



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Proyecto Técnico y Administrativo de una subestación
eléctrica de AT para la red de transporte en Briviesca

Autor: Teresa María Sainz Martín

Director: Matías Juan Sánchez Mingarro

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Proyecto Técnico y Administrativo de una subestación eléctrica de AT
para la red de transporte
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2024-2025 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Teresa María Sainz Martín

Fecha: 18/ 07/ 2024

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Matías Juan Sánchez Mingarro Fecha: 18/ 07/ 2024



Proyecto Técnico Administrativo de una subestación eléctrica de AT para la red transporte en Briviesca

Autor: Sainz Martín, Teresa María.

Director: Sánchez Mingarro, Matías Juan.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en el diseño de una nueva subestación para la red de transporte española en el municipio de Briviesca, ubicada en la provincia de Burgos. El objetivo principal es diseñar y llevar a cabo la tramitación oficial de la subestación, con el propósito de obtener todos los permisos requeridos de acuerdo con las normativas vigentes.

Asimismo, el diseño de esta se realiza conforme a lo establecido en el Real Decreto 337/2014 del 9 de mayo, el cual incluye el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones de alta tensión, así como sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01-23.

La subestación está enlazada a la línea Grijota-Vitoria de 400kV y sus objetivos técnicos son, por un lado, facilitar la conexión de la generación renovable actual y futura en la zona, y por otro, asegurar el suministro eléctrico a las subestaciones de tracción del futuro eje ferroviario Burgos-Vitoria.

Es un parque de unos 400 kV y ocupa un total de 2,6 hectáreas. Este parque tiene 8 posiciones: 2 de entrada y salida a la línea Grijota-Vitoria, 2 para la conexión de generación renovable, 2 para el ADIF y 2 para futuras ampliaciones.

La configuración que se utiliza es interruptor y medio, por su alta confiabilidad y flexibilidad. Este es uno de los más utilizados en subestaciones para la red de transporte, ya que requieren de alta fiabilidad.

Por otro lado, la tecnología elegida es AIS (Air Insulated Substation) debido a su eficacia en zonas rurales no urbanizadas, destacando su robustez, fácil mantenimiento y coste reducido. Además, esta tecnología ofrece alta confiabilidad, durabilidad y flexibilidad para futuras expansiones, proporcionando una solución eficiente y versátil.

Las características eléctricas principales que tiene la subestación son las siguientes: la tensión nominal es de 400 kV y la tensión más elevada del material es 440 kV. Asimismo, su corriente de cortocircuito es de 50 kA y la conexión del neutro es de rígido a tierra.

En cuanto a la aparamenta necesaria para la realización de la subestación:

Aparamenta	Unidades
Transformadores de intensidad	27
Interruptor	9
Seccionador de tipo pantógrafo	6
Seccionador de columnas	18
Transformador de tensión capacitivo	20
Autoválvulas	18
Aisladores	42

Tabla 1: Aparamenta de la subestación.

Por otra parte, se tiene tanto sistemas de protección para la seguridad de la subestación, incluyendo protecciones de barras, líneas e interruptores, como servicios auxiliares para abastecer a la subestación en caso de cortocircuito o pérdida de tensión.

La subestación incluye un edificio de control que cuenta con diversas instalaciones. Este edificio dispone de una sala destinada a las telecomunicaciones, otra para el control, una más para los servicios auxiliares, así como un almacén y un vestuario con aseo. Además, se han instalado casetas de relé prefabricadas para albergar bastidores de relés, armarios de comunicaciones y cuadros de servicios auxiliares. Por último, la instalación cuenta con un sistema para la seguridad física y un sistema antiintrusismo.

Este PTA incluye los cálculos que proporcionan una justificación técnica y detallada de las decisiones tomadas para los elementos críticos en la configuración de la subestación, así como para los puntos de entrada y salida de las líneas asociadas.

La selección de tecnología AIS para la subestación requiere realizar el cálculo mecánico de los embarrados rígidos, determinar el efecto corona, y calcular las distancias eléctricas mínimas en los embarrados y en la red de tierras, tanto inferiores como superiores.

Se incluyen planos del esquema unifilar, alzado, planta e implantación de la subestación, así como del edificio de control y de las casetas de los relés.

Por último, se ha hecho un presupuesto donde está reflejado todos los costes para construcción y la puesta en marcha de la subestación. Esta inversión es de 7.902.374,25 que tras el estudio económico tiene una rentabilidad del 35,3%.

Technical and administrative Project for a high voltage electrical substation for the transmisión network in Briviesca.

Author: Sainz Martín, Teresa María.

Supervisor: Sánchez Mingarro, Matías Juan.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas)

ABSTRACT

The project involves the design of a new substation for the Spanish transmission network in Briviesca, located in the province of Burgos. The main objective is to design and complete the official procedures for the substation to obtain all necessary permits according to current regulations.

The design is in accordance with Real Decreto 337/2014 of May 9, which includes the Regulation on technical conditions and safety guarantees in high voltage installations, as well as its Complementary Technical Instructions ITC-RAT 01-23.

The substation is connected to the 400kV Grijota-Vitoria line and its technical objectives are to facilitate the connection of current and future renewable generation in the area, and to ensure power supply to the traction substations of the future Burgos-Vitoria railway axis.

The substation is a 400 kV facility and occupy a total of 2.6 hectares. This facility have 8 positions: 2 for the Grijota-Vitoria line input and output, 2 for renewable generation connection, 2 for ADIF, and 2 for future expansions.

The chosen configuration is breaker-and-a-half due to its high reliability and flexibility. This configuration is widely used in substations for the transmission network as it requires high reliability.

The selected technology is AIS (Air Insulated Substation) due to its effectiveness in non-urbanized rural areas, highlighting its robustness, easy maintenance, and low cost. Moreover, this technology offers high reliability, durability, and flexibility for future expansions, providing an efficient and versatile solution.

The main electrical characteristics of the substation are as follows: the nominal voltage is 400 kV and the highest equipment voltage is 440 kV. Additionally, its short-circuit current is 50 kA and the neutral connection is solidly grounded.

Regarding the necessary equipment for the substation:

Equipment	Units
Current transformers	27

Circuit breakers	9
Pantograph disconnectors	6
Column disconnectors	18
Capacitive voltage transformers	20
Surge arresters	18
Insulators	42

Tabla 2: Equipment of the substation.

Furthermore, there are protection systems for the substation's safety, including busbar, line, and circuit breaker protections, as well as auxiliary services to supply the substation in case of a short circuit or voltage loss.

The substation includes a control building with various facilities. This building has a room for telecommunications, another for control, one for auxiliary services, as well as a storage room and a dressing room with a restroom. Additionally, prefabricated relay cabins have been installed to house relay racks, communication cabinets, and auxiliary service panels. Lastly, the installation has a physical security system and an anti-intrusion system.

This technical report includes the calculations that provide a detailed technical justification for the decisions made regarding critical elements in the substation's configuration, as well as for the entry and exit points of the associated lines.

The selection of AIS technology for the substation requires performing the mechanical calculation of rigid busbars, determining the corona effect, and calculating the minimum electrical distances in the busbars and the grounding grid, both upper and lower.

Included are the plans of the single-line diagram, elevation, layout, and implementation of the substation, as well as the control building and relay cabins.

Finally, a budget has been prepared reflecting all costs for the construction and commissioning of the substation. This investment amounts to €7,902,374.25, which, after the economic analysis, yields a profitability of 35.3%.



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

PROYECTO DE EJECUCIÓN

Proyecto Técnico y Administrativo de una subestación eléctrica de AT para la red de transporte en Briviesca

DOCUMENTO 1

MEMORIA

Índice de la memoria

<i>Índice de la memoria</i>	<i>I</i>
<i>Índice de figuras</i>	<i>V</i>
<i>Índice de tablas</i>	<i>VI</i>
Capítulo 1. Memoria	8
1.1 Antecedentes y estados del arte	8
1.2 Normativa aplicable	9
1.3 Alcance	11
1.4 Objeto del proyecto	12
1.5 Emplazamiento	13
1.6 Planificación de la construcción	14
1.7 Tecnología de la aparamenta.....	14
1.8 Configuración de la subestación	15
1.9 Condiciones ambientales	15
1.10 Características eléctricas y distancias	16
1.11 Esquema unifilar	19
1.12 Aparamenta	19
1.13 Características de la aparamenta	22
1.13.1 Interruptores trifásicos	23
1.13.2 Seccionadores trifásicos.....	23
1.13.3 Transformadores de intensidad	25
1.13.4 Transformadores de tensión capacitivos	25
1.13.5 Autoválvulas.....	26
1.14 Aisladores soporte.....	26
1.15 Red de tierras	27
1.15.1 Red de tierras inferiores.....	27
1.15.2 Red de tierras superiores	27
1.16 Embarrados	28
1.16.1 Embarrados principales.....	28

1.16.2 Embarrados secundarios	28
1.16.3 Embarrados de tendido alto.....	29
1.17 Estructuras metálicas	29
1.18 Obra civil	30
1.18.1 Movimiento de tierras	30
1.18.2 Drenajes y saneamientos.....	30
1.18.3 Cimentaciones.....	31
1.18.4 Vallado exterior	31
1.18.5 Accesos.....	31
1.18.6 Edificio de control.....	31
1.18.7 Casetas de relé.....	32
1.19 Acceso a las líneas	32
1.20 Sistemas de protección.....	32
1.20.1 Protección de barras.....	33
1.20.2 Protección de líneas.....	33
1.20.3 Protección de interruptores	34
1.20.4 Protección de posiciones.....	34
1.21 Sistemas auxiliares.....	35
1.21.1 Servicios auxiliares de corriente alterna	35
1.21.2 Servicios auxiliares de corriente continua.....	36
1.22 Sistema de alumbrado y fuerza	37
1.22.1 Alumbrado.....	37
1.22.2 fuerza.....	38
1.23 Sistema contra incendios.....	38
1.24 Sistema de telecomunicaciones.....	38
1.25 Sistema anti-intrusismo.....	39
Capítulo 2. Cálculos.....	41
2.1 Cálculo de embarrados rígidos.....	41
2.1.1 Hipótesis del diseño	41
2.1.2 Condiciones de la instalación.....	42
2.1.3 Normativa aplicable.....	43
2.1.4 Características de los materiales y equipos a instalar	44
2.1.5 Cálculo mecánico del embarrado principal	45

2.1.5.1 Corriente de cortocircuito	45
2.1.5.2 Tensión en el tubo.....	46
2.1.5.3 Reacciones sobre aisladores soporte.....	52
2.1.5.4 Flecha en el tubo	53
2.1.5.5 Elongación del embarrado	54
2.1.5.6 Esfuerzo térmico en cortocircuito.....	54
2.1.5.7 Intensidad nominal de las barras.....	55
2.1.6 <i>Cálculo mecánico del embarrado secundario</i>	55
2.1.6.1 Corriente de cortocircuito	55
2.1.6.2 Tensión en el tubo.....	56
2.1.6.3 Reacciones sobre aisladores soporte.....	61
2.1.6.4 Flecha en el tubo	63
2.1.6.5 Elongación del embarrado	63
2.1.6.6 Esfuerzo térmico en cortocircuito.....	63
2.1.6.7 Intensidad nominal de las barras.....	64
2.2 Cálculo de efecto corona.....	65
2.2.1 <i>Cálculo de la tensión disruptiva</i>	65
2.3 Determinación de distancias mínimas en embarrados tendidos.....	67
2.3.1 <i>Hipótesis de diseño</i>	67
2.3.2 <i>Normativa aplicable</i>	68
2.3.3 <i>Desplazamiento del vano con viento</i>	69
2.3.4 <i>Efecto en conductores por corriente de cortocircuito.</i>	69
2.3.4.1 Fuerza de tensión por oscilación durante el cortocircuito	73
2.3.5 <i>Aproximación de conductores</i>	74
2.3.6 <i>Distancia mínima.</i>	75
2.3.7 <i>Distancias mínimas a adoptar.</i>	75
2.4 Selección de autoválvulas	76
2.4.1 <i>Criterios de diseño</i>	76
2.4.2 <i>Elección del modelo</i>	77
2.5 Cálculo de la red de tierras de la subestación	78
2.5.1 <i>Red de tierras inferiores</i>	78
2.5.1.1 Características del terreno.....	78
2.5.1.2 Características del conductor a tierra.....	78
2.5.1.3 Tensión de paso y contacto de máximas admisibles	79
2.5.1.4 Resistencia de puesta a tierra.....	81

2.5.1.5 Corriente de defecto (IG).....	82
2.5.1.6 Evaluación de las tensiones de paso y contacto.....	83
2.5.1.7 Sección mínima del conductor.....	86
2.5.1.8 Conclusiones.....	87
2.5.2 Red de tierras superiores	87
Capítulo 3. Estudio económico	90
Capítulo 4. Anejos	91
4.1 Objetivos de desarrollo sostenible (ODS).....	91
4.2 Interruptores trifásicos	92
4.3 Seccionadores trifásicos.....	94
4.4 Transformadores de intensidad	98
4.5 Transformadores de tensión capacitivos	100
4.6 Autoválvulas	102
4.7 Aisladores soporte.....	107

