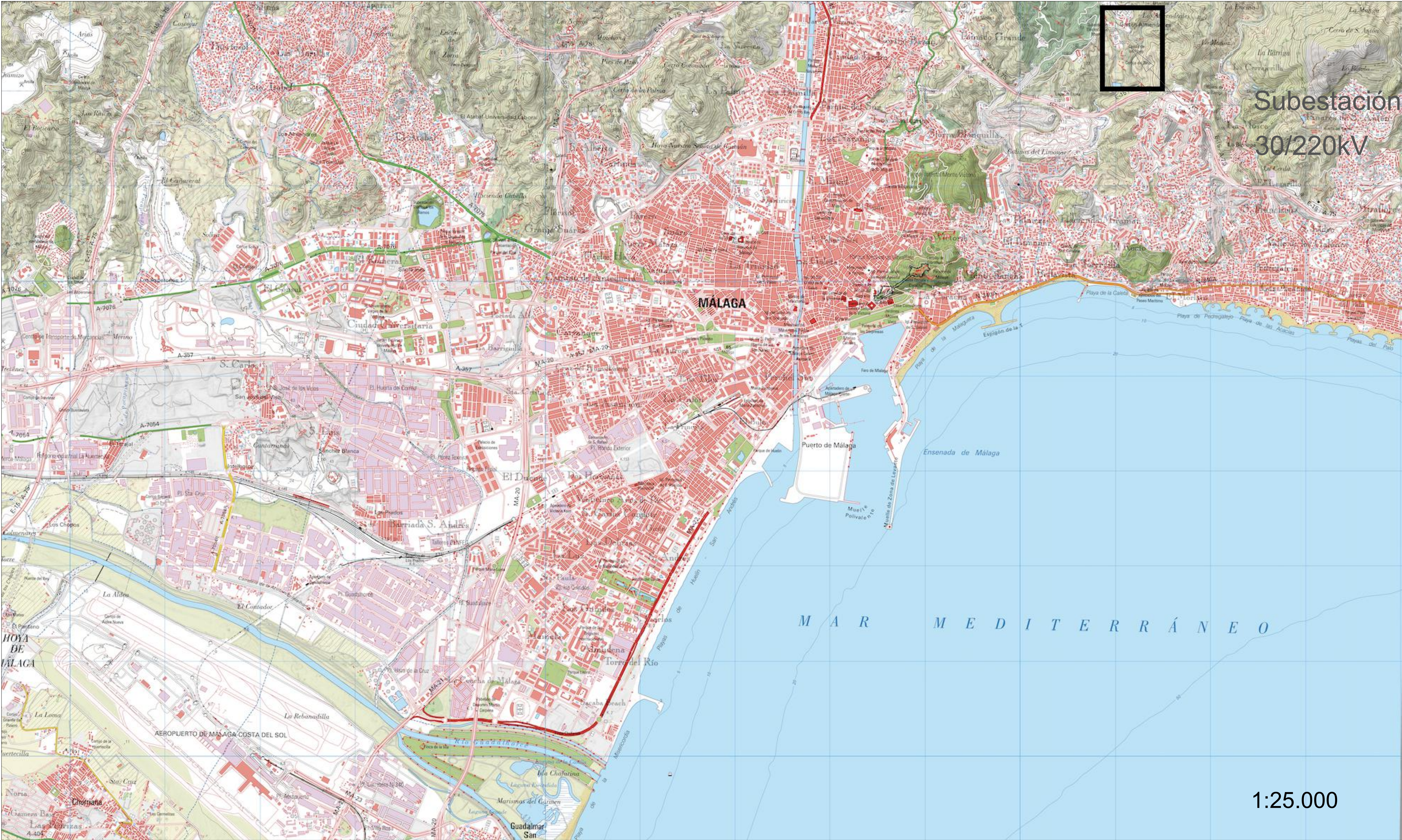
Plano 2- Emplazamiento

Plano 3- Planta

Plano 4- Alzado

Plano 5- Unifilar completo

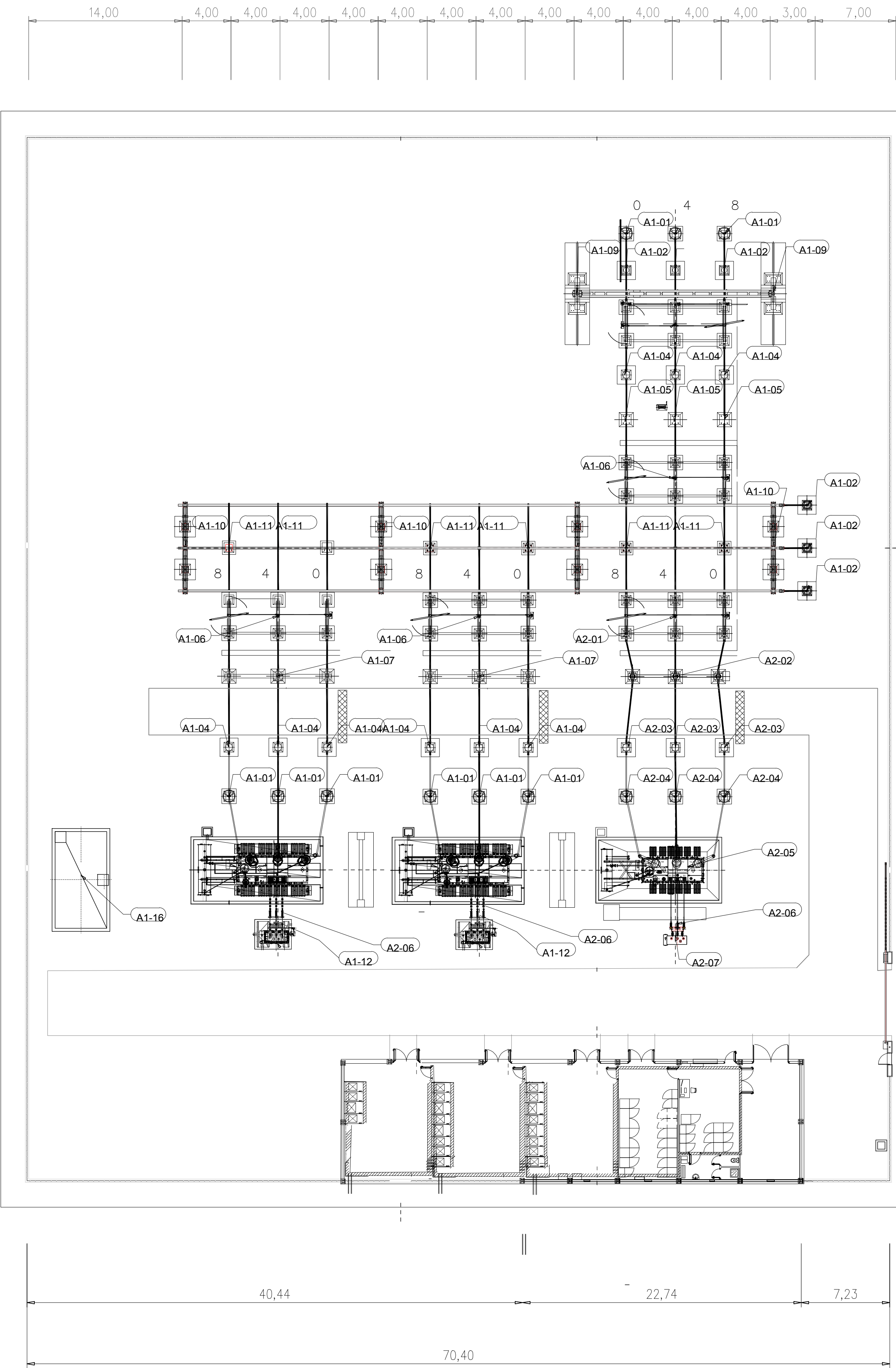
Plano 6- Detalle edificio



								UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS		TRABAJO: SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 0/220 kV		
								DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA		NOMBRE DEL PLANO:		
								AUTOR: ALEJANDRO DÍAZ CERRADA		1		
Rev	Fecha	Modificación	Proy	Dibuj	Conf	Aprob		FECHA: 21/11/2022	ESCALA: 1:25000	PLANO: 1	HOJA: 1 DE 1	FORMATO: A1



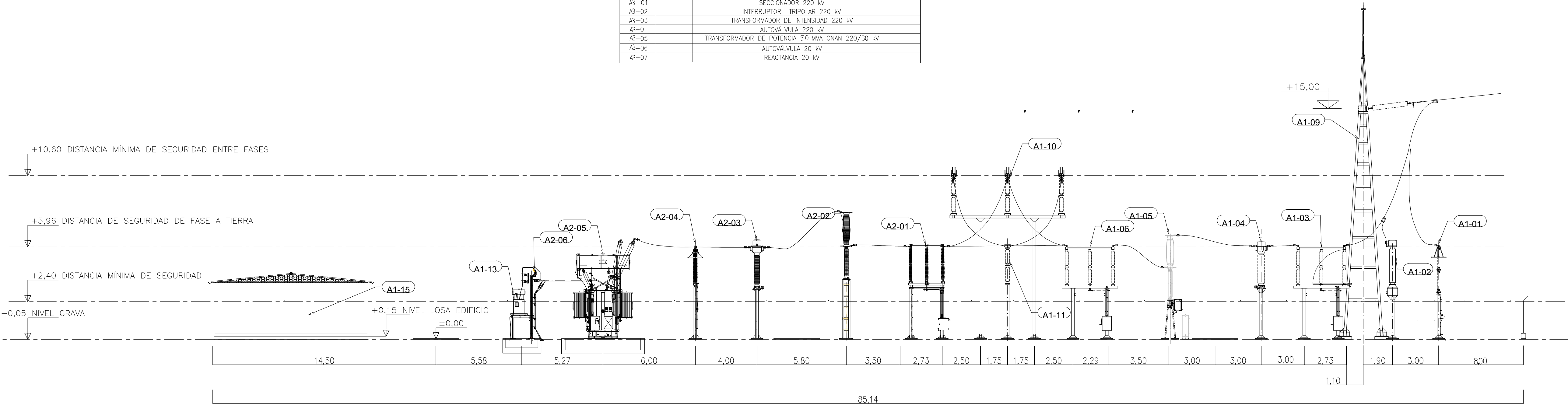
								UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS		TRABAJO: SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 0/220 kV			
								DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA		NOMBRE DEL PLANO: 2			
								AUTOR: ALEJANDRO DÍAZ CERRADA					
Rev	Fecha	Modificación	Proy	Dibuj	Conf	Aprob		FECHA: 21/11/2022		ESCALA: 1:2500		PLANO: 2	HOJA: 1 DE 1



