

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo fin de grado

**PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN
ELÉCTRICA 55/12 kV
(ELECTRICAL SUBSTATION 55/12 kV
PROJECT TYPE)**

**Para acceder al título de
GRADUADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA**

AUTOR: DANIEL GÓMEZ-CEBALLOS GONZALEZ

DICIEMBRE 2023

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

ÍNDICE

1. MEMORIA.....	9
1.1. OBJETO.....	10
1.2. EMPLAZAMIENTO.....	10
1.3. ORGANISMOS AFECTADOS.....	10
1.4. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE.....	10
1.5. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA NUEVA INSTALACION.....	17
1.6. ESQUEMA UNIFILAR.....	17
1.6.1. LADO 55 kV.....	17
1.6.2. LADO 12 kV.....	17
1.7. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	18
1.7.1. EDIFICIO.....	18
1.7.2. RED DE TIERRAS.....	18
1.7.3. TELECONTROL Y COMUNICACIONES.....	20
1.7.4. SERVICIOS GENERALES.....	24
1.7.5. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	26
1.7.6. VIDEOVIGILANCIA.....	27
1.8. DESCRIPCIÓN DE APARAMENTA.....	27
1.8.1. EMBARRADOS, CABLE AISLADO, AISLADORES Y CONDUCTORES DE MANDO Y SEÑAL.....	27
1.8.2. APARAMENTA.....	28
1.9. ESTRUCTURAS Y SOPORTES.....	32
1.10. OBRA CIVIL.....	33
1.10.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	33
1.10.2. PROTECCIÓN DE LA PLATAFORMA FRENTE A ESCORRENTIAS.....	33
1.10.3. CIERRE PERIMETRAL DE LA INSTALACIÓN, PUERTA DE ACCESO Y SEÑALIZACIÓN.....	34
1.10.4. CIMENTACIONES.....	34
1.10.5. CANALIZACIONES DE CABLES Y ARQUETAS.....	35
1.10.6. VIALES DE ACCESO, URBANIZACION Y GRAVA.....	35
1.10.7. EDIFICIO.....	36
1.10.8. DRENAJE.....	36
1.11. PLANIFICACION, PLAZO DE EJECUCIÓN Y PUESTA EN SERVICIO.....	37
1.12. BIBLIOGRAFIA.....	38

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kv.	

2. ANEXOS.....	48
2.1. CÁLCULOS.....	49
2.1.1. NIVELES DE AISLAMIENTO.....	49
2.1.2. DISTANCIAS MÍNIMAS	49
2.1.3. CÁLCULO DE EMBARRADOS	50
2.1.4. CÁLCULOS ESTRUCTURAS METÁLICAS.....	51
2.1.5. CIMENTACIONES	53
2.1.6. RED DE TIERRAS INFERIOR.....	54
2.1.7. RED DE TIERRAS SUPERIOR.....	59
2.2. BIBLIOGRAFIA.....	60
3. PLANOS	62
4. PLIEGO DE CONDICIONES	63
4.1. OBJETO.....	64
4.2. ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	64
4.3. DISPOSICIONES GENERALES	64
4.3.1. SEGURIDAD EN EL TRABAJO.....	64
4.3.2. GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL	65
4.3.3. CÓDIGOS Y NORMAS	65
4.3.4. CONDICIONES PARA LA EJECUCION POR CONTRATA.....	66
4.4. CONDICIONES DE LOS MATERIALES DE LA OBRA CIVIL	67
4.4.1. RELLENOS	68
4.4.2. HORMIGONES	68
4.4.3. ARIDOS PARA MORTEROS Y HORMIGONES	70
4.4.4. MORTEROS	70
4.4.5. CEMENTOS	71
4.4.6. AGUA	73
4.4.7. ARMADURAS	73
4.4.8. PIEZAS DE HORMIGÓN ARMADO O PRETENSADO.....	73
4.4.9. MATERIALES SIDERURGICOS, CARACTERÍSTICAS Y ENSAYOS	73
4.4.10. LAMINADOS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS	73
4.4.11. SUMINISTRO DE MATERIALES	73
4.5. CONDICIONES GENERALES PARA LA EJECUCION DE LAS OBRAS.....	74
4.5.1. MOVIMIENTOS DE TIERRAS.....	74



4.5.2. HORMIGONES	75
4.5.3. PAVIMENTOS DE HORMIGÓN	76
4.5.4. ARMADURAS	76
4.5.5. LAMINADOS	76
4.5.6. ENCOFRADOS	76
4.5.7. PIEZAS PREFABRICADAS DE HORMIGÓN ARMADO O PRETENSADO	77
4.5.8. ESTRUCTURA METÁLICA	77
4.5.9. EMBARRADOS Y CONEXIONES	77
4.5.10. APARAMENTA	77
4.5.11. TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y REACTANCIAS	78
4.5.12. BATERIA DE CONDENSADORES.....	79
4.5.13. CELDAS BLINDADAS DE MT	79
4.5.14. CABLES DE POTENCIA.....	79
4.5.15. CABLES DE FUERZA Y CONTROL	79
4.5.16. PUESTA A TIERRA.....	80
4.6. PLAN DE CONTROL DE CALIDAD	80
4.7. RECEPCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LAS OBRAS	85
4.7.1. SECUENCIA A SEGUIR ANTES DE LA PUESTA EN MARCHA	86
4.7.2. SECUENCIA A SEGUIR PARA LA P.E.M CIRCUITO DE CONTROL Y PROTECCION	87
4.7.3. INSTRUCCIONES PARA LA VERIFICACIÓN DE EQUIPOS DE MEDIDA	88
4.8. BIBLIOGRAFIA.....	88
5. PRESUPUESTO	90
5.1. ESTUDIOS Y DOCUMENTACIÓN.....	91
5.2. OBRA CIVIL	92
5.3. EQUIPOS ESTRATÉGICOS.....	94
5.4. SUMINISTRO DE EQUIPOS DE CONTROL, PROTECCIÓN Y COMUNICACIONES	95
5.5. CABLES DE FUERZA, CONTROL Y EMBARRADOS	96
5.6. MALLA DE TIERRA	97
5.7. SUMINISTRO DE ESTRUCTURAS	98
5.8. MONTAJES	99
5.9. INSTALACIONES INTERIORES Y COMPLEMENTARIAS	100
5.10. PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA	101
5.11. SEGURIDAD Y LIMPIEZA	102

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kv.	

5.12. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS.....	103
5.13. RESUMEN DE PRESUPUESTOS.....	104
5.13.1. EJECUCIÓN MATERIAL.....	104
5.13.2. EJECUCIÓN POR CONTRATA.....	104

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Funciones de protección en las UCP [88].	21
Tabla 2. Funciones de protección. Posiciones de línea 55 kV [88].	25
Tabla 3. Tipos de hormigón empleados.	69
Tabla 4. Especificaciones de los morteros.	71
Tabla 5. Tipos de cementos a emplear.	71
Tabla 6. Tabla de tolerancias de los conjuntos montados.	82
Tabla 7. Límites de aceptabilidad en función de las longitudes del cable.	85

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Altura mínima pasillos - elementos en tensión.....	49
Ecuación 2. Distancia en horizontal de elementos en tensión a cierre.	50
Ecuación 3. Cálculo de la potencia nominal en barras 80/70 mm.....	51
Ecuación 4. Cálculo de la potencia nominal en barras 50/40 mm.....	51
Ecuación 5. Cálculo de la potencia nominal para cable LA-455.....	51
Ecuación 6. Cálculo de la sección del conductor de la red de tierras.....	55
Ecuación 7. Obtención del coeficiente Cs.....	56
Ecuación 8. Tensión de paso máxima admisible.....	56
Ecuación 9. Tensión de contacto máxima admisible.....	56
Ecuación 10. Cálculo de la resistividad de la malla de tierra.	57
Ecuación 11. Cálculo de la resistencia de la malla de PAT.	57
Ecuación 12. Cálculo de la corriente de puesta a tierra.....	58
Ecuación 13. Cálculo de la impedancia de tierra.	58
Ecuación 14. Cálculo de la tensión de puesta a tierra.	58
Ecuación 15. Cálculo de la tensión real de paso.	58
Ecuación 16. Cálculo de la tensión de contacto.	58
Ecuación 17. Cálculo del factor Km	58
Ecuación 18. Cálculo del factor Ks	59
Ecuación 19. Cálculo del radio crítico de cebado.	60
Ecuación 20. Cálculo de I.....	60

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

RESUMEN

Este proyecto proporciona un análisis del proceso integral para la construcción de una subestación eléctrica de 55/12 kV, desde las fases iniciales de construcción hasta las pruebas finales necesarias para asegurar su funcionamiento óptimo.

La subestación planificada constará de dos áreas principales: una sección al aire libre dedicada a la operación de 55 kV, que albergará componentes esenciales como seccionadores, embarrados, transformadores de medida e interruptores; y un edificio de control destinado a albergar armarios de control, transformadores de servicios auxiliares y las celdas correspondientes a las seis líneas de 12 kV que partirán de la subestación.

La fase inicial del proyecto, la obra civil, abarcará una serie de actividades que van desde el movimiento de tierras hasta la instalación de canalizaciones, drenajes, cerramientos y cimentaciones, con el objetivo de erigir todas las estructuras de la subestación. Cada paso se llevará a cabo con cálculos detallados tanto a nivel mecánico como estructural, siguiendo al pie de la letra las normativas y regulaciones actuales en el campo eléctrico.

Tras esta etapa, en el montaje electromecánico, se realizará toda la instalación de todos los elementos clave. Desde las celdas hasta los transformadores de potencia, corriente y voltaje, así como los dispositivos de corte y protección, cada componente será posicionado meticulosamente para garantizar un rendimiento óptimo y seguro de la subestación. Este proceso estará en total consonancia con los estándares de calidad y seguridad estipulados por las normativas vigentes del sector eléctrico.

Una vez completada la instalación, se llevarán a cabo pruebas rigurosas y exhaustivas para validar el rendimiento, eficiencia y seguridad de cada componente y del sistema en su conjunto para su posterior puesta en marcha. Estas pruebas tienen como objetivo demostrar fehacientemente el cumplimiento de los estándares de seguridad y desempeño eléctrico, asegurando así un funcionamiento confiable y seguro de la subestación.

Además, se elaborará un pliego de condiciones detalladas, estableciendo especificaciones mínimas de materiales y procedimientos para asegurar una ejecución precisa y acorde con los requerimientos. Como parte de la planificación, se confeccionará un presupuesto para proporcionar una referencia económica al llevar a cabo este proyecto, garantizando así un control efectivo de los recursos financieros involucrados.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

SUMARY

This project provides an analysis of the comprehensive process for the construction of a 55/12 kV electrical substation, from the initial construction phases to the final tests necessary to ensure its optimal operation.

The planned substation will consist of two main areas: an outdoor section dedicated to 55 kV operation, which will house essential components such as disconnectors, busbars, instrument transformers and switches and a control building intended to house control cabinets, auxiliary services transformers and the cells corresponding to the six 12 kV lines that will start from the substation.

The initial phase of the project, the civil works, will cover a series of activities ranging from earthworks to the installation of pipes, drainage, enclosures and foundations, with the aim of erecting all the substation structures. Each step will be carried out with detailed calculations at both a mechanical and structural level, following to the letter the current standards and regulations in the electrical field.

After this stage, in the electromechanical assembly, the entire installation of all the key elements will be carried out. From cells to power, current and voltage transformers, as well as cutting and protection devices, each component will be meticulously positioned to ensure optimal and safe substation performance. This process will be in complete accordance with the quality and safety standards stipulated by current regulations in the electrical sector.

Once the installation is complete, rigorous and exhaustive tests will be carried out to validate the performance, efficiency and safety of each component and the system as a whole for subsequent commissioning. These tests are intended to reliably demonstrate compliance with electrical safety and performance standards, thus ensuring reliable and safe operation of the substation.

In addition, a detailed specification will be prepared, establishing minimum specifications for materials and procedures to ensure precise execution in accordance with the requirements. As part of the planning, a budget will be prepared to provide an economic reference when carrying out this project, thus guaranteeing effective control of the financial resources involved.



1. MEMORIA

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

1.1. OBJETO

En el orden técnico, el presente documento tiene como finalidad describir las tareas a realizar, a fin de acometer las obras de la forma más adecuada y segura. Se realiza una descripción más detallada de todos los trabajos a lo largo de la Memoria del presente Proyecto.

1.2. EMPLAZAMIENTO

Al tratarse de una subestación tipo no hay un emplazamiento definido para dicho proyecto.

1.3. ORGANISMOS AFECTADOS

Al tratarse de una subestación tipo no hay organismos afectados para dicho proyecto.

1.4. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE

El presente proyecto ha sido redactado basándose en los siguientes Reglamentos y Normas que serán de obligado cumplimiento:

- ✓ Normativa Europea EN.
- ✓ Normativa CENELEC.
- ✓ Normativa CEI.
- ✓ Normativa UNE.
- ✓ Normas NLT del CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas)
- ✓ Otras normas y recomendaciones (IEEE, MF, ACI, CIGRE, ANSI, etc.)

Más concretamente en relación al equipamiento y montaje:

- ✓ Real Decreto Legislativo 2/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la ley del Estatuto de los Trabajadores [1].
- ✓ Real Decreto 8/2015 por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley General de la Seguridad Social [2].
- ✓ 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 [3].
- ✓ Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) que le afecten [4].
- ✓ Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud de las obras de construcción [5].
- ✓ Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo de 9 de marzo de 1971 [6].
- ✓ Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales, corrección de errores y modificaciones posteriores [7].
- ✓ Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el reglamento de los Servicios de Prevención [8].
- ✓ 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 [9].
- ✓ Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo [10].

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

- ✓ Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo [11].
- ✓ Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo [12].
- ✓ Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dolores lumbares, para los trabajadores [13].
- ✓ Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización [14].
- ✓ Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo [15].
- ✓ Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo [16].
- ✓ Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto [17].
- ✓ Real decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual [18].
- ✓ Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el reglamento de instalaciones de protección contra incendios [19].
- ✓ Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, corrección de errores y modificaciones posteriores [20].
- ✓ Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, corrección de errores y modificaciones posteriores [21].
- ✓ Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) tanto en cuanto a la ejecución de los trabajos como en lo relativo a mediciones [22].

En relación a las estructuras:

Acciones en la edificación

- ✓ Documento Básico de Seguridad Estructural SE-AE “Acciones en la Edificación” del Código Técnico de la Edificación Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda, corrección de errores y modificaciones posteriores [21].
- ✓ Norma de construcción sismorresistente: Parte general y edificación (NCSR-02) Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, del Ministerio de Fomento [23].

Acero

- ✓ Documento Básico de Seguridad Estructural SE-A “Acero” del Código Técnico de la Edificación Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda, corrección de errores y modificaciones posteriores [21].

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

Fábrica de ladrillo

- ✓ Documento Básico de Seguridad Estructural SE-F “Fábrica” del Código Técnico de la Edificación Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda, corrección de errores y modificaciones posteriores [21].

Cementos

- ✓ Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la recepción de cementos (RC-03) [24].

Hormigón

- ✓ Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08) [25].

Forjados

- ✓ Actualización de las fichas de autorización de uso de sistemas forjados Resolución de 30 de enero de 1997, del Ministerio de Fomento. Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la “Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados (EFHE) [25][26].

En relación a las instalaciones:

Electricidad

- ✓ Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Instrucciones Técnicas Complementarias y modificaciones posteriores [27].
- ✓ Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión. Instrucciones Técnicas Complementarias y modificaciones posteriores [28].
- ✓ Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas, promulgado por el Real Decreto 337/2014 de 9 de mayo B.O.E. nº 139 de 9 de junio de 2014, puesto al día con las correcciones que hasta la fecha asimismo se han publicado en el Boletín Oficial del Estado [3].
- ✓ UNE 211006/ITC-LAT 05 Norma española. Ensayos previos a la puesta en servicio de sistemas de cables eléctricos de alta tensión en corriente alterna [29].
- ✓ Norma UNE EN 60865-1, “Corrientes de cortocircuito, cálculo de efectos. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo” [30].
- ✓ Norma UNE EN 60909, “Cálculo de corrientes de cortocircuito en redes de corriente alterna trifásica” [31].

Alumbrado

- ✓ Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07 [32].

Instalaciones de Protección contra Incendios

- ✓ Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el reglamento de instalaciones de protección contra incendios y modificaciones posteriores [33].

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

En relación a la protección

Aislamiento acústico

- ✓ Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico “DB-HR Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 317/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación [34].
- ✓ Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido [35].

Aislamiento Térmico

- ✓ Documento Básico HE “Ahorro de energía” del Código Técnico de la Edificación, Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda [36].

Protección Contra Incendios

- ✓ Documento Básico SI “Seguridad en caso de incendio” del Código Técnico de la Edificación, Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda [36].

Compatibilidad electromagnética

- ✓ Norma española UNE-EN 61000-6: Compatibilidad electromagnética (CEM). Inmunidad para los equipos utilizados en entornos de centrales eléctricas y subestaciones [37].

En relación a la gestión de residuos:

- ✓ Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición [38].
- ✓ Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados [39].
- ✓ Real Decreto 108/1991 de 1 de febrero sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto [40].

Otras leyes, reglamentos, normas e instrucciones a tener en cuenta:

- ✓ Real Decreto Legislativo 5/2000, de 4 de agosto, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en el orden social y modificaciones posteriores [41].
- ✓ Normas sobre redacción de proyectos y dirección de obras de edificación, Decreto del Ministerio de la Vivienda 462/71, de 11 de marzo [42].
- ✓ Normas tecnológicas de la edificación, Decreto del Ministerio de la Vivienda 3655/72, de 23 de diciembre [43].
- ✓ Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción [44].
- ✓ Real Decreto 379/2001, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos [45].
- ✓ Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión [46].

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

En relación al Reglamento de Instalaciones de Alta Tensión:

En cumplimiento de 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 se deben cumplir las normas y especificaciones técnicas indicadas en la ITC-RAT 02 NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO.

Las normas de aplicación para el presente proyecto de reforma serán las siguientes:

Generales

- ✓ Norma UNE-EN 60060-1:2012, “Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 1: Definiciones generales y requisitos de ensayo” [47].
- ✓ Norma UNE-EN 60060-2:2012, “Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 2: Sistemas de medida” [48].
- ✓ Norma UNE-EN 60071-1:2020, “Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas” [49].
- ✓ Norma UNE-EN 60071-2:2018, “Coordinación de aislamiento. Parte 2: Guía de aplicación” [50].
- ✓ Normas UNE-EN 60027-1:2009 y UNE-EN 60027-1:2009/A2:2009, “Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte 1: Generalidades” [51].
- ✓ Norma UNE-EN 60027-4:2011, “Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte 4: Máquinas eléctricas rotativas” [53].
- ✓ Norma 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”[53].

Aisladores y pasatapas

- ✓ 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 [54].
- ✓ Normas UNE-EN 60507:1995 y UNE-EN 60507:2014, “Ensayos de contaminación artificial de aisladores de cerámica y vidrio para alta tensión destinados a redes de corriente alterna” [55].

Aparamenta

- ✓ 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 [54].
- ✓ Norma UNE-EN 61439-5:2015, “Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 5: Conjuntos de aparamenta para redes de distribución pública” [56].

Seccionadores

- ✓ Norma UNE-EN 62271-102:2021, “Aparamenta de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna” [57].

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

Interruptores, contactores e interruptores automáticos

- ✓ Normas UNE-EN 62271-104:2015, “Aparamenta de alta tensión. Parte 104: Interruptores de corriente alterna para tensiones asignadas iguales o superiores a 52 kV” [58].
- ✓ Norma UNE-EN 62271-106:2012, “Aparamenta de alta tensión. Parte 106: Contactores, controladores y arrancadores de motor con contactores, de corriente alterna” [59].
- ✓ Normas UNE-EN 62271-100:2011 y UNE-EN 62271-100:2011/A1:2014, “Aparamenta de alta tensión. Parte 100: Interruptores automáticos de corriente alterna” [60].

Aparamenta bajo envolvente metálica o aislante

- ✓ Normas UNE-EN 62271-200:2012 y UNE-EN 62271-200:2012/AC:2015, “Aparamenta de alta tensión. Parte 200: Aparamenta bajo envolvente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV” [61].
- ✓ Normas UNE-EN 62271-201:2015, “Aparamenta de alta tensión. Parte 201: Aparamenta bajo envolvente aislante de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV” [62].
- ✓ Norma UNE-EN 62271-203:2013, “Aparamenta de alta tensión. Parte 203: Aparamenta bajo envolvente metálica con aislamiento gaseoso para tensiones asignadas superiores a 52 kV” [63].
- ✓ Normas UNE 60529:2018/A2:2018, “Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP)” [64].
- ✓ Normas UNE-EN 50102:1996, UNE-EN 50102/A1:1999, UNE-EN 50102 CORR:2002 y UNE-EN 50102/A1 CORR:2002, “Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK) [65].

Transformadores de potencia

- ✓ Norma UNE-EN 60076-1:2013, “Transformadores de potencia. Parte 1: Generalidades” [69].
- ✓ Norma UNE-EN 60076-2:2013, “Transformadores de potencia. Parte 2: Calentamiento de transformadores sumergidos en líquido” [69].
- ✓ Norma UNE-EN 60076-3:2014, “Transformadores de potencia. Parte 3: Niveles de aislamiento, ensayos dieléctricos y distancias de aislamiento en el aire” [68].
- ✓ Norma UNE-EN 60076-5:2008, “Transformadores de potencia. Parte 5: Aptitud para soportar cortocircuitos [69].
- ✓ 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 [54].
- ✓ Norma 21538-1:2023, “Transformadores trifásicos de distribución tipo seco 50 Hz, de 100 kVA a 3150 kVA, con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales. Complemento nacional” [70].

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

Centros de transformación prefabricados

- ✓ Normas UNE-EN 62271-202:2007 y UNE-EN 62271-202:2015, “Aparamenta de alta tensión. Parte 202: Centros de transformación prefabricados de alta tensión/baja tensión [71].
- ✓ Norma UNE-EN 62271-212:2017, “Conjuntos compactos de aparamenta para centros de transformación (CEADS)” [72].

Transformadores de medida y protección

- ✓ Normas UNE-EN 61869-1:2010 y UNE-EN 61869-1:2010 ERRATUM:2011, “Transformadores de medida. Parte 1: Requisitos generales” [73].
- ✓ Norma UNE-EN 61869-2:2013, “Transformadores de medida. Parte 2: Requisitos adicionales para los transformadores de intensidad [74].
- ✓ Norma UNE-EN 61869-3:2012, “Transformadores de medida. Parte 3: Requisitos adicionales para los transformadores de tensión inductivos” [75].
- ✓ Norma UNE-EN 61869-4:2017, “Transformadores de medida. Parte 3: Transformadores combinados” [76].

Pararrayos

- ✓ Normas UNE-EN 60099-1:1996 y UNE-EN 60099-1/A1:2001, “Pararrayos Parte 1: Pararrayos de resistencia variable con explosores para redes de corriente alterna” [77].
- ✓ Normas UNE-EN 60099-4:2005, UNE-EN 60099-4:2005/A1:2007, UNE-EN 60099-4:2005/A2:2010 y UNE-EN 60099-4:2014, “Pararrayos Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna” [78].

Fusibles de alta tensión

- ✓ Norma UNE-EN 60282-1:2021, “Fusibles de alta tensión. Parte 1: Fusibles limitadores de corriente” [79].
- ✓ Norma UNE 21120-2:1998, “Fusibles de alta tensión. Parte 2: Cortacircuitos de expulsión” [80].

Cables y accesorios de conexión de cables

- ✓ Norma UNE 211605:2022, “Ensayo de envejecimiento climático de materiales de revestimiento de cables” [81].
- ✓ Normas UNE-EN 60332-1-2:2005 y UNE-EN 60332-1-2:2005/A1:2016, “Métodos de ensayo para cables eléctricos y cables de fibra óptica sometidos a condiciones de fuego. Parte 1-21: Ensayo de resistencia a la propagación vertical de la llama para un conductor individual aislado o cable. Procedimiento para la llama premezclada de 1 kW” [82].
- ✓ Normas UNE-EN 60228:2005, UNE-EN 60228:2005 CORR:2005 y UNE-EN 60228:2005 ERRATUM:2011, “Conductores de cables aislados” [83].
- ✓ Norma UNE 211006:2010, “Ensayos previos a la puesta en servicio de sistemas de cables eléctricos de alta tensión en corriente alterna” [84].
- ✓ Norma UNE 211620:2017, “Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido y pantalla de tubo de aluminio de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20, 8/36 (42) kV” [85].