Índice de figuras

Figura 1: Mapa de la red de transporte española, línea Grijota-Vitoria de 400 kV en morado.	8
Figura 2: Emplazamiento de la subestación.	13
Figura 3: Emplazamiento de la subestación en el municipio de Briviesca.	13
Figura 4: Gráfico de Gantt de la construcción de la subestación.	14
Figura 5: Tabla para la determinación de los coeficientes y los apoyos.	48
Figura 6: Relación entre la frecuencia de oscilación f_c y la frecuencia nominal del sistema respecto el factor de reenganche.	49
Figura 7: Relación entre la frecuencia de oscilación f_c y la frecuencia nominal del sistema respecto el factor de efecto dinámico.	49
Figura 8: Tabla para la obtención del factor de resistencia del conductor.	52
Figura 9: Relación entre la frecuencia de oscilación f_c y la frecuencia nominal del sistema respecto el factor de reenganche.	58
Figura 10: Relación entre la frecuencia de oscilación f_c y la frecuencia nominal del sistema respecto el factor de efecto dinámico.	58
Figura 11: Tabla para la obtención del factor de resistencia del conductor.	61
Figura 12: Corriente de falta frente a resistencia de puesta tierra.	83
Figura 13: Alzado de la subestación mostrando el radio crítico.	89
Figura 14: Objetivos de desarrollo sostenible (ODS).	91

Índice de tablas

Tabla 1: Aparamenta de la subestación.....	6
Tabla 2: Equipment of the substation.....	9
Tabla 3: Condiciones ambientales de la subestación.	16
Tabla 4: Magnitudes eléctricas.....	17
Tabla 5: Distancias para conductores rígidos.....	17
Tabla 6: Distancia para conductores tendidos.....	17
Tabla 7: Distancias establecidas para la subestación.	18
Tabla 8: Aparamenta de la calle 1.....	20
Tabla 9: Aparamenta de la calle 2.....	21
Tabla 10: Aparamenta de la calle 3.....	22
Tabla 12: Características del modelo LTB 420E2 de ABB	23
Tabla 13: Características del modelo GW54 DE 420 kV de ABB	24
Tabla 14: Características del modelo eDB420 de ABB	25
Tabla 15: Características del modelo CA-420 de Artech.....	25
Tabla 16: Características de modelo UTF-420 de Artech	26
Tabla 17: Características del modelo EXLIM P330-EH420 de ABB.....	26
Tabla 18: Características del modelo C16-1425 de POINSA	27
Tabla 19: Características del modelo C10-1425 de POINSA	27
Tabla 20: Características de los embarrados principales.	28
Tabla 21: Características de los embarrados secundarios.	29
Tabla 22: Características de los embarrados de tendido alto.	29
Tabla 23: Características del transformador de los servicios auxiliares.	35
Tabla 24: Características de los embarrados principales.	44
Tabla 25: Características de los aisladores soporte para el vano A.	45
Tabla 26: Características de los aisladores soporte para el vano B.....	45
Tabla 27: Tabla para la determinación de los coeficientes y los apoyos.	48

Tabla 27: Tabla para la determinación de los coeficientes y los apoyos.	48
Tabla 28: Clase de descarga según la tensión nominal.	77
Tabla 29: Comparación de las características calculadas con las del modelo elegido.....	78
Tabla 30: Tensiones de contacto aplicadas admisibles.	79

Capítulo 1. MEMORIA

1.1 ANTECEDENTES Y ESTADOS DEL ARTE

En un escenario global marcado por la urgencia del cambio climático y la transición hacia una matriz energética sostenible, la implementación de nuevas infraestructuras eléctricas emerge como un pilar fundamental.

La creciente demanda de energía y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero han propiciado un cambio de paradigma en la planificación de proyectos energéticos. En este contexto, la propuesta de una nueva subestación de 400 kV en Briviesca, Burgos, se presenta como una iniciativa estratégica, apuntando directamente a la integración de fuentes de energía renovable en la región. Además, la subestación proporcionará alimentación a las subestaciones ferroviarias necesarias para respaldar el desarrollo del nuevo eje ferroviario entre Burgos y Vitoria. Esta infraestructura eléctrica contribuirá a la eficiencia y confiabilidad de la red, respaldando la expansión de la red ferroviaria de alta velocidad en la región.

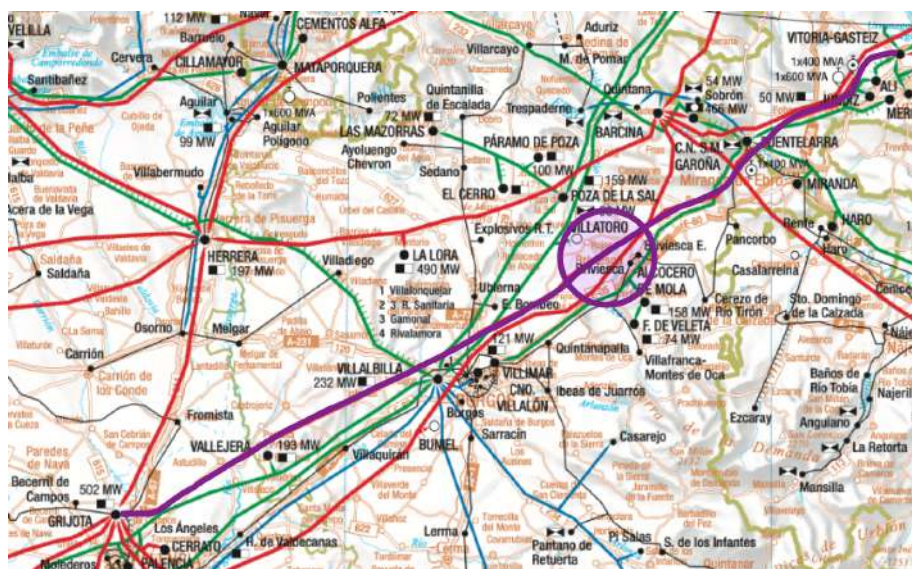


Figura 1: Mapa de la red de transporte española, línea Grijota-Vitoria de 400 kV en morado.

Por otro lado, este proyecto de subestación todavía sin desarrollar se encuentra dentro de la inversión del Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (Miteco), en la red de transporte de electricidad (RDT) en Castilla y León hasta 2026.

La inversión de aproximadamente 200 millones de euros destinada a la comunidad autónoma incluye iniciativas clave, como nuevas infraestructuras, alimentación ferroviaria y la integración de renovables. Esto no solo fortalecerá la red de transporte, sino que también contribuirá a alcanzar los objetivos del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) para el año 2026, donde se proyecta que la energía renovable representará el 67% del mix de producción eléctrica nacional, con una significativa reducción de emisiones de CO₂.

La motivación detrás de este proyecto se base en la necesidad de impulsar el uso de energías renovables y la elección de Briviesca como ubicación estratégica se fundamenta en la disponibilidad de recursos renovables en la zona y en la necesidad de garantizar un suministro energético confiable y sostenible a las subestaciones ferroviarias.

En conjunto, esta propuesta se alinea con las tendencias y avances actuales en el sector eléctrico, marcando un hito en la dirección hacia un sistema energético más limpio, resiliente y adaptable a las demandas del siglo XXI. La integración de la generación renovable y la alimentación de subestaciones ferroviarias a través de esta subestación no solo representa una solución técnica avanzada, sino también un paso significativo hacia la construcción de un futuro energético más sostenible.

1.2 NORMATIVA APLICABLE

El diseño de la subestación debe llevarse a cabo conforme a la normativa vigente.

- Real Decreto 337/2014, del 9 mayo, que contempla el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en las instalaciones de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01-23.
- Ley 24/2013, 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1110/2007: Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (Orden 12 de abril de 1999).
- Real Decreto 7/198, relativo a las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- Modificado por Real Decreto 154/1955, de 3 de febrero, por el cual se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- Real Decreto 2267/2004: Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 1066/2001: Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitarias frente a emisiones radioeléctricas.
- Real Decreto 1367/2007: Real Decreto por el que se desarrolla la Ley 37/2003 del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1565/2010, de 19 de noviembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Ley 22/2011 de Residuos y suelos contaminados.
- Real Decreto 1890/2008: Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias.
- 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 (BOE 21-06-01).
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.

- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Normas UNE.
- Normas IEE.
- Normas IEC.

1.3 ALCANCE

Primeramente, se realizará un análisis detallado de las necesidades del sistema eléctrico, los requerimientos el transportista y normativas aplicables, así como las solicitudes de acceso de otros agentes a la red de transporte. Además, se tendrán en cuenta condicionantes medioambientales y se analizarán los informes de los terrenos preseleccionados para la ubicación de la subestación.

La fase de desarrollo del proyecto abarcará la definición de la configuración de la subestación, con la especificación de la tipología y la capacidad requerida. Se llevará a cabo la selección de la aparamenta y tecnología, evaluando diferentes opciones disponibles en el mercado y eligiendo aquellas que mejor se adapten a las necesidades del sistema.

El emplazamiento y los accesos serán cuidadosamente diseñados, considerando aspectos logísticos y de seguridad. La implantación de la subestación comprenderá la distribución detallada de quipos y estructuras en el espacio disponible, garantizando un funcionamiento eficiente y seguro.

La obra civil y las edificaciones necesarias serán detalladas. Se diseñarán estructuras para soportar los equipos, y se especificarán sistemas de protección eléctrica, auxiliares y medidas de seguridad.

Por otro lado, se realizarán cálculos para justificar las decisiones adoptadas para los elementos críticos de la subestación. Además, se presentarán los planos del esquema unifilar, la elevación, la planta y la implementación de la subestación, así como del edificio de control y las casetas de relés.

Finalmente, se elaborará un presupuesto que reflejará todos los costes de construcción y puesta en marcha de la subestación, así como su rentabilidad.

1.4 OBJETO DEL PROYECTO

Este proyecto tiene como finalidad diseñar una subestación de 400 kV en el municipio de Briviesca, Burgos. Además, se busca la tramitación oficial de la subestación para obtener todos los permisos, asegurando el estricto cumplimiento de las normativas vigentes.

Con esta subestación se querrá obtener los siguientes objetivos técnicos:

- Conectar la generación renovable existente y futura de la zona.
- Garantizar el suministro eléctrico a las subestaciones de tracción del eje ferroviario Burgos-Vitoria.

Por último, como propósito general, con esta subestación se quiere mejorar el mallado de la red eléctrica, integrar fuentes de energía renovable y garantizar la calidad y la seguridad del suministro.

1.5 EMPLAZAMIENTO

La subestación estará conectada a través de la línea de 400 kV de Grijota-Vitoria y estará situada en el municipio de Briviesca, provincia de Burgos.

Serán unos 26.000 m² con las siguientes coordenadas: (42.564155, -3.337337). Tendrá unas dimensiones de 194,5 metros de largo y 153,2 de ancho. Por otro lado, el acceso a la parcela se hará a través de la carretera CL-632. A continuación, se muestra una imagen de la localización exacta.



Figura 2: Emplazamiento de la subestación.



Figura 3: Emplazamiento de la subestación en el municipio de Briviesca.

1.6 PLANIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

En el siguiente gráfico de Gantt se observa la planificación de la construcción de la subestación, la cual se espera que tarde en construirse un año.

GRÁFICO GANTT

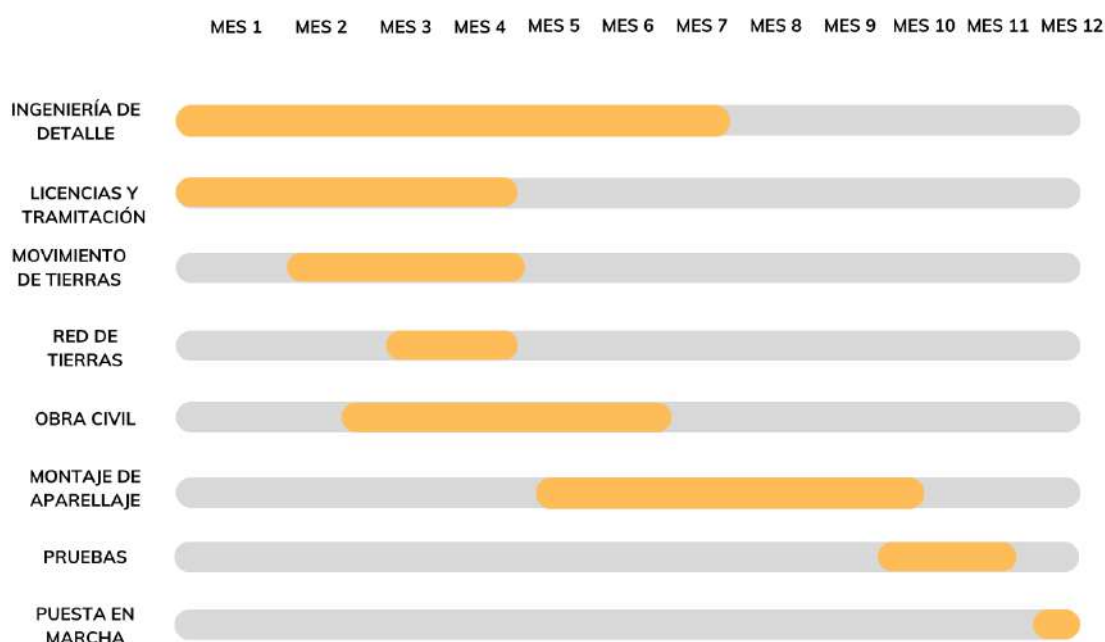


Figura 4: Gráfico de Gantt de la construcción de la subestación.