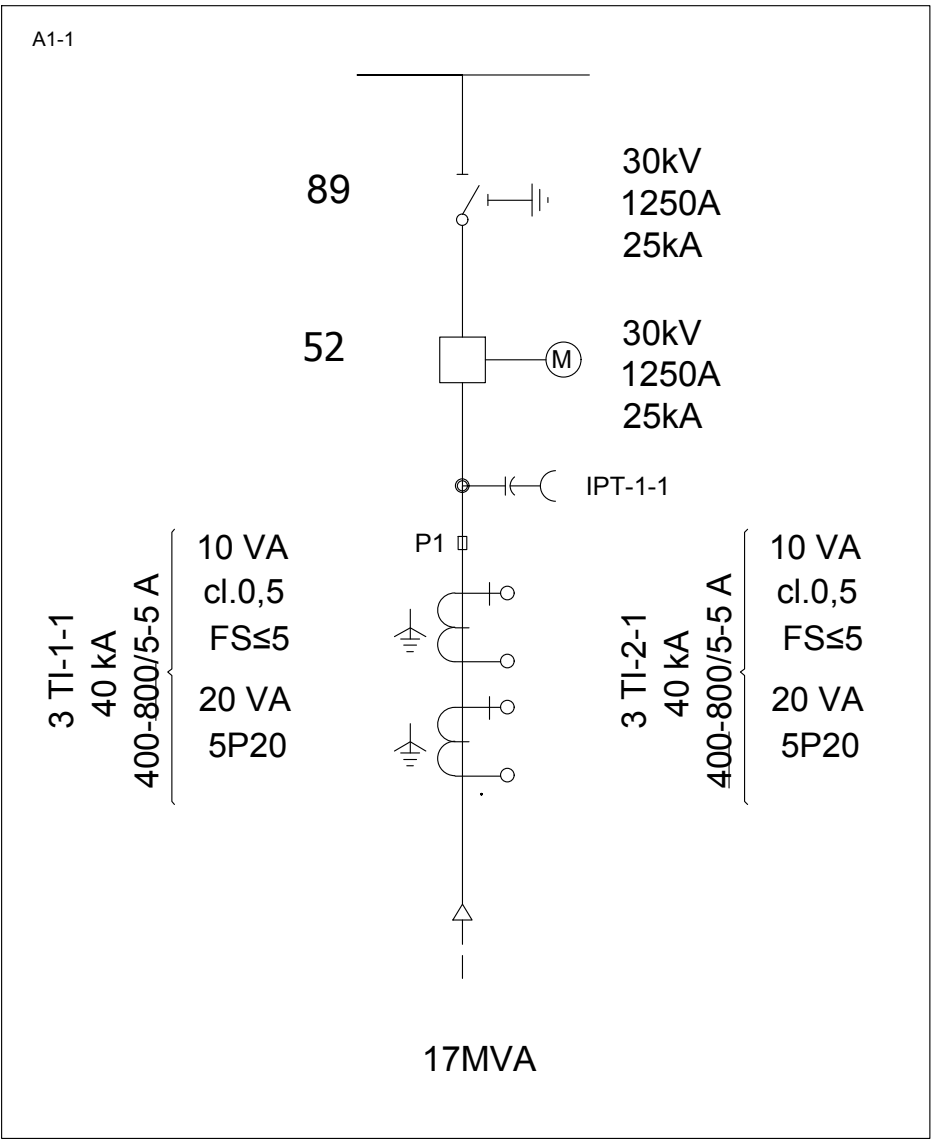
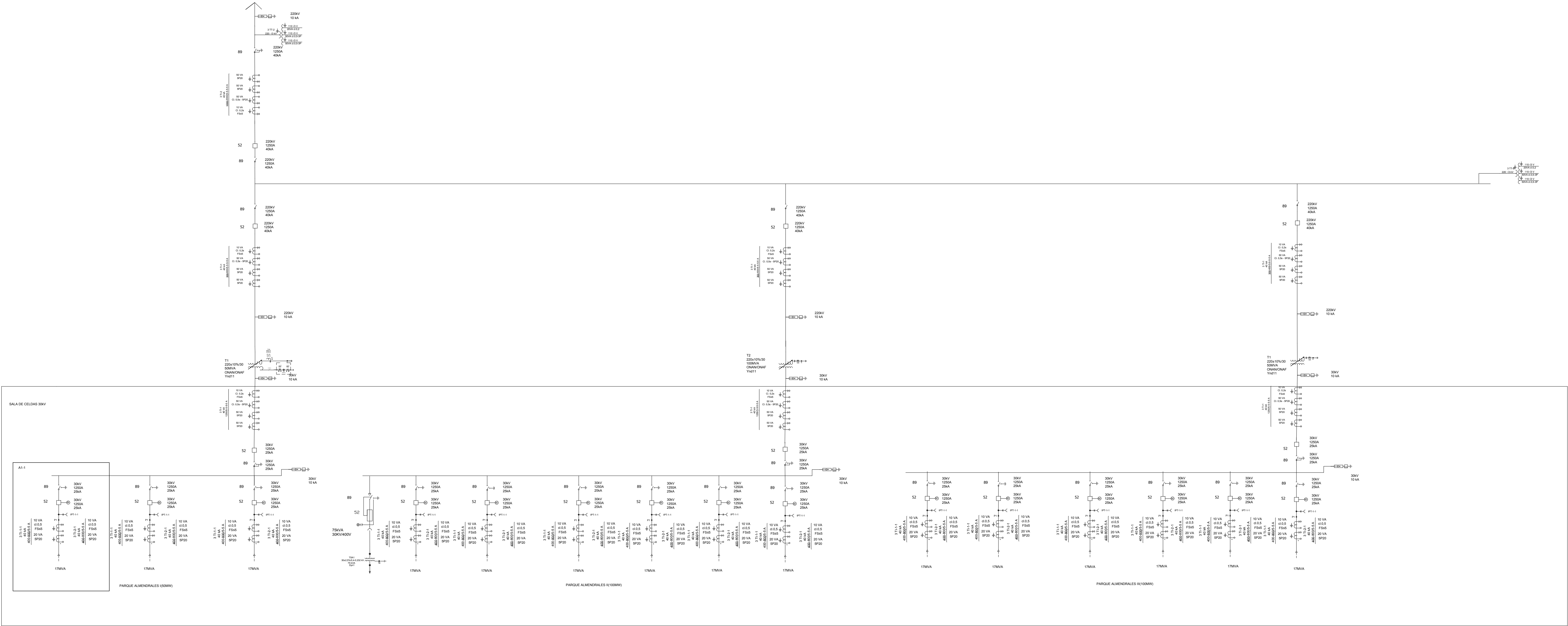
DISPOSICIÓN DE EQUIPOS		
POSICIÓN	CANTIDAD	EQUIPO
A1-01		AUTOVÁLVULA 220 kV
A1-02		TRANSFORMADOR DE TENSION 220 kV
A1-03		SECCIONADOR TRIPOLAR CON P.A.T. 220 kV
A1-04		TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD 220 kV
A1-05		INTERRUPTOR UNIPOLAR MOTO RIZADO 220 kV
A1-06		SECCIONADOR 220 kV
A1-07		INTERRUPTOR TRIPOLAR 220 kV
A1-08		TRANSFORMADOR DE POTENCIA 100MVA ONAN/ONAF 220/30 kV
A1-09		PORTICO DE LINEA
A1-10		BARRAS 220 kV
A1-11		AISLADORES DE FASE 220 kV
A1-12		AUTOVÁLVULA 30 kV
A1-13		REACTANCIA 30 kV
A1-14		GRUPO ELECTROGENO
A1-15		EDIFICIO DE CONTROL
A1-16		DEPOSITO DE ACEITE
A2-01		SECCIONADOR 220 kV
A2-02		INTERRUPTOR TRIPOLAR 220 kV
A2-03		TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD 220 kV
A2-04		AUTOVÁLVULA 220 kV
A2-05		TRANSFORMADOR DE POTENCIA 50 MVA ONAN 220/30 kV
A2-06		AUTOVÁLVULA 20 kV
A2-07		REACTANCIA 20 kV
A3-01		SECCIONADOR 220 kV
A3-02		INTERRUPTOR TRIPOLAR 220 kV
A3-03		TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD 220 kV
A3-04		AUTOVÁLVULA 220 kV
A3-05		TRANSFORMADOR DE POTENCIA 50 MVA ONAN 220/30 kV
A3-06		AUTOVÁLVULA 30 kV
A3-07		REACTANCIA 30 kV

							UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA AUTOR: ALEJANDRO DÍAZ CERRADA	TRABAJO: SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 30/220 kV			
								NOMBRE DEL PLANO: 3			
Rev	Fecha	Modificación	Proy	Dibuj	Conf	Aprob	FECHA: 21/11/2022	ESCALA: 1:100	PLANO: 3	HOJA: 1 DE 1	FORMATO: A1

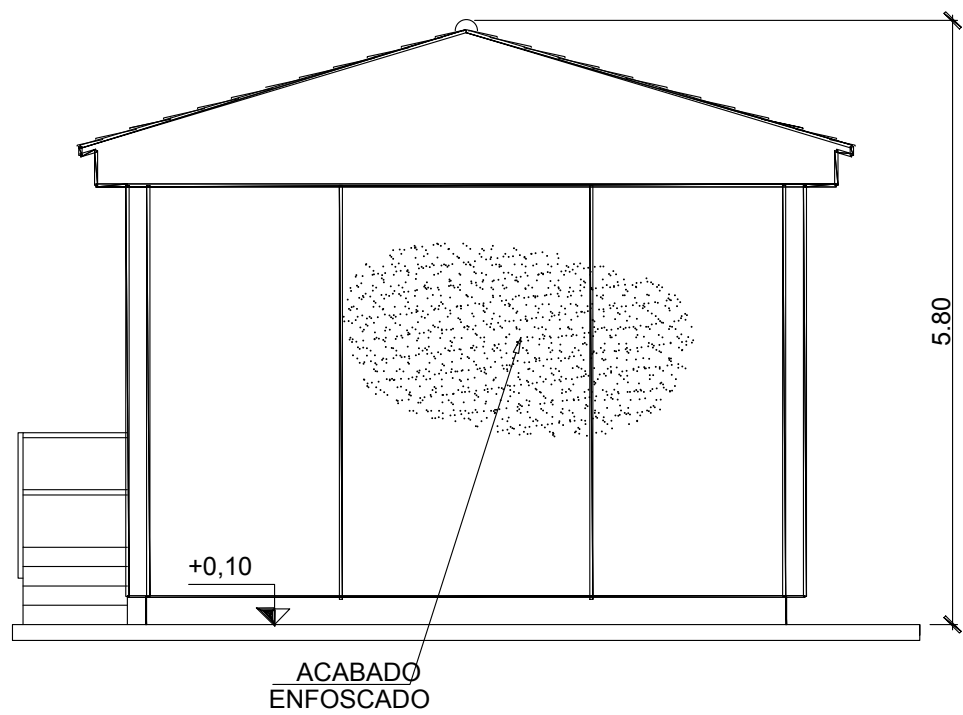
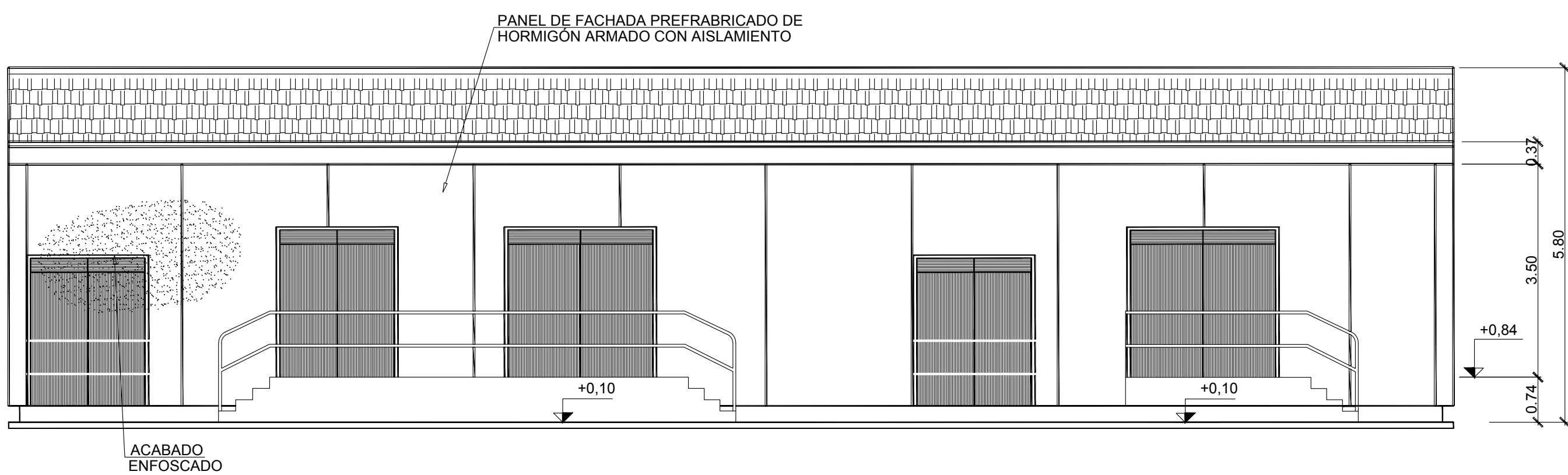
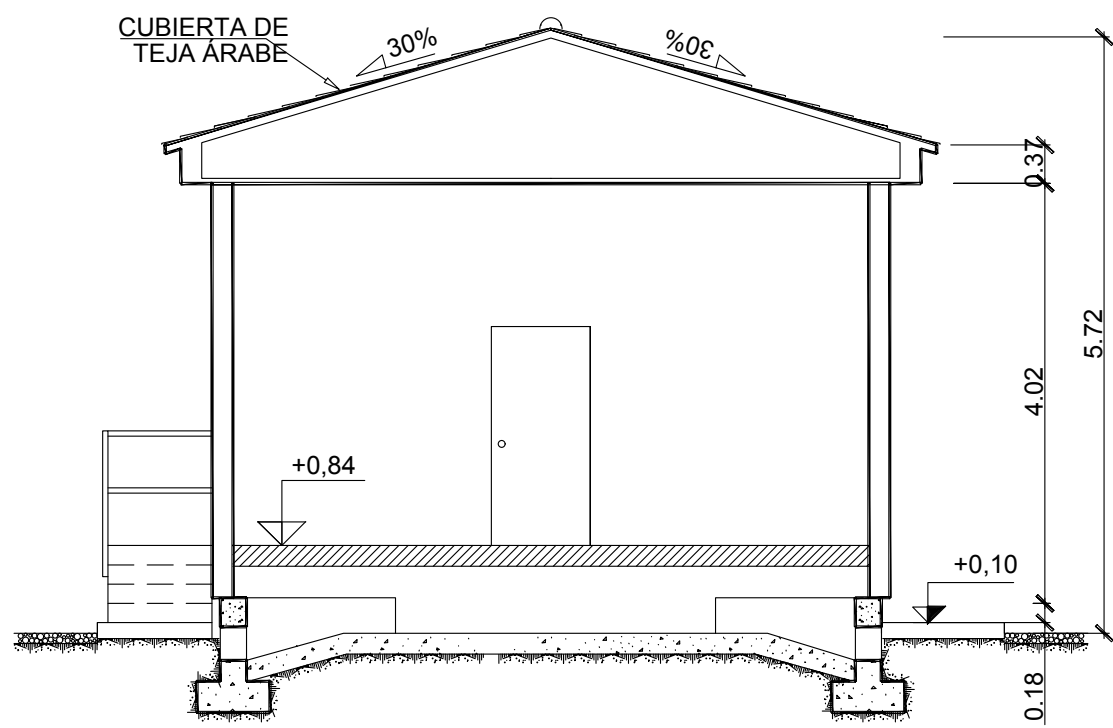
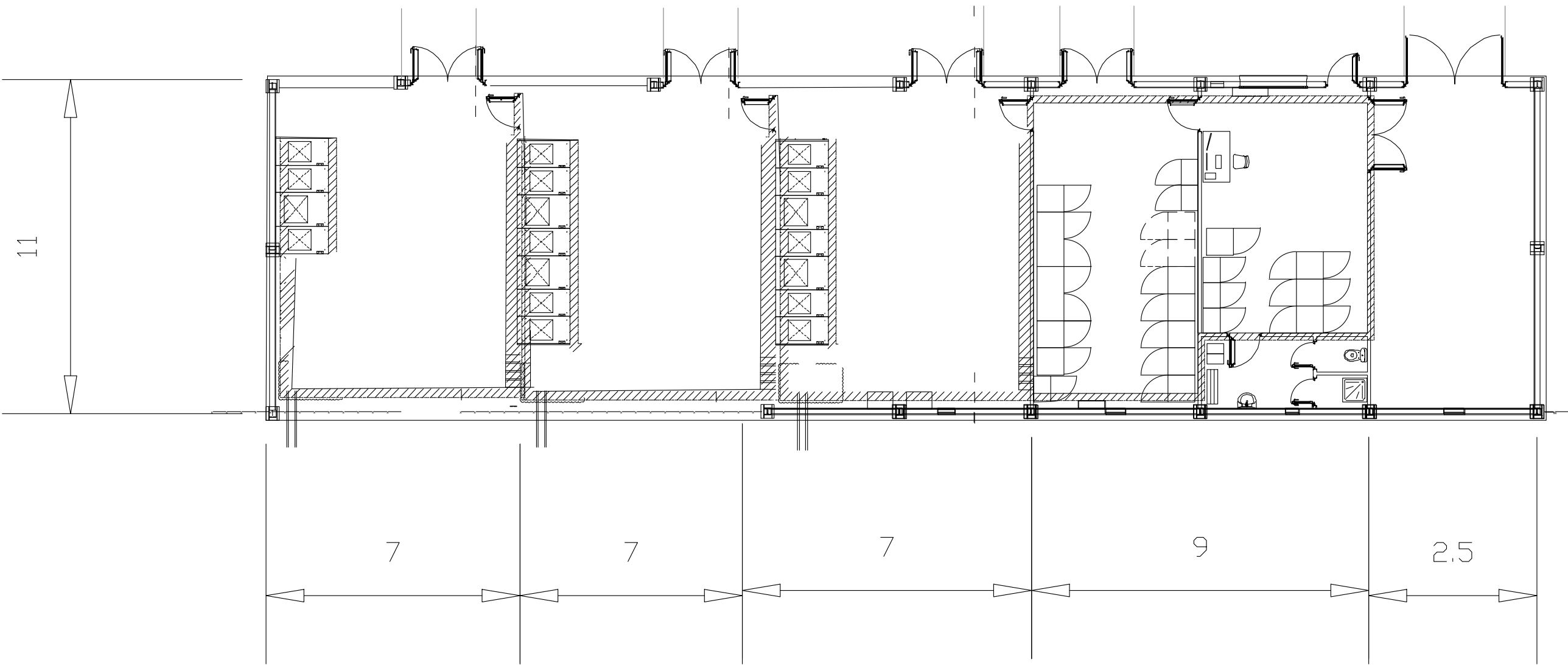
DISPOSICIÓN DE EQUIPOS		
POSICIÓN	CANTIDAD	EQUIPO
A1-01		AUTOVÁLVULA 220 kV
A1-02		TRANSFORMADOR DE TENSION 220 kV
A1-03		SECCIONADOR TRIPOLAR CON P.A.T. 220 kV
A1-04		TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD 220 kV
A1-05		INTERRUPTOR UNIPOLAR MOTORIZADO 220 kV
A1-06		SECCIONADOR 220 kV
A1-07		INTERRUPTOR TRIPOLAR 220 kV
A1-08		TRANSFORMADOR DE POTENCIA 100MVA ONAN/ONAF 220/30 kV
A1-09		PORTICO DE LINEA
A1-10		BARRAS 220 kV
A1-11		AISLADORES DE FASE 220 kV
A1-12		AUTOVÁLVULA 20 kV
A1-13		REACTANCIA 20 kV
A1-14		GRUPO ELECTRÓGENO
A1-15		EDIFICIO DE CONTROL
A1-16		DEPOSITO DE ACEITE
A2-01		SECCIONADOR 220 kV
A2-02		INTERRUPTOR TRIPOLAR 220 kV
A2-03		TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD 220 kV
A2-04		AUTOVÁLVULA 220 kV
A2-05		TRANSFORMADOR DE POTENCIA 50 MVA ONAN 220/30 kV
A2-06		AUTOVÁLVULA 20 kV
A2-07		REACTANCIA 20 kV
A3-01		SECCIONADOR 220 kV
A3-02		INTERRUPTOR TRIPOLAR 220 kV
A3-03		TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD 220 kV
A3-04		AUTOVÁLVULA 220 kV
A3-05		TRANSFORMADOR DE POTENCIA 50 MVA ONAN 220/30 kV
A3-06		AUTOVÁLVULA 20 kV
A3-07		REACTANCIA 20 kV



							UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA AUTOR: ALEJANDRO DÍAZ CERRADA	TRABAJO: SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 30/220 kV		
								NOMBRE DEL PLANO:		
								4		
Rev	Fecha	Modificación	Proy	Dibuj	Conf	Aprob		FECHA: 21/11/2022	ESCALA: 1:100	PLANO: 4
									HOJA: 1 DE 1	FORMATO: A1



								UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS		TRABAJO: SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 30/220 kV		
								DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA		NOMBRE DEL PLANO:		
								AUTOR: ALEJANDRO DÍAZ CERRADA		5		
Rev	Fecha	Modificación	Proy	Dibuj	Conf	Aprob		FECHA: 21/11/2022	ESCALA:	PLANO: 5	HOJA: 1 DE 1	FORMATO: A1



NOTAS

1.- TIPO EDIFICIO: PREFABRICADO DE HORMIGON O DE OBRA, EMPLEANDO MATERIALES DEL ENTORNO, RESPETANDO TIPOLOGÍAS Y COLORES DE LAS EDIFICACIONES DE LA ZONA.

								UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS		TRABAJO: SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 0/220 kV		
								DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA		NOMBRE DEL PLANO: 6		
								AUTOR: ALEJANDRO DÍAZ CERRADA				
Rev	Fecha	Modificación	Proy	Dibuj	Conf	Aprob		FECHA: 21/11/2022	ESCALA: 1: 100	PLANO: 6	HOJA: 1 DE 1	FORMATO: A1

Capítulo 4. PRESUPUESTO

Se ha realizado una hoja de cálculo para el presupuesto con la intención de poder analizar fácilmente la sensibilidad del proyecto. En este apartado se detallará el presupuesto de lo realizado en la subestación. En el caso de este proyecto, habría que llevar a cabo un análisis más profundo sobre la obra civil y el movimiento de tierras ya que no era objeto de estudio y se ha llevado a cabo una estimación basándonos en subestaciones similares sin entrar en detalle

1		CAPÍTULO 1: OBRA ELECTROMECAÁNICA			
1.1 Sistema de 220 kV					
1.1.1 Aparamenta					
Medición		Ud	Descripción	Precio Unitario €	Precio TOTAL €
12	Ud.	Autoválvula Unipolar de 220 kV		1.545,00 €	18.540,00 €
4	Ud.	Seccionador 220 kV		11.345,25 €	45.381,00 €
1	Ud.	Seccionador 220 kV con Puesta a Tierra		13.237,20 €	13.237,20 €
2	Ud.	Transformador de Tensión 220 kV		13.236,41 €	26.472,82 €
12	Ud.	Transformador de Intensidad 220 kV		11.061,00 €	132.732,00 €
12	Ud.	Interruptor 220 kV		86.945,40 €	1.043.344,80 €
TOTAL APARTADO APARALLAJE					1.279.707,82 €

1.1.2 Estructura Metálica 220 kV

Medición	Ud	Descripción	Precio Unitario €	Precio TOTAL €
2	Ud.	Columna Pórtico de Línea 220 kV	10.800,00 €	21.600,00 €
1	Ud.	Viga Pórtico de Línea 220 kV	6.300,00 €	6.300,00 €
12	Ud.	Soporte Interruptor 220 kV	5.400,00 €	64.800,00 €
1	Ud.	Soporte Seccionador 220 kV con Puesta a Tierra	3.240,00 €	3.240,00 €
12	Ud.	Suministro Soporte Transformador de Intensidad 220 kV	1.440,00 €	17.280,00 €
3	Ud.	Suministro Soporte Transformador de Tensión 220 kV	1.440,00 €	4.320,00 €
12	Ud.	Suministro Soporte Autoválvula Unipolar de 220 kV	1.440,00 €	17.280,00 €
TOTAL APARTADO ESTRUCTURA METÁLICA				134.820,00 €

1.1.3 Red de Tierras Aéreas e Inferiores

Medición	Ud	Descripción	Precio Unitario €	Precio TOTAL €
----------	----	-------------	-------------------	----------------

1	ml.	Suministro de Conductor Cu de 120 mm2. Incluye la Malla general de Tierras de toda la Subestación	12,75 €	18.551,25 €
1	Ud	Suministro de Piezas de Conexión de Puesta a Tierra Suministro de Conjunto Tierras Aéreas sobre	15,50 €	1.085,00 €
1	Ud	Aparallaje	5.600,00 €	5.600,00 €
TOTAL APARTADO RED DE TIERRAS				25.236,25 €

1.2 Transformación				
1.2.1 Equipos Principales				
Medición	Ud	Descripción	Precio Unitario €	Precio TOTAL €
1	Ud.	Transformador 50 MVA	700.000,00 €	700.000,00 €
2	Ud.	Transformador 100 MVA	900.000,00 €	1.800.000,00 €
1	Ud.	Reactancia Trifásica de Puesta a Tierra	25.450,00 €	25.450,00 €

1	Ud.	Suministro de Autoválvula Unipolar 30 kV	650,00 €	650,00 €
1	Ud.			
TOTAL APARTADO EQUIPOS PRINCIPALES				927.
			255,00 €	

1.2.2 Equipos Auxiliares				
Medición	Ud	Descripción	Precio Unitario €	Precio TOTAL €
1	Ud.	Suministro Transformador de Servicios Auxiliares 30/0,42 - 0,24 kV - 100 kVA	3.920,00 €	3.920,00 €
TOTAL APARTADO EQUIPOS AUXILIARES				3.920,00 €

1.3 Sistema de 30 kV				
1.3.1 Equipos Principales en Interior de Edificio				
Medición	Ud	Descripción	Precio Unitario €	Precio TOTAL €
15	Ud.	36 kV. Para línea equipada según esquemas	27.800,00 €	417.000,00 €

1	Ud.	36 kV. Para transformador	38.985,00 €	38.985,00 €
1	Ud.	36 kV. Para transformador de SSAA	28.900,00 €	28.900,00 €

TOTAL CELDAS 484.885,00 €

TOTAL OBRA ELECTROMECHANICA 1.928.569,07 €

CAPÍTULO 2: CONTROL, COMUNICACIONES Y SERVICIOS AUXILIARES				
Armarios y Cajas				
Armarios de Control y Protección				
Medición	Ud	Descripción	Precio Unitario €	Precio TOTAL €
1	Ud.	Armario de Protección y Control de Posición de Línea 220 kV	28.750,00 €	28.750,00 €
1	Ud.	Armario de Protección y Control de Posición de Transformador 220 kV	35.600,00 €	35.600,00 €
1	Ud.	Armario de Protección y Control de Reserva	17.800,00 €	17.800,00 €
1	Ud.	Unidad de Control de Subestación (UCS)	25.345,00 €	25.345,00 €
1	Ud.	Armario de Medida 1	17.800,00 €	17.800,00 €
1	Ud.	Armario de Medida 2	17.800,00 €	17.800,00 €

TOTAL APARTADO ARMARIOS DE CONTROL Y PROTECCIÓN 143.095,00 €

Armarios de Comunicaciones				
Medición	Ud	Descripción	Precio Unitario €	Precio TOTAL €

1	Ud.	Armario Nº1 Comunicaciones	40.680,00 €	40.680,00 €
1	Ud.	Armario Distribuidor Ópt + Voz/FO	40.680,00 €	40.680,00 €
1	Ud.	Equipo Teleprotecc	40.680,00 €	40.680,00 €
1	Ud.	Suministro de Armario RTU	7.650,00 €	7.650,00 €