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

- ✓ Norma UNE 211027:2013, “Accesorios de conexión. Empalmes y terminaciones para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV) [86].
- ✓ Norma 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)” [87].

En el caso de discrepancias entre las diversas normas se seguirá siempre el criterio más restrictivo.

1.5. DESCRIPCION GENERAL DE LA NUEVA INSTALACION

La nueva subestación objeto del Proyecto estará compuesta por un sistema Alta Tensión de 55 kV de intemperie con configuración de simple barra, una posición de línea. Teniendo en cuenta aspectos técnicos, económicos y de medio ambiente se ha decidido emplear una tecnología convencional.

1.6. ESQUEMA UNIFILAR

1.6.1. LADO 55 kV

El sistema de 55 kV estará dispuesto en intemperie con topología de simple barra, compuesto de aparamenta convencional y con las siguientes posiciones:

- Una posición de línea.

La composición de cada una de las posiciones será la siguiente:

- Posición de línea entrada de Empresa distribuidora.
 - Un seccionador de barras.
 - Un interruptor tripolar automático.
 - Tres transformadores de intensidad.
 - Un seccionador de línea con PaT.
 - Tres autoválvulas para la protección de la línea.
 - Tres transformadores de tensión de línea.
 - Tres botellas terminales para cable 36/66 kV Al 630 mm².
- Posición de medida de barras.
 - Tres transformadores de tensión.

El sistema se completa con los correspondientes equipos de medida y protección asociados a estas posiciones que se instalarán en armarios en la sala de control del edificio.

1.6.2. LADO 12 kV

Se dotará a la instalación de un sistema eléctrico de 12 kV para alimentar al transformador de servicios auxiliares. Este sistema estará formado por nueve celdas compactas de aislamiento en SF₆, dichas celdas se ubicarán en el edificio prefabricado de la nueva subestación.

Este nuevo sistema de celdas se compone por:

- Seis celdas de línea, con interruptor-seccionador de tres posiciones.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

- Una celda de transformador de SSAA, con interruptor-seccionador de tres posiciones y fusibles.
- Una celda de reparto, con interruptor-seccionador de tres posiciones y fusibles.
- Una celda de medida, conteniendo los transformadores de intensidad y tensión.

1.7. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

1.7.1. EDIFICIO

Para la ubicación de los equipos de control, protección, comunicaciones, SSAA y celdas para la alimentación de SSAA se instalará un edificio prefabricado de 23,10 x 8,35 m. (medidas exteriores) y 4 m de altura máxima, con materiales prefabricados, dispondrá de 2 dependencias para albergar los distintos elementos y equipos que componen el sistema.

1.7.2. RED DE TIERRAS

La nueva subestación estará dotada de un sistema de puesta a tierra que garantizará la seguridad de personas y equipos ante corrientes de defecto, la instalación general de puesta a tierra inferior cumplirá con las siguientes funciones:

- Proteger al personal y equipo contra potenciales peligrosos.
- Proporcionar un camino a tierra para las intensidades originadas por descargas atmosféricas, por acumulación de descargas estáticas o por defectos eléctricos.
- Referenciar el potencial del circuito respecto a tierra.
- Facilitar a los elementos de protección el despeje de las faltas a tierra.

El sistema de puesta a tierra de la Subestación se puede dividir en:

- Tierra general de la subestación, compuesta por un mallado de conductores desnudos de cobre de 95 mm² formando retículas lo más uniformes posible, las cuales estarán unidas mediante soldaduras aluminotérmicas.
- Tierra aérea de la subestación compuesta por un sistema de pararrayos tipo Franklin instalados en columnas de que se garantice la protección de la instalación frente a descargas atmosféricas.
- Tierra de estructuras y equipos, que garantiza la perfecta unión a tierra de estos elementos. Todas las partes metálicas de los nuevos soportes y aparellaje irán conectadas a la malla de tierra subterránea con cable de cobre desnudo de 95 mm² de sección mediante terminales apropiados o soldaduras aluminotérmicas si fuese necesario.
- Tierra de cerramiento, para garantizar el contacto a tierra de este.
- En caso de necesidad se instalarán picas profundas.

1.7.2.1 INFERIOR

Criterios de diseño del sistema:

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

Como datos de partida para el cálculo inicial de la malla se utilizarán los siguientes valores:

- Tiempo de despeje de la falta (t): 0,5 s.
- Intensidad de falta monofásica a tierra (Dato obtenido del modelizado de la red de Viesgo): 7,59 kA.
- Intensidad de diseño: 10 kA.
- Resistividad del terreno: En función de la ubicación de la instalación.
- Resistividad de la capa superficial (grava): 3.000 Ω m.
- Espesor de la capa de gravilla: 0,15 m.

En el anexo cálculos, apartado 2.1.6. se justifican los cálculos de la malla de tierras y su dimensionado.

La red de tierras diseñada se compondrá, básicamente, de una retícula de cable de cobre desnudo de 95 mm² y enterrada a una profundidad de 0,85 m.

Instrucciones generales de puesta a tierra:

Puesta a tierra de protección:

Se pondrán a tierra las partes metálicas de una instalación que no estén en tensión normalmente pero que puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones.

Se conectarán a las tierras de protección, entre otros, los siguientes elementos:

- Los chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
- Los envolventes de los conjuntos de armarios metálicos.
- Las puertas metálicas de todos los locales.
- Las vallas y las cercas metálicas.
- Los soportes, etc.
- Las estructuras y armaduras metálicas del edificio.
- Los blindajes metálicos de todos los cables.
- Cualquier tubería y conducto metálico.
- Las tapas metálicas de los canales de cables prefabricados de hormigón.

Puesta a tierra de servicio

Se conectarán a las tierras de servicio los elementos de la instalación, y entre ellos:

- Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida.
- Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

Interconexión de las instalaciones de tierra

Las puestas a tierra de protección y de servicio de la subestación deberán conectarse entre sí.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

1.7.2.2 SUPERIOR

Con el objeto de proteger los equipos de la subestación de descargas atmosféricas directas, se dotará a la subestación con una malla de tierras superiores, formada por puntas de Franklin sobre columnas. Los pararrayos estarán unidos a la malla de tierras inferiores a través de cables de Cu de 95 mm². Esta unión se realizará de forma continua y sin empalmes, desde la multipunta hasta la malla de tierras inferiores de la instalación.

El cometido del sistema de tierras superiores es la captación de las descargas atmosféricas y su conducción a la malla enterrada, para que sean disipadas en el terreno sin que se ponga en peligro la seguridad de las personas y de los equipos de la subestación.

Para el diseño del sistema de protección de tierras superiores se ha adoptado el modelo electro geométrico de las descargas atmosféricas, que es el aceptado para este propósito.

El criterio de seguridad que se establece es el de apantallamiento total de los embarrados y de los equipos que componen el aparellaje, siendo este criterio el que establece que todas las descargas atmosféricas que puedan originar tensiones peligrosas y que sean superiores al nivel del aislamiento de la instalación, deben ser captados por las puntas Franklin.

Este apantallamiento se consigue mediante una disposición que asegura que la zona de captación de descargas peligrosas de las puntas Franklin contiene totalmente a la zona correspondiente a las partes en tensión.

1.7.3. TELECONTROL Y COMUNICACIONES

1.7.3.1 SISTEMA DE TELECONTROL Y TELEMANDO DE LA INSTALACIÓN

El sistema de control a implementar constará, básicamente, de una unidad central de subestación (en adelante UCS) que centralizará las órdenes y señales provenientes de todas las unidades de control local de cada una de las posiciones que constituyen la subestación. Se instalará en un armario de servicios generales junto con los concentradores de comunicaciones necesarios para que la remota enlace con las citadas unidades de control local.

El sistema será de tipo jerarquizado, formado por los siguientes niveles:

Nivel de posición

Constituido por las unidades de control local (en adelante UCP). Estas unidades se instalarán en los armarios de protección y control de cada una de las posiciones de Alta Tensión de la subestación.

Los equipos (UCP) realizarán las siguientes funciones:

- Control local de la posición con indicación del estado y mando sobre cada uno de los elementos que la componen.
- Adquisición de señales (alarmas y entradas digitales) que podrán ser visualizadas desde las pantallas del display gráfico.
- Medida de los parámetros eléctricos de la posición (tensión, intensidad y potencias) que podrán ser visualizadas desde las pantallas del display gráfico.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

- Funciones de protección. Las UCP, al margen de realizar funciones de control local de la posición, contarán también con un módulo de protección que tendrá, como mínimo, las funciones indicadas en la siguiente tabla.

Función (ANSI/IEEE1)	Descripción
3x67 + 67N + 67Na	Protección de sobreintensidad direccional de 3 fases, neutro y neutro aislado.
3x27	Mínima tensión de fases.
3x59	Máxima tensión de fases.
81 M/m	Máxima y mínima frecuencia
3	Lógica configurable para vigilancia de circuitos de disparo.
79	Reenganchador trifásico.

Tabla 1. Funciones de protección en las UCP [88].

- Comunicación con los sistemas de control de los niveles superiores mediante los protocolos IEC 60870-5-103 o PROCOME.

La tensión de alimentación de las UCP será 125 Vcc.

Para la comunicación de las unidades de control local con la UCS se tenderán latiguillos de FO multimodo baja canalización de tubo corrugado. Las tiradas serán de tres latiguillos, de manera que en cada tubo siempre quedará uno de reserva. La longitud de los latiguillos será tal que no se vean en ningún caso sometidos a esfuerzos mecánicos. Deberán rotularse indicando origen y destino.

Nivel de instalación. Armario de servicios generales

Constituido principalmente por la unidad de control de la subestación (UCS). Se instalará en el armario de servicios generales y realizará, entre otras, las siguientes funciones:

- Registro y gestión (local o remota) de las señales y mandos de la instalación.
- Enlace con el Centro de Control. El protocolo a utilizar será el IEC 60870-5-101 según el perfil definido por Viesgo. La UCS dispondrá de hasta dos salidas físicas para la interconexión con los Centros de Control de manera que deberá ser capaz de enviar los datos por la Vía 1, la Vía 2 o ambas al mismo tiempo.
- Telemando de la instalación.

Las señales digitales a captar por la UCP podrán ser de dos tipos, en función del número de bits a emplear.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

- Señales dobles: 2 bits o 2 entradas digitales (EDs). Se utilizarán para la captación física de señalización de posición de equipos. 1 ED Abierto + 1 ED Cerrado.
- Señales simples. 1 bit o 1 entrada digital (ED). Se utilizarán para captación física de alarmas y actuaciones de equipos.

El formato de envío para las señales simples y dobles será con marca de tiempo, estampando la marca horaria la UCP en el momento de validación de las ED s.

Todas las señales se procesarán de tal manera que se durante un segundo se han producido 10 cambios o más de una misma señal, no serán atendidos más cambios hasta que haya transcurrido un minuto sin otro cambio en esa señal. La visualización de todas las señales captadas será accesible mediante conexión local y a distancia con la función de tele gestión.

Las medidas locales de todas las posiciones de la subestación captadas desde las UCP podrán ser multiplicadas por un factor de escala definido en base de datos junto con el resto de información y entradas digitales a captar. Las medidas que se captarán para ser enviadas al Centro de Control de Redes de Viesgo serán, entre otras:

- Protección Activa (kW).
- Potencia Reactiva (kVar).
- Tensión (V).
- Intensidad (A).
- Medida de la toma del transformador donde proceda.

Los mandos externos de la UCP serán dobles en el sentido de que cualquier orden sobre un elemento, actuará sobre un relé de abrir u otro de cerrar.

La UCS deberá sincronizarse mediante el sistema GPS (se instalará un reloj GPS en la subestación), siendo la precisión requerida en la sincronización del tiempo del orden de 1 ms. El formato de comunicaciones entre la UCS y el equipo GPS será el IRIG-B.

Junto con las UCS (en el Armario de Servicios Generales de la Subestación), se instalarán los siguientes equipos:

- Una UCP para servicios generales, encargada del registro de las señales de servicios auxiliares e instalaciones comunes (anti-incendio, anti-intrusismo, etc.).
- Un reloj GPS para la sincronización horaria de los equipos de protección y control. Se empleará una señal de IRIG-B modulada con una precisión de ± 1 ns. Junto con el equipo de sincronización, será necesaria la instalación de una antena GPS que se localizará en exterior del edificio, y que llevará la señal GPS al reloj mediante cable coaxial. Esta antena estará prevista para soportar cualquier condición atmosférica adversa. La tensión de alimentación será de 125 Vcc.
- Un concentrador/difusor óptico transparente para la comunicación en cadena, y en ambos sentidos, entre la UCS y todos los equipos de captación de señales instalados en la subestación, UCP's y reguladores de tensión. Dispondrá de un

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

puerto serie RS232 o de fibra óptica multimodo para enlazar con la UCS que será difundido a, al menos, 20 salidas mediante fibra óptica de plástico o cristal con conectores tipo ST. La tensión de alimentación será de 125 Vcc.

- Un modem para la comunicación de la UCS con el Centro de Control de Redes de Viesgo. La tensión de alimentación será de 125 Vcc.

1.7.3.2 SISTEMA DE COMUNICACIONES DE LA INSTALACIÓN

El sistema de comunicaciones deberá permitir el mando y la monitorización en remoto de la subestación, así como realizar las tareas de telemando, tele gestión y telemedida desde el Centro de Control de Redes de Viesgo.

En la sala de control del edificio, y junto al armario de servicios generales, se instalará el armario de comunicaciones. En este armario se instalarán los equipos necesarios para el enlace entre la subestación y el Centro de Control.

Para dar respuesta a los servicios requeridos se empleará un sistema de transmisión SDH. El armario de comunicaciones contendrá:

- Interruptores magnetotérmicos de alimentación (al menos 6) ubicados en la parte del armario en una fila.
- Dos Repartidores ópticos de tipo rack con bandejas de empalmes y con los conectores necesarios para la conexión de hasta 48 fibras ópticas por cada línea de 55 kV que llega a la subestación.
- Repartidores integrados de tramas digitales para la instalación de cables coaxiales terminados en conector DIN 47295 1.5/5.6.
- Equipos SDH de tantos agregados ópticos STM-1/STM-4 como sean necesarios. Se instalará un equipo por cada posición de línea que llega a la subestación con capacidad de extracción de 32 E1. El equipo de transmisión será integrado en la red corporativa y dispondrá como mínimo de los siguientes interfaces: conectividad Ethernet, G.703 codireccional, E&M 6 hilos, FXS y V24.
- Equipos multiplexores PCM con tarjetas para canales analógicos y digitales, módulos para comunicaciones, tarjeta de sincronismo, tarjeta supervisora de alarmas, módulo telefónico y generador de llamada.

Para la alimentación de los citados equipos se instalarán dos convertidores de corriente continua 125/48 Vcc de al menos 2000 W en la parte de abajo del armario de comunicaciones. El positivo de la salida de 48 Vcc, en ambos convertidores, se conectará a masa. Las dos fuentes se conectarán en paralelo para obtener redundancia por lo que habrá que proteger convenientemente la salida en ambas fuentes.

1.7.3.3 EQUIPOS DE MEDIDA Y CALIDAD

Las líneas de Alta Tensión deberán disponer de contador electrónico. El contador registrará potencia activa en ambos sentidos y reactiva en los cuatro cuadrantes, con objeto de medir las pérdidas de la red y realizar los correspondientes balances de energía.

Los equipos de medida irán instalados dentro de un armario específico destinado exclusivamente a ellos en la sala de control del edificio. Este armario albergará contadores, módems, regletas de verificación y demás material auxiliar

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

necesario para la interconexión con los transformadores de medida. Se dispondrá de un dispositivo de verificación por cada contador tipo bloque de pruebas. Los contadores y sus módems deberán ser homologados por Viesgo.

En relación a los circuitos de medida se seguirán los siguientes criterios:

- Los armarios de medida, que únicamente podrán albergar contadores, módems, regletas de verificación y demás material auxiliar necesario para la interconexión con los transformadores de medida, deberán construirse según la normativa de Viesgo. Dispondrán de un dispositivo de verificación por cada contador tipo bloque de prueba y estarán previstos para la instalación de hasta seis contadores. En el interior de los armarios, el cableado de los circuitos de medida no podrá ser accesible y se conectará directamente a los bloques de pruebas. Si fuera necesario intercalar bornas para reducir la sección del cableado de los circuitos de medida, dichas bornas deberán ser precintables.
- Los contadores y sus módems para comunicaciones deberán ser homologados por Viesgo. Dispondrán de doble alimentación, en corriente alterna y corriente continua, y doble puerto de comunicación RS232 y RS485.
- El sistema de medida será de 4 hilos (con 3 transformadores de medida de tensión y 3 transformadores de medida de intensidad). Las cajas de centralización que se instalen serán de uso exclusivo para los secundarios de medida. En el caso de los transformadores de tensión, se dispondrán magnetómetros en los circuitos secundarios siendo obligatoria la señalización de apertura de los mismos al Centro de Control de Redes de Viesgo.
- Los cables de interconexión entre los secundarios de los transformadores de medida y el bloque de pruebas o bornes de verificación a instalar en el armario de medida serán de una sección mínima de 6 mm² de tal forma que, para el caso de la interconexión de tensión la caída de tensión será inferior al uno por mil, y en la de intensidad se carga será inferior a 4 VA.
- Se cumplirán todos los requisitos relativos a los precintos que requiera el Informe Técnico de Medida emitido por Viesgo.
- En el caso de necesidad de equipos de medida adicionales se dispondrá de contadores sobre las envolventes de interior asociadas a los niveles de tensión.

1.7.4. SERVICIOS GENERALES

1.7.4.1 MANDO Y PROTECCIÓN AT

Se dispondrán de dos armarios de control y protección para las tres posiciones de línea

Posición de línea de Alta Tensión

Se instalará una protección diferencial de línea como protección principal y se empleará la UCP como protección secundaria. Los equipos serán de tecnología digital e incluirán las funciones que se detallan a continuación:



Protección	Función (ANSI/IEEE)	Descripción
Primaria	87L	Protección diferencial de línea.
	21F/21N	Protección de distancia de fases y de neutro.
	79	Reenganchador disponible.
	67N	Sobreintensidad direccional de neutro.
	SOTF	Cierre sobre falta.
	25	Comprobación de sincronismo.
	LOC	Localizador de faltas.
	OSC	Oscilografía de tecnología digital.
	3	Lógica configurable para vigilancia de circuitos de disparo.
Secundaria	67	Sobreintensidad direccional de fases.
	67N	Sobreintensidad direccional de neutro.
	OSC	Oscilografía de tecnología digital.
	3	Lógica configurable para vigilancia de circuitos de disparo

Tabla 2. Funciones de protección. Posiciones de línea 55 kV [88].

La comunicación de los dos extremos de la protección deferencial será vía fibra óptica multiplexada.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

1.7.4.2 RECTIFICADORES – BATERIA

Para la alimentación de los equipos de protección, control y señalización, así como los circuitos de emergencia en caso de fallo de la corriente alterna, se dispondrá de dos equipos, cada uno de ellos compuesto por dos rectificadores con una batería independiente de 125 Vcc preparados para trabajar en paralelo. Dichos rectificadores irán ubicados en la sala de control del edificio.

Características generales del rectificador de baterías de 125 V:

- Tensión nominal de entrada:240/400 Vc.a. $\pm 10\%$.
- Frecuencia de entrada:50 Hz.
- Tensión nominal de salida:125 Vc.c. $+10\% -15\%$.
- Tensión de flotación:128,8 Vcc.
- Tensión de carga rápida:137,5 Vcc.
- Intensidad nominal de salida:20 A.

1.7.4.3 CUADROS DC/AC

Se dotará a la instalación de un cuadro de corriente continua y un cuadro de corriente alterna, ubicados en la sala de control del edificio. Desde estos cuadros se alimentarán los equipos de protección, control y señalización, así como los circuitos de alumbrado exterior, alumbrado interior y emergencia.

1.7.4.4 SERVICIOS AUXILIARES (SSAA)

Para atender las necesidades de los servicios auxiliares se instalará un transformador de 12.000/400-230 de 100 kVA de potencia. La salida de baja tensión de este transformador se cableará directamente al cuadro de corriente alterna de la subestación.

El transformador estará protegido, para impedir el contacto accidental de las personas con las partes en tensión, con pantallas metálicas desmontables que, una vez instaladas del al conjunto un grado de protección IP20 IK10 según Norma EN 50102 [89].

La mampara de protección para acceder al habitáculo del transformador deberá disponer de los mecanismos adecuados para que no puedan ser retiradas sin tener activados los elementos de seguridad.

Entre las partes en tensión y dichas protecciones deberá existir una distancia mínima de 0,30 m, según indica la ITC-RAT 14 [90].

La pantalla y sus soportes se conectarán a tierra.

1.7.5. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

El objeto del sistema de detección de incendios será detectar de forma automática, de manera precoz y sin ninguna intervención humana, conatos de incendio que puedan producirse en zonas predeterminadas con el fin de señalar tales circunstancias mediante alarmas ópticas y acústicas locales y a distancia. Estará constituido por los siguientes componentes.

- Detectores ópticos en todas las dependencias.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

- Detectores termo velocímetros en las salas que albergan los Transformadores de SSAA (aparte de los ópticos).
- Equipo de control y señalización. El armario será del tipo modular y tendrá la posibilidad de controlar al menos 6 zonas de la instalación. Se instalarán relés suficientes para poder transmitir señales al Centro de Control de Redes de Viesgo.
- Otros componentes auxiliares: Pulsadores manuales de alarma, pilotos de señalización, sirena de alarma, señalizaciones fotoluminiscentes en las vías de evacuación y extintores polivalentes (6 kg.) y de polvo y extintor móvil de polvo (ABC 25 kg).

1.7.6. VIDEOVIGILANCIA

Todas las subestaciones de la red de Viesgo se explotan sin presencia de personal continuo. Esta situación de explotación hace que exista un riesgo de robo y actos vandálicos y hace necesaria la instalación de un sistema que permita la vigilancia remota y permanente en las subestaciones.

El sistema de videovigilancia será un sistema abierto de lógica distribuida, que integrará todos los sistemas de la subestación relativos a la seguridad de las instalaciones. Estará basado en cámaras digitales de alta resolución, con especificaciones de intemperie extrema, con propiedades de anti-impacto y capacidad de visión nocturna. Todas las cámaras digitales dispondrán de acceso IP, de manera que será posible formar una red local en la instalación en la que adicionalmente se integrará un sistema de almacenamiento de video en tiempo real, un sistema de gestión de alarmas y otros dispositivos de seguridad como barreras, detectores... El sistema permitirá la visualización en tiempo real de una cámara, así como el almacenamiento en video para posterior visionado. Se requerirá por tanto un equipo informático conectado a red, que tenga vinculación con las cámaras IP y que utilice el software adecuado para realizar esta función conforme a la legislación.

1.8. DESCRIPCIÓN DE APARAMENTA

A continuación, se ofrece una descripción más detallada de los principales equipos de la subestación, con las características eléctricas de los mismos.

1.8.1. EMBARRADOS, CABLE AISLADO, AISLADORES Y CONDUCTORES DE MANDO Y SEÑAL

1.8.1.1 EMBARRADOS Y CABLE AISLADO DE POTENCIA

Los embarrados a instalar en esta nueva subestación corresponden al sistema de 55 kV.

Sistema de 55 kV

El embarrado principal estará compuesto por tubo de aluminio de 80/70 mm. de diámetro apoyado sobre aisladores rígidos montados sobre soportes metálicos. La luz entre aisladores será de 7,00 m. y la distancia entre fases de 1,5 m.

Los embarrados secundarios de tipo rígido estarán formados por tubo AL de 50/40 mm de diámetro. Los de tipo flexible serán de cable de aluminio tipo LA-455 de 454,48 mm² de sección. La distancia entre fases será de 1,5 m.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

1.8.1.2 AISLADORES SOPORTE

Sistema de 55 kV

Las barras de 55 kV estarán formadas por embarrados rígidos que se sustentan sobre aisladores del tipo columna de las siguientes características:

- Tipo.....C6-325.
- Tensión nominal.....72,5 kV.
- Tensión soportada de corta duración a frecuencia industrial.....140 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo.....325 kV cresta.
- Carga de rotura a flexión.....6.000 N.
- Carga de rotura a torsión.....2.000 Nm.