1.7 TECNOLOGÍA DE LA APARAMENTA

Se elige la tecnología AIS (Air Insulated Substation) para el diseño de la subestación, ya que la ubicación elegida en una zona no urbanizada y rural favorece la implementación de esta tecnología.

Entre las ventajas notables de la tecnología AIS se encuentra su robustez y facilidad de mantenimiento, contribuyendo así a la confiabilidad y durabilidad del sistema. Además, es importante destacar que la aparamenta presenta un costo accesible.

Esta elección también proporciona una mayor flexibilidad para futuras expansiones proporcionando así una solución versátil y eficiente para la subestación.

1.8 CONFIGURACIÓN DE LA SUBESTACIÓN

La elección de la configuración es interruptor y medio, debido a su alta confiabilidad de servicio, lo que lo convierte en uno de los esquemas más utilizados en subestaciones para la red de transporte.

Entre sus ventajas destacan su flexibilidad, confiabilidad y la capacidad de mantener el servicio incluso durante el mantenimiento de barras o interruptores.

1.9 CONDICIONES AMBIENTALES

Las condiciones del emplazamiento son las siguientes:

Condiciones	Unidades	Exterior
Temperatura máxima ambiente	°C	+40
Temperatura ambiente mínima	°C	-20
Contaminación ambiental	-	Bajo
Velocidad del viento	km/h	140
Altura sobre el nivel del mar	m	750

Coeficiente sísmico básico	g	<0,04
Nivel de niebla	-	Medio

Tabla 3: Condiciones ambientales de la subestación.

Las condiciones ambientales de Briviesca cumplen con los requisitos exigidos. En términos de temperatura, Briviesca experimenta variaciones entre 0 C° y 27 C° a lo largo del año. Asimismo, la humedad relativa se mantiene baja, sin variaciones considerables y los niveles de contaminación son bajos al encontrarse alejada de áreas industrializadas y urbanas.

Para calcular la sobrecarga debido al viento, se considerará viento horizontal con velocidad de 140 km/h.

Por otro lado, la subestación se encuentra a 750 m sobre el nivel del mar, por lo que se le considera zona B según la RLAT, para calcular las sobrecargas.

Por último, según la norma NCSR-02 no se tendrá en cuenta en los cálculos las acciones sísmicas, pues Briviesca presenta una aceleración sísmica menor que 0,04 g.

1.10 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS Y DISTANCIAS

Al seleccionar las magnitudes eléctricas para su subestación de 400 kV, es crucial considerar el aislamiento de los equipos utilizados en las instalaciones de A.T. De acuerdo con el reglamento aplicable, estos equipos deben ajustarse a los valores normalizados establecidos en la norma UNE 21 062.

Asimismo, los siguientes valores están sacados de la ITC-RAT 12: Aislamiento y el grupo de aislamiento establecido es el tipo C al tener una tensión mayor de 300 kV.

Las características del parque de 400 kV serán las siguientes:

- **Magnitudes eléctricas:**

Tensión nominal	400 kV
Tensión más elevada del material	440 kV
Frecuencia nominal	50 hz
Conexión del neutro	Rígido a tierra
Intensidad de cortocircuito trifásico	50 kA
Tiempo de extinción de falta	0,5 s
Tensión soportada a impulso tipo maniobra	1.050 kV

Tensión soportada bajo impulso tipo rayo	1.425 kV
Línea de fuga mínima para aisladores	10.500 mm (25 mm/kV)

Tabla 4: Magnitudes eléctricas.

- **Distancias:**

Distancias para conductores rígidos (embarrados de conexión):

Distancia fase-tierra	Conductor-estructura	2.600 mm
	Punta-estructura	3.400 mm
Distancia fase-fase	Conductores paralelos	3.600 mm
	Punta-conductor	4.100 mm

Tabla 5: Distancias para conductores rígidos.

La altura de la instalación sobre el nivel del mar es inferior a 1.000 m, por tanto, estas distancias son válidas.

Distancias para conductores tendidos:

Estos conductores pueden estar sometidos a movimientos de gran amplitud que provocan que en algunos instantes los conductores de fase se aproximen hasta unas distancias inferiores a las normalizadas. Es por eso, que hay que considerar unas distancias mínimas temporales de aislamiento inferiores a estas. Asimismo, se debe tener en cuenta que:

-Solo se deben considerar las sobretensiones que podrían ocurrir simultáneamente con el cortocircuito, especialmente cuando los conductores se acercan.

-No es necesario considerar sobretensiones de tipo rayo, ya que es poco probable que coincidan con un cortocircuito entre fases.

-El uso de tubería rígida de aluminio para embarrados inferiores elimina la posibilidad de un fallo en las barras debido al movimiento de los conductores después de un fallo en la salida de línea.

Distancia fase-tierra	Conductor-estructura	1.550 mm
	Punta-estructura	1.800 mm

Tabla 6: Distancia para conductores tendidos.

Al determinar estas distancias, se han considerado los siguientes principios fundamentales de diseño:

-Se garantizará que las distancias sean lo suficientemente amplias para permitir el tránsito seguro del personal y las herramientas por todos los puntos del parque exterior convencional, incluso bajo elementos en tensión.

-Deberán permitir el acceso de vehículos de transporte y equipos de elevación necesarios para el mantenimiento o manipulación de elementos en las calles de descargar, siguiendo los gálidos especificados.

Tras lo mencionado antes, las distancias establecidas son las siguientes:

Entre ejes de aparellaje	5.000 mm
Entre ejes de conductores tendidos	6.000 mm
Entre embarrados principales	5.000 mm
Anchura de calle	20.000 mm
Altura de embarrados de interconexión entre aparato	7.500 mm
Altura de embarrados altos	13.500 mm
Altura de embarrados tendidos altos	20.000 mm
Anchura de vial principal longitudinal	4.000 mm
Anchura de vial secundario transversal	3.000 mm
Anchura de gálidos en viales principales	6.000 mm
Anchura de gálidos en viales secundarios	4.000 mm

Tabla 7: Distancias establecidas para la subestación.

Estas distancias, luego podrán cambiar en los planos de alzada y planta de la subestación pero siempre considerando unas distancias muy similares.

1.11 ESQUEMA UNIFILAR

Esta subestación contará con 8 posiciones: 2 de entrada y salida a la línea Grijota-Vitoria, 2 para la conexión de generación renovable, 2 para el ADIF y 2 para reserva.

Calle 1

- Posición 1: 1º Transformador para servicio al ADIF.
- Posición 2: 2º Transformador para servicio al ADIF.

Calle 2

- Posición 3: Salida de la línea de Vitoria de 400 kV.
- Posición 4: Conexión de generación renovable.

Calle 3

- Posición 5: Conexión de generación renovable.
- Posición 6: Entrada de la línea de Grijota de 400 kV.

Calle 4

- Posición 7: Reserva 1.
- Posición 8: Reserva 2.

1.12 APARAMENTA

Barra 1: TC-B1 conectado en fase 4.

Barra 2: TC-B2 conectado en fase 4.

CALLE 1		
Aparamenta	Cantidad	Denominación
Seccionador de barras pantógrafo	2 juegos trifásicos	89B1-1
		89B2-1
Transformador de intensidad	3 unidades	TIB1-1
	3 unidades	TI01-1
	3 unidades	TIB2-1
Interruptor	3 juegos trifásicos	521-1
		520-1
		522-1
Seccionador salida posición rotativo de 3 columnas con p.a.t	2 juegos trifásicos	893-1/573-1
		894-1/574-1
Seccionador de calle rotativo de 3 columnas	4 juegos trifásicos	8910-1, 8901-1
		8902-1, 8920-1
Transformador de tensión capacitivo	3 unidades	TC3-1
	3 unidades	TC4-1
Autoválvula-Pararrayos	2 juegos trifásicos	PY3-1
		PY4-1

Tabla 8: Aparamenta de la calle 1.

CALLE 2		
Aparamenta	Cantidad	Denominación

Seccionador de barras pantógrafo	2 juegos trifásicos	89B1-2 89B2-2
Transformador de intensidad	3 unidades 3 unidades 3 unidades	TIB1-2 TI01-2 TIB2-2
Interruptor	3 juegos trifásicos	521-2 520-2 522-2
Seccionador salida posición rotativo de 3 columnas con p.a.t	2 juegos trifásicos	893-2/573-2 894-2/574-2
Seccionador de calle rotativo de 3 columnas	4 juegos trifásicos	8910-2, 8901-2 8902-2, 8920-2
Transformador de tensión capacitivo	3 unidades 3 unidades	TC3-2 TC4-2

Tabla 9: Aparamenta de la calle 2.

CALLE 3		
Aparamenta	Cantidad	Denominación
Seccionador de barras pantógrafo	2 juegos trifásicos	89B1-3 89B2-3

Transformador de intensidad	3 unidades	TIB1-3
	3 unidades	TI01-3
	3 unidades	TIB2-3
Interruptor	3 juegos trifásicos	521-3 520-3 522-3
Seccionador salida posición rotativo de 3 columnas con p.a.t	2 juegos trifásicos	893-3/573-3 894-3/574-3
Seccionador de calle rotativo de 3 columnas	4 juegos trifásicos	8910-3, 8901-3 8902-3, 8920-3
Autoválvulo-Pararrayos	2 juegos trifásicos	PY3-3 *PY4-3
Transformador de tensión capacitivo	3 unidades	TC3-3
	3 unidades	*TC4-3

Tabla 10: Aparamenta de la calle 3.

1.13 CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA

A continuación, se detalla la aparamenta de la subestación y se especifican los modelos seleccionados, con sus respectivas características, de acuerdo con las magnitudes eléctricas previamente indicadas. Toda la aparamenta se especifica para una calle.

1.13.1 INTERRUPTORES TRIFÁSICOS

Los interruptores permiten maniobrar un circuito en condiciones de intensidad nominal, sobreintensidad y cortocircuito durante un tiempo determinado.

Se instalan interruptores del modelo LTB 420E2 de ABB, que cumple con el reglamento ITC-RAT-06. A continuación, se muestra sus características:

Tensión nominal	420 kV
Frecuencia nominal	50 hz
Tensión soportada a nivel industrial	
A tierra y entre fases	520 kV
A través de polo abierto	610 kV
Tensión soportada a impulsos tipo rayo	
A tierra y entre fases	1.425 kV
A través de polo abierto	1.425 kV
Tensión soportada a impulsos tipo maniobra	
A tierra y entre fases	1050/1575 kV
A través de polo abierto	900 kV
Corriente nominal de servicio	4 kA
Corriente admisible de corta duración	50 kA
Tiempo de corte	40 ms
Secuencia de operación nominal	O-0,3 s-CO-3 min-CO o CO-15 s-CO

Tabla 11: Características del modelo LTB 420E2 de ABB

1.13.2 SECCIONADORES TRIFÁSICOS

Son elementos eléctricos de maniobra cuya misión es aislar tramos de forma visible. Su función principal es garantizar una mayor seguridad en las personas. Se usan para maniobrar en vacío y pueden operar con distinta tensión entre sus dos lados. Todos estos seccionadores debe cumplir la ITC-RAT-06.

- **Seccionador de barras pantógrafo**

Su objetivo es crear una separación física y visible entre los embarrados primarios y secundarios, de manera que, al realizar cualquier trabajo en estos, se pueda ver que el circuito está en vacío. Asimismo, se debe cumplir la ITC-RAT-06.

Se van a instalar seccionadores pantógrafos trifásicos del modelo GW54 de 420 kV de ABB:

Tensión nominal	420 kV
Frecuencia nominal	50 hz
Tensión soportada a nivel industrial	
A tierra y entre fases	560 kV
A través de polo abierto	750 kV
Tensión soportada a impulsos tipo rayo	
A tierra y entre fases	1.425 kV
A través de polo abierto	1.425+240 kV
Tensión soportada a impulsos tipo maniobra	
A tierra y entre fases	1.050 kV
A través de polo abierto	900+345 kV
Corriente nominal de servicio	4 kA
Corriente admisible de corta duración	50 kA

Tabla 12: Características del modelo GW54 DE 420 kV de ABB

- **Seccionador rotativo de tres columnas**

Su objetivo es crear una separación física y visible entre los distintos elementos que se encuentran en el embarrado secundario.