TOTAL APARTADO ARMARIOS DE COMUNICACIONES 129.690,00
€

Armarios de Servicios Auxiliares				
Medición	Ud	Descripción	Precio Unitario €	Precio TOTAL €
1	Ud.	Suministro de Armario General de SSAA de Distribución de CA	32.350,50 €	32.350,50 €
1	Ud.	Suministro de Armario General de SSAA de Distribución de CC	21.204,00 €	21.204,00 €
2	Ud.	Suministro de Equipo Cargador batería 125 Vcc	9.720,00 €	19.440,00 €
2	Ud.	Suministro de Equipo Cargador batería 48 Vcc	5.310,00 €	10.620,00 €
1	Ud.	Suministro de Armario Cuadro de Distribución Fuerza	4.050,00 €	4.050,00 €
1	Ud.	Suministro de Armario Cuadro de Distribución Alumbrado	3.150,00 €	3.150,00 €
1	Ud.	Suministro de Armario Cuadro de Distribución Ventilación y Extracción	4.050,00 €	4.050,00 €
3.1.3			TOTAL	94.864,50 €

Cajas de Centralización

Medición	Ud	Descripción	Precio Unitario €	Precio TOTAL €
2	ud	Suministro de Cajas de Centralización de Circuitos de Posición de Línea y Transformador.	35.000,00 €	70.000,00
TOTAL				70.000,00 €

TOTAL 464.211,50 €

CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD				
Medición	Ud	Descripción	Precio Unitario €	Precio TOTAL €
1205	ml.	Banda de balizamiento, incluidos soportes, colocación y desmontaje.	0,25 €	301,25 €
20	ml.	Valla autónoma metálica de 2,5 m. De longitud, para contención de peatones.	8,03 €	160,60 €
5	Ud.	Valla normalizada de desviación de tráfico, incluida la colocación Barandilla de protección de 0.90 m. De altura formada por: soportes	31,78 €	158,90 €
15	ml.	metálicos, pasamanos, listón intermedio y rodapié de 0.20 m. De	2,86 €	42,90 €

		madera de pino en tabloncillo Barandilla con soporte tipo sargento y tablón en borde de plataforma, incluida la colocación y el desmontaje.			
22	ml.	Barandilla de protección de escaleras con soporte tipo sargento y tablón incluida colocación y desmontaje.	4,88 €	107,36 €	
13	ml.	Mallazo resistente como protección de huecos, incluso colocación.	7,65 €	99,45 €	
20	m2	Protección anticalda en estructuras con toldo de tejidos sintéticos de 1ª calidad, colocada en obra, incluso P.P. de cuerdas de sujeción y desmontaje.	2,89 €	57,80 €	
83	m2	Red horizontal de protección, incluso soportes.	4,51 €	374,33 €	
91	m2	Tope para camión en excavaciones incluso colocación.	3,15 €	286,65 €	
4	Ud.	Plataforma de seguridad elevada para trabajos	30,19 €	120,76 €	

25	ml.	en altura, compuesta por soporte metálico y plataforma de madera totalmente montada, incluso el desmontaje. Línea horizontal de seguridad para el anclaje y desplazamiento de los cinturones de seguridad, con cuerda de poliamida de ø 16 mm. Y anclajes autoblocantes de fijación de los mosquetones de los cinturones. Incluido desmontaje.	45,44 €	1.136,00 €
84	ml.	Línea vertical de seguridad para el anclaje y desplazamiento de los cinturones de seguridad, con cuerda de poliamida de ø 16 mm. Y anclajes autoblocantes de fijación de los mosquetones de los cinturones. Incluido desmontaje.	7,36 €	618,24 €
28	ml.	Línea vertical de seguridad para el anclaje y desplazamiento de los cinturones de seguridad, con cuerda de poliamida de ø 16 mm. Y anclajes autoblocantes de fijación de los mosquetones de los cinturones. Incluido desmontaje.	6,27 €	175,56 €
5.1			3.639,80 €	3.639,80
			TOTAL	€

Otros					
Medición	Ud	Descripción	Precio Unitario €	Precio TOTAL €	
9	Ud.	Extintor de polvo polivalente, incluidos el soporte y la colocación	48,16 €	433,44 €	
5	Ud.	Reposición de material sanitario durante el transcurso de las obras	63,11 €	315,55 €	
8	Ud	Reconocimiento médico obligatorio	31,55 €	252,40 €	
2	h.	Técnico sanitario	8,52 €	17,04 €	
				1.018,43	
				TOTAL	€

TOTAL, SEGURIDAD Y SALUD 4.658,23 €

Finalmente se puede concluir que este es el resumen, aunque falta por incluir la obra civil y algunos elementos que no alcanzan este proyecto

RESUMEN DE PRESUPUESTO	
1 CAPÍTULO 1: OBRA ELECTROMECÁNICA	1.928.569,07 €
2 CAPÍTULO 2: CONTROL, COMUNICACIONES Y SSAA	464.211,50 €
3 CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	4.658,23 €
TOTAL, PRESUPUESTO	2.397.438,80 €

Capítulo 5. PLIEGO DE CONDICIONES

OBJETO

El objeto del presente Pliego de condiciones es establecer los requisitos a los que se debe ajustar la ejecución de las obras del proyecto, así como las condiciones técnicas y control de calidad que han de cumplir los materiales utilizados en el mismo.

Las condiciones técnicas y operaciones a realizar que se indican no tienen carácter limitativo, teniendo que efectuar además de las indicadas todas las necesarias para la ejecución correcta del trabajo.

ABREVIATURAS

CPC:	Condiciones Particulares de Contratación.
PGCT:	Pliego General de Condiciones Técnicas de Obra Civil.
MICT:	Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.
IEC:	International Electrotechnical Commission.
UNE:	Una Norma Española.
MOPT:	Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
NTE:	Normas Tecnológicas de la Edificación.
NLT:	Normas de ensayo del Laboratorio del Transporte y mecánica del suelo.
MAT:	Muy Alta Tensión.
AT:	Alta Tensión.
MT:	Media tensión.
BT:	Baja tensión.
ET:	Especificación /es Técnica/s.
EHE:	Instrucción de Hormigón Estructural
BOE:	Boletín Oficial del Estado.
PG3:	Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes.

DISPOSICIONES GENERALES

5.1.1 SEGURIDAD EN EL TRABAJO

Conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción, al amparo de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales se incluye en el presente proyecto, el Estudio de Seguridad y Salud correspondiente para su ejecución, en base al cual cada contratista elaborará un Plan que deberá ser aprobado por el Coordinador en materia de seguridad y salud nombrado al efecto por el promotor, previo al inicio de las obras.

Además se tendrá en cuenta la normativa:

- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada en el Decreto del 9 de Marzo de 1971, o en su caso la última edición o revisión de la misma.
- Prescripciones de Seguridad para Trabajos y Maniobras en Instalaciones Eléctricas, edición 2ª revisada (AMYS), o en su caso la última edición o revisión de la misma.
- RD 614 / 2001 “Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico”.
- RD 1627 / 1997 “Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción”.

5.1.2 GESTIÓN AMBIENTAL

Todas las obras del proyecto se ejecutarán garantizando el cumplimiento de la legislación y reglamentación medioambiental aplicable.

5.1.3 CÓDIGOS Y NORMAS

Todas las obras del proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones se ejecutarán cumpliendo las normas y recomendaciones en su última edición o revisión que les sean de aplicación y estén vigentes en el momento del inicio de las mismas.

Entre ellas se tendrán en cuenta las siguientes:

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el suministro de Energía.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Normas “UNE”, “IEC” y aplicables.
- Instrucciones de carreteras (Secciones de firme 6.1 IC, 6.2 IC y secciones aplicables).
- NTE aplicables.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de carreteras y Puentes (PG-3), con sus correspondientes revisiones y actualizaciones, tanto en el BOE como en el propio documento.
- Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16).
- Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE).

- Instrucciones Técnicas del fabricante, aplicables a los equipos y componentes a instalar y correspondientes a almacenamiento, manipulación, montaje, ensayos y puesta en servicio.
- NLT.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación

5.1.4 CONDICIONES PARA LA EJECUCIÓN POR CONTRATA

La contrata está obligada al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio Familiar y de Vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten.

5.1.5 CONDICIONES DE LOS MATERIALES DE LA OBRA

Los componentes fundamentales de la subestación están definidos en la Memoria Descriptiva y en los planos incluidos en el presente Proyecto.

La información se completa con la relación de materiales que figura en el Presupuesto. Respecto a la obra civil se indica a continuación la calidad y preparación de los materiales a utilizar.

5.1.6 RELLENOS

El material del relleno se debe colocar en capas paralelas a la superficie, preferentemente horizontales, con el espesor especificado y de manera uniforme para obtener el grado de compactación exigido según el material. Los materiales de cada capa deben ser de características uniformes. No se debe colocar ninguna capa adicional hasta que la anterior cumpla las condiciones exigidas; las capas deben tener adherencia y homogeneidad entre

sí. El espesor de la capa compactada debe ser el menor entre el calculado como 1,5 veces el tamaño máximo del material o 0,20 m.

A menos que se indique otro método, cuando se mezclen dos o más materiales se debe hacer en seco para obtener una mezcla uniforme y luego se puede añadir agua por medio de riego y mezclas sucesivas hasta alcanzar la humedad especificada y uniforme en todo el material.

Cuando se llenen oquedades, el material debe quedar compactado de forma que la resistencia del relleno sea al menos la del suelo que se llena y en el caso de rocas en ningún caso menor de 500 kPa.

En las zonas del relleno de tuberías en donde no es posible trabajar con equipos mecánicos y se compacta a mano, deben disminuirse los espesores de las capas para lograr el porcentaje de compactación establecido.

Los materiales utilizados como relleno deben presentar como mínimo las siguientes características generales:

- No deben tener características expansivas, colapsibles, erodables o cársticas.
- Los materiales no deben tener materia orgánica.
- Deben estar constituidos por material limpio, resistente, duro, durable.
- No pueden ser desintegrables, deleznales, meteorizables ni solubles.
- Deben estar sanos, sin agrietamientos, sin exceso de partículas planas y/o blandas.

Los materiales pueden ser utilizados de forma individual (un único material) o empleando una combinación de dos o más materiales considerando o no una estabilización mecánica o química de los mismos.

5.1.7 HORMIGONES

La composición del hormigón será la adecuada para que la resistencia de proyecto o resistencia característica especificada del hormigón a compresión a los veintiocho días,

expresada en N/mm^2 , tal y como se especifica en los artículos 31 y 39 de la EHE sea según su uso, la expresada en el cuadro adjunto.

Las dosificaciones de hormigón a emplear en las distintas estructuras, en contacto con el suelo y por debajo de la cota 0,00 de la explanación tendrá una relación agua/cemento menor o igual a 0,60.

Dadas las particulares condiciones de uso de los viales de subestaciones, no es necesaria ninguna exigencia específica para los hormigones a utilizar en esta unidad, que se ejecutará con el tipo de hormigón especificado en el siguiente cuadro.

TIPO	Fck (N/mm^2)	USO EN
HA-25/P/20/Ila	25	Obras de hormigón armado como soleras, forjados, depósitos, bancadas de transformadores, etc.
HM-20/P/20/Ila	20	Obras de hormigón en masa como cimientos, viales, solados, bordillos, cunetas, arquetas, zanjas, etc.
HM-10/P/40/Ila	10	Hormigones de limpieza, rellenos, etc.

5.1.8 ÁRIDOS PARA MORTEROS Y HORMIGONES

Los áridos serán de cantera, río o bien procedentes de machaqueo, debiendo ser limpios y exentos de tierra-arcilla o materia orgánica.

El tamaño máximo del árido estará limitado por el tamiz 40 UNE y su proporción de mezcla definida por porcentaje en peso de cada uno de los diversos tamaños utilizados.

Deberán encontrarse saturados y superficialmente secos, a fin de obtener un hormigón de la máxima compacticidad, manejable, sin segregación, bien ligado y de la resistencia exigida.

Los áridos cumplirán como mínimo las condiciones en el artículo 28 de la EHE.

5.1.9 MORTEROS

La composición del mortero será adecuada a la aplicación de las obras de fábrica que se ejecute.

En general su dosificación será la exigida en la tabla que a continuación se incluye.

Dosificación de morteros tipo. Partes en volumen de sus componentes						
USO	Mortero	Tipo	Cemento	Cal aérea	Cal Hidráulica.	Arena
Fábricas ordinarias, relleno mortero para solados	M-20	a	1	-	-	8
		b	1	2	-	10
		c	-	-	1	3
Fábricas cargadas y enfoscados	M-40	a	1	-	-	6
		b	1	1	-	7
Bóvedas, doblados de rasilla, escaleras	M-80	a	1	-	-	4
		b	1	½	-	4
Enlucidos, revocos, cornisas, enfoscados impermeables	M-160	a	1	-	-	3
		b	1	¼	-	3

5.1.10 CEMENTOS

El tipo de cemento utilizado para la ejecución de los hormigones, “cemento de la clase resistente 32,5 N/mm² o superior”, se determinará teniendo en cuenta entre otros factores la aplicación del hormigón, las condiciones ambientales a las que va a estar expuesto y las dimensiones de las piezas y cumplirá como mínimo las condiciones exigidas en el artículo 26 de la EHE.

La dosificación del cemento se realizará en base al tipo de hormigón a conseguir y el tipo de cemento a utilizar, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tipo de Hormigón	Tipo de cemento	Dosificación
H. en masa	C. comunes C. para usos especiales	-
H. armado	C. comunes	Mínimo 275Kg/ m ³ de cemento
H. pretensado	C. comunes del tipo CEM I y CEM II/A-D	Mínimo 300Kg/ m ³ de cemento

5.1.11 AGUA

Cumplirá como mínimo las condiciones impuestas en el artículo 27 de la EHE.