Piezas de conexión

Con el fin de absorber las variaciones de longitud que se producen en los embarrados de Alta Tensión por efecto del cambio de temperaturas, se instalarán piezas de conexión elásticas, en los puntos más convenientes, que permitirán la dilatación de los tubos sin producir esfuerzos perjudiciales en las bornas de aparellaje.

1.8.1.3 CONDUCTORES DE MANDO Y SEÑAL

Para la interconexión de los distintos elementos del parque con el edificio, desde donde se toman las alimentaciones de fuerza y se realiza el mando y control de la instalación, se utilizarán cables de secciones y composiciones adecuadas dependiendo de si pertenecen a circuitos de fuerza, control o protección.

El cableado propio de baja tensión se realizará con cable de aislamiento 0,6/1 kV, con propiedades especiales frente al fuego como la no propagación de llama, baja emisión de humos tóxicos y libres de halógenos.

Las secciones de uso habitual en subestaciones son las siguientes:

- Cables para circuitos de telecontrol: Sección de 1 mm² (2x1; 4x1; 10x1; 14x1).
- Cables para circuitos de control y señales: Sección de 2,5 mm² (2x2,5; 4x2,5; 10x2,5; 14x2,5).
- Cables para circuitos de tensiones: Sección de 4 mm² (2x4; 4x4; 6x4).
- Cables para circuitos de intensidades: Sección de 6 mm² (2x6; 4x6; 6x6).
- Cables para alimentación de motores, calefacciones...: Sección de 10 mm² (2x10; 4x10).
- Cables para circuitos de medida contadores: Sección de 16 mm² (4x16).
- Cables para alimentación de SSAA: Sección de 35, 50, 70 mm². (1x35), (1x50) y (1x70).

1.8.2. APARAMENTA

Toda la aparamenta a instalar corresponde a las tensiones de ensayo para frecuencia industrial y de choque, que fija el ITC-RAT 12 [1] siendo sus características

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

fundamentales las descritas en el anexo 2.1 apartado número 2.1.1., estando preparada para una atmósfera de alta contaminación.

1.8.2.1 SISTEMA DE 55 kV

1.8.2.1.1. SECCIONADOR DE BARRAS DE 55 Kv

Se instalarán un total de tres seccionadores de barras, uno en cada posición de línea.

- Número de polos:3.
- Frecuencia asignada:50 Hz.
- Tensión más elevada para el material:72,5 kV.
- Corriente asignada:1.250 A.
- Corriente de corta duración admisible asignada:31,5 kA.
- Valor de cresta de corriente admisible generada:80 kA.
- Accionamiento motorizado y telemando.
- Accionamiento motorizado del seccionador.
 - Tensión nominal del mando:125 Vcc.
 - Par máximo:85 m.kg.
 - Endurancia estándar:1.000 maniobras.
 - Limitador par mecánico
 - Control temporizado de tiempo de maniobra
 - Tensión del motor:125 Vcc.

1.8.2.1.2. INTERRUPTOR TRIPOLAR DE LÍNEA DE 55 Kv

Se instalarán un total de tres interruptores automático-tripolares, uno en cada posición de línea:

Las características de los interruptores serán:

- Número de polos:3.
- Tensión nominal:55 kV.
- Intensidad nominal:2.000 A.
- Tensión más elevada para el material:72,5 kV.
- Nivel de aislamiento:140/325 kV.
- Frecuencia asignada:50 Hz.
- Intensidad de corte de cortocircuito:31,5 kA.
- Aislamiento interno:SF6.
- Tensión de motor y mando:125 Vcc.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

1.8.2.1.3. TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD DE 55 Kv

Se instalarán un total de seis transformadores de intensidad con las siguientes características:

Posición 1

- Relación de transformación:400-800/5-5-5-5 A.
- Frecuencia de la red:50 Hz.
- Tensión más elevada para el material:72,5 kV.
- Intensidad térmica de cortocircuito:31,5 kA.
- Potencia y clases de precisión:
 - Secundario 1:10 VA; CL 0,2sFs 5.
 - Secundario 2:20 VA; CL 0,5 Fs 5.
 - Secundario 3:30 VA; CL 5P 30.
 - Secundario 4:30 VA; CL 5P 30.

1.8.2.1.4. SECCIONADOR TRIFÁSICO TIPO COLUMNA PARA LÍNEAS DE 55 Kv

Se instalarán un total de un seccionador tripolar con cuchillas de puesta a tierra de las siguientes características.

- Número de polos:3.
- Frecuencia asignada:50 Hz.
- Tensión más elevada para el material:72,5 kV.
- Corriente asignada:1.250 A.
- Corriente de corta duración admisible asignada:31,5 kA.
- Valor de cresta de corriente admisible generada:80 kA.
- Accionamiento:Motorizado y telemandado.
- Accionamiento motorizado del seccionador:
 - Tensión nominal del mando:125 Vcc.
 - Par máximo:85 m.kg.
 - Endurancia estándar:1.000 maniobras.
 - Limitador par mecánico
 - Control temporizado de tiempo de maniobra.
 - Tensión de motor:125 Vcc.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

1.8.2.1.5. TRANSFORMADORES DE TENSION DE 55 Kv

Se instalarán un total de tres transformadores de tensión para la medida y protección en las salidas de cada una de las líneas y tres para la medida y protección de barras. Las características de estos transformadores serán.

- Relación de transformación:55.000: $\sqrt{3}$ -110 $\sqrt{3}$ -110 $\sqrt{3}$ -110:3 V.
- Tensión más elevada de la red:72,5 kV.
- Frecuencia de la red:50 Hz.
- Potencias y clases de precisión:
 - Secundario 1:25 VA; CL 0,2.
 - Secundario 2:25 VA; CL 0,5- 3P.
 - Secundario 3:10 VA; CL 6P.

1.8.2.1.6. AUTOVÁLVULAS DE 55 Kv

Se instalarán un total de nueve autoválvulas de protección en las salidas de las líneas, las características de estas autoválvulas de óxido de cinc de servicio exterior serán:

- Tensión nominal de la red:55 kV.
- Tensión más elevada:72,5 kV.
- Tensión asignada:53 kV.
- Frecuencia asignada:50 Hz.
- Corriente de descarga nominal (onda 8/20 μ s):10 kA.
- Clase de descarga:3.
- Línea de fuga mínima:1813 mm.
- Contador de descargas:incluido.

1.8.2.1.7. TRANSFORMADOR DE POTENCIA 55/12 kV.

Se instalará un transformador de potencia con las siguientes características.

- Potencia.....30 MVA.
- Relación de transformación.....55053 \pm 10x717/N – 12330/N V.
- Grupo de conexión.....YNyn0.
- Tensión de cortocircuito.....<10 %.
- Refrigeración por baño de aceite.

1.8.2.2 SISTEMA DE 12 kV

1.8.2.2.1. CELDAS COMPACTAS EN EL EDIFICIO DE CELDAS Y CONTROL

Para la alimentación y protección de los transformadores de servicios auxiliares, se dispone, en el interior del edificio, un módulo de tres celdas de distribución secundaria, compuesto por una celda de línea de acometida, una de

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

transformador para alimentar al TSA y una de medida. La alimentación se realizará desde una nueva línea de 12 kV (alcance de otro proyecto).

Características de las celdas compactas

- Celdas de línea, provista de un interruptor-seccionador de tres posiciones:
 - Tensión nominal:.....12 kV.
 - Intensidad nominal en barras e interconexión celdas:.....630 A.
 - Tensión de ensayo a frecuencia industrial durante 1 min:
 - A tierra entre polos y entre bornas del seccionador abierto:.....28 kV.
 - A la distancia de seccionamiento:.....32 kA.
 - Intensidad nominal de corta duración, 3 s:.....16 kA.
 - Poder de corte de corriente activa:.....630 A.
 - Dimensiones aproximadas:.....1.800x370x850 mm.
 - Peso aproximado:.....135 kg.
- Celda de protección con fusible, provista de un interruptor-seccionador de tres posiciones y protección con fusibles limitadores.
 - Tensión nominal:.....12 kV.
 - Intensidad nominal en barras e interconexión de celdas:.....400 A.
 - Tensión de ensayo a frecuencia industrial durante 1 min.:
 - A tierra entre polos y entre bornas del seccionador abierto:.....28 kV.
 - A la distancia de seccionamiento:.....32 kA.
 - Intensidad nominal de corta duración, 3 s:.....16/20 kA.
 - Poder de corte de corriente activa:.....400 A.
 - Poder de apertura de cortocircuito (fusible):.....16 kA.
 - Dimensiones aproximadas:.....1.800x480x850 mm.
 - Peso aproximado:.....200 kg.
- Celda de medida, provista de transformadores de tensión e intensidad:
 - Tensión nominal:.....12kV.
 - Intensidad nominal en barras e interconexión de celdas:.....400 A.
 - Dimensiones aproximadas:.....1.800x800x1.025 mm.
 - Peso aproximado:.....180 kg.

1.9. ESTRUCTURAS Y SOPORTES

La estructura metálica a instalar en el parque de intemperie corresponde a los soportes para los embarrados principales y secundarios y a la aparamenta de Alta Tensión. La

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

estructura metálica para interior corresponde a los armarios de control, protección y servicios auxiliares.

Además, existen soportes de apoyo para los proyectores de iluminación exterior e iluminación perimetral del edificio.

Estos soportes estarán realizados con estructuras normalizadas de perfil de alma llena. Toda la estructura metálica será sometida a un proceso de galvanizado en caliente, con el objetivo de asegurar una eficaz protección contra la corrosión.

Estas estructuras se completarán con herrajes y tornillería auxiliares de acero inoxidable para fijación de cajas de centralización, sujeción de cables y otros elementos accesorios.

1.10. OBRA CIVIL

La ejecución de la subestación requiere la realización de los trabajos de obra civil siguientes:

- Movimiento de tierras incluyendo la adecuación del terreno, explanaciones y rellenos necesarios hasta dejar uniforme la cota de 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 de MT.
- Sistema de drenajes.
- Cimentaciones de aparamenta.
- Arquetas y canalizaciones para el paso de cables.
- Cierre perimetral, puerta de acceso y señalización.

Se detallan a continuación algunos aspectos relevantes de la obra civil de la subestación.

1.10.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS

La plataforma explanada deberá ser totalmente horizontal.

Todas las tierras procedentes de desmontes y excavaciones serán depositadas en vertederos autorizados:

Se extenderá tierra vegetal en los taludes como soporte de una posterior siembra o revegetación de manera que todas las superficies queden integradas en el entorno textural y cromáticamente. El orden de realización de los trabajos será:

- Extendido de tierra vegetal sobre las superficies.
- Preparación del terreno.
- Siembra/revegetación.

1.10.2. PROTECCIÓN DE LA PLATAFORMA FRENTE A ESCORRENTIAS

Se deberá proteger la plataforma frente a la escorrentía superficial, evacuando esta hacia zona más deprimidas. También será necesario proteger las zonas de

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

recepción para evitar la erosión y reducir la velocidad del agua (podrán usarse empedrados o soluciones equivalentes).

El drenaje se comprenderá:

- La recogida de aguas pluviales o de deshielo procedentes de la plataforma y sus márgenes, mediante cunetas y sus imbornales y sumideros. Se tendrá en cuenta la construcción de terraplenes y desmontes que se hayan podido ejecutar junto con la explanada, de manera que en la superficie recogida de precipitaciones (dato inicial) se considerará, además de la superficie propia de la plataforma, la superficie correspondiente a la proyección horizontal de los terraplenes.
- La excavación de las aguas recogidas a través de arquetas y colectores longitudinales se realizará al punto de conexión dentro de las instalaciones.
- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la instalación, mediante su acondicionamiento y la construcción de obras de drenaje transversal.

1.10.3. CIERRE PERIMETRAL DE LA INSTALACIÓN, PUERTA DE ACCESO Y SEÑALIZACIÓN

Se construirá un cerramiento a lo largo de todo el perímetro de la instalación, situado a una adecuada distancia de los taludes de desmonte y de la plataforma en la zona de terraplén.

El cerramiento estará formado por una cimentación de apoyo de hormigón armado, postes metálicos galvanizados de perfil circular y malla de simple torsión con recubrimiento plástico.

A lo largo del trazado de la valla se utilizarán postes intermedios, y de tornapuntas en los cambios de dirección, en cada esquina y al principio del cerramiento. Se dispondrán mechinales de desagüe a lo largo de todo el murete del cerramiento.

Las funciones principales de este vallado serán las siguientes:

- Evitar que personas ajenas a la subestación lleguen a estar próximas a elementos en tensión, protegiéndolas de su integridad física.
- Proteger las instalaciones de posibles daños intencionados.
- Evitar posibles robos en las instalaciones y en el edificio de celdas de control.

Para el acceso a la instalación se dispondrá dos puertas metálicas de 6 m. libres con puerta de paso de hombre de 1 m una de ella y de 3 metros lineales la otra. Las puertas serán de dos hojas, de apertura y cierre manual. Las cerraduras deberán estar homologadas por Viesgo.

La totalidad de los accesos a la subestación, edificio principal y anexos estarán dotados de la señalización reglamentaria para instalaciones de Alta Tensión, compuesta por pictogramas que advierten del peligro de la instalación.

1.10.4. CIMENTACIONES

Para soporte y sujeción de los elementos instalados en la subestación, se dispondrá de cimentaciones adecuadas a tal efecto. Las cimentaciones a construir

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

son las de los soportes para los embarrados principales y secundarios, y soportes para el aparellaje de 55 kV además de los equipos de iluminación exterior.

Las cimentaciones a realizar tendrán canalizaciones de tubo de PVC que permitan el paso de los latiguillos de tierra hacia las estructuras metálicas, y de ahí a los equipos, así como de tubo independiente del anterior para el paso de cables aislados de alimentación y control.

Cualquiera de las soluciones adoptadas deberá tener en cuenta la capacidad portante indicada en el informe geotécnico. Si el terreno exigiese tipos especiales de cimentación, ésta se realizará de acuerdo con el informe geotécnico.

1.10.5. CANALIZACIONES DE CABLES Y ARQUETAS

En función del tipo de cable, se dispondrán de los siguientes tipos de canalizaciones:

- Canalización para el tendido de cables de control. Se emplearán canales de hormigón prefabricados con sus correspondientes tapas y demás accesorios que faciliten el tendido de los cables en su interior. El canal estará dotado de un sistema de drenaje para evitar la acumulación de agua en su interior. Las tapas de los canales de cables deberán poder ser levantadas sin necesidad de romperlas. El peso y dimensiones serán tales que puedan ser manejadas por una persona con facilidad. Para el paso por viales se emplearán tapas metálicas galvanizadas en caliente que se conectarán a la malla general de la red de tierras de la subestación.
- Canalización formada por un tubo de polietileno corrugado, de sección adecuada, para la recogida de las diferentes mangueras de cables de los equipos a instalar.
- Canalización para el tendido de los cables de potencia. Se empleará canal de hormigón con sus correspondientes tapas y demás accesorios que faciliten el tendido de los cables de potencia con radios de giro superiores a 1,5 m en su interior. El canal estará dotado de un sistema de drenaje para evitar la acumulación de agua en su interior. Las tapas de los canales de cables deberán poder ser levantadas sin necesidad de romperlas. El peso y dimensiones serán tales que puedan ser manejadas por una persona con facilidad. Para el paso por viales se emplearán tapas metálicas galvanizadas en caliente que se conectarán a la malla general de la red de tierras de la subestación.

Para el tendido y la conexión de los cables de control, alumbrado y fuerza, drenajes y sistema de recogida de aceite se construirán arquetas de hormigón con tapa de hormigón armado, de las dimensiones adecuadas y que interconectarán los tramos de tubos de polietileno.

1.10.6. VIALES DE ACCESO, URBANIZACION Y GRAVA

La subestación dispondrá de una serie de viales internos para facilitar el acceso a las distintas partes de la misma y poder realizar los correspondientes trabajos de mantenimiento. Los viales se realizan de hormigón armado con varilla de acero B500T con diámetro 5 y dispuesto en cuadrícula de 15x15 cm. de espesor, como mínimo, 20 cm asentado sobre una base de zahorras artificiales de, como mínimo, 150 mm de espesor compactada al 100 % del valor del Proctor modificado, se dotará al vial de una pendiente del 2 % hacia los lados para evitar la acumulación del agua de lluvia.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

El vial de acceso, en ningún caso, podrá tener una pendiente superior al 10 %, este vial tendrá una anchura de 5 m y estará formado por una capa de zahorras artificiales de como mínimo, 150 mm de espesor compactada al 100 % del valor del Proctor modificado y con una terminación por riego bituminoso, se dotará al vial de las correspondientes cunetas para la recogida del agua y canalización de la misma.

Para un menor impacto visual en la zona se seguirán las indicaciones del Estudio de Impacto Ambiental, en lo que respecta a la urbanización exterior.

Para la colocación de la malla geotextil y adcentamiento con grava de la subestación se tendrá en cuenta que la cota de explanación del terreno. Se colocará una lámina geotextil entre la grava y el terreno con objeto de que no crezcan plantas. Se recubrirá la instalación con una capa de 15 cm. de grava de dimensiones entre 2 y 5 cm.

1.10.7. EDIFICIO

Para la ubicación de los equipos de control, protección, comunicaciones y servicios auxiliares, así como las celdas de distribución secundaria de 12 kV, se construirá, integrado en el entorno, un edificio prefabricado de 9,40 x 4,40 x 4,00 m de altura; con dos dependencias para albergar los distintos elementos y equipos que componen el sistema:

- Dependencia 1: Transformador de servicios auxiliares.
- Dependencia 2: Equipos de control, protección y comunicaciones, así como celdas de 12 kV.

La estructura principal y el cerramiento del edificio se construirán mediante elementos prefabricados de hormigón pretensado, realizándose "in situ" la solera. Los cerramientos exteriores de la fachada estarán formados por paneles prefabricados de hormigón armado terminados con pintura plástica tanto en el interior como en el exterior. El color de la fachada estará acorde con el entorno y con las indicaciones de las Ordenanzas Municipales del Ayuntamiento.

La cubierta será prefabricada inclinada a dos aguas. Las aguas pluviales, se recogerán perimetralmente mediante canalón de PVC de sección rectangular, disponiendo las bajantes y canalizando las aguas a la red de desagüe de la instalación.

Los techos se pintarán con pintura plástica blanca, sellando las uniones entre las placas vistas.

Todas las puertas serán metálicas con una resistencia al fuego RF-90, abrirán hacia el exterior e irán provistas de barra antipánico interior, maneta exterior y cerradura normalizada por Viesgo las que se comuniquen con el exterior.

Exteriormente el edificio irá rematado con una acera perimetral terminada con baldosa hidráulica y de anchura variable entre 1 y 1,2 m.

1.10.8. DRENAJE

Se construirá una red de drenajes para evacuar las aguas de lluvia, con objeto de conseguir la máxima difusión posible y evitar inundaciones tanto en la propia subestación como en parcelas colindantes. Se canalizarán las aguas procedentes de la cubierta del edificio para evitar las humedades en el mismo. Los drenajes se

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

realizarán con tubos de plástico tipo “Dren”, situados a una profundidad mínima de 0,80 m. con una pendiente de caída del 1 %.

El sistema de drenaje consistirá en una red de tubos perforados colocados en el fondo de zanjas rellenas de material filtrante adecuadamente compactado. Esta red podrá adoptar distintos trazados según la superficie del parque. La disposición normal será en “peine” o “espina de pez” y aprovechando la disposición de los canales de cables.

Un colector transportará el agua al desagüe general existente en la instalación.

La definición de la red de drenaje dependerá de la situación, pluviometría de la zona y tipo de terreno, así como la disponibilidad de cotas de nivel para poder realizar el desagüe sin problemas. La pendiente mínima no será en ningún caso menor del 5 ‰ en tubos de drenaje y del 3 ‰ en colectores. La velocidad del agua estará comprendida entre 0,5 y 2 m/s. Para el cálculo de la red de drenajes de la instalación se seguirá en todos los casos la Instrucción de Carreteras 5.2-IC del Ministerio de Fomento.

En los cruces de viales se adoptarán las medidas de protección necesarias para garantizar el correcto funcionamiento de la red de drenaje.

1.11. PLANIFICACION, PLAZO DE EJECUCIÓN Y PUESTA EN SERVICIO

Las diferentes etapas de la nueva Subestación serán:

- **Etapas 1: Movimiento de tierras y tierras inferiores:**

- Se realizará la retirada de la capa vegetal de terreno.
- Se realizará la primera parte de la explanación hasta la cota deseada.
- Se instalará la malla de tierra inferior.
- Se realizará la segunda parte de la explanación hasta la cota indicada.

Se estima una duración de 6 semanas para la realización de estos trabajos.

- **Etapas 2: Trabajos de obra civil:**

- Se construirán los drenajes.
- Se construirán la totalidad de cimentaciones de la apartamenta a instalar.
- Se realizarán las canalizaciones de cables de control necesarias para la conexión de los equipos con el edificio de control.
- Se instalará el edificio prefabricado.

Se estima una duración de 9 semanas para la realización de estos trabajos.

- **Etapas 3: Montaje electromecánico:**

- Se realizará el montaje de la estructura necesaria para la diferente apartamenta de 55 en el parque de intemperie.
- Se realizará el montaje de la apartamenta de 55 kV del parque de intemperie.
- Se instalarán las celdas de alimentación secundaria.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

- Se instalarán todos los elementos de protección, control y comunicaciones necesarios.
- Se realizarán todas las instalaciones auxiliares tanto en el edificio como en el parque de intemperie: alumbrado, fuerza, ventilación...
- Se realizarán las conexiones entre el aparellaje del parque.

Se estima una duración de 8 semanas para la realización de estos trabajos.

▪ **Etapas 4: Conexiones de control y pruebas:**

- Se tienden, prueban y conectan los cables de control y comunicaciones.
- Se tienden y prueban los cables de potencia del sistema de 55 kV.
- Se realizan las pruebas funcionales de todos los equipos.

Se estima una duración de 5 semanas para la realización de estos trabajos.

Teniendo en cuenta las posibilidades de acopio de materiales y las necesidades del servicio, se puede estimar 7 meses, el tiempo necesario para la ejecución de las obras que se detallan en el presente Proyecto Técnico Administrativo.