Se van a instalar seccionadores trifásicos, los cuales 2 de ellos tendrá la puesta a tierra. Asimismo, se va a utilizar el modelo eDB420 de ABB:

Tensión nominal	420 kV
Frecuencia nominal	50 hz
Tensión soportada a nivel industrial	
A tierra y entre fases	520 kV
A través de polo abierto	610 kV
Tensión soportada a impulsos tipo rayo	
A tierra y entre fases	1.425 kV
A través de polo abierto	1.425 +240 kV
Tensión soportada a impulsos tipo maniobra	
A tierra y entre fases	1.050 kV
A través de polo abierto	900+345 kV

Corriente nominal de servicio	4 kA
Corriente admisible de corta duración	50 kA

Tabla 13: Características del modelo eDB420 de ABB

1.13.3 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

Su función es transformar las intensidades en valores que puedan leer los equipos de medida, protección y control. Además, deben estar en conformidad con lo estipulado en la ITC-RAT 08.

Se van a instalar transformadores de intensidad en cada calle y se va a utilizar el modelo CA-420 de Arteche, con aislamiento papel-aceite:

Tensión nominal	420 kV
Frecuencia nominal	50 hz
Tensión soportada a nivel industrial	630/575 kV
Tensión soportada a impulsos tipo rayo	1.425/1.300 kV
Tensión soportada a impulsos tipo maniobra	1.050 kV
Corriente nominal de servicio	5 kA
Corriente admisible de corta duración	120 kA

Tabla 14: Características del modelo CA-420 de Arteche

1.13.4 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN CAPACITIVOS

Su función es alimentar instrumentos de medida entre otros. Además, deben estar en conformidad con lo estipulado en la ITC-RAT 08.

Se va a instalar 3 unidades en cada calle y una unidad en cada barra del modelo UTF-420 de Arteche, con aislamiento papel-aceite:

Tensión nominal	420 kV
Frecuencia nominal	50 hz
Tensión soportada a nivel industrial	630/575 kV
Tensión soportada a impulsos tipo rayo	1.425/1.300 kV
Tensión soportada a impulsos tipo maniobra	1.050/950 kV

Potencia térmica	3.500 VA
Línea de fuga estándar	10.500 mm

Tabla 15: Características de modelo UTF-420 de Arteche

1.13.5 AUTOVÁLVULAS

Dispositivos destinados a absorber las sobretensiones de alta frecuencia producidas por descargas, protegiendo así la aparamenta. Asimismo, funcionan como resistencias variables en función de la tensión y abaratan la aparamenta pues reducen el nivel de aislamiento necesario. Se va a instalar del modelo EXLIM P330-EH420, clase 4 de ABB.

Características	
Tensión máxima de la red	420 kV
Tensión nominal	330 kV
Tensión de funcionamiento continuo	264 kV
Tensión frente a sobretensiones temporales (TOVs)	382 kV
Tensión residual	823 kV
Corriente nominal de descarga	20 kA
Clase de descarga	4
Tipo de conexión del neutro	Rígido a tierra
Línea de fuga	11.002 mm

Tabla 16: Características del modelo EXLIM P330-EH420 de ABB

1.14 AISLADORES SOPORTE

Tienen el propósito de sostener los tubos de embarrados rígidos proporcionando aislamiento respecto a tierra. Además, deben estar en conformidad con lo estipulado en las normas IEC 60815 e IEC 60137.

Se han elegido aisladores soporte C16-1425 de POINSA para los embarrados principales.

Características	
Carga de rotura a flexión	16.000 N
Carga de rotura a torsión	6.000 N
Altura del aislador	3.150 mm
Altura de la pieza soporte	220 mm

Tabla 17: Características del modelo C16-1425 de POINSA

Se han elegido aisladores soporte C10-1425 de POINSA para los embarrados secundarios.

Características	
Carga de rotura a flexión	8.000 N
Carga de rotura a torsión	4.000 N
Altura del aislador	3.150 mm
Altura de la pieza soporte	170 mm

Tabla 18: Características del modelo C10-1425 de POINSA

1.15 RED DE TIERRAS

1.15.1 RED DE TIERRAS INFERIORES

El sistema de puesta a tierra de la subestación está diseñado para desviar las descargas atmosféricas captadas por la red de tierras superior. Para garantizar niveles seguros de tensiones de paso y contacto, se instalará una malla metálica enterrada compuesta por un cable de cobre de 120 mm² de sección, colocado a 1 metro de profundidad. Esta malla formará retículas de 6 metros por lado, con una longitud total de conductores enterrados de 9057,78 metros.

En el documento de cálculos se detallarán las hipótesis de diseño y los cálculos realizados, cumpliendo con la normativa ITC-RAT 13.

1.15.2 RED DE TIERRAS SUPERIORES

El sistema de tierras superiores tiene como objetivo captar las descargas atmosféricas y dirigirlas hacia la malla enterrada para disiparlas en la tierra, garantizando la seguridad del personal y los equipos de la subestación. El sistema consta de hilos de guarda paralelos y pararrayos tipo Franklin en los extremos de los pórticos. Tanto los hilos de guarda como los pararrayos están conectados a la malla de tierra a través de la estructura metálica de soporte, asegurando una conexión eléctrica adecuada. Para su diseño, se ha utilizado un modelo electrogeométrico de descargas atmosféricas ampliamente reconocido.

1.16 EMBARRADOS

En esta subestación, se utilizarán tres tipos de embarrados: embarrados principales, que sirven para la conexión de elementos de alta tensión; embarrados secundarios, para la conexión de aparamenta y por último, embarrados de tendido alto, los cuales están formados por conductores flexibles que realizan las funciones de interconexión.

1.16.1 EMBARRADOS PRINCIPALES

Características	
Aleación	E-AlMgSi0,5, F22
Diámetro exterior (D) interior (d)	250/228 mm
Espesor de la pared (e)	11 mm
Peso propio unitario (P _{pt})	22,30 kg/m
Sección (A)	8.259 mm ²
Carga de rotura del material (a _R)	195 N/mm ²
Momento de inercia (J)	5910 cm ⁴
Momento resistente (W)	473 cm ³
Módulo de elasticidad (Young) (E)	70.000 N/mm ²
Límite de fluencia mínimo del material (R _{p02})	160 N/mm ²
Coefficiente de dilatación lineal (s)	0,023 mm/m°C
Intensidad máxima ¹	5.014 A.

Tabla 19: Características de los embarrados principales.

1.16.2 EMBARRADOS SECUNDARIOS

Características	
Aleación	E-AlMgSi0,5, F22
Diámetro exterior (D) interior (d)	150/134 mm
Espesor de la pared (e)	8 mm
Peso propio unitario (P _{pt})	9,64 kg/m
Sección (A)	3.569 mm ²
Carga de rotura del material (a _R)	195 N/mm ²
Momento de inercia (J)	902 cm ⁴

Momento resistente (W)	120 cm ³
Módulo de elasticidad (Young) (E)	70.000 N/mm ²
Límite de fluencia mínimo del material (Rpo2)	160 N/mm ²
Coefficiente de dilatación lineal (s)	0,023 mm/m°C
Intensidad máxima ¹	3.250 A.

Tabla 20: Características de los embarrados secundarios.

1.16.3 EMBARRADOS DE TENDIDO ALTO

Características	
Formación	Dúplex
Tipo de cable	Lapwing
Sección total del conductor	861,33 mm ²
Diámetro exterior	38,16 mm
Peso propio del conductor	2,666 kg/m
Módulo de elasticidad de Young	70.000 N/mm ²
Intensidad admisible permanente a 35°C de temperatura ambiente y 75°C en conductor	2.129 A
Intensidad admisible permanente a 10°C de temperatura ambiente y 75°C en conductor	3.205 A

Tabla 21: Características de los embarrados de tendido alto.

1.17 ESTRUCTURAS METÁLICAS

Las estructuras metálicas y los soportes para la aparamenta serán fabricados utilizando perfiles de acero de alma llena conforme a las normativas estándar, ITC-07. Todos estos componentes contarán con un acabado galvanizado en caliente para protegerlos contra la corrosión.

Para asegurar estas estructuras, se crearán cimentaciones diseñadas específicamente para resistir los esfuerzos que recibirán. Estas cimentaciones se construirán utilizando hormigón y en ellas se incorporarán los pernos de anclaje necesarios. Asimismo, el proceso de hormigonado se realizará en dos etapas: primero, para asentar el cimiento y el segundo, para anclar la estructura en sí misma.

1.18 OBRA CIVIL

1.18.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Se considerará el estudio geotécnico junto con el estudio topográfico de la zona según el Instituto Geológico y Minero Español, teniendo en cuenta que el suelo está compuesto predominantemente de caliza blanda.

En primer lugar, se llevará a cabo la explanación del terreno destinado a la plataforma, eliminando y retirando la capa vegetal. A continuación, se procederá con la excavación y la tierra extraída durante el proceso deberá ser transportada a sitios autorizados para su disposición.

Antes de proceder con el relleno de la explanación, se instalará el mallado de la red de tierras a una profundidad de 1 metro. El terreno deberá ser nivelado y protegido adecuadamente para evitar la generación de polvo, por lo cual se cubrirá toda la superficie de la subestación con una capa de grava de 10 cm de espesor.

1.18.2 DRENAJES Y SANEAMIENTOS

Se colocarán tubos de drenaje necesarios para la captación de aguas en la zona designada. Todas las aguas recogidas serán dirigidas hacia la red de alcantarillado municipal, en el punto determinado por el Ayuntamiento de Briviesca.

Además, se implementará una red de saneamiento en el edificio principal para gestionar los afluentes provenientes de los aseos y lavamos. Estos se descargarán en la red de saneamiento municipal, siguiendo las indicaciones establecidas por el ayuntamiento.

1.18.3 CIMENTACIONES

Las cimentaciones destinadas al equipo consistirán en zapatas cuadradas de hormigón armado, diseñadas para soportar las cargas impuestas por las condiciones climáticas adversas y las cargas eléctricas en la subestación.

Para los apoyos metálicos de los pórticos y embarrados, se utilizará una cimentación de hormigón con diseño de pata de elefante, que proporciona mayor estabilidad y resistencia gracias a su base más grande.

1.18.4 VALLADO EXTERIOR

Todo el recinto de la subestación estará protegido por una valla de 2,50 metros de altura (ITC-RAT 15, establece una altura mínima de 2,2 m) y tendrá señales de peligro por alta tensión en cada una de sus direcciones, con el propósito de alertar sobre el riesgo de acceso a personas no autorizadas.

1.18.5 ACCESOS

La subestación contará con un acceso destinado a peatones y otro para vehículos, con dimensiones adecuadas para permitir la entrada de vehículos de gran tamaño. Estos accesos estarán representados en los planos de la planta general de la subestación. Además, se llevará a cabo la construcción de una carretera destinada al acceso a la subestación, proveniente de la carretera CL-632. Por último, todos los accesos serán debidamente pavimentados y asfaltados.

1.18.6 EDIFICIO DE CONTROL

Se construirá un Edificio de Mando y Control conforme a las normas establecidas por RED ELÉCTRICA. Este edificio estará equipado con una sala de control, sala de comunicaciones, sala de servicios auxiliares, almacén y aseos. Asimismo, en este estarán los sistemas de comunicaciones y de control, cuadros de servicios auxiliares y los sistemas de seguridad y antiintrusismo.

Por otro lado, el suministro de agua para el edificio se realizará mediante una conexión a la red municipal. En caso de que esto no fuese factible, se contemplaría la instalación de un depósito enterrado con una capacidad de 10 m³ para abastecer el edificio.

1.18.7 CASETAS DE RELÉ

Se instalarán cuatro casetas de relés prefabricadas, una en cada calle con dimensiones de 5x8 metros de la empresa Gilva. En ellas estarán los bastidores de relés, armarios de comunicaciones y cuadros de servicios auxiliares. Asimismo, la climatización de estas casetas estará equipada con un sistema de aire acondicionado y un termostato para controlar la calefacción.

1.19 ACCESO A LAS LÍNEAS

La subestación se encuentra conectada a la línea Grijota-Vitoria de 400 Kv, lo que implica la existencia de dos posiciones específicas destinadas a la entrada y salida de esta línea. El acceso de dichas líneas a la subestación será de forma aérea, ya que la ubicación del parque está en una zona rural. Asimismo, la localización de la subestación se ha seleccionado con el objetivo de reducir al máximo el impacto ambiental tanto de la propia instalación como de las vías de acceso de las líneas que enlazan. Además, se han implementado las medidas de mitigación y compensación necesarias conforme al estudio de impacto ambiental adjunto.

1.20 SISTEMAS DE PROTECCIÓN

Los sistemas de protección desempeñan un papel fundamental en la seguridad de las instalaciones de la subestación, abarcando líneas, barras, apartamento y otros equipos.

Estos sistemas deben cumplir con las normas establecidas en la ITC-RAT-09. Su función principal radica en detectar condiciones anómalas en el Sistema Eléctrico y, de manera automática, tomar medidas para restaurar la operación normal. Además, estos equipos se han

seleccionado conforme a los Criterios Generales de Protección. Entre las funciones de protección más destacadas se encuentran el sistema de doble diferencia con doble comunicación y el sistema de distancia con ajustes variables en las zonas de respaldo (87 y 21 para las líneas).