No se utilizarán aguas del mar o aguas salinas análogas, tanto para amasar como para curar hormigones, y se rechazarán, salvo justificación especial, todas aquellas aguas que no cumplan las siguientes condiciones:

- Un PH $\geq$ 5.
- Sustancias disueltas: $\leq$ 15 g/l
- Contenido de sulfato: $\leq$ 1g/l.

- Contenido de Ion Cloruro d 3g/l para hormigón armado u hormigón en masa y d 1g/l para hormigón pretensado.
- Hidratos de carbono: 0
- Sustancias orgánicas solubles en éter en cantidad: d 15g/l.

5.1.12 ARMADURAS

Las armaduras para el hormigón serán de acero y estarán constituidas por:

- Barras corrugadas designadas en la tabla 32.2.a del artículo 32 de la EHE como B 400 S y B 500 S y cumplirán como mínimo las condiciones impuestas en el mencionado artículo.
- Mallas electrosoldadas designadas en la tabla 33.1.1 del artículo 33 de la EHE como ME500T y cumplirán como mínimo las condiciones impuestas en el mencionado artículo.

5.1.13 PIEZAS DE HORMIGÓN ARMADO O PRETENSADO

La forma y dimensiones de las piezas prefabricadas, se ajustarán perfectamente a los planos aprobados así como a las indicaciones del proyecto, y al cuerpo de la obra a ensamblar, siendo recibidos todos aquellos cuerpos que requieran su unión.

5.1.14 MATERIALES SIDERÚRGICOS, CARACTERÍSTICAS Y ENSAYOS

Los tornillos serán de la clase ordinaria y de una calidad del acero 5.6 y cumplirán, así como las tuercas y arandelas, las condiciones impuestas en el Código Técnico de la Edificación.

5.1.15 LAMINADOS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS

Los aceros laminados para estructuras serán de calidad S275JR de acuerdo con la norma UNE- EN 10025.

En aquellos casos en los se suministren perfiles ya elaborados, incluirán 2 manos de pintura protectora antioxidante y su medición se realizará por su peso directo.

CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

5.1.16 MOVIMIENTO DE TIERRAS

5.1.16.1 Desbroce y limpieza del terreno

En función del tipo de terreno existente, la dirección de la obra determinará la cantidad de tierra vegetal, arbolado, tocones, maleza, etc, a retirar y extracciones a realizar. Así mismo decidirá si depositar la extracción en lugares predeterminados para su posterior aprovechamiento o por el contrario retirarla a escombreras autorizadas.

5.1.16.2 Demoliciones

Comprende el derribo o demolición, total o parcialmente, de todas las construcciones que obstaculicen la obra a realizar y la retirada de la obra del material que no se tenga que reutilizar.

5.1.16.3 Escarificación y compactación

Pueden presentarse 2 tipos diferentes de terrenos a escarificar:

- Terrenos sin firme existente.
- Terrenos con firme existente.

En ambos casos la operación consistirá en disgregar el terreno superficial con los medios mecánicos adecuados y previamente a su compactado.

La compactación se realizará hasta conseguir una densidad de al menos, un 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado, según norma UNE 103.501/1994.

5.1.16.4 Excavaciones, rellenos, terraplenes, pedraplenes

La medición de la excavación y relleno con el propio material, se realizará por diferencia teórica entre perfiles transversales del terreno tomados antes del inicio de las excavaciones y después de realizada la compactación. En el caso de utilizarse en el relleno material de préstamo, su medición se realizará por el mismo procedimiento.

Para la realización de las excavaciones se seguirán las normas establecidas a tenor de las características particulares de la cimentación del terreno, y sus dimensiones se ajustarán a las indicadas en los planos del proyecto.

La superficie superior del terraplén se realizará con material granular, y dispondrá de la pendiente suficiente que facilite la salida de aguas o bien dispondrá de un sistema de drenaje.

Los materiales de la capa granular, empleados entre la base del firme y la explanada, se ajustará a lo indicado en los artículos 500 y 501 del PG-3.

Las redes de drenaje definidas en los planos del proyecto, se realizarán habitualmente mediante tubo de hormigón poroso, poli (cloruro de vinilo), polietileno de alta densidad o cualquier otro material sancionado por la experiencia, siendo cubierto con material filtrante una vez colocados en la zanja, ajustándose al artículo 420 del PG-3.

5.1.17 HORMIGONES

Antes de verter hormigón sobre hormigón endurecido se limpiará la superficie de contacto mediante chorro de agua y aire a presión, y/o picado, eliminando seguidamente el agua que se haya depositado, así como se realizará el tratamiento adecuado con productos especiales de unión entre fraguados y frescos.

El hormigón se compactará por vibraciones hasta asegurar que se han llenado todos los huecos, se ha eliminado el aire de la masa y refluye la lechada en la superficie.

Durante el primer período de endurecimiento, no se someterá al hormigón a cargas estáticas o dinámicas que puedan provocar su fisuración y la superficie se mantendrá húmeda durante 7 días, como mínimo, protegiéndola de la acción directa de los rayos solares.

No se podrá colocar hormigón cuando la temperatura baje de 2° C, ni cuando siendo superior se prevea que puede bajar de 0° C durante las 48 horas siguientes, ni cuando la temperatura ambiente alcance los 40° C. Se suspenderá el hormigonado cuando el agua de lluvia pueda producir deslavado del hormigón.

Se garantizarán las condiciones de ejecución de las obras de hormigón exigidas en el Capítulo XIII de la EHE.

5.1.18 PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

Cuando se realice la pavimentación mediante hormigonado en fresco, se podrán insertar directamente las juntas de dilatación de material plástico conforme a lo indicado en los planos de proyecto, o bien, una vez endurecido el hormigón mediante serrado con disco, siendo la profundidad mayor de seis centímetros.

5.1.19 ARMADURAS

La disposición de las armaduras una vez hormigonadas, será tal y como figura en los planos e instrucciones del proyecto, debiendo estar perfectamente sujetas para soportar el vertido, peso y vibrado del hormigón, respetándose especialmente los recubrimientos mínimos indicados en la EHE en vigor.

5.1.20 LAMINADOS

La disposición de los laminados y su medición se realizarán conforme a los valores teóricos de acuerdo con los planos e instrucciones del Proyecto, no considerándose los despuntes, solapes, ganchos, platillas, etc., que pudieran introducirse.

5.1.21 ENCOFRADOS

Los encofrados de madera o metálicos, serán estancos y estarán de acuerdo con las dimensiones previstas en el proyecto, serán indeformables bajo la carga para la que están previstos y no presentarán irregularidades brascas superiores a 2 mm ni suaves superiores a 6 mm medidos sobre la regla patrón de 1 m de longitud. Su desplazamiento final, respecto a las líneas teóricas de replanteo, no podrá exceder de los 6 mm.

5.1.22 PIEZAS PREFABRICADAS DE HORMIGÓN ARMADO O PRETENSADO

Durante el proceso de carga, transporte y montaje o colocación, los elementos prefabricados deberán suspenderse y apoyarse en los puntos previstos, a fin de que no se produzcan solicitaciones desfavorables.

5.1.23 ESTRUCTURA METÁLICA

La presentación de los anclajes se efectuará con las plantillas previstas para este fin.

Una vez clasificada la estructura y comprobado que las dimensiones (incluso taladros) corresponden a las medidas indicadas en el Proyecto, se procederá al izado de la misma mediante:

- Estrobo y elevación de las estructuras.
- Fijación de las mismas en sus anclajes mediante pernos u hormigón.
- Aplomado, nivelación y alineación de las mismas.

5.1.24 EMBARRADOS Y CONEXIONES

- Embarrados de cable y derivaciones

Los embarrados de cable se ejecutarán realizando un tramo de muestra de cada vano tipo, con arreglo a las tablas de tendido. Luego se montarán en el suelo todos los tramos izándolos y regulándolos posteriormente.

- Embarrados rígidos de tubo o pletina

Los embarrados de tubo se prepararán y ejecutarán en el suelo, incluyendo el doblado con máquina, empalmes si son necesarios, y taladros. En el caso de los tubos de aluminio, se prevé un equipo de soldadura para la unión de las palas de conexión. Posteriormente se izarán y montarán los diferentes tramos.

- Conexiones

Se prepararán, limpiarán, colocarán y apretarán las piezas de conexión según se indique.

5.1.25 TRANSFORMADORES Y REACTANCIAS DE POTENCIA

Actividades principales a desarrollar en el montaje:

- Descarga y traslado hasta su emplazamiento definitivo junto con sus accesorios.
- Montaje de accesorios y bornas.
- Tratamiento y llenado de aceite bajo vacío.
- Recepción final.

Se comprobará la existencia de una ligera sobrepresión de gas en la cuba del transformador.

Se efectuará el vacío de la cuba, al mismo tiempo se realizará el filtrado del aceite en depósitos aparte.

Una vez conseguidos los valores de rigidez dieléctrica y vacío indicados en la Especificación Técnica de Montaje de Transformadores de Potencia, se iniciará el llenado de la cuba por la parte inferior hasta alcanzar un nivel cercano a la tapa.

Se procederá a la rotura de vacío.

Una vez montados todos los elementos del transformador se procederá a su llenado final.

El aceite antes del llenado debe tener un contenido de humedad de 10 ppm o menos y el contenido de gases no debe exceder del 1%.

Cuando la cuba no esté preparada para pleno vacío, se procederá solamente al tratamiento del aceite y al llenado del transformador.

En el caso de transformadores nuevos, la casa constructora del transformador realizará el montaje y supervisará la puesta en servicio del mismo.

5.1.26 BATERÍA DE CONDENSADORES

Se efectuará el montaje del soporte metálico, colocación y fijación de los módulos de la batería sobre el soporte.

Se efectuará el montaje de los embarrados y derivaciones.

Se realizarán mediciones de las series con todos sus elementos, y eliminando elementos hasta que la sobretensión a que queda sometida sea del 10%.

En la puesta en servicio de las modernas, se vigilará la corriente residual entre los neutros para detectar el desequilibrio.

5.1.27 CELDAS BLINDADAS DE 30 KV

Se realizarán las siguientes operaciones:

- Desembalaje, situación, ensamblado, nivelado y fijación de los diversos elementos que componen el conjunto, en su bancada correspondiente.
- Se realizará la unión de embarrados principales y derivaciones.
- Comprobación y colocación de los aislamientos de embarrados.
- Cableado de interconexiones entre celdas, hasta la caja de centralización, colocación y cableado de todos los aparatos.
- Puesta a tierra.
- Pruebas funcionales de maniobra y control.

5.1.28 CABLES DE POTENCIA

El tendido se realizará formando ternas trifásicas (fases 0, 4, 8).

No se admitirán empalmes en el tendido inicial de los cables de potencia.

Se comprobará el cumplimiento de las instrucciones del tendido y montaje dadas por el fabricante del cable, así como los ensayos eléctricos previos a la puesta en servicio.

Los cables irán marcados identificando circuito y fase en las zonas visibles y arquetas de registro.

5.1.29 CABLES DE FUERZA Y CONTROL

Se incluyen en este apartado las siguientes actividades:

- Plan de tendido y conexionado.
- Tendido.
- Conexionado.
- Mediciones y comprobaciones.

Los cables se fijarán en los extremos mediante prensaestopas o grapas de presión.

Todos los cables estarán identificados y marcados. Cada hilo será igualmente identificado en sus dos extremos y marcado con la numeración que figure en los planos de cableado correspondiente.

5.1.30 PUESTA A TIERRA

Cualquier elemento que no soporte tensión deberá estar conectado a la malla de tierra. El contacto de los conductores de tierra deberá hacerse de forma que quede completamente limpio y sin humedad.

La malla de tierra se tenderá a la profundidad indicada en el proyecto, siguiendo la disposición indicada en los planos del mismo.

Las conexiones se efectuarán con soldadura aluminotérmica y los cruzamientos se harán sin cortar el cable.

No se tapará ningún tramo de malla de tierra, ni soldadura alguna, sin la autorización previa de la dirección de obra.

PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

El plan de control, tanto de la ejecución como de los materiales utilizados, se preparará en base a los criterios de buena práctica y conforme a las instrucciones, normas, pliegos, etc., de aplicación en cada caso, debiéndose cumplir como mínimo los requisitos expuestos en los siguientes apartados.

El contratista de acuerdo con lo indicado en las Especificaciones Técnicas, o en su defecto en las Normas e Instrucciones de Organismos Oficiales, encargará la realización de ensayos y pruebas a laboratorios homologados.

Mensualmente el contratista entregará los certificados de calidad de todos los materiales utilizados, indicando las unidades de obra a que afecta, al término de la obra civil se cumplimentará un anexo con los trabajos realizados.