1.12. BIBLIOGRAFIA

- [1] España. Real Decreto Legislativo 2/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la ley del Estatuto de los Trabajadores. Boletín Oficial del Estado de 2015, núm. 255. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-11430>
- [2] España. Real Decreto 8/2015 por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley General de la Seguridad Social. Boletín Oficial del Estado de 2015, núm. 261. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-11724>
- [3] España. 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. Boletín Oficial del Estado de 2014, núm. 139, páginas 43598 a 43728. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-6084
- [4] Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), 2014. LISTA DE RECOMENDACIONES DEL UIT – Edición de 2004 – 1. En *Unión Internacional de Telecomunicaciones* [en línea]. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.itu.int/itudoc/itu-t/86097-es.pdf>
- [5] España. Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud de las obras de construcción. Boletín Oficial del Estado de 1997, núm. 256. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-22614>
- [6] España. Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo de 9 de marzo de 1971. Boletín Oficial del Estado de 1971, núm. 64. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1971-380>
- [7] España. Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales, corrección de errores y modificaciones posteriores. Boletín Oficial del estado de 1995, núm. 269. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

- [8] España. Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el reglamento de los Servicios de Prevención. Boletín Oficial del Estado de 1997, núm. 27. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-1853>
- [9] España. 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. Boletín Oficial del Estado de 2001, núm. 148. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-11881>
- [10] España. Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Boletín Oficial del Estado de 1997, núm. 188. Páginas 24063 a 24070. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-17824>
- [11] España. Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Boletín Oficial del Estado de 1997, núm. 97. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8668>
- [12] España. Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Boletín Oficial del Estado de 1997, núm. 97. [consultado 21 de septiembre de 2023] <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8669>
- [13] España. Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dolores lumbares, para los trabajadores. Boletín Oficial del Estado de 1997, núm. 97. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8670>
- [14] España. Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización. Boletín Oficial del Estado de 1997, núm. 97. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-8671-consolidado.pdf>
- [15] España. Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. Boletín Oficial del Estado de 1997, núm. 124. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-11144>
- [16] España. Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. Boletín Oficial del Estado de 1997, núm. 124. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-11145>
- [17] España. Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto. Boletín Oficial del Estado de 2006, núm. 86. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-6474>
- [18] España. Real decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. Boletín Oficial del Estado de 1997, núm. 140. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-12735#:~:text=Ayuda->

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

[.Real%20Decreto%20773%2F1997%2C%20de%2030%20de%20mayo%2C%20sobre.de%2012%2F06%2F1997.](#)

- [19] España. Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el reglamento de instalaciones de protección contra incendios. Boletín Oficial del Estado de 2017, núm. 139. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2017-6606>
- [20] España. Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, corrección de errores y modificaciones posteriores. Boletín Oficial del Estado de 2004, núm. 303. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2004-21216>
- [21] España. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, corrección de errores y modificaciones posteriores. Boletín Oficial del Estado de 2006, núm. 74. Páginas 11816 a 11831. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2006-5515>
- [22] España. Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) tanto en cuanto a la ejecución de los trabajos como en lo relativo a mediciones. Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de Formentera, COAATEEEF. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://coaateef.org/colegiados/biblioteca/normativa-construccion/normas-tecnologicas-la-edificacion/>
- [23] España. Norma de construcción sismorresistente: Parte general y edificación (NCSR-02) Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, del Ministerio de Fomento. Boletín Oficial del Estado de 2002, núm. 244. Páginas 35898 a 35967. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: [https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2002-19687#:~:text=A%2D2002%2D19687-.Real%20Decreto%20997%2F2002%2C%20de%2027%20de%20septiembre%2C%20por,a%2035967%20\(70%20p%C3%A1gs.%20\)](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2002-19687#:~:text=A%2D2002%2D19687-.Real%20Decreto%20997%2F2002%2C%20de%2027%20de%20septiembre%2C%20por,a%2035967%20(70%20p%C3%A1gs.%20))
- [24] España. Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la recepción de cementos (RC-03). Boletín Oficial del Estado de 2004, núm. 14. Páginas 1730 a 1755. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2004-881
- [25] España. Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08). Boletín Oficial del Estado de 2008, núm. 203. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2008-14167>
- [26] España. Actualización de las fichas de autorización de uso de sistemas forjados Resolución de 30 de enero de 1997, del Ministerio de Fomento. Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la “Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados (EFHE). Boletín Oficial del Estado de 1997, núm. 56. Páginas 7435 a 7436. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: [https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1997-4913#:~:text=A%2D1997%2D4913-.Resoluci%C3%B3n%20de%2030%20de%20enero%20de%201997%2C%20de%201a%20Direcci%C3%B3n,a%207436%20\(2%20p%C3%A1gs.%20\)](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1997-4913#:~:text=A%2D1997%2D4913-.Resoluci%C3%B3n%20de%2030%20de%20enero%20de%201997%2C%20de%201a%20Direcci%C3%B3n,a%207436%20(2%20p%C3%A1gs.%20))
- [27] España. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Instrucciones Técnicas Complementarias y modificaciones posteriores. Boletín Oficial del Estado de 2002, núm. 224. Páginas 33084 a 33086. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2002-18099>

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

- [28] España. Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión. Instrucciones Técnicas Complementarias y modificaciones posteriores. Boletín Oficial del Estado de 2008, núm. 68. Páginas 16436 a 16554. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2008-5269>
- [29] España. UNE 211006/ITC-LAT 05 Norma española. Ensayos previos a la puesta en servicio de sistemas de cables eléctricos de alta tensión en corriente alterna. Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Enero de 2018, revisión 2. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/lineas-alta-tension/Documents/guia-itc-lat-05-ene18.pdf>
- [30] España. Norma UNE EN 60865-1, “Corrientes de cortocircuito, cálculo de efectos. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo”. Versión corregida en 24/10/2018. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0051522>
- [31] España. Norma UNE EN 60909, “Cálculo de corrientes de cortocircuito en redes de corriente alterna trifásica” Vigente, última edición 19/01/2011. [consultado 23 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0046678#:~:text=Corrientes%20de%20cortocircuito%20en%20sistemas%20trif%C3%A1sicos%20de%20corriente%20alterna.,circulando%20a%20trav%C3%A9s%20de%20tie>
- [32] España. Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07. Boletín Oficial del estado de 2008, núm. 279. Páginas 45988 a 46057. [consultado 23 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2008-18634>
- [33] España. Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el reglamento de instalaciones de protección contra incendios y modificaciones posteriores. Boletín Oficial del Estado de 2017, núm. 139. [consultado 23 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2017-6606>
- [34] España. Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico “DB-HR Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 317/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Boletín Oficial del Estado del 28 de marzo de 2006, núm. 74. Páginas 11816 a 11831. [consultado 23 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2006-5515>
- [35] España. Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. Boletín Oficial del Estado de 2006, núm. 60. [consultado 23 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-4414>
- [36] España. Documento Básico SI “Seguridad en caso de incendio” del Código Técnico de la Edificación, Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda. Boletín Oficial del Estado del 28 de marzo de 2006, núm. 74. Páginas 11816 a 11831. [consultado 23 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2006-5515>
- [37] España. Norma española UNE-EN 61000-6: Compatibilidad electromagnética (CEM). Inmunidad para los equipos utilizados en entornos de centrales eléctricas y subestaciones. Vigente. Última

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

edición 04/05/2016. [consultado 23 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0056559>

- [38] España. Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. Boletín Oficial del Estado de 2008, núm. 38. [consultado 23 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2008-2486>
- [39] España. Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. Boletín Oficial del Estado de 2011, núm. 181. [consultado 23 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2011-13046>
- [40] España. Real Decreto 108/1991 de 1 de febrero sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto. Boletín Oficial del Estado del 6 de febrero de 1991, núm. 32. Páginas 4062 a 4064. [consultado 23 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1991-3212>
- [41] España. Real Decreto Legislativo 5/2000, de 4 de agosto, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en el orden social y modificaciones posteriores. Boletín Oficial del Estado del 8 de agosto del 2000, núm. 189. [consultado 23 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2000-15060>
- [42] España. Normas sobre redacción de proyectos y dirección de obras de edificación, Decreto del Ministerio de la Vivienda 462/71, de 11 de marzo. Boletín Oficial del Estado del 24 de marzo de 1971, núm. 71. Páginas 4741 a 4742. [consultado 23 de septiembre de 2023]. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1971-418
- [43] España. Normas tecnológicas de la edificación, Decreto del Ministerio de la Vivienda 3655/72, de 23 de diciembre. Boletín Oficial del Estado de 15 de enero de 1973, núm. 13. Páginas 752 a 756. [consultado 23 de septiembre de 2023]. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1973-55
- [44] España. Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción. Boletín Oficial del Estado de 2006, núm. 250. [consultado 23 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-18205>
- [45] España. Real Decreto 379/2001, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos. Boletín Oficial del Estado del 10 de mayo de 2001, núm. 112. Páginas 16838 a 16929. [consultado 23 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2001-8971>
- [46] España. Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión. Boletín Oficial del Estado del 5 de febrero de 2009, núm. 31. Páginas 12297 a 12388. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2009-1964>
- [47] España. Norma UNE-EN 60060-1:2012, “Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 1: Definiciones generales y requisitos de ensayo”. Vigente. Versión corregida 25/03/2013. [consultado 23 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0049769>
- [48] España. Norma UNE-EN 60060-2:2012, “Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 2: Sistemas de medida”. Vigente. Última edición 18/07/2012. [consultado 23 de septiembre de 2023].

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-en-60060-2-2012-n0049683>

- [49] España. Norma UNE-EN 60071-1:2020, “Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas”. Vigente. Última edición 24/06/2020. [consultado 23 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-en-iec-60071-1-2020-n0064293>
- [50] España. Norma UNE-EN 60071-2:2018, “Coordinación de aislamiento. Parte 2: Guía de aplicación”. Vigente. Última edición 17/10/2018. [consultado 23 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-en-iec-60071-2-2018-n0060703>
- [51] España. Normas UNE-EN 60027-1:2009 y UNE-EN 60027-1:2009/A2:2009, “Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte 1: Generalidades”. Vigente. Última edición 22/04/2009. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0042968>
- [52] España. Norma UNE-EN 60027-4:2011, “Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte 4: Máquinas eléctricas rotativas”. Vigente. Última edición 16/03/2011. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/norma?Tipo=N&c=N0046948>
- [53] España. Norma 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”. Vigente. Última edición 09/05/2012. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0049263>
- [54] España. 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. Boletín Oficial del Estado de 9 de junio de 2014, núm. 139. Páginas 43598 a 43728. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2014-6084>
- [55] España. Normas UNE-EN 60507:1995 y UNE-EN 60507:2014, “Ensayos de contaminación artificial de aisladores de cerámica y vidrio para alta tensión destinados a redes de corriente alterna”. Vigente. Última edición 29/07/2014. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0053235>
- [56] España. Norma UNE-EN 61439-5:2015, “Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 5: Conjuntos de aparamenta para redes de distribución pública”. Vigente. Última edición 21/10/2015. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?Tipo=N&c=N0048406>
- [57] España. Norma UNE-EN 62271-102:2021, “Aparamenta de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna”. Vigente. Última edición 24/02/2021. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-en-iec-62271-102-2021-n0065351>
- [58] España. Normas UNE-EN 62271-104:2015, “Aparamenta de alta tensión. Parte 104: Interruptores de corriente alterna para tensiones asignadas iguales o superiores a 52 kV”. Vigente. Última edición 04/11/2015. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en:

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-en-62271-104-2015-n0055721>

- [59] España. Norma UNE-EN 62271-106:2012, “Aparamenta de alta tensión. Parte 106: Contactores, controladores y arrancadores de motor con contactores, de corriente alterna”. Vigente. Última edición 26/12/2012. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0050497>
- [60] España. Normas UNE-EN 62271-100:2011 y UNE-EN 62271-100:2011/A1:2014, “Aparamenta de alta tensión. Parte 100: Interruptores automáticos de corriente alterna”. Vigente. Última edición 27/07/2011. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0047761>
- [61] España. Normas UNE-EN 62271-200:2012 y UNE-EN 62271-200:2012/AC:2015, “Aparamenta de alta tensión. Parte 200: Aparamenta bajo envolvente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV”. Vigente. Última edición 07/10/2015. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0055577>
- [62] España. Normas UNE-EN 62271-201:2015, “Aparamenta de alta tensión. Parte 201: Aparamenta bajo envolvente aislante de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV”. Vigente. Última edición 29/07/2015. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/norma/?c=N0039936>
- [63] España. Norma UNE-EN 62271-203:2013, “Aparamenta de alta tensión. Parte 203: Aparamenta bajo envolvente metálica con aislamiento gaseoso para tensiones asignadas superiores a 52 kV”. Vigente. Última edición 10/04/2013. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?Tipo=N&c=N0051028>
- [64] España. Normas UNE 60529:2018/A2:2018, “Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP)”. Vigente. Última edición 25/04/2018. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-en-60529-2018-a2-2018-n0060017>
- [65] España. Normas UNE-EN 50102:1996, UNE-EN 50102/A1:1999, UNE-EN 50102 CORR:2002 y UNE-EN 50102/A1 CORR:2002, “Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK). Vigente. Última edición 30/12/2002. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-en-62262-2002-n0048964>
- [66] España. Norma UNE-EN 60076-1:2013, “Transformadores de potencia. Parte 1: Generalidades”. Vigente. Última edición 30/04/2013. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0051124>
- [67] España. Norma UNE-EN 60076-2:2013, “Transformadores de potencia. Parte 2: Calentamiento de transformadores sumergidos en líquido”. Vigente. Última edición 09/07/2014. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/norma/?c=N0053141>
- [68] España. Norma UNE-EN 60076-3:2014, “Transformadores de potencia. Parte 3: Niveles de aislamiento, ensayos dieléctricos y distancias de aislamiento en el aire”. Vigente. Última edición

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

09/07/2014. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0053141>

- [69] España. Norma UNE-EN 60076-5:2008, “Transformadores de potencia. Parte 5: Aptitud para soportar cortocircuitos. Vigente. Última edición 11/06/2008. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?Tipo=N&c=N0041269>
- [70] España. Norma 21538-1:2023, “Transformadores trifásicos de distribución tipo seco 50 Hz, de 100 kVA a 3150 kVA, con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales. Complemento nacional”. Vigente. Última edición 01/02/2023. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-21538-1-2023-n0070862>
- [71] España. Normas UNE-EN 62271-202:2007 y UNE-EN 62271-202:2015, “Aparata de alta tensión. Parte 202: Centros de transformación prefabricados de alta tensión/baja tensión. Vigente. Última edición 21/01/2015. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-en-62271-202-2015-n0054333>
- [72] España. Norma UNE-EN 62271-212:2017, “Conjuntos compactos de aparata para centros de transformación (CEADS)”. Vigente. Última edición 25/10/2017. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=norma-une-en-50532-2011-n0047327>
- [73] España. Normas UNE-EN 61869-1:2010 y UNE-EN 61869-1:2010 ERRATUM:2011, “Transformadores de medida. Parte 1: Requisitos generales”. Vigente. Última edición 07/12/2011. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?Tipo=N&c=N0048503>
- [74] España. Norma UNE-EN 61869-2:2013, “Transformadores de medida. Parte 2: Requisitos adicionales para los transformadores de intensidad. Vigente. Última edición 24/07/2013. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0051524>
- [75] España. Norma UNE-EN 61869-3:2012, “Transformadores de medida. Parte 3: Requisitos adicionales para los transformadores de tensión inductivos”. Vigente. Última edición 26/09/2012. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0049947>
- [76] España. Norma UNE-EN 61869-4:2017, “Transformadores de medida. Parte 3: Transformadores combinados”. Vigente. Última edición 25/01/2017. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-en-61869-4-2017-n0057825>
- [77] España. Normas UNE-EN 60099-1:1996 y UNE-EN 60099-1/A1:2001, “Pararrayos Parte 1: Pararrayos de resistencia variable con explosores para redes de corriente alterna”. Anulada. Última edición 31/03/2001. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0024507>
- [78] España. Normas UNE-EN 60099-4:2005, UNE-EN 60099-4:2005/A1:2007, UNE-EN 60099-4:2005/A2:2010 y UNE-EN 60099-4:2014, “Pararrayos Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna”. Vigente. Última edición 23/11/2016. [consultado

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

- 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0057527>
- [79] España. Norma UNE-EN 60282-1:2021, “Fusibles de alta tensión. Parte 1: Fusibles limitadores de corriente”. Vigente. Última edición 05/05/2021. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0047098>
- [80] España. Norma UNE 21120-2:1998, “Fusibles de alta tensión. Parte 2: Cortacircuitos de expulsión”. Anulada. Última edición 30/04/2020. [consultado 24 de septiembre de 2023] Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0001800>
- [81] España. Norma UNE 211605:2022, “Ensayo de envejecimiento climático de materiales de revestimiento de cables”. Vigente. Última edición 27/07/2022. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-211605-2022-n0070057>
- [82] España. Normas UNE-EN 60332-1-2:2005 y UNE-EN 60332-1-2:2005/A1:2016, “Métodos de ensayo para cables eléctricos y cables de fibra óptica sometidos a condiciones de fuego. Parte 1-21: Ensayo de resistencia a la propagación vertical de la llama para un conductor individual aislado o cable. Procedimiento para la llama premezclada de 1 kW”. Vigente. Última edición 09/03/2016. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0056331>
- [83] España. Normas UNE-EN 60228:2005, UNE-EN 60228:2005 CORR:2005 y UNE-EN 60228:2005 ERRATUM:2011, “Conductores de cables aislados”. Vigente. Última edición 01/06/2005. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0033734>
- [84] España. Norma UNE 211006:2010, “Ensayos previos a la puesta en servicio de sistemas de cables eléctricos de alta tensión en corriente alterna”. Vigente. Última edición 17/03/2010. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0044965>
- [85] España. Norma UNE 211620:2017, “Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido y pantalla de tubo de aluminio de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20, 8/36 (42) kV”. Vigente. Última edición 24/05/2017. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-211620-2017-n0058405>
- [86] España. Norma UNE 211027:2013, “Accesorios de conexión. Empalmes y terminaciones para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV). Vigente. Última edición 02/10/2013. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0051768>
- [87] España. Norma 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)”. Vigente. Última edición 09/10/2013. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=norma-une-211028-2013-n0051822>
- [88] Viesgo. Norma instalaciones de enlace en alta tensión: Líneas de alta tensión (> 36 kV) y subestaciones. NUMERO. NT-IEAT.01. Septiembre de 2017, edición 1. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://industria.gob.es/Calidad->

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

[Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/lineas-alta-tension/Documents/proyectos-vigentes-anulados/viesgo/NT-IEAT.01_NP-.pdf](#)

- [89] España. Normas UNE-EN 50102:1996, UNE-EN 50102/A1:1999, UNE-EN 50102 CORR:2002 y UNE-EN 50102/A1 CORR:2002, “Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK). Vigente. Última edición 30/12/2002. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0011374>
- [90] España. 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. Boletín Oficial del Estado de 2014, núm. 139, páginas 43598 a 43728. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2014/06/09/pdfs/BOE-A-2014-6084.pdf>
- [91] <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0002062>
- [92] España. Norma UNE-EN 60587:2007. “Materiales aislantes eléctricos utilizados en condiciones ambientales severas. Métodos de ensayo para evaluar la resistencia a la descarga superficial y a la erosión. (IEC 60587:2007).” Vigente. Última edición 05/12/2007. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-en-60587-2007-n0040148>
- [93] España. Norma UNE 211435-1:2021. “Guía para la elección de cable eléctricos para circuitos de distribución de energía eléctrica. Parte 1: Cables de tensión asignada igual a 0,6/1 kV”. Vigente. Última edición 01/09/2021. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-211435-1-2021-n0066413>
- [94] España. Norma UNE 211435-1:2021. “Guía para la elección de cable eléctricos para circuitos de distribución de energía eléctrica. Parte 1: Cables de tensión asignada igual a 0,6/1 kV”. Vigente. Última edición 01/09/2021. [consultado 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-211435-1-2021-n0066413>



2. ANEXOS

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

2.1. CÁLCULOS

2.1.1. NIVELES DE AISLAMIENTO

Los niveles de aislamiento que se han adoptado, de acuerdo con la instrucción ITC-RAT 12 [1], son los que corresponden a materiales del Grupo A y Grupo B para aislamiento pleno.

En el sistema de 55 kV, el material soporta permanentemente como tensión más elevada 72,5 kV eficaces, así como 325 kV cresta a impulsos tipo rayo y 140 kV eficaces a frecuencia industrial durante un minuto.

En el sistema de 12 kV, el material soporta permanentemente como tensión más elevada 24 kV eficaces, así como 125 kV cresta a impulsos tipo rayo y 50 kV eficaces a frecuencia industrial durante un minuto.

2.1.2. DISTANCIAS MÍNIMAS

2.1.2.1 DISTANCIAS FASE-TIERRA Y ENTRE FASES

De acuerdo con el nivel de aislamiento adoptado y según lo indicado en las Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 12 [1], las distancias mínimas son las siguientes:

En el sistema de 55 kV las distancias exigidas entre fases y entre fases y tierra son de 63 cm, en ambos casos.

En el sistema de 12 kV las distancias exigidas entre fases y entre fases y tierra son de 22 cm, en ambos casos.

- El sistema de 12 kV que afecta es un sistema de tipo interior formado por celdas blindadas en SF₆ de alimentación secundaria, a las presiones convenientes según normas IEC, por lo que no aplica el considerar distancias eléctricas mínimas para este sistema.

2.1.2.2 DISTANCIAS EN PASILLOS DE SERVICIO Y ZONAS DE PROTECCIÓN

Según la instrucción ITC-RAT 15 [2], los elementos en tensión no protegidos que se encuentren sobre los pasillos, deben estar a una altura mínima "H" sobre el suelo (en centímetros), igual a:

$$H = 250 + d$$

Ecuación 1. Altura mínima pasillos - elementos en tensión.

Siendo "d" la distancia expresada en cm de la tabla 4 del ITC-RAT 12.

En el caso más desfavorable del sistema de 55 kV, en que $d = 63$ cm.

$$H_{min} = 250 + 63 = 313 \text{ cm}$$

Los puntos en tensión más bajos en 55 kV están situados a unas alturas respecto al suelo superiores a 3,50 m, cumpliendo, por lo tanto, la mínima permitida.

Por otra parte, todos los elementos en tensión en las zonas accesibles estarán situados en una altura sobre el suelo superior a 250 cm, considerando en tensión la línea de contacto del aislador con su zócalo o soporte, si este se encuentra puesto a tierra, cumpliendo de forma lo indicado en la instrucción ITC-RAT 15 [2], punto 4.1.5.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

2.1.2.3 DISTANCIAS EN ZONAS DE PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS ACCIDENTALES DESDE EL EXTERIOR DEL RECINTO A LA INSTALACIÓN

Según la instrucción ITC-RAT 15 [2], la zona de protección entre el cierre enrejado de altura > 220 cm y los elementos en tensión debe ser superior a:

Distancia en horizontal del elemento en tensión (hasta una altura de 200 cm) al cierre:

$$G = 150 + d$$

Ecuación 2. Distancia en horizontal de elementos en tensión a cierre.

En el caso más desfavorable del sistema de 55 kV, en que $d = 63$ cm.

$$G_{min} = 150 + 63 = 213 \text{ cm}$$

2.1.3. CÁLCULO DE EMBARRADOS

2.1.3.1 EMBARRADOS DE 55 kV

Los embarrados del sistema de 55 kV estarán constituidos por tubo de aleación de aluminio o por conductores flexibles de aluminio homogéneo.

El embarrado principal se realizará mediante tubo de aluminio 80/70 mm de diámetro, cuya luz entre aisladores será de 6,5 m, y la distancia entre fases de 1,5 m. La conexión entre la aparatamenta se realizará con cable LA-455 y tubo de aluminio 50/40 mm.

La conexión del módulo de línea de entrada hasta el pórtico de entrada aéreo se realizará con cable de potencia de aislamiento seco de 36/66 kV Al 1x630 + H205 mm² Cu.

Las principales características de estos conductores son:

(se han considerado las siguientes condiciones: viento = 0,6 m/s, radiación solar = 900 W/m², ángulo de incidencia del viento = 45°, temperatura ambiente = 30°C, temperatura máxima = 85°C).

Tubo de aluminio 80/70 mm de diámetro

- Diámetro exterior.....80 mm
- Diámetro interior.....70 mm
- Sección.....1.180 mm²
- Intensidad permanente permisible.....2.052 A
- Peso por metro lineal.....3,18 kg

Tubo de aluminio 50/40 mm de diámetro

- Diámetro exterior.....50 mm
- Diámetro interior.....40 mm
- Sección.....708 mm²
- Intensidad permanente permisible.....1.160 A

Cable de LA-455

- Diámetro.....27,72 mm

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

- N° y diámetro de hilos:
 - Aluminio.....54 hilos de 3,08 mm Ø
 - Acero.....7 hilos de 3,08 mm Ø
- Intensidad permanente permisible.....882 A

2.1.3.1.1. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

La intensidad máxima admisible, en barras principales, para el tubo de Aluminio de 80/70 mm de diámetro es de 2.052 A, equivalente a una potencia nominal en el embarrado de:

$$P = \sqrt{3} * V * I_n$$

Ecuación 3. Cálculo de la potencia nominal en barras 80/70 mm.

$$P = 1,732 * 55 * 2,52 = 240,1 \text{ MVA}$$

La intensidad máxima admisible, en barras principales, para el tubo de Aluminio de 50/40 mm de diámetro es de 1.160 A, equivalente a una potencia nominal en el embarrado de:

$$P = \sqrt{3} * V * I_n$$

Ecuación 4. Cálculo de la potencia nominal en barras 50/40 mm.

$$P = 1,732 * 55 * 1,16 = 110,5 \text{ MVA}$$

Teniendo en cuenta que el cable LA-455, admite una intensidad máxima permanente de 882 A, se obtendrá una potencia nominal de:

$$P = \sqrt{3} * V * I_n$$

Ecuación 5. Cálculo de la potencia nominal para cable LA-455.

$$P = 1,732 * 55 * 0,88 = 84,02 \text{ MVA}$$

Como se puede observar los valores calculados son superiores a las potencias a instalar. No obstante, el empleo de estos conductores se justifica por la configuración física adoptada que corresponde a un tipo de subestación normalizada para mayores intensidades y potencias de cortocircuito.

2.1.4. CÁLCULOS ESTRUCTURAS METÁLICAS

Como norma general, en todos los cálculos de estructura se ha considerado que el coeficiente de seguridad mínimo respecto al límite de fluencia de todos los elementos sometidos a tiros o cargas será superior a 1,5 en las condiciones más desfavorables.