1.20.1 PROTECCIÓN DE BARRAS

Se dispondrá de relés de protección diferencial, teniendo una protección primaria (87B-1), para ambas barras con la especificación de dos zonas de protección independientes, una para cada barra. Asimismo, ocurrirá con la protección secundaria (87B-2).

Por tanto, se utilizará dos relés diferenciales de barras para cada barra de Schweitzer Engineering Laboratories, SEL-487B.

1.20.2 PROTECCIÓN DE LÍNEAS

Será necesario contar con los siguientes con una protección principal y otra secundaria.

- Protección principal, que debe incluir:
 - Protección de tensión máxima (59)
 - Protección de sobreintensidad direccional de neutro (67N)
 - Protección de reenganche (79)
 - Protección de protección diferencial (87)
 - Localizador de falta
 - Oscilografía

Por tanto, se utilizará el equipo P545 de Schneider Electric.

- Protección secundaria, que debe incluir:
 - Protección de distancia (21)
 - Protección de tensión máxima (59)
 - Protección de sobreintensidad direccional de neutro (67N)
 - Protección de reenganche (79)

- Protección diferencial (87)
- Localizar de falta
- Oscilografía

Por tanto, se utilizará el equipo SEL-421 de Schweitzer Engineering Laboratories.

1.20.3 PROTECCIÓN DE INTERRUPTORES

- Protección de Interruptores, que debe incluir:
 - Relé de tensión mínima (27)s
 - Protección de sobrecorriente instantánea/temporizada (50/51)
 - Protección de Fallo de interruptor (50S-62)s
 - Relé de comprobación de sincronismo (25)s
 - Protección de Discordancia de polos (2)
 - Oscilografía

Por tanto, se utilizará el relé de falla de interruptor de Schweitzer Engineering Laboratories, SEL-451.

1.20.4 PROTECCIÓN DE POSICIONES

- Protección de posiciones, que debe incluir:
 - Relé de tensión mínima (27)s
 - Protección de Fallo de interruptor (50S-62)s (Hay uno para cada interruptor).
 - Relé de comprobación de sincronismo (25)s
 - Protección de Discordancia de polos (2)
 - Oscilografía

Por tanto, se utilizará el relé de falla de interruptor de Schweitzer Engineering Laboratories, SEL-451.

1.21 SISTEMAS AUXILIARES

1.21.1 SERVICIOS AUXILIARES DE CORRIENTE ALTERNA

En primer lugar, se instalará dentro del edificio de control en la sala para los servicios auxiliares un cuadro general de C.A que será alimentado tanto por un transformador como por un grupo electrógeno.

El transformador de potencia incluirá un tercer devanado que reducirá los 400 kV del devanado primario a 33 kV. Este devanado terciario proporcionará energía a un centro de transformación prefabricado. El transformador tendrá las siguientes características y será de la marca Ormazábal.

Características	
Potencia nominal	250 kV
Tensión primaria	$33 \pm 2,5 \pm 5 + 7,5\%$ kV
Tensión secundaria (trifásica)	0,420 kV
Conexión	Triángulo / Estrella
Grupo de conexión	Dyn 11

Tabla 22: Características del transformador de los servicios auxiliares.

Por otro lado, se dispondrá de un grupo electrógeno Diesel de la marca Genesal Energy de modelo GEN220FC, con una capacidad de 111-385 kVA, operando a 400/230 V a 50 Hz, conforme a las normativas establecidas de REE. Asimismo, el grupo estará equipado con un depósito de combustible con capacidad para proporcionar energía durante un periodo de 72 horas, en caso de fallo en las fuentes de alimentación y equipo de trasiego para facilitar su reposición para cuando sea necesario. Por último, en caso de fugas, habrá un sistema para recoger los fluidos.

Los dos medios de alimentación mencionados suministrarán energía a los siguientes sistemas.

- Cuadro general de corriente alterna: este cuadro estará ubicado en la sala de servicios auxiliares del edificio de control. Se configurará con una barra partida simple para su operación.

- Cuadros de distribución de edificio de control: estos cuadros recibirán alimentación desde el cuadro general. Dentro de los cuadros de distribución se incluirán:
 - Cuadro general de alumbrado interior y exterior.
 - Cuadro de fuerza y climatización, con barras separadas.
 - Cuadro de la sala comunicaciones.
- Cuadros de distribución de casetas de relés: cada caseta de relés contará con un cuadro de servicios auxiliares para su funcionamiento.

1.21.2 SERVICIOS AUXILIARES DE CORRIENTE CONTINUA

Sistema de 125 V

Este sistema proporcionará energía a los equipos de protección, señalización, control y sistema de fuerza de corriente continua. Se implementarán dos equipos rectificador-batería con entrada trifásica de 400 V y salida de 125 V de corriente continua. Estos equipos estarán ubicados en la sala de servicios auxiliares del edificio de control y cada uno tendrá la capacidad de alimentar el cuadro general de corriente continua.

Asimismo, el cuadro de 125 V se configurará con una barra partida, siendo cada tramo de barras alimentado por un rectificador-batería.

Por otro lado, cada equipo rectificador-batería contará con una autonomía de aproximadamente 4 horas, lo que permitirá el tiempo suficiente para restablecer el suministro de corriente alterna o realizar un corte controlado en la subestación.

Sistema de 48 V

Este sistema estará dedicado a alimentar los equipos de telecomunicaciones y telecontrol. Se emplearán dos equipos rectificador-batería con entrada trifásica de 400 V y salida de 48 V de corriente continua. Además, el cuadro de 48 V estará compuesto por dos barras independientes, siendo cada una alimentada por un rectificador-batería.

1.22 SISTEMA DE ALUMBRADO Y FUERZA

1.22.1 ALUMBRADO

Iluminación de Calles y Posiciones

En conformidad con las normativas establecidas, se llevará a cabo la iluminación estándar de calles mediante proyectores orientables instalados a una altura inferior a 3 metros. Estos proyectores tendrán una potencia de 400 W y un haz semi-extensivo, permitiendo alcanzar 50 lux en cualquier área del parque al ajustar adecuadamente su dirección.

Iluminación de Viales

La iluminación de viales se realizará mediante luminarias con lámparas de VSAP de 70 W montadas en postes de 3 metros de altura, con el objetivo de alcanzar un nivel de iluminación de 5 lux.

Adicionalmente, se implementará un sistema de iluminación de emergencia que consistirá en grupos autónomos ubicado en las columnas de iluminación, específicamente para los viales perimetrales y sobre la misma estructura que la iluminación estándar o las tomas de corriente en el área al aire libre. Este sistema de emergencia será controlado de forma remota desde el edificio principal y tendrá una autonomía de una hora.

Edificio y Casetas

Los niveles de iluminación en las diversas áreas serán de 500 lux en las salas de control y comunicaciones y de 300 lux en la sala de servicios auxiliares, talles y casetas de relés.

Los sistemas de iluminación de emergencia para el edificio y las casetas se ubicarán en las zonas de tránsito y salidas, con encendido automático en caso de fallo en la iluminación estándar, si está seleccionado, con una autonomía de una hora.

1.22.2 FUERZA

Se instalarán tomas de fuerza combinadas de 3P+T (32 A) Y 2P +T (16 A) en cuadros al aire libre anclados a pilares cercanos a los viales, asegurando una cobertura adecuada para el parque considerando un radio de 25 metros para cada conjunto.

1.23 SISTEMA CONTRA INCENDIOS

De acuerdo con las especificaciones establecidas en la normativa ITC-RAT-14 para áreas interiores y la ITC-RAT-15 para áreas exteriores, se procederá a la instalación de los siguientes equipos:

- Detectores ópticos en el exterior y en el interior de la subestación.
- Detectores iónicos ubicados en la sala de servicios auxiliares, sala de comunicaciones, edificio de control y en las casetas de relés.
- Detectores termovelocimétricos instalados en el edificio de control y la sala de almacenamiento.
- Se incluirán componentes adicionales como pulsadores manuales de alarma, indicadores luminosos, una sirena de alarma, señalizaciones fotoluminiscentes en las rutas de evacuación, así como extintores polivalentes de 6 kg y un extintor móvil de polvo de 25 kg.

1.24 SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES

El sistema de telecomunicaciones implementado tiene como objetivo mejorar la eficiencia operativa de la subestación mediante la supervisión y el control remoto de sus equipos. Esto incluye optimizar las comunicaciones internas y externas para facilitar una mejor

coordinación entre los equipos. Es importante señalar que siempre habrá un doble sistema de comunicación para las funciones críticas y que un servicio crítico también se destinará al sistema protectorio, para la comunicación de las protecciones diferenciales de la línea.

En primer lugar, las telecomunicaciones para telemando y telecontrol tendrán un sistema monitorizado a distancia en tiempo real.

Asimismo, se instalará una red de fibra óptica para garantizar la transmisión de datos de forma rápida y eficaz.

Por último, se utilizará conexiones IP para establecer una red telefónica.

1.25 SISTEMA ANTI-INTRUSISMO

El sistema de prevención de intrusiones consistirá en cámaras de vigilancia, detectores de movimiento y una sirena exterior. El proveedor elegido será Senstar, una empresa especializada en la seguridad física en subestaciones. Los equipos que se instalarán serán los siguientes:

- FlexZone: sensor de localización montado en la cerca.
- Senstar LM100: solución de detección de intrusión.
- Symphony VMS: gestión de vídeo escalable.

Capítulo 2. CÁLCULOS

En este capítulo, se llevará a cabo una detallada justificación técnica de las decisiones adoptadas para los elementos críticos en la configuración de la subestación, así como para los puntos de entrada y salida de las líneas correspondientes.

La elección de tecnología AIS en la subestación implica la necesidad de realizar el cálculo mecánico de embarrados rígidos, la determinación del efecto corona, el cálculo de distancias eléctricas mínimas en embarrados tendidos y red de tierras inferiores y superiores.

Por otro lado, se presentará la normativa aplicable y la justificación técnica de cada elemento con su respectiva hipótesis.

2.1 CÁLCULO DE EMBARRADOS RÍGIDOS

2.1.1 HIPÓTESIS DEL DISEÑO

Para obtener las hipótesis de diseño se ha recurrido al documento “Informe anual de la evolución de la corriente de cortocircuito en la red de transporte del Sistema Eléctrico Peninsular Español de REE en 2022”. Donde se ha tomado como referencia los nudos de Grijota y Vitoria. En este caso, se tienen en cuenta estos datos:

- $I_{cc3} = 50 \text{ kA}$

- $R/X = 0.07$

-Duración del cortocircuito: 0.5 s

- Conductor rígido y condiciones del vano:

-Embarrado alto (A):

Para la interconexión de las barras principales, se utilizará un tubo de aluminio de diámetro exterior 250 mm e interior 228 mm. Asimismo, las condiciones del vano serán las siguientes:

- Longitud del vano: 20 m
- Distancia entre fases: 5m
- Anclaje: Fijo-Elástico

-Embarrado bajo (B):

Para el embarrado bajo en el que se conectará la aparamenta, se utilizará un tubo de aluminio con diámetro exterior de 150 mm y 134 mm. Además, las condiciones del vano serán las siguientes:

- Longitud del vano: 8 m
- Distancia entre fases: 5m
- Anclaje: Fijo-Elástico

2.1.2 CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN

Briviesca se encuentra a 750 m por debajo del nivel del mar, por tanto, se encuentra en Zona B, (según la ITC-LAT-07). Al estar en dicha zona, se consideran las siguientes condiciones climatológicas.

Las sobrecargas motivadas por el hielo, siendo D el diámetro exterior del conductor en milímetros.

$$P_H = 0,18 \cdot \sqrt{D}$$

Vano (A): 2,846 kg/m

Vano (B): 2,204 kg/m

La presión del viento a $V_v=140$ km/h, que se debe considerar por ser líneas de categoría especial.

$$P_V = 70 \cdot \left(\frac{V_v}{120} \right)^2 = 95,3 \frac{daN}{m^2}$$

Por otro lado, la temperatura en la zona varía entre 0° C y 27° C, el nivel de contaminación es bajo y no se registran movimientos sísmicos.

2.1.3 NORMATIVA APLICABLE

Los cálculos que se realizan a continuación cumplen con la normativa vigente en España referente a este tipo de instalaciones y está basado en las siguientes Normas y Reglamentos:

-Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. R. D. 3275/1982 de 12 de noviembre y sus modificaciones posteriores, la última por O. M. de 10/03/00.

-Instrucciones Técnicas Complementarias en Subestaciones. DECRETO nº 842/02 de 2-AGO en B.O.E.: 18-SEPT-02.

-Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero de 2008.

-Norma CEI 865 de 1986, “Cálculo de los efectos de las corrientes de cortocircuito”.

-Norma UNE EN 60865-1, “Corrientes de cortocircuito, cálculo de efectos. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo”.

-Norma CEI 909-1988, “Cálculo de corrientes de cortocircuito en redes de corriente alterna trifásica”.

-Norma VDE 0102.

-Norma DIN 43670.