5.1.31 REPLANTEOS

Los errores máximos permitidos serán:

Entre ejes de replanteo y ejes de cimentaciones	2 mm
Entre ejes de cimentaciones y testas de los pernos	1 mm
En nivelación de bases de cimentaciones	1 mm
En nivelación de carreteras y viales	5 mm
En nivelación de explanada	20 mm

5.1.32 MOVIMIENTOS DE TIERRAS

Cuando se efectúen movimientos de tierras para explanación de carreteras, viales, etc. se deberán cumplir los valores de Límite de Atteberg, análisis granulométrico, equivalente de arena, Proctor normal/modificado, CBR de laboratorio, materia orgánica y densidad “in situ”, según especifica en cada caso las correspondientes normas NLT o UNE.

Se realizará un control de ejecución de los terraplenes.

5.1.33 HORMIGÓN

Para garantizar las condiciones de ejecución de las obras de hormigón exigidas en el Capítulo XIII de la EHE, se realizará un control de ejecución a nivel normal.

La comprobación de la resistencia del hormigón se realizará en el laboratorio, mediante la rotura a compresión de probetas sacadas a pie de obra, a la edad de 7 y 28 días, según normas UNE-EN 123501:2009, UNE-EN 12390-1:2013.

La comprobación de su consistencia se realizará a pie de obra, mediante el cono de Abrams, según norma UNE-EN 12350-2:2009.

Por otra parte el CONTRATISTA especificará al responsable de la planta de hormigonado, las características del hormigón a utilizar, principalmente en lo que respecta a resistencia y consistencia.

5.1.34 PIEZAS PREFABRICADAS DE HORMIGÓN ARMADO O PRETENSADO

El fabricante presentará un expediente en el que se recojan las características tales como:

- Calidad del Hormigón.
- Calidad del acero.

- Dimensiones y tolerancias.
- Solicitaciones.
- Precauciones durante su montaje.

5.1.35 ARMADURAS

- Verificación de la sección equivalente.
- Ensayos y características según Norma UNE 36068:2011.
- Comprobación de los valores característicos del material, límite elástico, rotura y alargamiento.
- Verificar que las características de las mallas electrosoldadas de acero para hormigón armado, cumplen con la norma UNE 36092:2014.

5.1.36 MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS Y SOPORTES

Las tolerancias dimensionales de los conjuntos montados serán indicadas en los planos. Las tolerancias admitidas son:

RECEPCIÓN DE LAS OBRAS

Al término de las obras comprendidas en el Proyecto, se hará una recepción de las mismas, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si éste es el caso, dándose la obra por terminada si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con el presente Pliego de Condiciones.

En el caso de no hallarse la obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta, y se darán las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento.

Para la recepción y puesta en servicio de la instalación se realizarán las pruebas que se precisen para asegurar su correcto funcionamiento. Se pueden distinguir tres fases, en las cuales se exponen los ejemplos más significativos, teniendo que cumplimentar en cada fase los Planes de Puntos de Inspección correspondientes.

5.1.37 MEDICIÓN Y COMPROBACIONES

- Medida de resistencia de la malla de tierra y de las tensiones de paso y contacto.
- Medida de aislamiento de cables y del aparellaje de AT.
- Medida de rigidez dieléctrica del aceite de los trafos y aislamiento de los bobinados.
- Polaridad de los TI.
- Timbrado de cables de control.

5.1.38 PRUEBAS LOCALES Y P.E.S. DE EQUIPOS DE BAJA TENSION

- Pruebas funcionales de seccionadores.
- Pruebas funcionales de interruptores.
- Pruebas funcionales de transformadores de potencia.
- Pruebas y puesta en servicio de rectificadores y baterías de acumuladores.
- Puesta en servicio de armarios de servicios Auxiliares.

5.1.39 PRUEBAS DE CONTROL, TELECONTROL Y P.E.S. DEL APARELLAJE DE AT

- Comprobación de los circuitos de mando, control, señalización y alarma de interruptores y seccionadores, de intensidades y tensiones de los transformadores de medida, de bloqueos y condicionantes de control.
- Pruebas de regulación de tensión de transformadores de potencia.
- Pruebas de protecciones, equipos de medida, de telecontrol, registradores cronológicos.
- Energización de todos los elementos de la subestación y prueba de su funcionamiento a tensión normal.
- Puesta en servicio.

A la finalización de la obra, el contratista entregará un expediente de Fin de Obra que comprenderá:

- Los protocolos de pruebas realizadas.
- Dos copias de planos “AS-BUILT”, en rojo y amarillo.

Capítulo 6. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El presente Estudio de Seguridad y Salud se redacta para dar cumplimiento a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

El objeto del Estudio de Seguridad y Salud es servir de base para que el contratista elabore el correspondiente Plan de Seguridad y Salud en el trabajo, en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en este documento, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

La Subestación Alya 220/30 kV está situada en el término municipal de Alcalá de los Gazules (Cádiz), comunidad autónoma de Andalucía.

6.1.1 ACCESOS Y VALLADO

Con antelación al inicio de los trabajos, se dispondrá el vallado perimetral provisional del recinto de obras, con el fin de evitar que cualquier persona ajena a la obra tenga fácil acceso a la misma.

6.1.2 SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La acometida a las obras será por cuenta de la Propiedad, proporcionando un punto de enganche en el lugar del emplazamiento de las mismas.

6.1.3 OBRA CIVIL

6.1.3.1 Movimiento de tierras y cimentaciones

Dentro de esta fase de obra, consideraremos las siguientes operaciones a realizar:

- ☐ Excavación
- ☐ Cimentación: será de zapatas aisladas

6.1.3.2 Excavación

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- ☐ Caídas al mismo nivel
- ☐ Caídas a distinto nivel
- ☐ Caída de objetos por desplome o derrumbamiento
- ☐ Caída de objetos en manipulación
- ☐ Caída de objetos desprendidos
- ☐ Pisadas sobre objetos
- ☐ Atropellos o golpes con vehículos
- ☐ Proyección de fragmentos o partículas
- ☐ Choque contra objetos inmóviles

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- ☐ Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.
- ☐ En caso de ser necesario, se colocará vallado perimetral de obra alrededor de la misma.

- ☐ Se prohibirá trabajar o permanecer observando dentro del radio de acción del brazo de una máquina para el movimiento de tierras.
- ☐ En los trabajos de excavación en general se adoptarán las precauciones necesarias para evitar derrumbamientos, según la naturaleza y condiciones del terreno y forma de realizar los trabajos.
- ☐ Todas las excavaciones de obra se señalizarán en todo su perímetro con el fin de evitar caídas a distinto nivel. Cuando la profundidad de la excavación sea superior a 2 metros, se deberá proteger mediante el uso de barandillas con suficiente rigidez y estabilidad.
- ☐ No se apilarán materiales en zonas de tránsito, retirando los objetos que impidan el paso por las mismas.
- ☐ La circulación de vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de excavación no superior a los 4 metros.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- ☐ Casco de seguridad contra choques e impactos
- ☐ Gafas de protección contra proyección de partículas
- ☐ Mascarillas de protección para ambientes pulvígenos
- ☐ Guantes de trabajo

6.1.3.3 Identificación de sustancias peligrosas

- ☐ Un punto clave para una actuación preventiva ante las sustancias químicas.
- ☐ Dos son las formas fundamentales que facilitan disponer de dicha información: el correcto etiquetado de los envases contenedores de sustancias peligrosas y las fichas informativas de los productos.
- ☐ Los pictogramas que deberán de figurar serán los siguientes :

PICTOGRAMAS E INDICACIONES DE PELIGRO					
E 	Explosivo	F 	Fácilmente inflamable	F+ 	Extremadamente inflamable
O 	Comburente	T 	Tóxico	T+	Muy tóxico
C 	Corrosivo	Xn 	Nocivo	Xi 	Irritante

- ☐ Las fichas informativas de productos constituyen un sistema complementario al etiquetado.

6.1.4 MONTAJE

6.1.4.1 Identificación unidades constructivas

MONTAJE Y/O DESMONTAJE DE LOS COMPONENTES MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS

- ☐ Estructura metálica soporte
- ☐ Transformador de potencia
- ☐ Transformadores de servicios auxiliares
- ☐ Celdas de 30 kV
- ☐ Bandejas y canalizaciones de cables
- ☐ Tubos de embarrado y conexiones
- ☐ Baterías de condensadores

MONTAJE Y/O DESMONTAJE DE LOS COMPONENTES DE CONTROL

- ☐ Armarios de control
 - Relés y protecciones
 - Relés de protecciones
- ☐ Equipos de comunicaciones
- ☐ Equipos de control integrado
- ☐ Remotas de control

CABLEADOS DE INTERCONEXIÓN

- ☐ Tendido y conexionado

6.1.5 DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS

6.1.5.1 Manipulación manual de cargas

Se entenderá por manipulación manual de cargas cualquier operación de transporte o sujeción de una carga por parte de uno o varios trabajadores, así como el levantamiento, colocación, empuje, tracción o desplazamiento, que por sus características o condiciones ergonómicas inadecuadas entrañe riesgos, particularmente dorsolumbares, para los trabajadores.

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- ☐ Caídas al mismo nivel
- ☐ Caídas a distinto nivel

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- ☐ Para levantar una carga hay que aproximarse a ella. El centro de gravedad del operario deberá estar lo más próximo que sea posible y por encima del centro de gravedad de la carga.

- ☐ El equilibrio imprescindible para levantar una carga correctamente, sólo se consigue si los pies están bien situados:
 - Enmarcando la carga o Ligeramente separados o Ligeramente adelantado uno respecto del otro.
- ☐ Técnica segura del levantamiento:
 - Situar el peso cerca del cuerpo. o Mantener la espalda plana. o No doblar la espalda mientras levanta la carga.
 - Usar los músculos más fuertes, como son los de los brazos, piernas y muslos.
- ☐ Coger mal un objeto para levantarlo provoca una contracción involuntaria de los músculos de todo el cuerpo. Para sentir mejor un objeto al cogerlo, lo correcto es hacerlo con la palma de la mano y la base de los dedos. Para cumplir este principio y tratándose de objetos pesados, se puede, antes de cogerlos, prepararlos sobre calzos para facilitar la tarea de meter las manos y situarlas correctamente.

Las cargas deberán levantarse manteniendo la columna vertebral recta y alineada.
- ☐ El arquear la espalda entraña riesgo de lesión en la columna, aunque la carga no sea demasiado pesada.
- ☐ En todas estas operaciones deberá ponerse cuidado en mantener la espalda recta.
- ☐ Para levantar una caja grande del suelo, el empuje deberá aplicarse perpendicularmente a la diagonal mayor, para que la caja pivote sobre su arista.
- ☐ Las operaciones de manutención en las que intervengan varias personas deberán excluir la improvisación, ya que una falsa maniobra de uno de los portadores puede lesionar a varios. ☐ Deberá designarse un jefe de equipo que dirigirá el trabajo y que deberá a tender a:

- La evaluación del peso de la carga a levantar para determinar el número de portadores precisos, el sentido del desplazamiento, el recorrido a cubrir y las dificultades que puedan surgir.
 - La determinación de las fases y movimientos de que se compondrá la maniobra.
 - La explicación a los portadores de los detalles de la operación (ademanos a realizar, posición de los pies, posición de las manos, agarre, hombro a cargar, cómo pasar bajo la carga, etc.)
- ☐ o El transporte se deberá efectuar:
- Estando el portador de detrás ligeramente desplazado con respecto al de delante, para facilitar la visibilidad de aquél.

Si los paquetes o cargas pesan más de 50 Kg., aproximadamente, la operación de movimiento manual se realizará por dos operarios.

- ☐ En cada hora de trabajo deberá tomarse algún descanso o pausa.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- ☐ Casco de seguridad contra choques e impactos
- ☐ Guantes de trabajo
- ☐ Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares
- ☐ Botas de seguridad con puntera reforzada en acero y suela antideslizante
- ☐ Ropa de trabajo para el mal tiempo

CABLES

Un cordón está constituido por varios alambres de acero dispuestos helicoidalmente en una o varias capas. Un cable de cordones está constituido por

varios cordones dispuestos helicoidalmente en una o varias capas superpuestas, alrededor de un alma.

- ☐ Los cables serán de construcción y tamaño apropiados para las operaciones en las cuales van a ser empleados.
- ☐ El factor de seguridad para los mismos no será inferior a seis.
- ☐ Los ajustes de ojales y los lazos para los ganchos, anillos y argollas, estarán provistos de guardacabos resistentes.
- ☐ Estarán siempre libres de nudos, sin torceduras permanentes y otros defectos.
- ☐ Se inspeccionará periódicamente el número de hilos rotos desechándose aquellos cables en que lo estén en más del 10% de los mismos
- ☐ Los diámetros mínimos para el enrollamiento o doblado de los cables deben ser cuidadosamente observados para evitar el deterioro por fatiga.
- ☐ Antes de efectuar el corte de un cable, es preciso asegurar todos los cordones para evitar el deshilachado de éstos y descableado general.
- ☐ El cable se examinará en toda su longitud y después de una limpieza que elimine la suciedad en el mismo.
- ☐ El examen de las partes más expuestas al deterioro o que presente alambres rotos se efectuará estando el cable en reposo.
- ☐ Los motivos de retirada de un cable
serán: o Rotura de un cordón.
 - Reducción anormal y localizada del diámetro.
 - Existencia de nudos.
 - Cuando la disminución del diámetro del cable en un punto cualquiera, alcanza el 10% para los cables de cordones o el 3% para los cables cerrados.
 - Cuando el número de alambres rotos visibles alcanza el 20% del número total de hilos del cable, en una longitud igual a dos veces el paso de cableado.