Todas las estructuras metálicas a emplear para soportes de aparellaje serán normalizadas, de acuerdo a las siguientes consideraciones e hipótesis de cálculo:

(a) Hipótesis de cálculo para soportes de aparellaje

Las cargas consideradas para los soportes de aparellaje y tomadas como hipótesis de cálculo son las siguientes:

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

- Pesos:
 - Peso propio de la estructura: Se considera como una carga lineal distribuida uniformemente en toda la estructura.
 - Peso del aparellaje: Se consideran cargas puntuales aplicadas en los puntos de apoyo del aparato sobre la estructura.

Se han considerado unos aparatos típicos y se ha calculado el peso de cada uno de ellos.

- Hielo: No se ha considerado como una carga significativa por ser superficies muy pequeñas y de valor despreciable frente al resto de cargas verticales.
- Viento: Se considera el viento como una carga horizontal actuando perpendicularmente sobre las superficies sobre las que incide. Para calcular estos valores se aplica el “Reglamento Técnico de Líneas de Alta Tensión” que indica que se considerará un viento de 120 km/h, y cuya acción se traduce en presiones sobre los diversos elementos.
 - Viento sobre la propia estructura: Se considera como una carga lineal uniformemente distribuida sobre la longitud de cada perfil.
 - Viento sobre el aparellaje: Se considera que el viento ejerce una fuerza sobre los aparatos y que dicha fuerza se transmite al soporte, creando a su vez un momento.

La fuerza resultante se considera puntual y aplicada a la altura media del aparato. Para su determinación se consideran los aparatos como si fueran cilindros de altura la del equipo y diámetro exterior la de los aisladores cerámicos.

Se han calculado las cargas de viento sobre los distintos aparatos considerados.

- Tracción de los conductores de fase: Los esfuerzos del viento, hielo y peso propio sobre los embarrados se transmiten a las bornas de los aparatos, habiéndose considerado como caso más desfavorable el de un tubo de aluminio de 120 mm de diámetro exterior con una longitud de 5 m (la mitad del vano mayor). Esto implica considerar 35 kg por fase en sentido horizontal (efecto del viento como acción más importante).
- Carga excepcional: Se podría considerar una carga excepcional aplicada sobre una de las bornas superiores del aparato debida a un golpe o una manipulación incorrecta durante el montaje. Este esfuerzo supone 200 kg aplicados en carga vertical. Equivale a que dos hombres estuvieran sobre el soporte montado el aparato.
- Cargas dinámicas: Se considerarán las cargas dadas por los fabricantes, producidas en las maniobras de apertura y cierre de interruptores.
- Esfuerzos de cortocircuito: No se considerarán los esfuerzos debidos al cortocircuito sobre las estructuras metálicas, cuando estas soporten un aparato tripolar, estableciéndose la hipótesis de que la suma será nula en todo momento (cortocircuito trifásico). Sin embargo, sí se tendrán en consideración para el cálculo de los aisladores y para las estructuras cuando estas soporten aparatos unipolares.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

- Cargas sísmicas: Se han tenido en cuenta las cargas sísmicas, que son fuerzas en las tres direcciones aplicadas en cada nudo de la estructura. Dichas fuerzas se calculan del mismo modo que para los pórticos de amarre, siendo también, en este caso, el valor considerado de $0,1 * g$, es decir, de $0,98 \text{ m/s}^2$ (grado de sismicidad bajo).
- Hipótesis de desplazamiento de la estructura: Por último, al igual que en el caso de pórticos de amarre de líneas, cabe considerar una última hipótesis que no tiene que ver directamente con la carga, sino que es una restricción que se impone como consecuencia de las cargas aplicadas sobre la estructura y que trata de restringir el desplazamiento máximo o permitido de los nudos.

Esto implica una restricción sobre el límite máximo o de carga de la estructura no por efecto de la rotura del material al alcanzar su límite elástico sino por efecto visual, o por vibraciones de los aparatos sobre los soportes.

Es decir, se fija un desplazamiento máximo permitido de los nudos de la estructura sobre su posición inicial de partida, considerando esta sin ninguna carga aplicada.

La restricción afecta fundamentalmente a la inclinación sobre la vertical que se produce en los soportes por el efecto de la existencia de cargas no simétricas.

En el caso de soportes de aparellaje, esta restricción de trabajo no tendrá tanta importancia como en el caso de pórticos de amarre de línea ya que no existen importantes cargas permanentes asimétricas.

Se establece en general como hipótesis de trabajo un desplazamiento máximo admisible de $L/150$, siendo L la altura del soporte respecto del suelo.

(b) Material a utilizar

El material a utilizar en todas las estructuras consideradas tanto pórticos, como soportes de aparellaje, y tanto estructuras tubulares como de perfiles normalizadas de alma llena, será acero laminado tipo S275 (equivalente a la antigua nomenclatura A42b) cuyo límite elástico es de 2.800 kg/cm^2 .

Para dicho material se ha definido un nivel de control intenso que corresponde con un coeficiente de minoración de valor 1,1 que lo que indica es el grado de homogeneidad del material, o, dicho de otra forma, el grado de imperfección del material, considerándose que un material es perfectamente homogéneo cuando el valor de dicho coeficiente toma el valor 1.

(c) Coeficientes de seguridad

Como coeficiente de seguridad se ha incluido el valor de 1,5 para mayoración de todas las cargas anteriores.

2.1.5. CIMENTACIONES

Para su cálculo se han tenido en cuenta las siguientes hipótesis de cálculo:

- Velocidad del viento.
- Presión del viento sobre las superficies curvas.
- Presión del viento sobre las superficies planas.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

- Peso del equipo.
- Esfuerzos electrodinámicos sobre soportes unipolares.

Teniendo en cuenta estos esfuerzos, se asegura la estabilidad al vuelco en las peores condiciones y el coeficiente de seguridad mínimo obtenido es superior a 1,5.

El dimensionamiento de las cimentaciones se comprobará una vez conocidas las condiciones del terreno con un estudio Geotécnico.

2.1.6. RED DE TIERRAS INFERIOR

La instalación irá provista de una malla de tierra principal enterrada. Estará diseñada de modo que cubra suficientemente tres finalidades principales; la seguridad del personal que se relacione con la instalación, la provisión de una buena unión con la tierra que garantice un correcto funcionamiento de las protecciones y la seguridad de cualquier persona o animal que pueda circular en las inmediaciones de la instalación.

Para el diseño de la malla se han conseguido las indicaciones de la recomendación IEEE Std. 80-2000 “IEEE Guide for safety in AC Substation Grounding” y la instrucción Técnica Complementaria ITC-RAT 13 [4] del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión y sus instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23 [3].

2.1.6.1 DATOS DE PARTIDA DEL DISEÑO

- Tensión nominal de la instalación (U_0).....55 kV
- Resistividad media del terreno (ρ).....200 Ω m
- Resistividad de la grava superficial (ρ_0).....3.000 Ω m
- Espesor de la grava superficial (h_s).....0,15 m
- Tiempo de duración de la corriente de falta (t).....0,5 s
- Tiempo de duración del defecto para el diseño del conductor (T_c).....1 s
- Intensidad de falta monofásica a tierra (I_F).....7,59 kA
- Intensidad de falta monofásica a tierra para diseño.....10 kA
- Profundidad de la malla (h).....0,85 m
- Temperatura ambiente de diseño (T_a).....40 °C

2.1.6.2 DIMENSIONES DEL CONDUCTOR Y DE LA MALLA DE TIERRA

Para el dimensionamiento del conductor empleado en la red de puesta a tierra, se ha considerado la intensidad de falta de la instalación ($I_F = 15,1$ kA).

De acuerdo con el apartado 3.1 de la ITC-RAT 13 [4], la sección de los cables a emplear para la malla de puesta a tierra será tal que la máxima corriente que circule por ellos en caso de defecto o descarga atmosférica no lleve a estos conductores a una temperatura cercana a la de fusión, ni ponga en peligro sus empalmes y conexiones.



A efectos de dimensionado de las secciones, el tiempo mínimo a considerar para la duración del defecto a la frecuencia de la red será de un segundo y no podrán superarse las siguientes densidades de corriente:

- Cobre.....160 A/mm²
- Aluminio.....100 A/mm²
- Acero.....60 A/mm²

Teniendo en cuenta estas consideraciones:

$$A_c = \frac{I}{J} = \frac{I}{160} = 62,50 \text{ mm}^2$$

Ecuación 6. Cálculo de la sección del conductor de la red de tierras.

Se utilizará cable de cobre de 95 mm² de sección, superior a la sección obtenida mediante el cálculo teórico.

2.1.6.3 TENSIONES DE PASO Y CONTACTO MÁXIMAS ADMISIBLES

A continuación, se calculan las tensiones de paso y contacto máximas admisibles en la instalación objeto a partir de las ecuaciones referenciadas en el *Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión en su instrucción Técnica Complementaria ITC-RAT 13 [4]*.

- Resistividad del terreno (ρ).....200 Ωm
- Resistividad de la grava superficial (ρ_0).....3.000 Ωm
- Espesor de la grava superficial (h_s).....0,15 m
- Tiempo de duración de la corriente de falta (t_s).....0,5 s
- Profundidad de la malla (h).....0,85 m

Se considerará una tensión de duración de la corriente de falta de 0,5 s. Por lo tanto, según la Tabla 1 de la ITC-RAT 13 [4] “Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada U_{ca} en función de la duración de la corriente de falta” Obtenemos que la tensión de contacto aplicada admisible corresponde con un valor de $U_{ca} = 204 \text{ V}$.

Los valores admisibles de la tensión de paso aplicada entre los pies de una persona, considerando únicamente la propia impedancia del cuerpo humano sin resistencias adicionales como las del contacto con el terreno o las del calzado se define como diez veces el valor admisible de contacto aplicada. Es decir, $U_{pa} = 2.040 \text{ V}$.

Estas hipótesis establecen una óptima seguridad para las personas debido a la baja probabilidad de que simultáneamente se produzca una falta a tierra y la persona o animal esté tocando un componente conductor de la instalación.

Siguiendo las instalaciones de la ITC-RAT 13 [4], a partir de los valores admisibles de la tensión de contacto o paso aplicada, se determinarán las máximas tensiones de contacto o paso admisibles de la instalación.

Por lo tanto, según la ITC-RAT 13 [4] y teniendo en consideración las siguientes variables:



- U_{ca} : Valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta. [V]
- Z_b : Impedancia del cuerpo humano. [se suponen 1.000 Ω].
- R_{al} : Resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante. [se suponen 2.000 Ω].
- ρ_s : Resistividad superficial aparente del terreno en el interior de la subestación [$\rho_s = C_s \cdot \rho_G$]

$$C_s = 1 - \frac{0,106 \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2h_s + 0,106} = 1 - \frac{0,106 \left(1 - \frac{200}{3000}\right)}{2 \cdot 0,15 + 0,106} = 0,76$$

Ecuación 7. Obtención del coeficiente C_s .

- ρ_i : Resistividad superficial aparente del terreno en el exterior de la instalación.
Por lo tanto, atendiendo a las ecuaciones referenciadas en la normativa:
- Tensión de paso máxima admisible:

$$V_{padm} = 10 \cdot U_{ca} \left(1 + \frac{2 \cdot R_{al} + 6 \cdot \rho_s}{Z_B}\right) = 37.972,14 \text{ V}$$

Ecuación 8. Tensión de paso máxima admisible.

- Tensión de contacto máxima admisible:

$$V_{cadm} = U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{\frac{R_{al}}{2} + 6 \cdot \rho_s}{Z_B}\right) = 1.102,30 \text{ V}$$

Ecuación 9. Tensión de contacto máxima admisible.

2.1.6.4 DISEÑO DE LA MALLA DE TIERRA

A continuación, se plantea el diseño de la malla de tierra, que, atendiendo a las condiciones expuestas en el apartado 1.6.1, cumplirá con los siguientes parámetros físicos:

- Superficie de la malla (A).....1.205 m²
- Dimensiones de la malla de tierra.....32,3 x 37,3 m
- Número de conductores paralelos al eje x (n_x).....10
- Número de conductores paralelos al eje y (n_y).....11
- Separación entre conductores paralelos (D).....4 m
- Profundidad de la malla (h).....0,85 m
- Longitud del conductor del perímetro (L_p).....139,2 m
- Número de picas (n_r).....4
- Longitud de la pica de tierra (L_r).....2 m
- Longitud total de las picas (L_R).....8 m

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

- Longitud total del conductor enterrado (L_c).....728 m
- Longitud total del conductor y picas (L_t).....736 m
- Máxima longitud del conductor del eje x (L_x).....37 m
- Máxima longitud del conductor del eje y (L_y).....32 m

Atendiendo a este diseño y junto con las características de partida definidas en el apartado 1.6.1 se procede al cálculo de los valores eléctricos de referencia.

2.1.6.5 RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

Atendiendo a la ITC-RAT 13 [4], tabla 3, el cálculo de la resistividad de la malla de tierra viene definido por la ecuación:

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$$

Ecuación 10. Cálculo de la resistividad de la malla de tierra.

Donde:

- R: Resistencia de puesta a tierra de la malla.
- ρ : Resistividad del terreno en Ωm
- L: Longitud total de los conductores enterrados.
- r: Radio en metros de un círculo de la misma superficie que el área cubierta por la malla.

Realizando los cálculos en referencia a los valores de diseño del 2.1.6.1 obtenemos:

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} = 2,82 \Omega$$

Ecuación 11. Cálculo de la resistencia de la malla de PAT.

2.1.6.6 INTENSIDAD DE DEFECTO Y ELEVACIÓN DEL POTENCIAL DE LA MALLA.

La corriente que se considera para el cálculo de la tensión aplicada de contacto o paso será la corriente de puesta a tierra (I_E), que según la ITC-RAT 13 apartado 5 [4], depende de la corriente de defecto a tierra (I_F) y de un factor de reducción (r).

Para el cálculo teórico de la malla de tierra se realiza con intensidad $I_F = 10$ kA, siendo la I_F real de la instalación de 7,59 kA.

Para el cálculo del valor de reducción r , hacemos uso de la normativa IEEE-80-2000 [5] donde se argumenta que el factor de reducción r es función de los campos de retorno adicionales que suponen las líneas de distribución y transmisión que llegan a la subestación.

Dado que en la subestación hay 1 línea adopta un 100 % de contribución remota.

Como la resistencia de puesta a tierra es de 2,82 Ω , el factor que resulta es del 20 %, si consideramos una resistencia a tierra de la línea de 15 Ω (valor más habitual), es decir $r = 0,2$



De esta forma:

$$I_E = r \cdot I_F = 0,2 \cdot I_F = 2 \text{ kA}$$

Ecuación 12. Cálculo de la corriente de puesta a tierra.

Considerando que la impedancia entre el cable de tierra y tierra es prácticamente infinita se tiene que la impedancia de tierra (Z_E) será:

$$Z_E = \frac{1}{\frac{1}{R_{ES}} + \frac{n}{Z_\infty}} = R_{ES} = 2,82 \Omega$$

Ecuación 13. Cálculo de la impedancia de tierra.

Por lo tanto, la tensión de puesta a tierra (U_E) será:

$$U_E = I_E \cdot Z_E = 2 \text{ kA} \cdot 2,82 \Omega = 5,64 \text{ kV}$$

Ecuación 14. Cálculo de la tensión de puesta a tierra.

2.1.6.7 TENSIONES REALES DE PASO Y CONTACTO

Atendiendo a las ecuaciones descritas en la normativa IEEE 80-2000 [5] procedemos al cálculo de las tensiones de paso y contacto reales que se darán en la subestación:

- Tensión de paso:

$$E_s = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_g}{L_{\text{efectiva}}} = 527,38 \text{ V}$$

Ecuación 15. Cálculo de la tensión real de paso.

- Tensión de contacto:

$$E_m = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_g}{L + \left[1,55 + 1,22 \cdot \left(\frac{L_p}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] \cdot (L_{\text{total}} - L)} = 693,621 \text{ V}$$

Ecuación 16. Cálculo de la tensión de contacto.

Donde:

- ρ : Resistividad del terreno.....200 Ωm
- I_g : Intensidad que circula por la red de tierras.....2.000 A
- K_m : Factor de espaciado de conductores.....0,59

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

Ecuación 17. Cálculo del factor K_m



Donde:

- K_{ji} : Factor de esquinas.....1,00
- K_h : Factor de profundidad.....1,36
- n : número de conductores paralelos.....10
- d : diámetro del conductor.....0,0110 m
- D : distancia media entre conductores de la red.....4 m
- L_{total} : Longitud total del conductor enterrado.....728 m
- $L_{efectiva} = 0,75L + 0,85(L_{total} - L)$553,02 m
- L_p : Longitud de cada pica.....2 m
- L_x : Longitud de la malla en el eje x.....50 m
- L_y : Longitud de la malla en el eje y.....50 m
- h : profundidad de la malla.....0,85 m
- h_0 :.....1 m
- K_i : Factor mayorador por efecto de mayor densidad de corriente en los extremos ($K_i = 0,644 + 0,148n$).....2,19
- K_s : Factor de espaciamento de los conductores.....0,33

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

Ecuación 18. Cálculo del factor K_s

2.1.6.8 CONCLUSIÓN

Como puede observarse en los cálculos descritos cumplen los criterios de aceptación:

- Que la tensión de paso real es menor que la tensión de paso admisible. ($E_s < V_{Padm}$).
- Que la tensión de contacto real es menor que la tensión de contacto admisible. ($E_M < V_{Cadm}$)

2.1.7. RED DE TIERRAS SUPERIOR

Para el diseño del sistema de protección de tierras superiores se ha adoptado el modelo electro geométrico de las descargas atmosféricas, que es el generalmente aceptado para este propósito.

El criterio de seguridad que se establece es el de apantallamiento total de los embarrados y de los equipos que componen el aparellaje, siendo este criterio el que establece que todas las descargas atmosféricas que puedan originar tensiones peligrosas y que sean superiores al nivel del aislamiento de la instalación, deben ser captadas por las puntas Franklin.

Este apantallamiento se consigue mediante una disposición que asegura que la zona de captación de descargas peligrosas de las puntas Franklin contiene totalmente a la zona correspondiente a las partes en tensión.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

La zona de captura se establece a partir del radio crítico de cebado (r) y que viene dado por la siguiente expresión:

$$r = 8 \cdot I^{0,65}$$

Ecuación 19. Cálculo del radio crítico de cebado.

En donde:

$$I = 1,1 \cdot U \cdot \frac{N}{Z}$$

Siendo:

- U = Tensión soportada a impulsos tipo rayo = 325 kV
- N = número de líneas conectadas a la subestación = 1
- Z = Impedancia característica de las líneas = 400 Ω (valor típico)

Sustituyendo se obtiene:

$$I = 1,1 \cdot 325 \cdot \frac{1}{400} = 0,894 \text{ kA}$$

Ecuación 20. Cálculo de I

Luego la zona de captura será:

$$r = 8 \cdot 0,894^{0,65} = 7,438 \text{ m}$$

El radio crítico de 7,44 m con centro en las puntas Franklin, cuyo emplazamiento se refleja en los planos de secciones eléctricas, garantiza el apantallamiento total de la instalación.

2.2. BIBLIOGRAFIA

- [1] España. 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. Boletín Oficial del Estado del 9 de mayo de 2014, núm. 139. Páginas 43598 a 43728. [consultado 25 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2014-6084>
- [2] España. 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. Boletín Oficial del Estado del 9 de mayo de 2014, núm. 139. Páginas 43598 a 43728. [consultado 25 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2014-6084>
- [3] España. 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. Boletín Oficial del Estado del 9 de mayo de 2014, núm. 139. Páginas 43598 a 43728. [consultado 25 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2014-6084>
- [4] España. 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. Boletín Oficial del Estado del 9 de

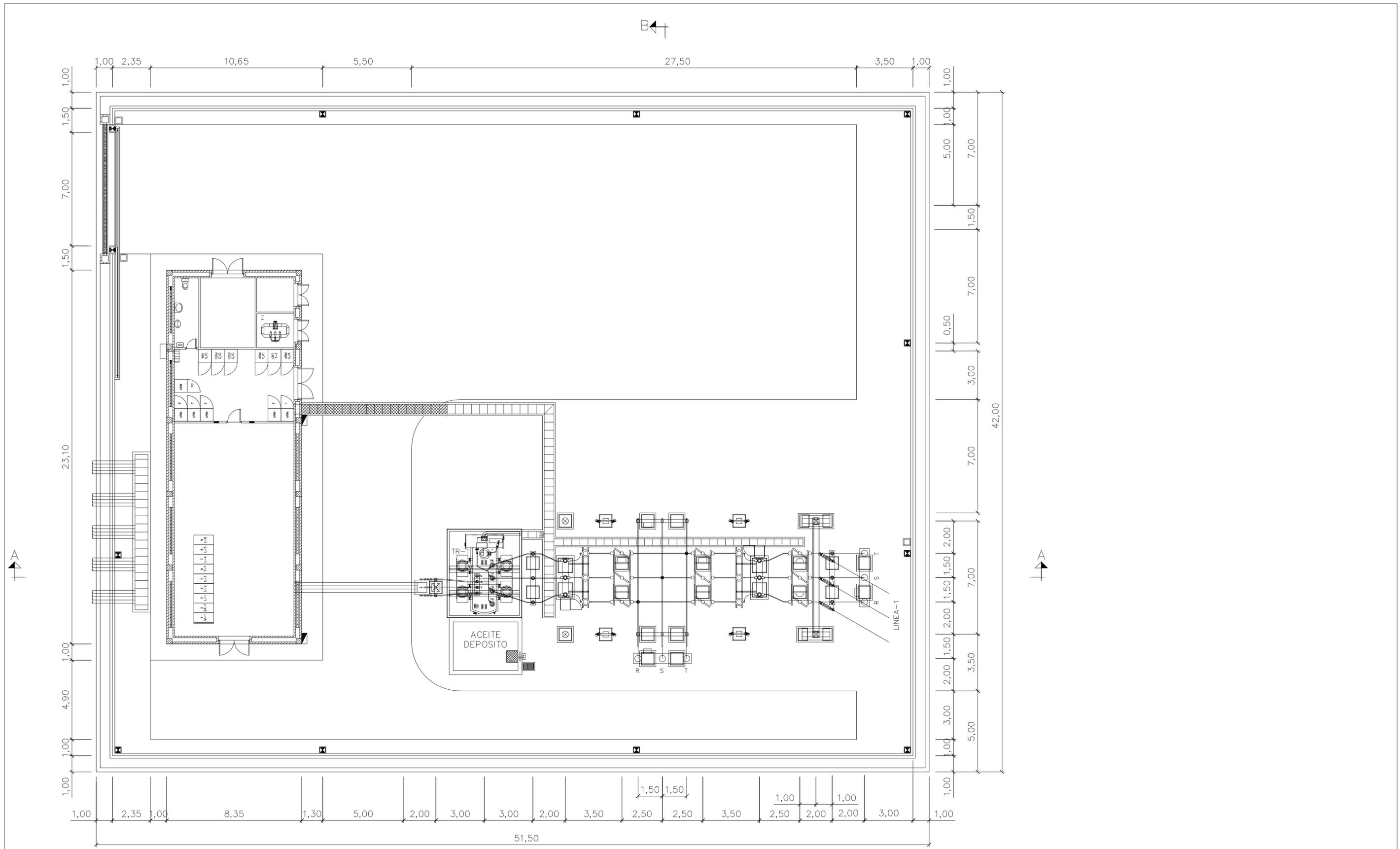
	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kv.	

mayo de 2014, núm. 139. Páginas 43598 a 43728. [consultado 25 de septiembre de 2023].
Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2014-6084>

- [5] Guía IEEE para la seguridad en la puesta a tierra de subestaciones de CA. En IEEE 80-2013 (Revisión de IEEE 80-2000/Incorpora IEEE 80-2013/Cor 1-2015), vol., no., pp.1-226, 15 de mayo de 2015, doi: 10.1109/IEEESTD.2015.7109078. [consultado 25 de septiembre de 2023].
Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7109078>