Si al aplicar las normas y reglamentos anteriores se obtuviesen valores que discrepasen con los que pudieran obtenerse con otras normas o métodos de cálculo, se considerará siempre el resultado más desfavorable, con objeto de estar siempre del lado de la seguridad.

2.1.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS A INSTALAR

- Embarrados principales, Vano (A):

Características	
Aleación	E-AlMgSi0,5, F22
Diámetro exterior (D) interior (d)	250/228 mm
Espesor de la pared (e)	11 mm
Peso propio unitario (P_{pt})	22,30 kg/m
Sección (A)	8.259 mm ²
Carga de rotura del material (a_R)	195 N/mm ²
Momento de inercia (J)	5910 cm ⁴
Momento resistente (W)	473 cm ³
Módulo de elasticidad (Young) (E)	70.000 N/mm ²
Límite de fluencia mínimo del material (R_{po2})	160 N/mm ²
Coeficiente de dilatación lineal (s)	0,023 mm/m°C
Intensidad máxima	5.014 A.

Tabla 23: Características de los embarrados principales.

- Embarrados secundarios, Vano (B):

Características	
Aleación	E-AlMgSi0,5, F22
Diámetro exterior (D) interior (d)	150/134 mm
Espesor de la pared (e)	8 mm
Peso propio unitario (P_{pt})	9,64 kg/m
Sección (A)	3.569 mm ²
Carga de rotura del material (a_R)	195 N/mm ²
Momento de inercia (J)	902 cm ⁴
Momento resistente (W)	120 cm ³
Módulo de elasticidad (Young) (E)	70.000 N/mm ²
Límite de fluencia mínimo del material (R_{po2})	160 N/mm ²
Coeficiente de dilatación lineal (s)	0,023 mm/m°C
Intensidad máxima ¹	3.250 A.

Tabla 25: Características de los embarrados secundarios.

Se han elegido aisladores soporte C16-1425 de la marca POINSA para los embarrados principales Vano (A):

Características	
Carga de rotura a flexión	16.000 N
Carga de rotura a torsión	6.000 N
Altura del aislador	3.150 mm
Altura de la pieza soporte	220 mm
Carga de rotura a flexión	16.000 N

Tabla 24: Características de los aisladores soporte para el vano A.

Se han elegido aisladores soporte C10-1425 de la marca POINSA para los embarrados secundarios.

Características	
Carga de rotura a flexión	8.000 N
Carga de rotura a torsión	4.000 N
Altura del aislador	3.150 mm
Altura de la pieza soporte	170 mm

Tabla 25: Características de los aisladores soporte para el vano B.

2.1.5 CÁLCULO MECÁNICO DEL EMBARRADO PRINCIPAL

2.1.5.1 Corriente de cortocircuito

La intensidad de cortocircuito trifásico (I_{cc}) especificada en la hipótesis de diseño es de 50 kA.

Por otro lado, la intensidad de cresta de cortocircuito trifásico, según la norma CEI 909:

$$I_{p3} = \chi \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc} = 1,8144 \cdot \sqrt{2} \cdot 50 = 128,295 \text{ kA}$$

Siendo, $\chi = 1,02 + 0,98 \cdot e^{\frac{-3R}{x}} = 1,8144$.

Por otro lado, $\frac{R}{X}$ es la relación de impedancias equivalentes del sistema en el punto de cortocircuito. Para la red de transporte a este nivel de tensión, esta relación suele situarse en torno a 0,07.

2.1.5.2 Tensión en el tubo

Para las tensiones en los tubos se tendrá en cuenta los esfuerzos debidos por el viento, por el peso del propio tubo, esfuerzo por el hilo y por el cortocircuito.

- Esfuerzos por viento

$$F_v = p_v \cdot D = 238,25 \frac{N}{m}$$

Siendo,

$$p_v = 953 \frac{N}{m^2}, \text{ presión del viento a 140 km/h.}$$

$$D = 250 \text{ mm, diámetro exterior del tubo}$$

- Esfuerzos por peso propio

$$F_{\text{peso propio}} = F_{\text{peso tubo}} + \text{Cable amortiguador} = 253,633 \frac{N}{m}$$

Siendo,

$$F_{\text{peso tubo}} = P_{\text{propio unitario}} \cdot g = 22,30 \frac{kg}{m} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 218,763 \frac{N}{m}$$

El cable amortiguador es el tipo Dúplex LAPWGIN:

$$\text{Cable amortiguador} = \frac{4}{3} \cdot 2,666 \frac{kg}{m} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 34,87 \frac{N}{m}$$

- Esfuerzos por hielo:

Se encuentra en Zona B, por lo tanto, el esfuerzo dado por el hielo es el siguiente:

$$F_H = 0,18 \cdot \sqrt{D} \cdot g = 27,92 \text{ N/m}$$

- Esfuerzos por cortocircuito:

El esfuerzo máximo debido a un cortocircuito ocurriría en la fase intermedia, ya que se encuentra posicionada entre dos fases. Asimismo, la fuerza estática por unidad de longitud entre dos conductores paralelos, por los cuales fluye una corriente, se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$F_{m3st} = 0,866 \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_{p3}^2}{2 \cdot \pi \cdot a} = 570,16 \text{ N/m}$$

Siendo:

I_{p3} : 128,295 kA, intensidad de cresta de cortocircuito trifásico.

a : 5 m, distancia media entre fases.

μ_0 : $4\pi \cdot 10^{-7}$, permeabilidad magnética en el vacío.

Los esfuerzos dinámicos dependen de la frecuencia natural de la vibración del tubo, la cual depende de las características del tubo, la distancia entre los soportes y el tipo de apoyos. Con dicha frecuencia, se calcula dos coeficientes que definen los esfuerzos dinámicos provocados por un cortocircuito en el tubo.

V_σ : factor del efecto dinámico.

V_r : factor del reenganche.

Se determina la frecuencia de vibración de un tubo, con la norma, S/ CEI 865.

$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}} = 1,57 \text{ Hz}$$

Donde:

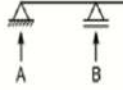
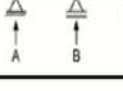
I : 5910 cm^4 , inercia de la sección.

M : 25,854 masa unitaria del tubo + cable amortiguador.

E : $70.000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$, módulo de Young del material del tubo.

l : 20 longitud del vano.

γ : 1,57, coeficiente del tubo y los apoyos.

Tipo de viga y de soporte		Factor α	Factor β^*	Factor γ
Vigas de un solo vano	A y B: soportes simples 	A: 0,5 B: 0,5	1,0	1,57
	A: soporte empotrado B: soporte simple 	A: 0,625 B: 0,375	$\frac{8}{11} = 0,73$	2,45
	A y B: soportes empotrados 	A: 0,5 B: 0,5	$\frac{8}{16} = 0,5$	3,56
Vigas continua con soportes simples equidistantes	Dos vanos 	A: 0,375 B: 1,25	$\frac{8}{11} = 0,73$	2,45
	Tres o más vanos 	A: 0,4 B: 1,1	$\frac{8}{11} = 0,73$	3,56

* Se incluyen los efectos de plasticidad.

Figura 5: Tabla para la determinación de los coeficientes y los apoyos.

Para obtener los valores de V_o y V_r , se utiliza la siguiente relación entre la frecuencia de oscilación f_c y la frecuencia nominal del sistema que en este caso son 50 Hz y los siguientes gráficos pertenecientes a la norma IEC 865:

$$\frac{f_c}{50} = 0,031$$

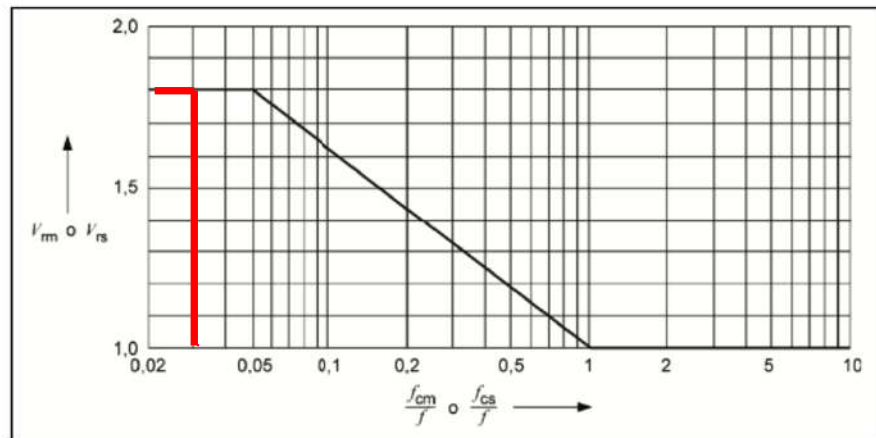


Figura 6: Relación entre la frecuencia de oscilación f_c y la frecuencia nominal del sistema respecto el factor de reenganche.

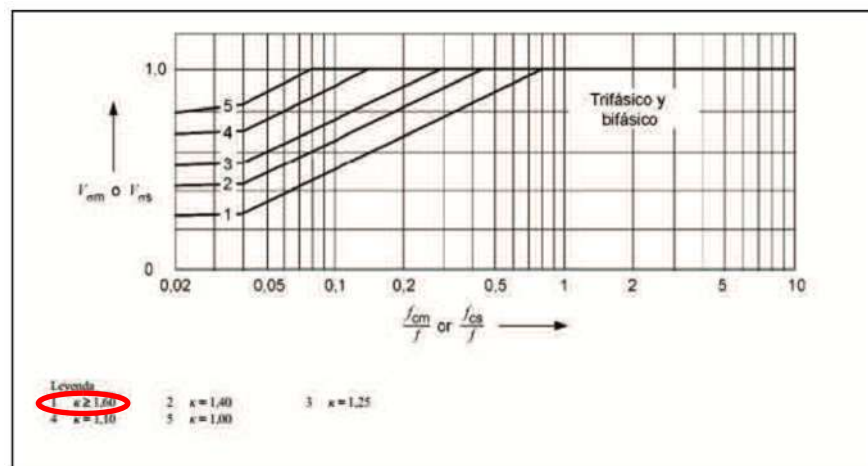


Figura 7: Relación entre la frecuencia de oscilación f_c y la frecuencia nominal del sistema respecto el factor de efecto dinámico.

Con la siguiente fórmula de la norma iEC 865, se calcula V_σ y V_r :

$$V_\sigma = 0,756 + 4,49 \cdot e^{-1,68 \cdot k} + 0,54 \cdot \log \frac{f_c}{f} = 0,254$$

$$V_r = 1 - 0,615 \cdot \log \frac{f_c}{f} = 1,92$$

Siendo $k=1,6$ obtenida de las gráficas anteriores.

Por lo tanto, la tensión que tiene que soportar el tubo por el esfuerzo dinámico de cortocircuito es:

$$\sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \frac{F_{m3st} \cdot l^2}{8 \cdot W} = 29,39 \frac{N}{mm^2}$$

Donde:

β : 1 S/CEI 865.

$W = 473 cm^3$, momento resistente del material.

$l = 20$, longitud del vano.

$F_{m3st} = 570,16 N/m$, fuerza estática por unidad de longitud.

$V_\sigma = 0,254$, factor del efecto dinámico.

$V_r = 1,92$, factor del reenganche.

La tensión total en el tubo se obtiene como la suma geométrica de las tensiones generadas por los diversos esfuerzos y considerando todas las cargas uniformemente distribuidas.

$$\sigma_i = \frac{1}{8} \cdot \frac{P \cdot l^2}{W} =$$

Donde:

β : 1 S/CEI 865

$W = 473 cm^3$, momento resistente del material

$l = 20$, longitud del vano.

$P = N/m$, carga repartida que produce el esfuerzo

-Esfuerzos por viento:

$$\sigma_v = \frac{1}{8} \cdot \frac{238,25 \cdot 20^2}{473} = 25,18 \frac{N}{mm^2}$$

-Esfuerzos por peso propio:

$$\sigma_p = \frac{253,633}{8} \cdot \frac{20^2}{473} = 26,81 \frac{N}{mm^2}$$

-Esfuerzos por hielo:

$$\sigma_H = \frac{1}{8} \cdot \frac{27,92 \cdot 20^2}{473} = 2,95 \frac{N}{mm^2}$$

Por tanto, la tensión máxima vale:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \sqrt{(\sigma_m + \sigma_v)^2 + (\sigma_p + \sigma_H)^2} = 62,8 \frac{N}{mm^2}$$

Se calcula ahora el coeficiente de seguridad del tubo frente al límite de fluencia dado por la ecuación.

$$Coef. seguridad = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{m\acute{a}x}} = \frac{160}{62,8} = 2,54$$

Según la norma CEI 865 el tubo debe soportar los esfuerzos que:

$$\sigma_{m\acute{a}x} \leq q \cdot R_{p0,2}$$

$$62,8 \leq 1,322 \cdot 160 = 211,52 \frac{N}{mm^2}$$

Por tanto, se cumple la norma CEI 865 y el tubo soporta los esfuerzos calculados.