- Cuando la disminución de la sección de un cordón, medida en un paso cableado, alcanza el 40% de la sección total del cordón.

6.1.6 TRABAJOS PRÓXIMOS A ELEMENTOS EN TENSIÓN

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- ☐ Caídas al mismo nivel
- ☐ Caídas a distinto nivel
- ☐ Contactos eléctricos directos
- ☐ Contactos eléctricos indirectos
- ☐ Electrocuciones
- ☐ Incendios

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- ☐ Todos los trabajos se realizarán según lo establecido en el Real Decreto 614/01, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- ☐ Se define como trabajador autorizado aquel el trabajador que ha sido autorizado por el empresario para realizar determinados trabajos con riesgo eléctrico, en base a su capacidad para hacerlos de forma correcta.
- ☐ Las distancias de seguridad para trabajar próximos a Líneas Eléctricas o elementos con tensión mantendrán las siguientes distancias de seguridad, quedando terminantemente prohibido realizar trabajos sin respetar estas distancias:

DISTANCIAS LÍMITE DE LAS ZONAS DE TRABAJO

Un	DPEL-1	DPEL-2	DPROX-1	DPROX-2
d 1	50	50	70	300

3	62	52	112	300
6	62	53	112	300
10	65	55	115	300
15	66	57	116	300
20	72	60	122	300
30	82	66	132	300
45	98	73	148	300
66	120	85	170	300
110	160	100	210	500
132	180	110	330	500
220	260	160	410	500
380	390	250	540	700

Un : Tensión nominal de la instalación (kV).

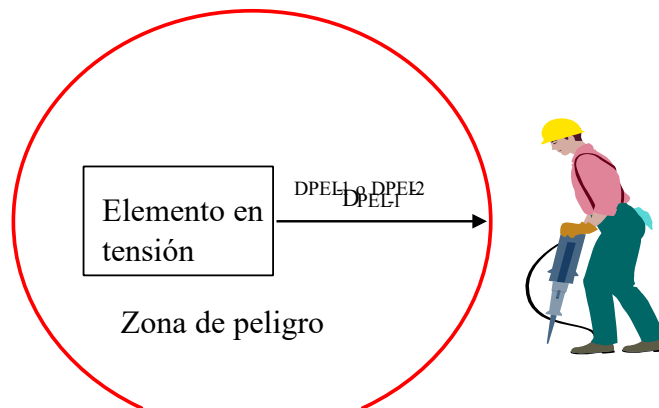
DPEL-1 : distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm).

DPEL-2 : distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando no exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm).

DPROX-1 : distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm).

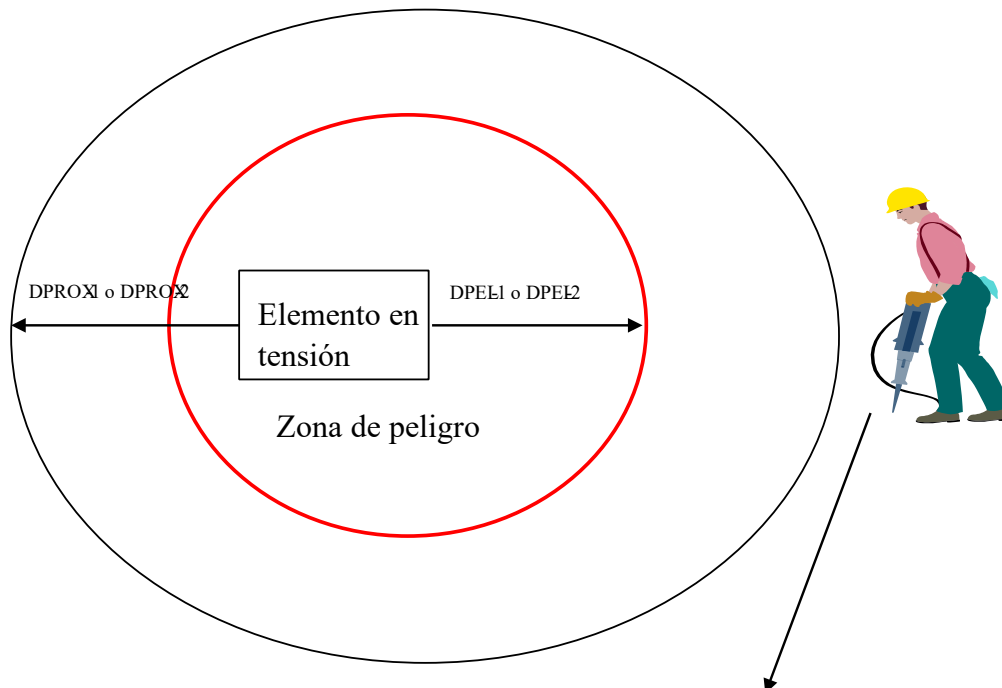
DPROX-2 : distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando no resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm).

Nota: Las distancias para valores de tensión intermedios se calcularán por interpolación lineal.



RIESGO ELÉCTRICO

Zona de proximidad es el espacio delimitado alrededor de la zona de peligro, desde la que el trabajador puede invadir accidentalmente esta última.



EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- ☐ Casco de seguridad contra arco eléctrico
- ☐ Guantes de trabajo
- ☐ Guantes dieléctricos para alta y baja tensión
- ☐ Gafas de protección o pantalla de protección facial contra arco eléctrico
- ☐ Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante

6.1.7 TRABAJOS EN TENSIÓN

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- ☐ Caídas al mismo nivel
- ☐ Caídas a distinto nivel
- ☐ Caída de objetos en manipulación
- ☐ Contactos eléctricos
- ☐ Incendios

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- ☐ Se seguirán en todo momento las especificaciones descritas en el R.D. 614/2001 sobre Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- ☐ Para estos trabajos se deberán haber desarrollado procedimientos específicos, los operarios deberán tener una formación adecuada y tanto el material de seguridad, como el equipo de trabajo y las herramientas a utilizar serán las adecuadas.
- ☐ La zona de trabajo debe estar claramente definida y delimitada.
- ☐ Todas aquellas partes de una instalación eléctrica sobre la que vayan a realizarse trabajos, deberán disponer de un espacio adecuado de trabajo, de medios de acceso de iluminación.

- ☐ Cuando sea necesario, el acceso a la zona de trabajo debe ser delimitado claramente en el interior de las instalaciones.
- ☐ Los materiales inflamables deben mantenerse alejados de fuentes de arco eléctrico.
- ☐ Otros parámetros, tales como la altitud y la contaminación, particularmente en alta tensión, se deben considerar si reducen la calidad de aislamiento de las herramientas y equipos.
- ☐ Cuando las condiciones ambientales requieran la paralización del trabajo, el personal debe dejar la instalación y los dispositivos aislantes y aislados en posición segura. Los operarios deben también retirarse de la zona de trabajo de forma segura.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- ☐ Casco de seguridad contra arco eléctrico
- ☐ Botas de seguridad con puntera reforzada y suela aislante y antideslizante
- ☐ Guantes de trabajo
- ☐ Guantes dieléctricos para baja tensión
- ☐ Guantes dieléctricos para alta tensión
- ☐ Gafas de protección o pantalla de protección facial contra arco eléctrico
- ☐ Arnés de seguridad
- ☐ Ropa de trabajo para el mal tiempo

5 MEDIOS AUXILIARES

6.1.1 ESCALERAS

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- ☐ Caídas al mismo nivel
- ☐ Caídas a distinto nivel
- ☐ Golpes/choques con objetos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

GENERALES

- ☐ Antes de utilizar una escalera manual es preciso asegurarse de su buen estado, rechazando aquéllas que no ofrezcan garantías de seguridad.
- ☐ Hay que comprobar que los largueros son de una sola pieza, sin empalmes, que no falta ningún peldaño, que no hay peldaños rotos o flojos o reemplazados por barras, ni clavos salientes.
- ☐ Todas las escaleras estarán provistas en sus extremos inferiores, de zapatas antideslizantes.
- ☐ No se usarán escaleras metálicas cuando se lleven a cabo trabajos en instalaciones en tensión.
- ☐ El transporte de una escalera ha de hacerse con precaución, para evitar golpear a otras personas, mirando bien por donde se pisa para no tropezar con obstáculos. La parte delantera de la escalera deberá de llevarse baja.
- ☐ Se prohíbe apoyar la base de las escaleras de mano sobre lugares u objetos poco firmes que puedan mermar la estabilidad de este medio auxiliar.
- ☐ Antes de iniciar la subida deberá comprobarse que las suelas del calzado no tienen barro, grasa, ni cualquier otras sustancias que pueda producir resbalones.

- ☐ El ascenso y descenso a través de la escalera de mano se efectuará frontalmente, es decir, mirando directamente hacia los largueros que se están utilizando.
- ☐ La escalera tendrá una longitud tal, que sobrepase 1 metro por encima del punto o la superficie a donde se pretenda llegar. La longitud máxima de las escaleras manuales no podrá sobrepasar los 5 m. sin un apoyo intermedio, en cuyo caso podrá alcanzar la longitud de 7 metros. Para alturas mayores se emplearán escaleras especiales.
- ☐ Las escaleras de mano simples se colocarán, en la medida de lo posible, formando un ángulo de 75° con la horizontal.
- ☐ Para trabajar con seguridad y comodidad hay que colocarse en el escalón apropiado, de forma que la distancia del cuerpo al punto de trabajo sea suficiente y permita mantener el equilibrio. No se deberán ocupar nunca los últimos peldaños.
- ☐ Los trabajos a más de 3,5 metros de altura desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, solo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad o se adoptan medidas de protección alternativas.

- ☐ Deberá existir un lugar cubierto y adecuado para guardar las escaleras después de usarlas.

INSTALACIONES PROVISIONALES

Se considerarán en este apartado los riesgos y medidas preventivas en las instalaciones provisionales de obra.

6.1.2 INSTALACIÓN PROVISIONAL ELÉCTRICA

Se procederá al montaje de la instalación provisional eléctrica de la obra desde el punto de toma fijado por la propiedad.

La acometida será preferiblemente subterránea, disponiendo de un armario de protección en módulos normalizados, dotados de contadores en energía activa y reactiva, si así se requiriese.

A continuación se pondrá el cuadro general de mando y protección, dotado de seccionador general de corte automático, interruptor omnipolar y protección contra faltas a tierra, sobrecargas y cortocircuito, mediante interruptores magnetotérmicos y relé diferencial de 300 mA de sensibilidad, puesto que todas las masas y el valor de la toma de tierra es $< 10^{\circ}$.

Por último, del cuadro general saldrá un circuito para alimentación de los cuadros secundarios donde se conectarán las herramientas portátiles de los tajos. Estos cuadros serán de instalación móvil.

Las tomas de corriente y clavijas, llevarán contacto de puesta a tierra de manera obligatoria.

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- ☐ Caídas al mismo nivel
- ☐ Caídas a distinto nivel
- ☐ Pisadas sobre objetos
- ☐ Golpes/Cortes con objetos o herramientas
- ☐ Contactos eléctricos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- ☐ Solamente el personal capacitado podrá operar en los equipos eléctricos, sean cuadros de maniobra, de puesta en marcha de motores, etc.
- ☐ Los trabajadores considerarán que todo conductor eléctrico, cable o cualquier parte de la instalación se encuentra conectado y en tensión.

Antes de trabajar en ellos se comprobará la ausencia de voltaje con aparatos adecuados y se pondrán a tierra y en cortocircuito.

- ☐ El tramo aéreo entre el cuadro general de protección y los cuadros para máquinas será tensado con piezas especiales sobre apoyos; si los conductores no pueden soportar la tensión mecánica prevista, se emplearán cables fiadores con una resistencia de rotura de 800 kilogramos, fijando a estos el conductor con abrazaderas.
- ☐ El tendido de los cables y mangueras se efectuará a una altura mínima de 2 metros en los lugares peatonales y de 5 metros en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento, como norma general.
- ☐ Si es posible, no obstante, se enterrarán los cables eléctricos en los pasos de vehículos, señalizando el paso del cable mediante una cubierta permanente de tablones. La profundidad mínima de la zanja será de 40 centímetros, y el cable irá además protegido en el interior de un tubo rígido.
- ☐ Los empalmes entre mangueras se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas.
 - ☐ El trazado de las mangueras de suministro eléctrico no coincidirá con el de suministro provisional de agua a las plantas.
 - ☐ Los cuadros eléctricos serán metálicos de tipo para intemperie, con puerta y cerrojo de seguridad (con llave), según norma UNE 20.324.
 - ☐ Pese a ser de tipo intemperie, se protegerán del agua de lluvia mediante viseras eficaces como protección adicional.
 - ☐ Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.
 - ☐ El neutro de la instalación estará puesto a tierra.
 - ☐ La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

- ☐ El hilo de toma de tierra siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe terminantemente utilizarlo para otros usos.
- ☐ Las mangueras eléctricas, en su camino ascendente a través de la escalera, estarán agrupadas y ancladas a elementos firmes en la vertical.
- ☐ En la instalación de alumbrado estarán separados los circuitos de valla, acceso a zonas de trabajo, escaleras, almacenes, etc.
- ☐ Se sustituirán inmediatamente las mangueras que presenten algún deterioro en la capa aislante de protección.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección personal a utilizar serán:

- ☐ Casco de seguridad para protección contra arco eléctrico
- ☐ Guantes de trabajo
- ☐ Guantes aislantes para baja tensión
- ☐ Botas de seguridad aislantes, con puntera y plantilla reforzada y suela antideslizante
- ☐ Ropa de protección para el mal tiempo

6INSTALACIÓN DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS

Las causas que propician la aparición de un incendio en una obra no son distintas de las que lo generan en otro lugar: existencia de una fuente de ignición (hogueras, energía solar, trabajos de soldadura, conexiones eléctricas, cigarrillos, etc.), junto a una sustancia combustible (encofrados de madera, carburante para maquinaria, pinturas y barnices, etc.), puesto que el carburante (oxígeno) está presente en todos los casos.