3. PLANOS



AUTOR: DANIEL GÓMEZ-CEBALLOS

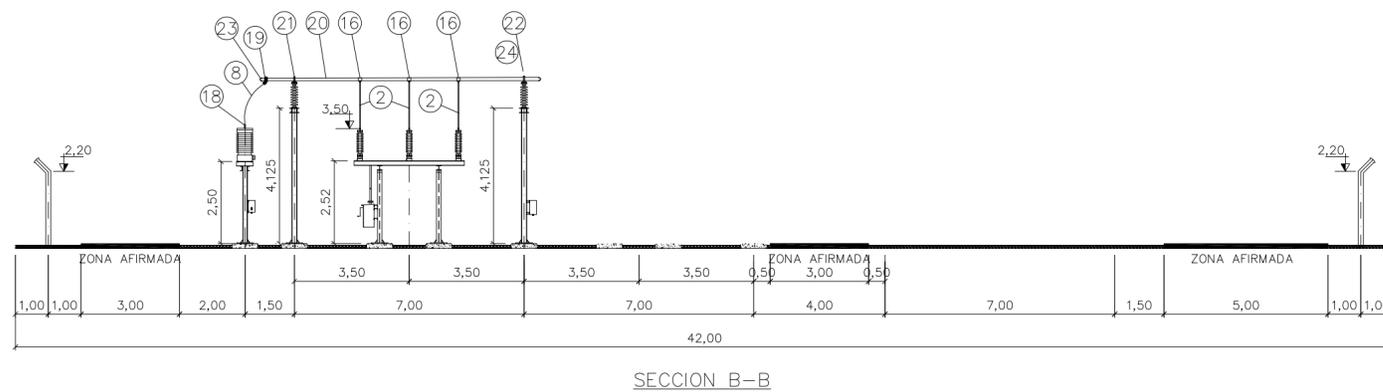
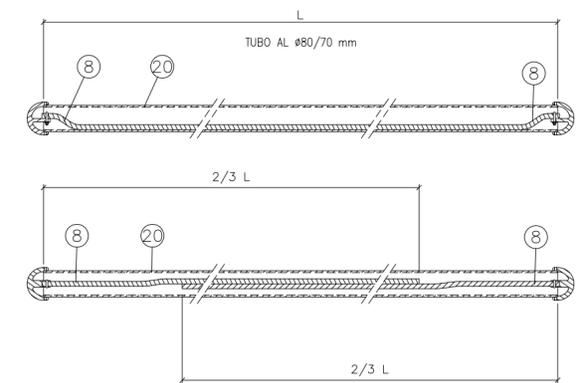
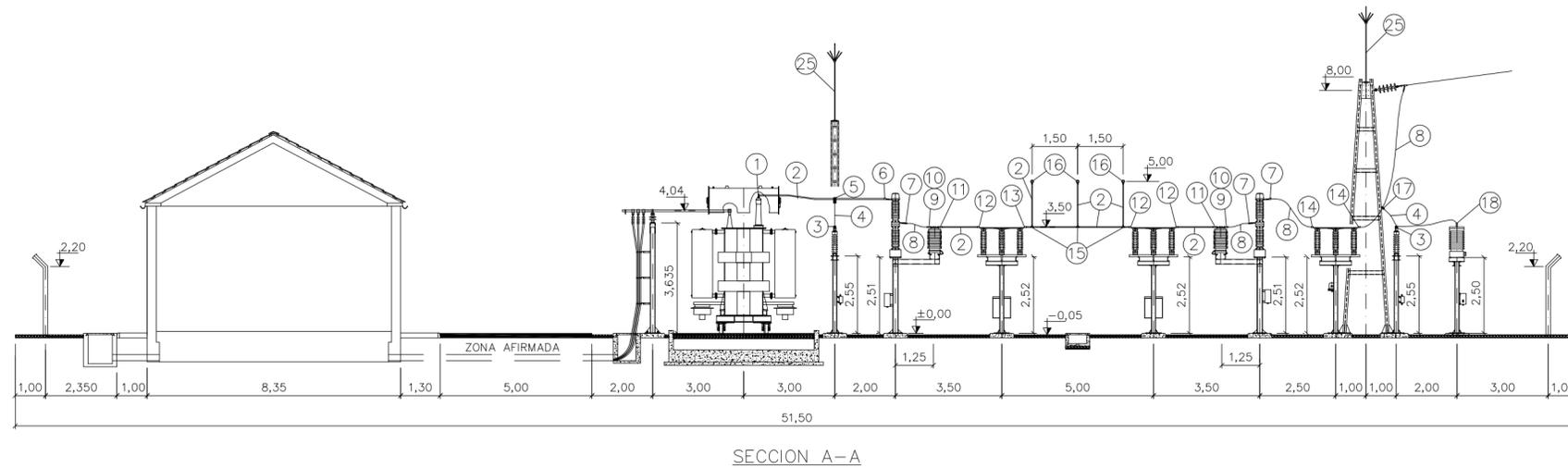
ESCALA: 1/150

FECHA: 11/09/2023

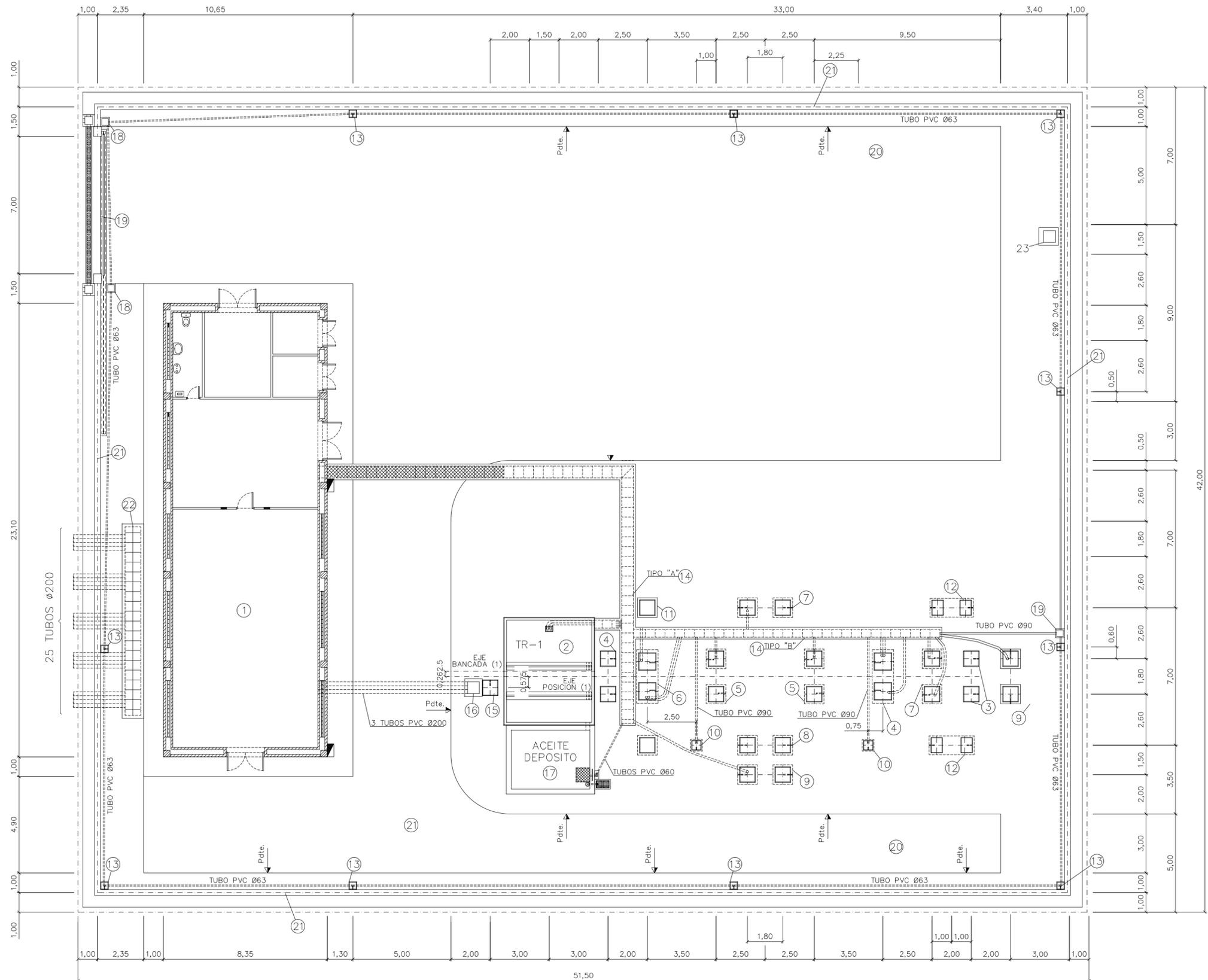
VERSIÓN: 1

PLANO: OBRA ELECTROMECHANICA, PLANTA GENERAL

Nº: 1



25	4	PARARRAYOS PUNTA FRANKLYN
24	6	TAPON PARA TUBO CON CABLE INTERIOR
23	6	TAPON FINAL PARA TUBO CON CABLE INTERIOR
22	3	CONECTOR RECTO FLEXIBLE UNION DE TUBOS Ø80 MONTADO SOBRE AISLADOR
21	6	SOPORTE RECTO PARA TUBO Ø80 MONTADO SOBRE AISLADOR
20	45	MTS TUBO AL Ø80/70 mm (Secc. 1.180 mm ²) (1.760 Amp.) (10,10 Mts. VANO)
19	3	DERIVACION EN T BIMETALICA A 45° DETUBO AL PASANTE Ø80 A CABLE Cu DERIVADO 240 mm ²
18	3	TERMINAL RECTO DE BORNA Ø30 A CABLE Cu 240 mm ²
17	6	DERIVACION EN T DE CABLES Cu 240 mm ² A CABLE DE Cu 95 mm ²
16	6	DERIVACION EN T BIMETALICA DE TUBO AL PASANTE Ø80 A TUBO Cu DERIVADO Ø30
15	6	DERIVACION EN T PARA TUBOS Ø30
14	12	CONECTOR RECTO DE PLETINA 80x80 A CABLE CU 240 mm ²
13	6	CONECTOR RECTO DE PLETINA 80x80 A TUBO Ø30
12	15+3	CONECTOR RECTO DE DILATACION DE TUBO Ø30A PLETINA 80x80
11	9+3	CONECTOR RECTO DE BORNA Ø30 A TUBO Ø30
10	6+2	CONECTOR 90° DE BORNA DE Ø30 A CABLE Cu 240 mm ²
9	3+1	CONECTOR RECTO DE BORNA DE Ø30 A CABLE Cu 240 mm ²
8	150+3	MTs CABLE DESNUDO COBRE 240 mm ² (540A 51MVA)
7	15+3	CONECTOR RECTO DE PALA 100x100 A CABLE Cu 240 mm ²
6	3+3	CONECTOR RECTO DE PALA 100x100 A TUBO Ø30
5	3+3	DERIVACION EN T DE TUBO DE Ø30 A CABLE Cu 95 mm ²
4	9+3	MTs CABLE DESNUDO COBRE 95 mm ²
3	9+3	TERMINAL RECTO DE PALA 80x80 A CABLE Cu 95 mm ²
2	35+18	MTS TUBO Cu Ø30/25 mm (Secc. 216 mm ²) (550 Amp.) (4,7 Mts. VANO)
1	3+3	CONECTOR A 90° DE BORNA DE Ø30 A TUBO Ø30
MARCA	CANT.	DENOMINACION



- MARCAS:**
- 1- EDIFICIO DE CONTROL Y CELDAS
 - 2- BANCADA DE TRANSFORMADOR 30 MVA, S/PL.
 - 3- CIMENTACION DE AUTOVALVULAS DE 55KV, S/PL.
 - 4- CIMENTACION DE INTERRUPTOR + TI, S/PL.
 - 5- CIMENTACION DE SECCIONADOR DE BARRAS, S/PL.
 - 6- CIMENTACION DE SECCIONADOR ENTRADA DE LINEA, S/PL.
 - 7- CIMENTACION DE AISLADORES DE BARRAS PRINCIPALES CON CAJA DE ENCHUFES, S/PL.
 - 8- CIMENTACION DE AISLADORES DE BARRAS PRINCIPALES, S/PL.
 - 9- CIMENTACION DE TRAFIO DE TENSION DE BARRAS, S/PL.
 - 10- CIMENTACION DE PROYECTOR, S/PL.
 - 11- CIMENTACION DE PARARRAYOS FRANKLIN, S/PL.
 - 12- CIMENTACION PORTICO ENTRADA DE LINEA, S/PL.
 - 13- CIMENTACION DE FAROLA, S/PL.
 - 14- CANAL DE CABLES CONTROL, S/PL.
 - 15- ARQUETA PARA CABLES DE POTENCIA 12KV, S/PL.
 - 16- CIMENTACION BOTELLAS DE 12 KV, S/PL.
 - 17- DEPOSITO DE ACEITE, S/PL.
 - 18- ARQUETA PASO DE CABLES, S/PL.
 - 19- DETALLE DE PUERTA DE ACCESO A SUBESTACION, S/PL.
 - 20- DETALLE DE VIALES, S/PL.
 - 21- CIMENTACION DE VALLA EXTERIOR, S/PL.
 - 22- CANAL DE CABLES SALIDA LINEAS 12 KV, S/PL.
 - 23- ARQUETAS PARA DRENAJE, S/PLs.

- NOTAS:**
- 1- SE COLOCARA UNA LAMINA GEOTEXTIL ENTRE LA GRAVA Y EL TERRENO
 - 2- SE RECUBRIRA LA INSTALACION CON UNA CAPA DE GRAVA DE DIMENSIONES ENTRE 2 Y 5 CM
 - 3- LOS TUBOS SERAN DE PVC Ø110 CORRUGADO DE DOBLE PARED EXCEPTO LOS INDICADOS Y LOS DE LAS CIMENTACIONES PARA P.T.
 - 4- PERNO DE ANCLAJE PARA CIMENTACIONES, S/PL. REOCH016.DWG
 - 5- TUBOS REFORZADOS CON HORMIGON PARA PASO DE VEHICULOS.



AUTOR: DANIEL GÓMEZ-CEBALLOS

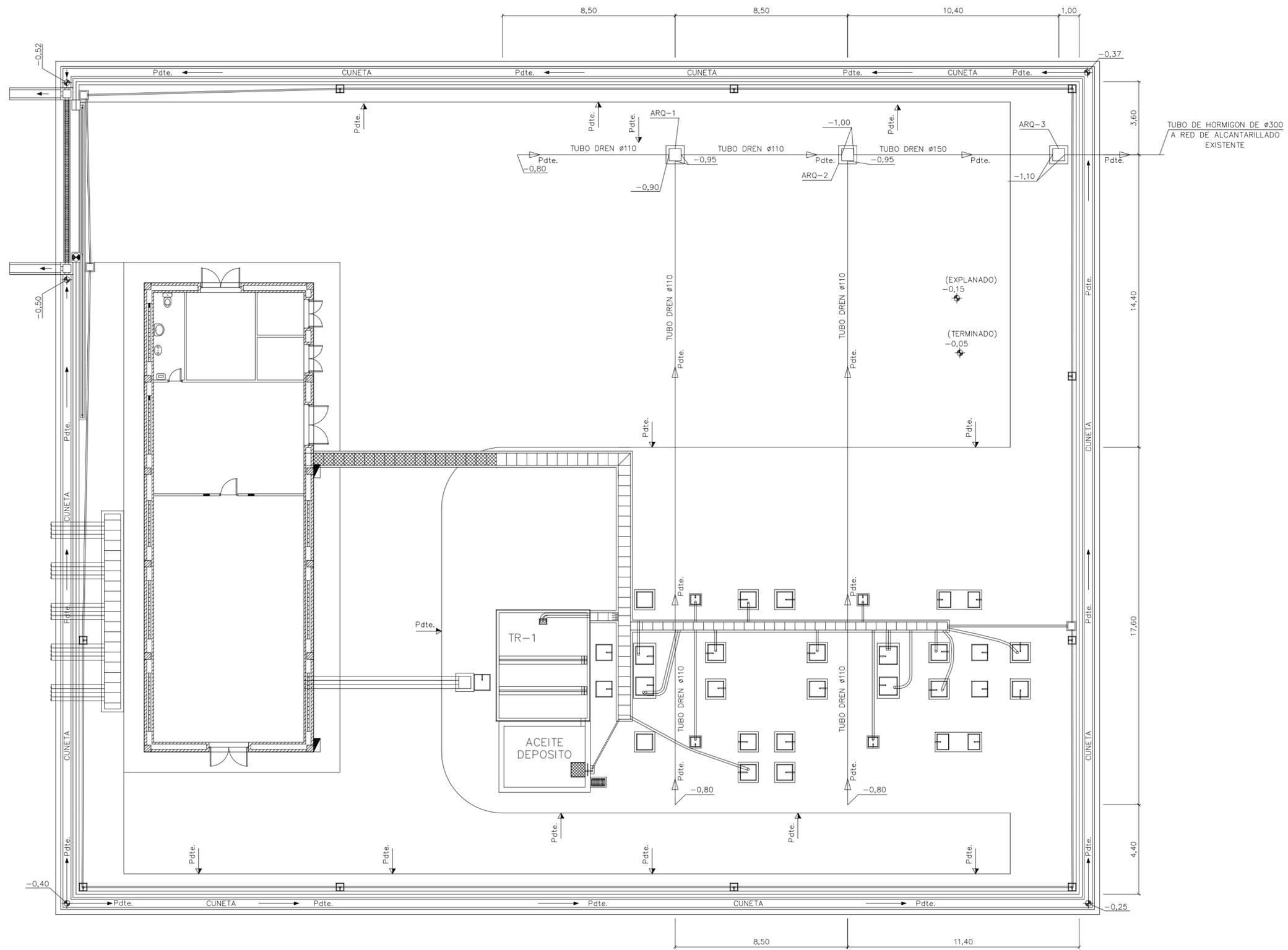
ESCALA: 1/150

FECHA: 11/09/2023

VERSIÓN: 1

PLANO: OBRA CIVIL, PLANTA GENERAL CIMENTACIONES

Nº: 4



AUTOR: DANIEL GÓMEZ-CEBALLOS

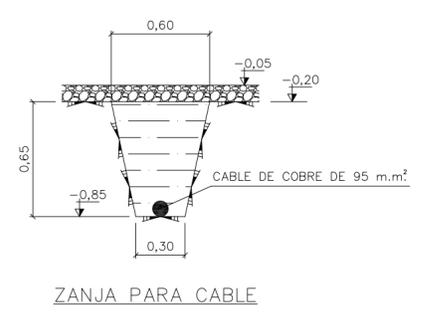
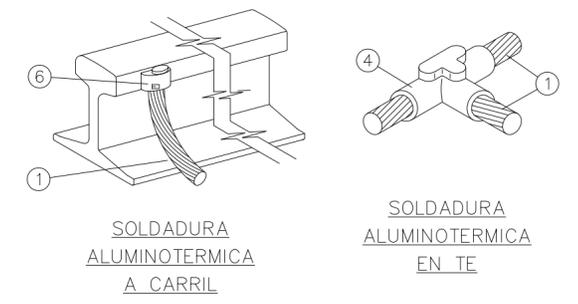
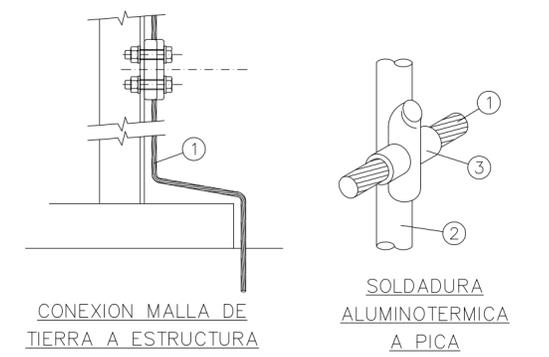
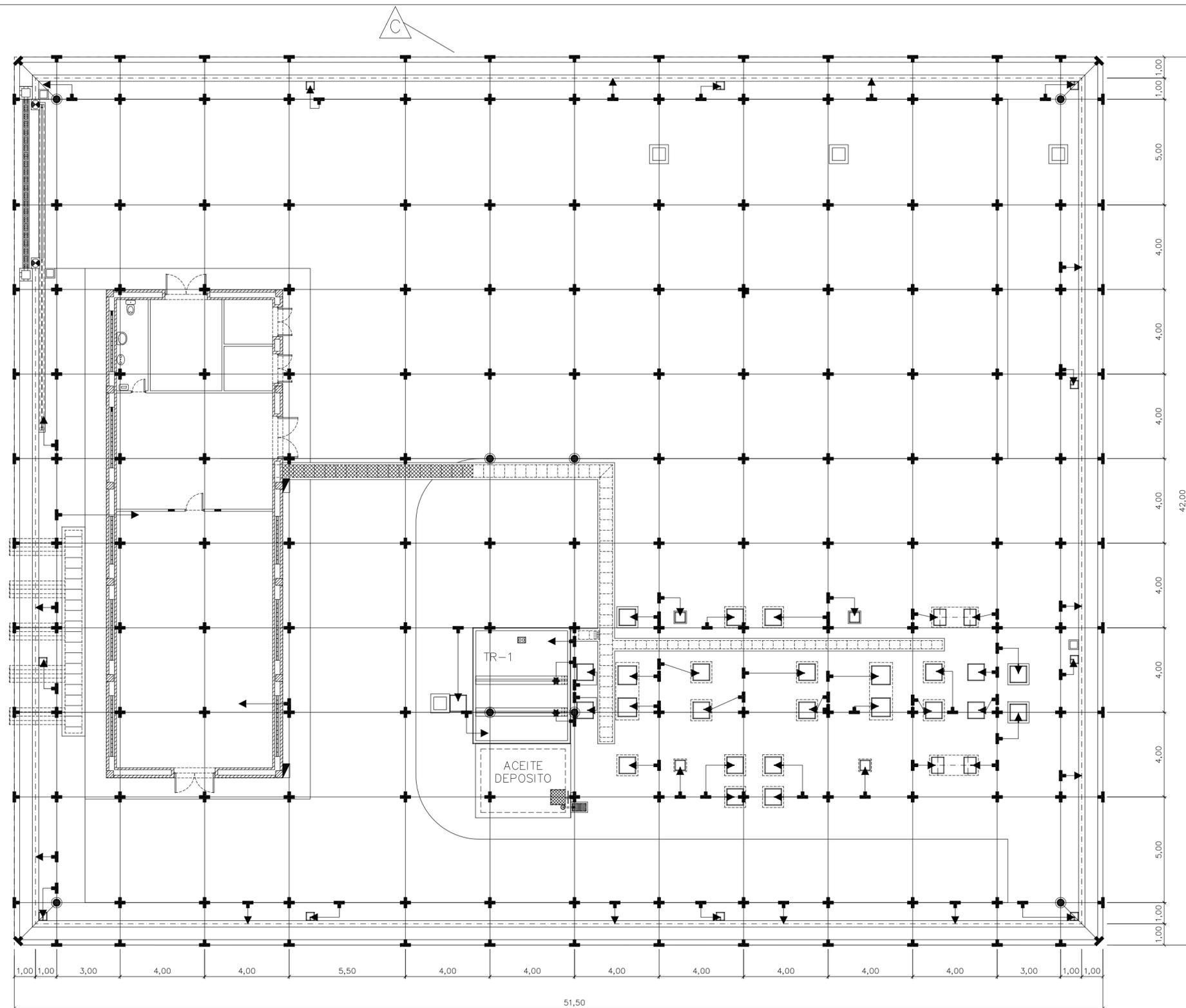
ESCALA: 1/150