Donde,

$$R_{p0,2} = 160 \frac{N}{mm^2}, \text{ límite elástico}$$

$$q=1,322, \text{ factor de resistencia del conductor}$$

Para calcular dicho factor de resistencia del conductor, se obtiene de la siguiente ilustración.

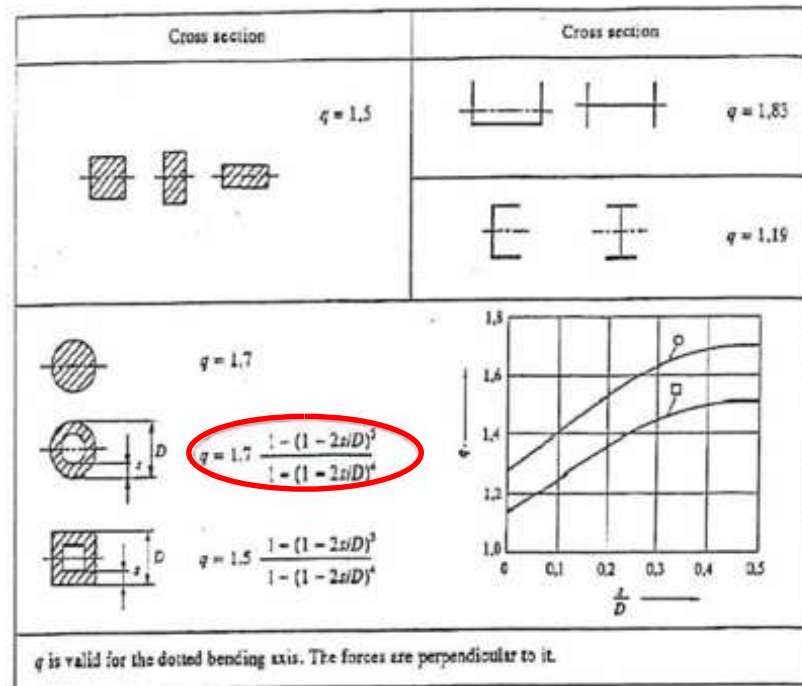


Figura 8: Tabla para la obtención del factor de resistencia del conductor.

2.1.5.3 Reacciones sobre aisladores soporte

Se considerará que el esfuerzo máximo en el vano en cuestión recae sobre los aisladores intermedios, por lo que se aplicará un coeficiente de 0,5 al esfuerzo generado en un vano, de acuerdo con lo establecido en la normativa CEI 865. Asimismo, solo se considerarán acciones horizontales.

- Viento sobre el tubo:

$$F_v = p_v \cdot D = 238,25 \frac{N}{m}$$

Siendo,

$$p_v = 953 \frac{N}{m^2}, \text{ presión del viento a 140 km/h.}$$

$$D = 250 \text{ mm, diámetro exterior del tubo}$$

- Esfuerzo en cortocircuito:

$$F_{m3d} = 0,866 \cdot \frac{V_f \cdot V_r \cdot \mu_0 \cdot I_{p3}^2}{2 \cdot \pi \cdot a} = 358,63 \text{ N/m}$$

Siendo:

I_{p3} : 128,295 kA, intensidad de cresta de cortocircuito trifásico.

a : 5 m, distancia media entre fases.

μ_0 : $4\pi \cdot 10^{-7}$, permeabilidad magnética en el vacío.

V_f : 0,328 factor de carga, dependiente de la relación $fc/50 = 0,031$.

V_r : 1,92

Por tanto, teniendo en cuenta el viento sobre el tubo y el esfuerzo en cortocircuito, el esfuerzo que se ejerce sobre los aisladores soporte:

$$F_t = \sum_i (F_v + F_{m3d}) \cdot l \cdot \alpha = 11.937,6 \text{ N}$$

Donde,

$i=2$

$\alpha = 0,5$, coeficiente de reparto para el soporte crítico del vano.

El esfuerzo que se genera en el eje del tubo, ubicado a 220 mm por encima de la parte superior del aislador, cuya altura es de 3.150 mm.

$$F_{total} = F_t \cdot \frac{(altura \text{ aislador} + dist \text{ eje-aislador})}{altura \text{ aislador}} = 12.771,33 \text{ N}$$

El aislador operará, en las peores condiciones, con un coeficiente de seguridad respecto a la carga inferior de rotura de:

$$Coef. \text{ seguridad} = \frac{F_{m\acute{a}x}}{F} = \frac{16000}{12.771,33} = 1,25$$

2.1.5.4 Flecha en el tubo

Se calcula con la siguiente expresión la flecha máxima para un vano:

$$f = \alpha_f \cdot \frac{P \cdot l^4}{EI} \cdot 100(\text{cm}) = 12,75 \text{ cm}$$

Siendo:

P: 253,633 N/m, carga vertical distribuida.
l: 20 m, longitud del vano.
E: 70.000 N/mm², módulo de Young.
I: 5910 cm⁴, inercia de la sección.
 α_f : factor que depende del tipo de apoyo y que toma el valor 1,3.

La carga (P) a tener en cuenta en este caso es el peso propio del tubo, sumado al del cable amortiguador y el manguito del hielo.

2.1.5.5 Elongación del embarrado

Se calcula con la siguiente expresión la flecha máxima para un vano:

$$\Delta l = l_o \cdot \alpha \cdot \Delta \theta = 20,7 \text{ mm}$$

Siendo:

l_o : 20m, longitud inicial del tubo.
 α : 0,023 mm/m°C, coeficiente de dilatación lineal del tubo.
 $\Delta \theta$: 45°, incremento de temperatura (T de servicio (80°)- T de montaje (35°)).

2.1.5.6 Esfuerzo térmico en cortocircuito

Según la norma CEI-865, la intensidad térmica en cortocircuito es calculada según la siguiente expresión:

$$I_{\theta} = I_{cc} \cdot \sqrt{(m + n)} = 46,23 \text{ kA}$$

Los coeficientes térmicos de disipación m y n valen 0,097 y 0,758, respectivamente. Asimismo, la intensidad de cortocircuito es 50 kA.

El valor de la intensidad térmica en cortocircuito debe ser menor que la capacidad térmica del tubo.

Para este tubo, la capacidad térmica es:

$$A \cdot \rho = 958,04 \text{ kA}$$

Siendo, $A=8259 \text{ mm}^2$ la sección del tubo y $\rho=116 \text{ A/mm}^2$ la densidad en cortocircuito. Por lo tanto, se cumple $I_{\theta} < 958,04 \text{ kA}$.

2.1.5.7 Intensidad nominal de las barras

La intensidad nominal teórica del tubo seleccionado, según el fabricante es de 5.014 A a una temperatura ambiente de 30°C y una temperatura de trabajo del tubo de 65°C.

De acuerdo con la norma DIN 43670, esta intensidad debe ajustarse utilizando diversos factores dependiendo de la composición del tubo, la altitud y la temperatura máxima de trabajo, según la ITC-RAT-5. Por tanto, los factores a tener en cuenta los siguientes:

Tipo de aleación:	$k_1=0,925$
Temperatura final de 80°:	$k_2=1,25$
Tubo:	$k_3=1$
Instalación a menos de 1000 metros sobre el nivel del mar:	$k_4=0,98$

$$I_{m\acute{a}x} = I_n \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 = 5681,48 \text{ A}$$

$$S = \sqrt{3} \cdot I_{m\acute{a}x} \cdot 400 \text{ kV} = 3936 \text{ MVA}$$

Finalmente, son 3936 MVA, potencia superior a la necesaria.

2.1.6 CÁLCULO MECÁNICO DEL EMBARRADO SECUNDARIO

2.1.6.1 Corriente de cortocircuito

La intensidad de cortocircuito trifásico (I_{cc}) especificada en la hipótesis de diseño es de 50 kA.

La intensidad de cresta de cortocircuito trifásico es la misma que se había calculado para el embarrado principal.

$$I_{p3} = \chi \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc} = 128,295 \text{ kA}$$

2.1.6.2 Tensión en el tubo

Para las tensiones en los tubos se tendrá en cuenta los esfuerzos debidos por el viento, por el peso del propio tubo, esfuerzo por el hilo y por el cortocircuito.

- Esfuerzos por viento

$$F_v = p_v \cdot D = 142,95 \frac{N}{m}$$

Siendo,

$$p_v = 953 \frac{N}{m^2}, \text{ presión del viento a 140 km/h.}$$

$$D = 150 \text{ mm, diámetro exterior del tubo}$$

- Esfuerzos por peso propio

$$F_{\text{peso propio}} = F_{\text{peso tubo}} + \text{Cable amortiguador} = 105,01 \frac{N}{m}$$

Siendo,

$$F_{\text{peso tubo}} = P_{\text{propio unitario}} \cdot g = 9,63 \frac{kg}{m} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 94,47 \frac{N}{m}$$

El cable amortiguador es el tipo Rail:

$$\text{Cable amortiguador} = \frac{2}{3} \cdot 1,598 \frac{kg}{m} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 10,54 \frac{N}{m}$$

- Esfuerzos por hielo:

Se encuentra en Zona B, por lo tanto, el esfuerzo dado por el hielo es el siguiente:

$$F_H = 0,18 \cdot \sqrt{D} \cdot g = 21,63 \text{ N/m}$$

- Esfuerzos por cortocircuito:

El esfuerzo máximo debido a un cortocircuito ocurriría en la fase intermedia, ya que se encuentra posicionada entre dos fases. Asimismo, la fuerza estática por unidad de longitud entre dos conductores paralelos, por los cuales fluye una corriente, se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$F_{m3st} = 0,866 \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_{p3}^2}{2 \cdot \pi \cdot a} = 570,16 \text{ N/m}$$

Siendo:

I_{p3} : 128,295 kA, intensidad de cresta de cortocircuito trifásico.

a : 5 m, distancia media entre fases.

μ_0 : $4\pi \cdot 10^{-7}$, permeabilidad magnética en el vacío.

Al ser la corriente de cresta y la distancia entre fases la misma que en el embarrado principal, el esfuerzo por cortocircuito es el mismo.

Se determina la frecuencia de vibración de un tubo, con la norma CEI 865.

$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}} = 5,96 \text{ Hz}$$

Donde:

I : 902 cm^4 , inercia de la sección.

m : $105,01 / 9,81 = 10,70 \text{ kg/m}$ masa unitaria del tubo + cable amortiguador.

E : $70.000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$, módulo de Young del material del tubo.

l : 8 m longitud del vano.

γ : 1,57, coeficiente del tubo y los apoyos.

Para obtener los valores de V_σ y V_r , se utiliza la siguiente relación entre la frecuencia de oscilación f_c y la frecuencia nominal del sistema que en este caso son 50 Hz y los siguientes gráficos pertenecientes a la norma IEC 865:

$$\frac{f_c}{50} = 0,119 \text{ Hz}$$

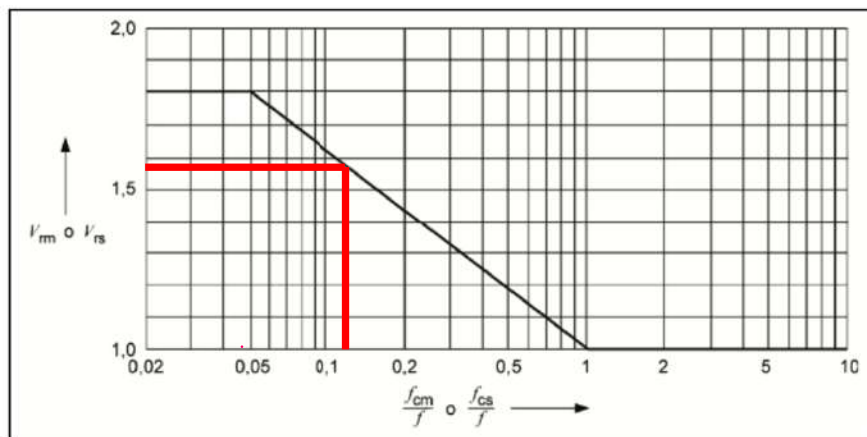


Figura 9: Relación entre la frecuencia de oscilación f_c y la frecuencia nominal del sistema respecto el factor de reenganche.

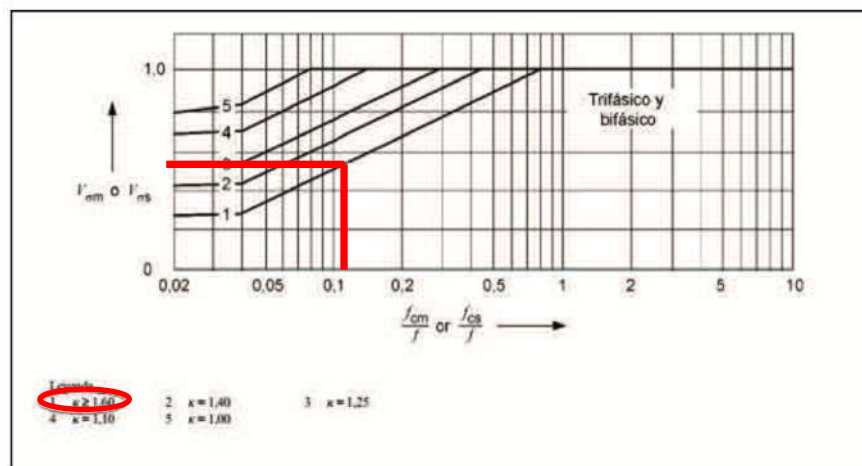


Figura 10: Relación entre la frecuencia de oscilación f_c y la frecuencia nominal del sistema respecto el factor de efecto dinámico.