Los caminos de evacuación estarán libres de obstáculos, de aquí la importancia del orden y limpieza en todos los tajes.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- ☐ Orden y limpieza separando los escombros del material combustible para su mejor control.

- ☐ Vigilancia y detección de posibles focos de incendio.
- ☐ Revisión periódica de extintores.
- ☐ Prohibición de fumar en lugares de mayor peligro de incendio.
- ☐ Señalización de las zonas de peligro de incendio.
- ☐ Cartel en sitio visible con el teléfono de bomberos.

INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR

Se dispondrá de un local, con dos salas, para aseos y vestuarios. En ellos, en aras de la conservación y limpieza, los suelos y paredes serán continuos, lisos e impermeables y con materiales que permitan el lavado con líquidos desinfectantes o antisépticos, con la frecuencia necesaria.

Todos los elementos, tales como grifos, desagües, alcachofas de duchas, etc, estarán en perfecto estado de funcionamiento y los bancos y taquillas aptos para su utilización.

Todos los locales estarán dotados de luz, calefacción y suficiente ventilación.

6.1.3 DOTACIÓN DE ASEOS

Por cada 10 trabajadores los aseos estarán equipados como mínimo por:

- ☐ 1 lavabo con espejo, agua corriente fría y caliente
- ☐ 1 ducha con agua corriente fría y caliente
- ☐ 1 inodoro con carga y descarga automática de agua, con papel higiénico
- ☐ Perchas y jaboneras

PLIEGO DE CONDICIONES

CONSIDERACIONES DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA

- ☐ Las diversas protecciones colectivas a utilizar en la obra tendrá una calidad adecuada a las prestaciones exigidas, debiendo garantizar su eficacia mediante certificado del fabricante o bien por cálculos y ensayos justificativos realizados al efecto.
- ☐ Las protecciones colectivas se ajustarán a lo dispuesto en las Disposiciones Legales y Reglamentos Vigentes.
- ☐ Todos los elementos de protección colectiva, tendrán fijado un periodo de vida útil, desechándose al término del mismo.
- ☐ Si por cualquier circunstancia, sea desgaste, uso o deterioro por acción mecánica, un elemento de protección colectiva sufriera algún deterioro, se repondrá de inmediato, haciendo caso omiso de su periodo de vida útil.
- ☐ Los trabajadores serán debidamente instruidos respecto a la correcta utilización de los diferentes elementos de protección colectiva.
- ☐ Las protecciones colectivas estarán disponibles en obra para su oportuna utilización en las respectivas zonas donde puedan ser necesitadas.

6.1.4 CONSIDERACIONES DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Los equipos de protección tanto individual como colectiva que se utilicen, deberán reunir los requisitos establecidos en las disposiciones legales o reglamentarias que les sean de aplicación y en particular relativos a su diseño, fabricación, uso y mantenimiento.

Se especifica como condición expresa que todos los equipos de protección individual utilizables en esta obra, cumplirán las siguientes condiciones generales:

- ☐ Los equipos de protección individual que cumplan con la indicación expresada en el punto primero de este apartado, tienen autorizado su uso durante su período de vigencia.

- ☐ Todo equipo de protección individual en uso que esté deteriorado o roto, será reemplazado de inmediato, quedando constancia en la oficina de obra del motivo del cambio y el nombre de la empresa y de la persona que recibe el nuevo equipo de protección individual, con el fin de dar la máxima seriedad posible a la utilización de estas protecciones.

- ☐ Se recuerda, que en aplicación de los Principios de Acción Preventiva de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, no puede ser sustituida una protección colectiva prevista en este Estudio de Seguridad y Salud por el uso de equipos de protección individual.

6.1.5 SEÑALIZACIÓN DE LA OBRA

Esta señalización cumplirá con lo contenido en el Real Decreto 485/97 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización y seguridad en el trabajo, que desarrolla los preceptos específicos sobre esta materia contenidos en la Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

6.1.6 CONDICIONES DE SEGURIDAD DE LOS MEDIOS AUXILIARES, MÁQUINAS Y EQUIPOS

De acuerdo con el art. 41 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, los contratistas obtendrán de los fabricantes y proveedores todas las especificaciones técnicas, normas y material impreso que incluyan las correspondientes características técnicas de toda la maquinaria, equipos, herramientas, dispositivos y equipos de protección personal a utilizar en las obras. La información facilitada por los fabricantes y proveedores deberá incluir:

- ☐ Instrucciones sobre los procedimientos para el funcionamiento y uso de máquinas, equipos, herramientas, dispositivos o equipos de protección individual.
- ☐ Procedimientos de mantenimiento y conservación de máquinas, equipos, herramientas, dispositivos o equipos de protección individual.
- ☐ Los contratistas mantendrán en todo momento en la base de operaciones de su zona de obras copias de los manuales y especificaciones impresas (en adelante, la información técnica) especificadas en el párrafo anterior.
- ☐ Todos los empleados de los contratistas recibirán información y formación sobre el contenido de los manuales técnicos pertinentes al trabajo que realizan.
- ☐ Cada contratista facilitará a todos sus empleados el equipo de protección seguridad y salud mínimo recogido en las normas que anteceden. Asimismo, deberá mantener copias de dichas normas en la base de operaciones de la obra.
- ☐ El Encargado de la obra será el responsable de la recepción de la maquinaria y medios auxiliares, comprobando a su llegada a obra el buen estado de los mismos, con todos sus componentes y de acuerdo con lo solicitado, así como, verificará que cumple la legislación vigente en materia de seguridad y salud que le afecte.
- ☐ Se prohíbe el montaje de los medios auxiliares, máquinas y equipos, de forma parcial; es decir, omitiendo el uso de alguno o varios de los componentes con los que se comercializan para su función.
- ☐ El uso, montaje y conservación de los medios auxiliares, máquinas y equipos, se hará siguiendo estrictamente las condiciones de montaje y

utilización segura, contenidas en el manual de uso editado por su fabricante.

- ☐ Todos los medios auxiliares, máquinas y equipos a utilizar en esta obra, tendrán incorporados sus propios dispositivos de seguridad exigibles por aplicación de la legislación vigente. Se prohíbe expresamente la introducción en el recinto de la obra, de medios auxiliares, máquinas y equipos que no cumplan la condición anterior.

6.1.7 ACCIONES A SEGUIR EN CASO DE ACCIDENTE LABORAL

Cuando un trabajador de una Empresa contratada conozca la existencia de un accidente, procurará el auxilio inmediato que esté a su alcance y lo comunicará, a la mayor brevedad posible a la asistencia médica más cercana.

Cada contratista adjudicatario, en cumplimiento del Anexo IV, punto 14, del R.D. 1.627/1.997, tendrá en cuenta los siguientes principios sobre primeros auxilios:

- ☐ El accidentado es lo primero. Se le atenderá de inmediato con el fin de evitar el agravamiento o progresión de las lesiones.
- ☐ En caso de caídas a distinto nivel y de accidentes de carácter eléctrico, se supondrá siempre, que pueden existir lesiones graves y en consecuencia, se extremarán las precauciones de atención primaria en la obra, aplicando las técnicas especiales para la inmovilización del accidentado hasta la llegada de la ambulancia y de reanimación en el caso de accidente eléctrico.
- ☐ En caso de gravedad manifiesta, se evacuará al herido en camilla y ambulancia; se evitarán en lo posible, según el buen criterio de las personas que atiendan primariamente al accidentado, la utilización de los transportes particulares, por lo que implican de riesgo e incomodidad para el accidentado.
- ☐ Cada contratista adjudicatario comunicará, a través del Plan de seguridad y salud que elabore, el nombre y dirección del centro asistencial más próximo previsto para la asistencia sanitaria de los accidentados.

6.1.8 COMUNICACIONES INMEDIATAS EN CASO DE ACCIDENTE

En caso que se produzca un accidente en la obra, el responsable del contratista al que pertenezca el trabajador accidentado (contrata y/o subcontrata) está obligado a realizar las acciones y comunicaciones que se recogen en el protocolo.

6.1.9 SEGURIDAD EN LA OBRA

De acuerdo con lo establecido en la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y en el Real Decreto 39/1997 por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, la empresa que ejecute el proyecto deberá contar con un Servicio de Prevención propio o contratado, o trabajador designado, que asesoren e impulsen las actividades y medidas preventivas recogidas en el Plan de Seguridad y Salud desarrollado en base a este Estudio de Seguridad.

La empresa adjudicataria nombrará a un responsable de Seguridad, que podrá coincidir o no con su jefatura de obra, que será quien la represente ante el Coordinador de Seguridad y Salud en la ejecución del proyecto y será el

encargado de velar por el cumplimiento de todo lo estipulado en el Plan de Seguridad y Salud.

Dependiendo de la presencia del responsable de Seguridad en las obras y de acuerdo a lo que se establezca en el Plan de Seguridad, será necesario la designación de un Vigilante de Seguridad que lo represente, y el cual estará permanentemente en obra.

6.1.10 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

En aplicación del presente Estudio de Seguridad y Salud, cada contratista que intervenga en la obra, elaborará su correspondiente Plan de Seguridad y Salud, en el cual

analizará y desarrollará las previsiones contenidas en el mismo en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

El contratista incluirá en su Plan de Seguridad las propuestas y medidas alternativas de prevención que considere oportunas, indicando la correspondiente justificación técnica, si bien, no podrá implicar disminución de los niveles de protección previstos en el Estudio de Seguridad y Salud.

El Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista, deberá ser aprobado, previamente al inicio de los trabajos, por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.

Podrá ser modificado en función del proceso de ejecución de la obra, evolución de los trabajos o bien de las posibles incidencias que pudieran surgir durante el desarrollo de los trabajos. La modificación realizada deberá ser aprobada por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.

6.1.11 LIBRO DE INCIDENCIAS

Para cada proyecto de obra existirá con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado al efecto.

Dicho libro será facilitado por el Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud, tal y como se recoge en el Real Decreto 1.627/1.997 de 24 de octubre por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en la obras de construcción.

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra está legalmente obligado a tenerlo a disposición de: la Dirección Facultativa

de la obra, encargado de seguridad, Comité de seguridad y salud, Inspección de Trabajo y Técnicos y Organismos de prevención de riesgos laborales de las Comunidades Autónomas

6.1.12 SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL Y PATRONAL

La empresa contratista se responsabilizará de cumplir y hacer cumplir cuantas disposiciones legales relativas a seguridad y salud, medio ambiente y otras en general, les sean de aplicación en el desarrollo de las actividades contratadas.

Capítulo 7. ANEXO

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE NACIONES UNIDAS

Se reflexionará en este anexo acerca de la relación del trabajo con los objetivos del desarrollo sostenible. En mi opinión es un proyecto totalmente alineado con estos objetivos

Cabe destacar la crisis energética que se vive actualmente y por la cual derivan serios problemas para nuestro mundo por lo que en este proyecto se ayuda a solventar este problema cumpliendo con diversos objetivos.

Se puede relacionar con varios de ellos como son:

- Salud y bienestar
- Ciudades y comunidades sostenibles
- Energía asequible y no contaminante
- Acción por el clima
- Reducción de las desigualdades

Empezando en orden a detallar las razones, sobre salud y bienestar, este proyecto influye positivamente sobre la salud de las personas al ser una energía poco contaminante.

También influye indirectamente al ser una energía con un bajo precio por lo que mejora la calidad de vida de las personas al reducir esas desigualdades sociales.

Los puntos sobre comunidades sostenibles y energía asequible van muy de la mano y a la vez ligados con este proyecto. Este tipo de proyectos/iniciativas son una buena forma de generar comunidades limpias y sostenibles. Que estas comunidades sean capaces de generar su propia electricidad localmente influye positivamente sobre estas ya que tienen el control de sus recursos y no dependen de terceros.

La acción por el clima, como ya hemos comentado, iría en concordancia al proyecto ya que este tipo de potencia instalada hace que en periodos estables de demanda no haya que acudir a otro tipo de energía contaminante. A su vez, la utilización de baterías que se desechan de otras industrias podría ser utilizada y darle una segunda vida en las instalaciones fotovoltaicas, siguiendo una economía circular.

Como conclusión, me gustaría remarcar la importancia de este tipo de proyectos con el fin de terminar con crisis energéticas que derivan en problemas sociales de gran alcance.