FECHA: 11/09/2023

VERSIÓN: 1

PLANO: OBRA CIVIL, PLANTA GENERAL DRENAJES

Nº: 5

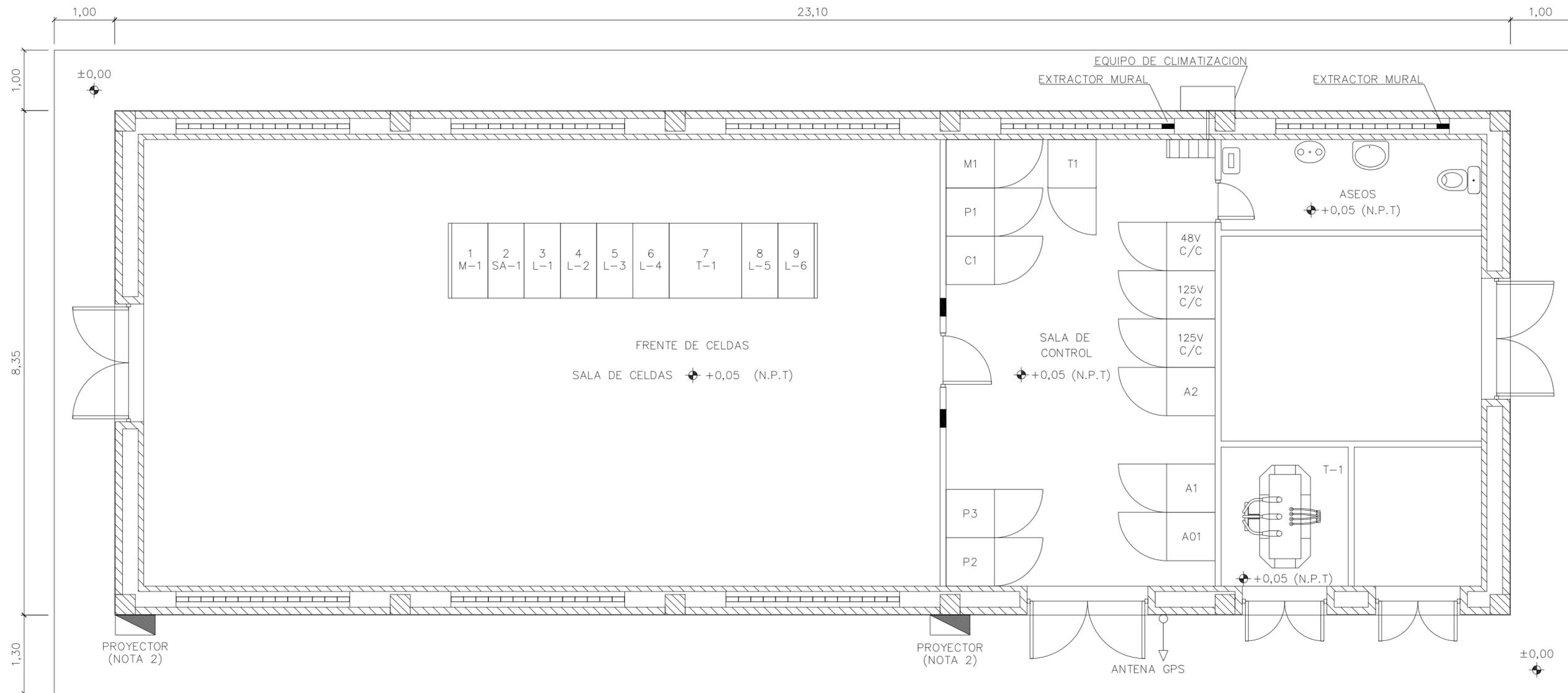


★	6	SOLDADURA ALUMINOTERMICA CABLE CU-95 A CARRIL
+	5	SOLDADURA ALUMINOTERMICA EN CRUZ PARA CABLE CU-95
⊥	4	SOLDADURA ALUMINOTERMICA EN TE PARA CABLE CU-95
●	3	SOLDADURA ALUMINOTERMICA PARA PICA 19 MMØ Y CABLE CU-95
○	2	PICA BIMETALICA 19 MMØ Y DE 2 METROS DE LONGITUD
○	1	METROS DE CABLE CU-95
MARCA		DENOMINACION

NOTAS:
 1- LA RED DE TIERRA IRA ENTERRADA A UNA PROFUNDIDAD DE 0,85mts
 2- SE DEJARA UNA PUNTA DE 5mts DESDE EL EXTREMO DE LA FUNDACION
 3- SE DEJARA UNA PUNTA DE 5mts Y SE CONECTARA CON LA RED DE TIERRAS DEL EDIFICIO



AUTOR: DANIEL GÓMEZ-CEBALLOS
 ESCALA: 1/150 FECHA: 11/09/2023 VERSIÓN: 1
 PLANO: OBRA ELECTROMECANICA, RED DE TIERRAS N°: 6



LEYENDA CELDAS

- 1- MEDIDA-1
- 2- SERVICIOS AUXILIARES-1
- 3- LINEA_1
- 4- LINEA_2
- 5- LINEA_3
- 6- LINEA_4
- 7- TRAF0-1
- 8- LINEA_5
- 9- LINEA_6

LEYENDA ARMARIOS

- P2.- ARMARIO DE CONTROL POSICIÓN LINEA
- P3.- ARMARIO DE CONTROL POSICIÓN TRAF0-1
- C1.- ARMARIO DE COMUNICACIONES
- P1.- ARMARIO DE SERVICIOS GENERALES
- M1.- ARMARIO DE MEDIDA 1
- REC1 48.- RECTIFICADOR-BATERIA 1 48 Vc.c.
- REC2 125.- RECTIFICADOR-BATERIA 2 125 Vc.c.
- REC3 125.- RECTIFICADOR-BATERIA 3 125 Vc.c.
- A2.- CUADRO DE 125 V c.c.
- A1.- CUADRO DE 400/230 V c.a.
- A01.- ARMARIO BT-TSA1

NOTAS

- 1- N.P.T. INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO
- 2- SE COLOCARAN PROYECTORES EN LA FACHADA A 3,5m DE ALTURA Y LIGERAMENTE ORIENTADOS HACIA EL SUELO



AUTOR: DANIEL GÓMEZ-CEBALLOS

ESCALA: 1/50

FECHA: 11/09/2023

VERSIÓN: 1

PLANO: PLANTA GENERAL, EDIFICIO CELDAS Y CONTROL N°: 7



4. PLIEGO DE CONDICIONES

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

4.1. OBJETO

El objeto del presente pliego de condiciones es establecer los requisitos a los que ajustar la ejecución de las obras descritas, 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.

4.2. ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

CPC	Condiciones particulares de contratación
PGTC	Pliego general de condiciones técnicas de obra civil
VI	Normas de Viesgo Distribución
IEC	Internacional Electrotechnical Commission
UNE	Una Norma Española
MOPT	Ministerio de obras Públicas y Transportes
NTE	Normas Tecnológicas de la Edificación
NLT	Normas de ensayo de Laboratorio del Transporte y mecánica del suelo
MAT	Muy alta tensión
AT	Alta tensión
MT	Media tensión
BT	Baja tensión
ET	Especificaciones Técnicas
EHE	Instrucción de hormigón estructural
BOE	Boletín oficial del estado
PG3	Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes

4.3. DISPOSICIONES GENERALES

4.3.1. SEGURIDAD EN EL TRABAJO

Conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre [1], 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 [2], 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

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

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:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales [2].
- Normas, Procedimientos y Requisitos de Seguridad de Viesgo aplicables a los trabajos en instalaciones de AT y MAT [3].
- RD 614/2001 “Disposiciones mínimas para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico” [4].
- RD 1627/1997 “Disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción” [5].
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales [6].
- RD 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales en materia de Coordinación de actividades empresariales [7].

4.3.2. GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

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

Así mismo, el conjunto de medidas, planes y acciones se encuentran reflejados en el estudio de Impacto Ambiental correspondiente, en caso de que fuese necesario realizar. Adjuntándose junto con este proyecto.

4.3.3. 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:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Reglamento electrotécnico para BT del MIE.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el suministro de Energía.
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de AT del MIE.
- Normas “UNE”, “IEC” y aplicables.
- MT y ET de Viesgo aplicables.
- Normas y manuales de Viesgo Distribución aplicables.
- Instrucciones de carreteras (Secciones de firme 6.1 IC, 6.2 IC y secciones aplicables).
- NTE aplicables

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la recepción de cementos (RC-03).
- 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.
- Código Técnico de la edificación RD 314/2006.

Cuando en algunas disposiciones se haga referencia a otra que haya sido modificada o derogada, se entenderá que dicha modificación o derogación se extiende a aquella parte de la primera que haya quedado afectada.

En general, cuantas prescripciones figuren en las Normas, Instrucciones o Reglamentos oficiales, que guarden relación con las obras del presente proyecto, con sus instalaciones complementarias o con los trabajos necesarios para realizarlas.

En caso de discrepancia entre las normas anteriores, y salvo manifestación expresa de lo contrario en el presente proyecto, se entenderá que es válida la prescripción más restrictiva.

Cuando en algunas disposiciones se haga referencia a otra que haya sido modificada o derogada, se entenderá que dicha modificación o derogación se extiende a aquella parte de la primera que haya quedado afectada.

4.3.4. CONDICIONES PARA LA EJECUCION POR CONTRATA

Serán las que vengán reflejadas en las condiciones generales del grupo Viesgo Distribución para la contratación de obras y servicios, así como las descritas en los Pliegos de Licitación.

4.3.4.1 GENERALIDADES

El contratista será responsable del proyecto, suministro, transporte, carga y descarga de los materiales, construcción de la obra civil, estructuras y soportes metálicos, montaje de todos los equipos de la SE, Puesta en Marcha y Puesta en Servicio, así como la garantía de suministro, hasta la recepción definitiva.

También será obligación del Contratista facilitar Asistencia Técnica a los necesarios servicios de mantenimiento durante el periodo de garantía.

Todos los elementos necesarios para el funcionamiento y control de las instalaciones de la SE, aunque el contratista los hubiese omitido en su Proyecto por error u olvido, se considerarán incluidos en la oferta y por lo tanto exigirá su construcción a cargo del contratista.

El suministro deberá satisfacer la mejor y moderna práctica corriente en ingeniería mecánica, eléctrica, instrumentación y control, comunicaciones, fluidos, etc. Se emplearán materiales de primera calidad de las marcas de prestigio tanto nacionales como extranjeras. Estas deberán mencionarse, reservándose el Comprador el derecho a escogerlas sin sobreprecio alguno y su empleo será obligado para el Contratista. La selección de una marca y modelo no podrá considerarse como motivo de modificación de contrato.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

Las instalaciones deberán reunir las condiciones máximas de seguridad en cuanto a incendios, inundaciones, distancias reglamentarias, tensiones de paso y contacto en caso de defectos a tierra, etc.

Se dispondrán todos los dispositivos de protección necesarios respetando íntegramente las normativas legales vigentes, que serán de obligado cumplimiento.

El Contratista velará por la integridad de los equipos e instalaciones que se encuentren dentro del recinto de la Subestación, respondiendo de ser robo o daño en cualquier momento de la obra, siendo de su responsabilidad todas las medidas de seguridad y vigilancia oportunas.

4.3.4.2 PERMISOS, LICENCIAS Y PRECAUCIONES

- El contratista deberá obtener todos los permisos y licencias necesarias para la ejecución de las obras, con la excepción de las que corresponda a la propiedad y/o arrendatarios.
- El contratista tomará cuantas medidas de precaución sean precisas durante la ejecución, para proteger al público y facilitar el tráfico.
- Se establecerá en todos los puntos donde sea necesario, y con el fin de mantener la debida seguridad en el tráfico ajeno a la obra, en los peatones y con respecto al propio ámbito de trabajo, las señales de balizamiento preceptivas por normativa vigente.

La permanencia de estas señales deberá estar garantizada por el número de vigilantes que sea necesario.

Tanto las señales como los jornales de los referidos vigilantes serán de cuenta del Contratista.

4.3.4.3 CONSTRUCCIONES AUXILIARES Y PROVISIONALES

- El Contratista queda obligado a construir o instalar por su cuenta todas las edificaciones auxiliares para oficinas, seguridad, etc., que sean obligatorias.
- Asimismo, deberá construir y conservar, en lugar debidamente apartado, las instalaciones sanitarias provisionales para ser utilizadas por los obreros empleados en la obra.
- Deberá conservar estas instalaciones, en todo tiempo, en perfecto estado de limpieza y su utilización será estrictamente obligatoria.
- A la terminación de la obra, deberán ser retiradas estas instalaciones, procediéndose, por la contrata, a la limpieza de los lugares ocupados por las mismas y dejando en todo caso estos limpios y libres de escombros.

Además de las condiciones anteriormente indicadas, 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.

4.4. CONDICIONES DE LOS MATERIALES DE LA OBRA CIVIL

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

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

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.

4.4.1. RELLENOS

Para su formación, únicamente se permitirá el empleo de los siguientes suelos definidos según el artículo 330 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y Puentes del Ministerio de Fomento (PG3):

- Suelos seleccionados para la coronación de la plataforma (últimos 60 cm.) Se caracterizará el material empleado mediante los siguiente ensayos:
 - Contenido en Materia Orgánica inferior al 0,2 % según UNE 103204.
 - Contenido en sales solubles en agua, incluido el yeso, inferior al 0,2 % según NLT 114.
 - Tamaño máximo no superior a 100 mm. ($D_{max} < 100$ mm.).
 - Cernido por el tamiz 0,40 UNE menor o igual que el 15 % o que en caso contrario cumpla las restantes condiciones especificadas en el PG3.
- Suelos adecuados y/o tolerables: Se utilizarán en cimientos y núcleos de relleno. Se caracterizará el material empleado mediante los siguientes ensayos:
 - Contenido en materia orgánica inferior al 2 % según UNE 103204.
 - Contenido en yeso, inferior al 5 % según NLT 115.
 - Contenido en otras sales solubles distintas del yeso inferior al 1 % según NLT 114.
 - Límite líquido inferior a 65 según UNE 103103.
 - Si el límite líquido es superior a 40 el índice de plasticidad será mayor del 73 % del valor que resulta de restar 20 al límite líquido: $IP > 0,73x(LL-20)$.
 - Asiento en ensayo de colapso inferior al 1 % según NLT 254 para muestra remoldeada según el ensayo Proctor Normal (UNE 103500), y presión de ensayo de 0,2 Mpa.
 - Hinchamiento libre según UNE 103601 inferior al 3 % para muestras remoldeadas según el ensayo Proctor Normal UNE 103500.

4.4.2. 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 30 y 39 de la EHE [8] 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.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

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	F _{ck} (N/mm ²)	USO EN
HA-25/P/20/IIa	25	Obras de hormigón armado como soleras, forjados, depósito
HM-20/P/40/IIa	20	Obras de hormigón en masa como cimientos, viales, solados, bordillos, cunetas, arquetas, zanjas, etc.
HM-10/P/40/IIa	10	Hormigones de limpieza, rellenos, etc.

Tabla 3. Tipos de hormigón empleados.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kv.	

4.4.3. ARIDOS PARA MORTEROS Y HORMIGONES

Los áridos serán de cantera, ría o bien procedentes de machaqueo, debiendo ser limpios 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 compacidad, manejable, sin segregación, bien ligado y de la resistencia exigida.

Los áridos cumplirán como mínimo las condiciones en el artículo 28 de la EHE [8].

4.4.4. MORTEROS

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

En general se adaptarán a los tipos especificados en la norma en vigor y su dosificación será la exigida en la tabla 4, que a continuación se incluye.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

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, comisas, enfoscados impermeables	M-160	a	1	-	-	3
		b	1	¼	-	3

Tabla 4. Especificaciones de los morteros.

4.4.5. 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 la RC-08 y artículo 26 de la EHE [8].

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 275 Kg/m ³ de cemento
H. pretensado	C. comunes del tipo CEM I y CEM II/A-D	Mínimo 300 Kg/m ³ de cemento

Tabla 5. Tipos de cementos a emplear.

UC

UNIVERSIDAD
DE CANTABRIA

"TRABAJO FIN DE GRADO"

PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.



	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kv.	

4.4.6. AGUA

Cumplirá como mínimo las condiciones impuestas en artículo 27 de la EHE [8].

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.
- Contenido de sulfato \leq 1 g/l.
- Contenido de Ion Cloro \leq 3 g/l para HA o HM y \leq 1 para HP.
- Sustancias orgánicas solubles en éter en cantidad \leq 15 g/l.

4.4.7. ARMADURAS

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

- Barras corrugadas designadas en la tabla 31.2.a del artículo 31 de la EHE [8] 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 31.3 del artículo 31 de la EHE [8] como B 500 T y cumplirán como mínimo las condiciones impuestas en el mencionado artículo.

4.4.8. 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.

4.4.9. MATERIALES SIDERURGICOS, 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 la norma Vigente

4.4.10. 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 que se suministren perfiles ya elaborados, incluirán 2 manos de pintura protectora antioxidante y su medición se realizará por su peso directo.

4.4.11. SUMINISTRO DE MATERIALES

Todos los materiales y equipos a suministrar por el contratista dispondrán del correspondiente certificado de Control de Calidad y deberán cumplir las normas de Viesgo Distribución.

Otras normas:

UNE 36.080-85 Nomenclatura y tipo de acero laminado.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

DIN

MV 102-104

Como criterio general se establece que el material considerado estratégico, será suministrado por Viesgo. En el pliego de condiciones particulares viene detallado cual es el material estratégico aportado por Viesgo.

El resto de materiales y equipos que forman parte de la instalación será suministrado por el contratista.

4.4.11.1 EQUIPO ELÉCTRICO DE AT

Los materiales suministrados deben cumplir con las normas Viesgo Distribución.

4.4.11.2 AISLADORES DE AT

Los materiales suministrados deben cumplir con las normas Viesgo Distribución.

4.4.11.3 CABLES SUBTERRANEOS DE AT Y TERMINACIONES

Los materiales suministrados deben cumplir con las normas Viesgo Distribución.

4.4.11.4 CONDUCTORES

Los materiales suministrados deben cumplir con las normas Viesgo Distribución.

4.4.11.5 PIEZAS DE CONEXIÓN

Los materiales suministrados deben cumplir con las normas Viesgo Distribución.

4.4.11.6 TRANSFORMADORES

Serán suministrados por Viesgo Distribución.

4.4.11.7 APARAMENTA

Según las condiciones técnicas particulares.

4.4.11.8 LETREROS

Los materiales suministrados deben cumplir con las normas Viesgo Distribución.

4.4.11.9 EQUIPOS DE CONTROL Y PROTECCIÓN

Según las condiciones técnicas particulares.

4.5. CONDICIONES GENERALES PARA LA EJECUCION DE LAS OBRAS

4.5.1. MOVIMIENTOS DE TIERRAS

4.5.1.1 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

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

predeterminados para su posterior aprovechamiento o por el contrario retirarla a escombreras autorizadas.

4.5.1.2 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.

4.5.1.3 ESCARIFICACION Y COMPACTACION

Pueden presentarse 2 tipos diferentes a escarificar:

1. Terrenos sin firme existente.
2. 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 del Proctor modificado, según norma UNE 103501/94.

4.5.1.4 EXCAVACIONES, RELLENOS, TERRAPLENES, PEDRAPLENES, SUBBASES GRANULARES Y REDES DE DRENAJE

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.

No se procederá a ningún tipo de relleno sin previo reconocimiento de las zonas de vertido y aprobación por parte de Viesgo Distribución.

Los materiales de relleno se ajustarán a las indicaciones de Las Prescripciones Técnicas Españolas sobre materiales para su utilización en Terraplenes (PG4/88, artículo 330).

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 el artículo 510 del PG-3.

Las redes de drenaje definidas en los planos del proyecto se realizarán habitualmente mediante tubo de hormigón poroso, policloruro de vinilo, polietileno de alta densidad, siendo cubierto el material filtrante una vez colocados en la zanja, ajustándose al artículo 420 del PG-3.

4.5.2. 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

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

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 pueden 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.

No se iniciará el hormigonado en ningún tajo, sin la inspección previa de Viesgo, que comprobará la terminación de encofrados, el estado de las superficies de apoyo, la cuantía y la correcta colocación de las armaduras, de las juntas, así como de cualquier extremo que estime oportuno.

4.5.3. 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.

4.5.4. 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.

4.5.5. 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, etc., que pudieran introducirse.

4.5.6. 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 bruscas superiores a 2 mm ni suaves superiores a 6 mm medidos sobre la regla patrón de 1m de longitud. Su desplazamiento final, respecto a las líneas teóricas de replanteo, no podrá exceder de los 6 mm.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

4.5.7. 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 sollicitaciones desfavorables.

4.5.8. 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:

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

4.5.9. 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.

4.5.10. APARAMENTA

4.5.10.1 INTERRUPTORES

Se procederá a la fijación en sus bancadas y una vez nivelados se regularán y ajustarán según instrucciones del fabricante.

El llenado del fluido aislante se realizará a la presión indicada por el fabricante. Cuando se trate de aceite, se realizará un filtrado hasta alcanzar una rigidez dieléctrica mínima de 150 kV/cm.

En su recepción se comprobará la densidad del gas a través del densímetro, y la presión de gas para el caso de interruptores SF6.

La casa constructora del interruptor deberá revisar el montaje y dar su aprobación al mismo.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

4.5.10.2 SECCIONADORES

Se procederá al izado, fijación en sus soportes y una vez nivelados se regularán y ajustarán según instrucciones del fabricante.

Se comprobarán los ajustes, engrases finales, así como la penetración de las cuchillas, conforme a las indicaciones del fabricante.

4.5.10.3 RESTO DE LA APARAMENTA

Se procederá a la situación, nivelación y fijación a los soportes correspondientes y, en donde proceda, se instalarán las conducciones necesarias hasta las cajas de centralización.

Para su montaje se seguirán las instrucciones del fabricante:

- El montaje de los transformadores de medida, cuando se monte uno por fase, se realizará siguiendo el número de fabricación: el menor en la fase 0 y el mayor en la fase 3. Una vez montados se medirán aislamientos. En los TI, además, se medirá la polaridad y relación de transformación.
- En las autoválvulas, cuando proceda, se montarán los contadores de descargas. Se comprobará y medirá el aislamiento entre la base donde lleve la puesta a tierra y el soporte metálico.

4.5.11. TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y REACTANCIAS

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 al llenado final del transformador.

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.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

4.5.12. BATERIA 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.

4.5.13. CELDAS BLINDADAS DE MT

Se realizarán las siguientes operaciones:

- Desembalaje, situación, ensamblado, nivelado y fijación de los diversos elementos que componen el subconjunto, 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.

4.5.14. CABLES DE POTENCIA

El tendido se realizará formando ternas trifásicas (fases r, s, t).

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.

4.5.15. 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 grapa 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.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

4.5.16. 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 tapaná ningún tramo de malla de tierra, ni soldadura alguna, sin la autorización previa de la dirección de obra de Viesgo.

4.6. 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.

a) 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

b) 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.

c) 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 a 28 días, según normas UNE 83300:84, 83301:91, 83303:84 y 83304:84.

La comprobación de su consistencia se realizará a pie de obra, mediante el cono de Abrams, según norma UNE 83313:90.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

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 la resistencia y consistencia.

d) Piezas prefabricadas de hormigón armado o pretensado

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

- Calidad del hormigón.
- Calidad del acero.
- Dimensiones y tolerancias.
- Solicitaciones.
- Precauciones durante su montaje.

e) Armaduras

- Verificación de la sección equivalente.
- Ensayos y características según Norma UNE 36068:94.
- 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 36092:96.

f) Protocolos, Ensayo y Montaje de Estructuras Metálicas y Soportes

Protocolos

El contratista entregará a la propiedad, antes de iniciar la construcción, los certificados de garantía de la materia prima con las características mecánicas y químicas, según la Norma Vigente.

Ensayos

El contratista encargará los ensayos que a continuación se mencionan a un laboratorio recomendado, se entregarán los resultados inmediatamente después de efectuados.

Control de medidas

En el taller del constructor, de cada tipo de módulo (columna, viga, soporte, etc.) se elegirá uno del que se comprobarán las dimensiones y tipo de perfil.

Control de galvanizado

El espesor del galvanizado se comprobará mediante el medidor de espesores digital. De cada tipo de módulo se elegirá uno, en el cual se efectuarán como mínimo 3 mediciones. Este control, se efectuará en obra.

Control de características mecánicas

Se escogerá una muestra de cada módulo (viga, columna, soporte, etc.) del taller del constructor y se efectuarán, ensayo de resiliencia y ensayo de tracción, del que se obtendrá: límite elástico, resistencia a tracción y alargamiento a la rotura, de acuerdo con las normas vigentes.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

En los módulos soldados se efectuarán radiografía de las soldaduras (Norma UNE 14011) por empresas especializadas y autorizadas.

Las radiografías a efectuar dependerán del tipo de estructura, fijándose como norma dos elegidas por muestreo en obra.

Control Tornillería

Se comprobarán tanto las medidas de tornillo, arandela y tuerca, así como el buen marcaje de la marca del fabricante y de la calidad del tornillo. También se comprobará la uniformidad del galvanizado.

Los tornillos que se comprobarán se procurará que sean de distintos tipos.

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

	SOPORTES	ESTRUCTURAS	DINTELES
Aplomado	$\pm \text{altura}/1000 \leq 25$ mm	$\pm 3 \%$ de la altura	
Nivelación	$\pm 2,5$ mm (*) Con un máximo de 2,5 mm entre cada soporte de seccionadores	$\pm 2,5$ mm	Horizontal: $\pm 3 \%$ de la longitud
Alineación	$\pm 2,5$ mm (anclaje de hormigón)		
	Holgura que permita el taladro, $< 2,5$ mm (anclaje mediante pernos)		
Flecha		$\pm \text{altura}/1000 \leq 15$ mm (F. de los pilares de la estructura respecto a su eje vertical)	$\pm \text{longitud}/1000 \leq 10$ mm (F. entre ejes de apoyo)

Tabla 6. Tabla de tolerancias de los conjuntos montados.

Notas:

Encarado de pilares para estructuras: $\pm 3 \%$ del eje de alineación.

Longitud del dintel: ± 5 mm (En los casos que tenga junta de dilatación ± 15 mm).

Para garantizar las condiciones, el control de la ejecución del resto de la obra se ajustará a las Normas, Pliegos e Instrucciones que les sean de aplicación en cada caso.

g) Ensayos Red de tierras

El contratista encargará los ensayos que a continuación se mencionan a una empresa especializada.

Medida de las tensiones de paso y de contacto, mano-mano y mano-pie, (como mínimo 50 puntos, a criterio del comprador).

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

El sistema a utilizar para ambas medidas será de inyección de corriente y en la medición de tensiones de paso y de contacto con un sistema de corrección de cualquier tensión parásita que pueda circular por el terreno o bien inyectando una intensidad del 1 % de la corriente para la cual ha sido dimensionada la instalación y en cualquier caso no inferior a 50 A.

Medida de la continuidad de la red, indicando la sección conductor equivalente, esta medida se efectuará como mínimo entre 10 puntos opuestos a criterio del Comprador.

h) Protocolo y pruebas del equipo AT y alumbrado

- Protocolos:

El contratista entregará al Comprador, antes de iniciar la construcción, los certificados y protocolos de ensayos (Certificado de origen en fábrica) de todos los materiales de ser aportación, entre ellos los siguientes.

- Cadenas de amarre (aisladores y herrajes).
- Cables subterráneos AT
- Cables aéreos.
- Aisladores soporte.
- Tubo de aluminio.

Protocolo de homologación, norma Viesgo Distribución, del personal del Contratista ejecutor de la confección de las terminaciones.

- Pruebas

El Contratista efectuará la verificación de que la relación de transformación es la indicada en el TI mediante inyección de corriente por parte de AT. Emitirá el Certificado de la prueba correspondiente.

El Contratista encargará a una empresa especializada la prueba de calidad en las conexiones de toda la instalación mediante la medición termográfica. Esta prueba se realizará aproximadamente tres meses después de la Puesta en Servicio de la instalación y siempre antes de la Recepción Definitiva. Esta prueba se realizará a plena carga, si las condiciones de la red lo permiten.

El contratista entregará, antes del inicio del montaje un Protocolo en el que se expondrá el sistema de ejecución de las conexiones tensadas, detallando las características técnicas y el sistema de calibrado de la máquina de prensar.

El Contratista emitirá un Certificado garantizando que todos los cables de AT (lista de cables) tienen la pantalla puesta a tierra en un extremo y aislado en el otro.

El Contratista efectuará la prueba de rigidez en los cables, utilizando equipos generadores apropiados. Emitirá el Certificado de la prueba correspondiente.

El Contratista efectuará la medición de la intensidad lumínica en la instalación interior y exterior, el Comprador indicará la situación de los puntos de comprobación. Los valores medios de aceptación son:

- Parque, exteriores y accesos: 20 Lux
- Cuadro Mando y Protección: 600 Lux
- Sala cabinas: 300 Lux

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

- Galería cables y dependencias: 150 Lux

El Contratista remitirá el Comprador certificación de todos los resultados obtenidos.

i) Protocolos y Ensayos Equipos Control y Protección

○ Protocolos:

El Contratista entregará al Comprador, antes de iniciar la construcción, los certificados y protocolo de ensayo de cables (certificado de origen en fábrica).

○ Ensayos:

Cuadros, armarios y paneles.

A todos los elementos, se efectuarán los siguientes ensayos individuales:

Verificación del conexionado, de acuerdo con los esquemas correspondientes.

Tensión soportada. Se aplicará entre los circuitos independientes y entre estos y masa, una tensión alterna de 50 Hz durante 1 min., de los siguientes valores eficaces:

- Circuitos con tensión nominal hasta 60 V: 500 V.
- Circuitos con tensión nominal superior a 60 V e inferior a 500 V: 2.000 V.
- Los circuitos que se alimentan a través de transformadores de medida, la tensión de ensayo será 2.000 V.

El Contratista remitirá al Comprador, los resultados de estos ensayos, antes del envío a obra de los distintos elementos.

Cables de control, protección y alumbrado.

Una vez tendidos y preparados para su conexión, se procederá a:

Verificación del conexionado, de acuerdo con los esquemas correspondientes.

Medida de aislamiento entre conductores y entre ellos y tierra respecto a tierra.

Los límites de aceptabilidad, en función de las longitudes del cable son:

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

Longitud en m	Resistencia en megohms
5	122
10	61
15	41
20	31
25	25
30	21
40	16
50	13
60	11
70	9
80	8
90	7
100	6
125	5
150	4

Tabla 7. Límites de aceptabilidad en función de las longitudes del cable.

El Contratista remitirá al Comprador certificación de los resultados obtenidos, antes de la conexión definitiva de los cables.

Estas pruebas deben realizarse a 2.000 V de tensión de ensayo, sobre todos los cables.

4.7. RECEPCIÓN Y PUESTA EN MARCHA 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 este es el caso, dándose la obra por terminada si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con el presente Pliego de Condiciones.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

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 en un plazo de ejecución, Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento.

Para la recepción y puesta en marcha de la obra el Contratista deberá realizar las pruebas de los equipos e instalaciones, basándose en la normativa citada y en los Protocolos de Pruebas indicadas en las normas y estándares de Viesgo Distribución.

El Contratista deberá realizar la Puesta en Marcha de los equipos de Protecciones, Telecontrol y Comunicaciones, con las empresas recomendadas por el Comprador u otra previa aprobación por la propiedad.

El Contratista deberá cumplimentar los distintos Protocolos de Recepción, de los equipos e instalaciones, antes de la puesta en Servicio.

La Puesta en Servicio la realizará el Contratista baja la dirección de la propiedad.

El Contratista cumplimentará el permiso de Puesta en Marcha ante el Organismo Oficial (Industria).

4.7.1. SECUENCIA A SEGUIR ANTES DE LA PUESTA EN MARCHA

De un modo no exhaustivo se describen las principales actividades que deben realizarse antes de la puesta en marcha.

a) Verificaciones previas a la energización en AT:

- Verificación de los tenses y flechas de las conexiones tensadas.
- Verificación del conexionado de la aparamenta de toda la instalación.
- Verificar el valor nominal de tensión en los equipos y demás características de la aparamenta que sean correctas.
- Comprobación a muestreo el apriete de la tornillería en las conexiones, aparamenta y estructura metálica.
- Verificar el ajuste y puesta a punto de los seccionadores.
- Enclavamientos eléctricos y mecánicos.
- Mandos locales.
- Control de la resistencia contacto.
- Aislamiento.
- Velocidad de apertura-cierre.

Verificar el ajuste y puesta a punto de los interruptores:

- Enclavamientos eléctricos y mecánicos.
- Mandos locales.
- Control de la resistencia contacto.
- Aislamiento.
- Velocidad de cierre-apertura.
- Tiempos de actuación cierre-apertura (bloques de contacto).
- Sincronismo entre fases y entre los contactos cierre-apertura.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

b) Verificaciones previas a la energización en armarios y circuitos de control y protección:

Verificación del conexionado, de acuerdo con los esquemas correspondientes.

- Realizar las pruebas de aislamiento de cada uno de los aparatos.
- Verificar la separación de las polaridades y respecto a tierra (cc y ca).
- Verificar el valor nominal de tensión y demás características sean correctas (aparatos y equipos).
- Identificación de circuitos según la norma Viesgo Distribución.
- Comprobación de la ausencia de conexiones sueltas o mal apriete de bornas.
- Comprobar el etiquetado de cables.
- Comprobar la puesta a tierra de las pantallas de los cables y su etiquetado (longitud de rabillo de tierra).
- Comprobar la relación de los transformadores auxiliares y su concordancia con la relación elegida (T/T y T/I).
- Comprobación de la polaridad de los transformadores Aux. (T/T y T/I).

4.7.2. SECUENCIA A SEGUIR PARA LA P.E.M CIRCUITO DE CONTROL Y PROTECCION

De un modo exhaustivo, describimos las principales actividades a realizar en la puesta en marcha “en caliente” de los circuitos de control y protección.

- Servicios auxiliares ca: pruebas que requiera la normativa de VIESGO.
- Servicios auxiliares cc: pruebas que requiera la normativa de VIESGO.
- Comprobación independencia de los circuitos de baterías.
- SISTEMA INTEGRADO DE CONTROL Y PROTECCION: Comprobación local de todas las señales, mandos y medidas.

Para cada POSICION:

- Maniobra: local desde el armario de la propia celda, desde el Terminal Local (PC) y desde el centro de control.
- Enclavamientos.
- Circuitos intensidad y tensión: inyección de corriente y tensión, comprobando los aparatos de medida, protección y convertidores.
- Protecciones: protocolos de ajuste.
- Protección de embarrado: pruebas que requiera la normativa de VIESGO.

Otras pruebas:

- SICOP modificación de la programación y pruebas funcionamiento.
- Equipos de comunicación.
- Programación Centro de Control.
- Pruebas Comunicaciones.

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

- Prueba desde Centro de Control.

4.7.3. INSTRUCCIONES PARA LA VERIFICACIÓN DE EQUIPOS DE MEDIDA

A continuación, y a título informativo se describen las instrucciones para la verificación de los aparatos de medida.

- Determinar que los aparatos de medida (amperímetros, voltímetros, vatímetros, varímetros), así como los convertidores, están correctamente conexiados. Verificar el funcionamiento correcto de cada aparato aplicando distintos valores mediante un equipo de pruebas. Comprobación en la puesta en servicio de la exactitud de los valores indicados o convertidos.
- Timbrar los circuitos según protocolo correspondiente. Comprobar y tomar nota de las relaciones de cada aparato de medida y convertidor. En el caso de que el indicador esté ligado a un convertidor, verificar su correspondencia.
- La inyección de corrientes y tensiones se efectuará desde los bornes más cercanos a los TT/II y TT/TT. Con ello se verificarán tanto los equipos, como conexiados según Procedimiento de pruebas y puesta en marcha según norma Viesgo Distribución o la que facilite el comprador.
- En la hoja verificación equipos de medida se irán anotando los valores medidos o indicados en los equipos de medida al aplicar los distintos valores de tensión, intensidad, potencias activas y reactivas.
- Una vez anotados los valores leídos en los aparatos, se comprobarán mediante las relaciones, que son correctas las mismas.
- En el caso de vatímetros y varímetros, se deben dejar las tensiones aplicadas para la comprobación del cero del convertidor.
- Comprobación del cero en remoto cortocircuitando la salida del convertidor.
- Sentido de la potencia, se representa siempre que la potencia entrante en Barras es (+) y la saliente es (-).
- Previo programa consensuado con los servicios afectados y con el Centro de Control se realizará las pruebas necesarias para garantizar el éxito de la puesta en servicio.

4.8. BIBLIOGRAFIA

- [1] España. Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud de las obras de construcción. Boletín Oficial del Estado de 1997, núm. 256. [consultado 25 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-22614>
- [2] España. Ley 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales. Boletín Oficial del Estado de 1995, núm. 269. [consultado 25 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>
- [3] Viesgo Distribución. Normativa Viesgo Distribución. Edición de julio de 2017. [consultado 25 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.viesgodistribucion.com/normativa>

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

- [4] España. 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. Boletín Oficial del Estado de 2001, núm. 148. [consultado 21 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-11881>
- [5] España. Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. Boletín Oficial del Estado del 25 de octubre de 1997. [consultado 25 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.mitma.gob.es/areas-de-actividad/ferrocarriles/normativa/04-seguridad-y-salud/0405-real-decreto-16271997-de-24-de-octubre-por-el-que-se-establecen-disposiciones-minimas-de-seguridad-y-de-salud-en-las-obras-de-construccion>
- [6] España. Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales. Boletín Oficial del Estado del 13 de diciembre de 2003, núm. 298. Páginas 44408 a 44415. [consultado 25 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-22861>
- [7] España. RD 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales en materia de Coordinación de actividades empresariales. Boletín Oficial del Estado de 2004, núm. 27. [consultado 25 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2004-1848>
- [8] España. Instrucción de hormigón estructural 4ª edición de 2010. [consultado 25 de septiembre de 2023]. Disponible en: https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/1820100.pdf



5. PRESUPUESTO

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kv.	

5.1. ESTUDIOS Y DOCUMENTACIÓN

PARTIDA	CANTIDAD	CONCEPTO	UNITARIO	TOTAL
1.1	1	Levantamiento topográfico del terreno	680,00 €	680,00 €
1.2	1	Estudio geotécnico y de resistividad	4.080,00 €	4.080,00 €
1.3	1	Ingeniería de detalle y construcción civil	14.900,00 €	14.900,00 €
1.4	1	Ingeniería de control y protección	11.300,00 €	11.300,00 €

TOTAL 30.960,00 €

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

5.2. OBRA CIVIL

PARTIDA	CANTIDAD	CONCEPTO	UNITARIO	TOTAL
2.1	200	m ³ desbroce y retirada de terreno vegetal	5,20 €	1.040,00 €
2.2	540	m ³ relleno en superficie con zahorra, compactada acopiada ya en la parcela en capas de espesor menos de 25 cm, regado y compactado al 95 % proctor o hasta alcanzar el grado de compactación exigido por la DF, incluyendo suministro de carga y transporte	4,50 €	2.430,00 €
2.3	906,4	m ² viales interiores de la subestación. Incluye excavación, suministro y colocación de las distintas capas constituyentes, incluso suministro y colocación de bordillos laterales de hormigón prefabricados y de la correspondiente base para su asiento. Se incluye así mismo la realización de pendientes, incluso parte proporcional de ensanches para cambio de dirección.	17,00 €	15.408,80 €
2.4	770	m ² de suministro y extendido de capa de grava de espesor 15 cm extendida en el parque con una granulometría 20/40 de acuerdo a Pliegos Generales y Particular y según características y detalles constructivos indicados en Planos del Proyecto, totalmente colocada.	5,50 €	4.235,00 €
2.5	180	m. de cierre de 2,20 m de altura, formado por cimentación de apoyo de hormigón armado y postes metálicos desmontables.	55,54 €	9.997,20 €
2.6	1	Ud. Suministro y colocación de puerta metálica corrediza para acceso de vehículos de 7 m de ancho, galvanizada en caliente, incluido pilares metálicos, pasador de pie, cerradura... Etc.	5.350,00 €	5.350,00 €
2.7	1	Edificio principal de control. Incluida la obra civil asociada, excavación, cimentaciones, etc Totalmente terminado.	70.500,00 €	70.500,00 €
2.8	1	Ud. De suministro e instalación de drenaje, incluido excavación, tubos para red de drenajes de cualquier diámetro incluso parte proporcional de codos y manguitos de unión, cunetas perimetrales etc. Formación de pendientes de asiento de los tubos, arquetas y cunetas, la grava 25/30 para cubrir el tubo y cualquier material que fuera necesario para la completa instalación del drenaje de la instalación.	5.900,00 €	5.900,00 €
2.9	1	Ud. Conjunto cimentaciones soporte botellas 55 kV + autoválvulas	760,00 €	760,00 €
2.10	2	Ud. Conjunto cimentación transformadores de tensión	901,00 €	1.802,00 €



2.11	3	Ud. Conjunto de cimentaciones seccionadores 55 kV	900,00 €	2.700,00 €
2.12	2	Ud. Conjunto cimentación interruptor + transformadores de intensidad	1.346,40 €	2.692,80 €
2.13	12	Ud. Cimentación de farolas	285,00 €	3.420,00 €
2.14	2	Ud. Conjunto cimentación soporte de barras	1.200,00 €	2.400,00 €
2.15	2	Ud. Cimentación pararrayos Franklin	506,00 €	1.012,00 €
2.16	14	Arqueta de registro	147,00 €	2.058,00 €
2.17	36	m. de tubo de PVC Ø110 corrugado de doble pared de cualquier diámetro para cables de control.	24,00 €	864,00 €
2.18	33	m. de canal tipo A	125,00 €	4.125,00 €
2.19	20	m. de canal tipo B	225,00 €	4.500,00 €
2.20	10	m. de canal reforzado 2R	285,00 €	2.850,00 €
2.21	85	m. de tubo de PVC Ø200 corrugado de doble pared de cualquier diámetro para cables de control.	29,00 €	2.465,00 €

TOTAL 146.509,80 €

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

5.3. EQUIPOS ESTRATÉGICOS

PARTIDA	CANTIDAD	CONCEPTO	UNITARIO	TOTAL
3.1	2	Ud. Seccionadores trifásicos 55 kV	5.225,00 €	10.450,00 €
3.2	1	Ud. Seccionadores trifásicos 55 kV con PAT	6.650,00 €	6.650,00 €
3.3	2	Ud. Interruptor de potencia trifásico	16.780,00 €	33.560,00 €
3.4	6	Ud. Transformadores de intensidad	4.250,00 €	25.500,00 €
3.5	6	Ud. Transformadores de tensión	3.500,00 €	21.000,00 €
3.6	1	Ud. Transformador SS.AA	8.978,00 €	8.978,00 €
3.7	1	Ud. Transformador de Potencia 55/12 kV 30 MVA	150.000,00 €	150.000,00 €
3.8	1	Ud. Conjunto de celdas de 12 kV 6L+M+SA+celda en centro de reparto	55.000,00 €	55.000,00 €

TOTAL 311.138,00 €

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kV.	

5.4. SUMINISTRO DE EQUIPOS DE CONTROL, PROTECCIÓN Y COMUNICACIONES

PARTIDA	CANTIDAD	CONCEPTO	UNITARIO	TOTAL
4.1	1	Ud. Armario de control de posiciones AT.	23.516,00 €	23.516,00 €
4.2	1	Ud. Armario de servicios generales.	35.130,58 €	35.130,58 €
4.3	1	Ud. Armario de medida.	10.819,00 €	10.819,00 €
4.4	1	Ud. Armario de comunicaciones.	29.940,00 €	29.940,00 €
4.5	1	Ud. Armario CA.	15.245,00 €	15.245,00 €
4.6	1	Ud. Armario acometida TSA (A01).	7.800,00 €	7.800,00 €
4.7	1	Ud. Armario CC.	11.275,00 €	11.275,00 €
4.8	2	Ud. Armario rectificador de batería 125 Vcc.	8.350,00 €	16.700,00 €
4.9	1	Ud. Armario de videovigilancia.	20.500,00 €	20.500,00 €
4.10	9	Ud. Autoválvulas 55 kV.	730,00 €	6.570,00 €
4.11	4	Ud. Punta Franklin.	525,00 €	2.100,00 €
4.12	6	Ud. Aisladores de barras.	725,00 €	4.350,00 €
4.13	1	Ud. de instalación de iluminación exterior.	4.950,00 €	4.950,00 €

TOTAL 188.895,58 €

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kv.	

5.5. CABLES DE FUERZA, CONTROL Y EMBARRADOS

PARTIDA	CANTIDAD	CONCEPTO	UNITARIO	TOTAL
5.1	4.200	m. suministro, instalación y conexión de cable de control, fibra óptica y/o comunicaciones.	7,95 €	33.390,00 €
5.2	105	m. Cable LA-455	6,00 €	630,00 €
5.3	60	m. Tubo de Al 80/70	99,75 €	5.985,00 €
5.4	75	m. Tubo de Al 50/40	65,00 €	4.875,00 €
5.5	20	m. cable Al 36/66 RHZ1 1x630	25,00 €	500,00 €
5.6	3	m. Terminal exterior 36/66 1x630	690,00 €	2.070,00 €

TOTAL 47.450,00 €

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kv.	

5.6. MALLA DE TIERRA

PARTIDA	CANTIDAD	CONCEPTO	UNITARIO	TOTAL
6.1	1.248	m. de cable de Cu desnudo para tierras de 95 mm ² de sección	15,00 €	18.720,00 €
6.2	PA	Piezas de conexión a la red de tierras.	2.670,00 €	2.670,00 €

TOTAL 21.390,00 €

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kv.	

5.7. SUMINISTRO DE ESTRUCTURAS

PARTIDA	CANTIDAD	CONCEPTO	UNITARIO	TOTAL
7.1	1	Ud. Estructura para 3 transformadores de tensión	1.269,00 €	1.269,00 €
7.2	3	Ud. Estructura para botellas terminales + autoválvulas	1.185,00 €	3.555,00 €
7.3	3	Ud. Estructura para seccionadores	863,28 €	2.589,84 €
7.4	2	Ud. Estructura Soporte interruptor + transformador de intensidad	1.330,56 €	2.661,12 €
7.5	2	Ud. Estructura Soporte de barras principales	1.169,39 €	2.338,78 €
7.6	4	Ud. Estructura puntas franklin	465,00 €	1.860,00 €
7.7	1	Ud. Bancadas de celdas y armarios	2.100,00 €	2.100,00 €

TOTAL 16.373,74 €

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kv.	

5.8. MONTAJES

PARTIDA	CANTIDAD	CONCEPTO	UNITARIO	TOTAL
8.1	PA	Montajes electromecánicos, la totalidad de los elementos.	57.000,00 €	57.000,00 €

TOTAL 57.000,00 €

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kv.	

5.9. INSTALACIONES INTERIORES Y COMPLEMENTARIAS

PARTIDA	CANTIDAD	CONCEPTO	UNITARIO	TOTAL
9.1	PA	Sistema contra incendios de la instalación	2.230,00 €	2.230,00 €
9.2	PA	Instalaciones interiores de alumbrado, fuerza, telefonía etc.	3.250,00 €	3.250,00 €
9.3	PA	Sistema de videovigilancia y seguridad de la instalación	25.000,00 €	25.000,00 €

TOTAL 30.480,00 €

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kv.	

5.10. PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA

PARTIDA	CANTIDAD	CONCEPTO	UNITARIO	TOTAL
11.1	PA	Pruebas y puesta en marcha.	32.000,00 €	32.000,00 €

TOTAL 32.000,00 €

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kv.	

5.11. SEGURIDAD Y LIMPIEZA

PARTIDA	CANTIDAD	CONCEPTO	UNITARIO	TOTAL
11.1	PA	Estudio de seguridad y salud.	27.405,60 €	27.405,60 €

TOTAL 27.405,60 €

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kv.	

5.12. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

PARTIDA	CANTIDAD	CONCEPTO	UNITARIO	TOTAL
12.1	PA	Estudio de gestión de residuos	412,80 €	412,80 €

TOTAL 412,80 €

	"TRABAJO FIN DE GRADO"	
	PROYECTO TIPO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 55/12 kv.	

5.13. RESUMEN DE PRESUPUESTOS

5.13.1. EJECUCIÓN MATERIAL

PARTIDA	CONCEPTO	TOTAL
1	Estudios y documentación	30.960,00 €
2	Obra Civil	146.509,80 €
3	Suministro de equipos estratégicos	311.138,00 €
4	Suministro de equipos de control, protección y comunicaciones	188.895,58 €
5	Cables de fuerza y control	47.450,00 €
6	Malla de tierra	21.390,00 €
7	Suministro de estructuras	16.373,74 €
8	Montaje	57.000,00 €
9	Instalaciones interiores	30.480,00 €
10	Pruebas y puesta en marcha	32.000,00 €
11	Seguridad y limpieza	27.405,60 €
12	Estudio y gestión de residuos	412,80 €

TOTAL 910.015,52 €

El importe del presupuesto de **ejecución material** para la instalación asciende a la cantidad de **novecientos diez mil quince con cincuenta y dos euros**.

5.13.2. EJECUCIÓN POR CONTRATA

CONCEPTO	TOTAL
Presupuesto de ejecución material	910.015,52 €
Proyecto y dirección de obra (6 %)	54.600,93 €
Gastos generales (3 %)	27.300,47 €

TOTAL 991.916,92 €

21 % IVA 208.302,55 €

TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA 1.200.219,47 €

El importe total del presente presupuesto de **ejecución por contrata** para la instalación asciende a la cantidad de **un millón doscientos mil doscientos diecinueve con cuarenta y siete**.