Con la siguiente fórmula de la norma IEC 865, se calcula V_σ y V_r :

$$V_{\sigma} = 0,756 + 4,49 \cdot e^{-1,68 \cdot k} + 0,54 \cdot \log \frac{f_c}{f} = 0,562$$

$$V_r = 1 - 0,615 \cdot \log \frac{f_c}{f} = 1,568$$

Siendo $k=1,6$ obtenida de las gráficas anteriores.

Por lo tanto, la tensión que tiene que soportar el tubo por el esfuerzo dinámico de cortocircuito es:

$$\sigma_m = V_{\sigma} \cdot V_r \cdot \beta \cdot \frac{F_{m3st} \cdot l^2}{8 \cdot W} = 33,49 \frac{N}{mm^2}$$

Donde:

β : 1 S/CEI 865

$W = 120 \text{ cm}^3$, momento resistente del material

$l = 8$, longitud del vano.

$F_{m3st} = 570,16 \text{ N/m}$, fuerza estática por unidad de longitud

$V_{\sigma} = 0,562$, factor del efecto dinámico

$V_r = 1,568$, factor del reenganche

La tensión total en el tubo se obtiene como la suma geométrica de las tensiones generadas por los diversos esfuerzos y considerando todas las cargas uniformemente distribuidas.

$$\sigma_i = \frac{1}{8} \cdot \frac{P \cdot l^2}{W}$$

Donde:

β : 1 S/CEI 865

$W = 120 \text{ cm}^3$, momento resistente del material

$l = 10$, longitud del vano.

$P = \text{N/m}$, carga repartida que produce el esfuerzo

- Esfuerzos por viento:

$$\sigma_v = \frac{1}{8} \cdot \frac{142,95 \cdot 8^2}{120} = 9,53 \frac{N}{mm^2}$$

- Esfuerzos por peso propio:

$$\sigma_p = \frac{105,01}{8} \cdot \frac{8^2}{120} = 7 \frac{N}{mm^2}$$

- Esfuerzos por hielo:

$$\sigma_H = \frac{1}{8} \cdot \frac{21,63 \cdot 8^2}{120} = 1,44 \frac{N}{mm^2}$$

Por tanto, la tensión máxima vale:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \sqrt{(\sigma_m + \sigma_v)^2 + (\sigma_p + \sigma_H)^2} = 43,84 \frac{N}{mm^2}$$

Se calcula ahora el coeficiente de seguridad del tubo frente al límite de fluencia dado por la ecuación.

$$Coef. seguridad = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{m\acute{a}x}} = \frac{160}{43,84} = 3,65$$

Según la norma CEI 865 el tubo debe soportar los esfuerzos que:

$$\sigma_{m\acute{a}x} \leq q \cdot R_{p0,2}$$

$$43,84 \leq 1,344 \cdot 160$$

Por tanto, se cumple la norma CEI 865 y el tubo soporta los esfuerzos calculados.

Donde,

$$R_{p0,2} = 160 \frac{N}{mm^2}, \text{ límite elástico}$$

$$q = 1,344, \text{ factor de resistencia del conductor}$$

Para calcular dicho factor de resistencia del conductor, se obtiene de la siguiente ilustración.

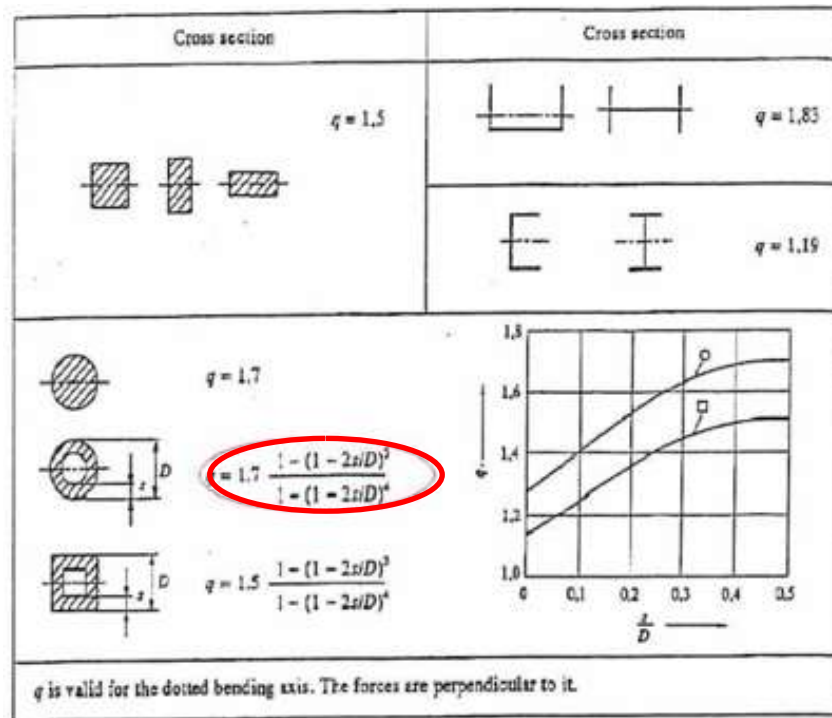


Figura 11: Tabla para la obtención del factor de resistencia del conductor.

2.1.6.3 Reacciones sobre aisladores soporte

Se considerará que el esfuerzo máximo en el vano en cuestión recae sobre los aisladores intermedios, por lo que se aplicará un coeficiente de 0,5 al esfuerzo generado en un vano, de acuerdo con lo establecido en la normativa CEI 865. Asimismo, solo se considerarán acciones horizontales.

- Viento sobre el tubo:

$$F_v = p_v \cdot D = 142,95 \frac{N}{m}$$

Siendo,

$$p_v = 953 \frac{N}{m^2}, \text{ presión del viento a 140 km/h.}$$

$$D = 150 \text{ mm, diámetro exterior del tubo}$$

- Esfuerzo en cortocircuito:

$$F_{m3d} = 0,866 \cdot \frac{V_f \cdot V_r \cdot \mu_0 \cdot I_{p3}^2}{2 \cdot \pi \cdot a} = 564,12 \text{ N/m}$$

Siendo:

I_{p3} : 128,295 kA, intensidad de cresta de cortocircuito trifásico.

a: 5 m, distancia media entre fases.

μ_0 : $4\pi \cdot 10^{-7}$, permeabilidad magnética en el vacío.

V_r : 1,568

V_f = factor de carga, dependiente de la relación $f_c/50 = 0,119$, que vale 0,631.

Por tanto, teniendo en cuenta el viento sobre el tubo y el esfuerzo en cortocircuito, el esfuerzo que se ejerce sobre los aisladores soporte:

$$F_t = \sum_i (F_v + F_{m3d}) \cdot l \cdot \alpha = 5656,57 \text{ N}$$

Donde,

$$i=2$$

$\alpha = 0,5$, coeficiente de reparto para el soporte crítico del vano.

El esfuerzo que se genera en el eje del tubo, ubicado a 170 mm por encima de la parte superior del aislador, cuya altura es de 3.150 mm.

$$F_{total} = F_t \cdot \frac{(altura \text{ aislador} + dist \text{ eje-aislador})}{altura \text{ aislador}} = 5961,84 \text{ N}$$

El aislador operará, en las peores condiciones, con un coeficiente de seguridad respecto a la carga inferior de rotura de:

$$\text{Coef. seguridad} = \frac{F_{\text{máx}}}{F} = \frac{8000}{5961,84} = 1,34$$

2.1.6.4 Flecha en el tubo

Se calcula con la siguiente expresión la flecha máxima para un vano:

$$f = \alpha_f \cdot \frac{P \cdot l^4}{EI} \cdot 100(\text{cm}) = 0,88 \text{ cm}$$

Siendo:

P: 105,01 N/m, carga vertical distribuida.

l: 8 m, longitud del vano.

E: 70.000 N/mm², módulo de Young.

I: 902 cm⁴, inercia de la sección.

α_f : factor que depende del tipo de apoyo y que toma el valor 1,3.

La carga (P) a tener en cuenta en este caso es el peso propio del tubo, sumado al del cable amortiguador y el manguito del hielo.

2.1.6.5 Elongación del embarrado

Se calcula con la siguiente expresión la flecha máxima para un vano:

$$\Delta l = l_o \cdot \alpha \cdot \Delta \theta = 8,28 \text{ mm}$$

Siendo:

l_o : 8 m, longitud inicial del tubo.

α : 0,023 mm/m°C, coeficiente de dilatación lineal del tubo.

$\Delta \theta$: 45°, incremento de temperatura (T de servicio (80°)- T de montaje (35°)).

2.1.6.6 Esfuerzo térmico en cortocircuito

Según la norma CEI-865, la intensidad térmica en cortocircuito es calculada según la siguiente expresión:

$$I_{\theta} = I_{cc} \cdot \sqrt{(m + n)} = 46,23 \text{ kA}$$

Los coeficientes térmicos de disipación m y n valen 0,097 y 0,758, respectivamente. Asimismo, la intensidad de cortocircuito es 50 kA.

El valor de la intensidad térmica en cortocircuito debe ser menor que la capacidad térmica del tubo.

Para este tubo, la capacidad térmica es:

$$A \cdot \rho = 414 \text{ kA}$$

Siendo, A=3569 mm² la sección del tubo y $\rho=116 \text{ A/mm}^2$ la densidad en cortocircuito.

Por lo tanto, se cumple $I_{\theta} < 414 \text{ kA}$.

2.1.6.7 Intensidad nominal de las barras

La intensidad nominal teórica del tubo seleccionado, según el fabricante es de 3.250 A a una temperatura ambiente de 30°C y una temperatura de trabajo del tubo de 65°C.

De acuerdo con la norma DIN 43670, esta intensidad debe ajustarse utilizando diversos factores dependiendo de la composición del tubo, la altitud y la temperatura máxima de trabajo, según la ITC-RAT-5. Por tanto, los factores a tener en cuenta los siguientes:

Tipo de aleación:	k1=0,925
Temperatura final de 80°:	k2=1,25
Tubo:	k3=1
Instalación a menos de 1000 metros sobre el nivel del mar:	k4=0,98

$$I_{m\acute{a}x} = I_n \cdot k1 \cdot k2 \cdot k3 \cdot k4 = 3682,65 \text{ A}$$

$$S = \sqrt{3} \cdot I_{m\acute{a}x} \cdot 400 \text{ kV} = 2551 \text{ MVA}$$

Finalmente, son 2.551 MVA, potencia superior a la necesaria.

2.2 CÁLCULO DE EFECTO CORONA

El efecto corona ocurre debido a que los conductores experimentan incrementos en el voltaje, es decir su gradiente de potencial en su superficie aumenta. Este gradiente puede aumentar y volverse superior al gradiente disruptivo del aire circundante. Cuando ocurre esto, el aire alrededor del conductor se ioniza y se manifiesta en un sonido crepitante y una luz azulada.

2.2.1 CÁLCULO DE LA TENSIÓN DISRUPTIVA

La tensión disruptiva es la tensión a partir se puede manifestar el efecto corona. Para calcular, se utilizará la fórmula de Peek.

$$U_c = m_o \cdot m_t \cdot \delta \cdot E_{of} \cdot r_1 \cdot \log\left(\frac{D}{r_1}\right) =$$

Siendo,

m_o : 1, coeficiente de irregularidad del conductor. (En este caso, toma el valor de uno por ser un tubo cilíndrico y liso).

m_t : 1, coeficiente meteorológico. (En este caso, al ser un clima seco toma el valor de 1).

δ : factor de corrección de la densidad del aire.

E_{of} : valor eficaz del campo eléctrico crítico para que se manifieste el efecto corona.

r_1 : 7,5 cm, radio exterior del tubo del embarrado secundario o 12,5 cm en el caso del embarrado principal.

D : 5 m, distancia media geométrica entre fases.

$$D = a \cdot \sqrt[3]{2} = 6,3 \text{ m} \quad a = 5 \text{ m, distancia entre fases}$$

Para calcular, el factor de corrección de la densidad del aire:

$$\delta = \frac{3,92 \cdot H}{273 + \phi} = 0,937$$

Siendo,

H : presión atmosférica en cm de mercurio. La subestación se encuentra a una altura inferior de 1000 metros sobre el nivel del mar, por tanto, se considera 760 mmHg de presión.

ϕ : temperatura del aire, en este caso son 45° que es el caso más desfavorable.

Para calcular, el valor eficaz del campo eléctrico crítico:

- Embarrado principal A (250 mm):

$$E_o = 30 \cdot m_o \cdot \frac{\left(1 + \frac{0,301}{\sqrt{\delta \cdot r_1}}\right) kV}{cm} = 30,58 kV/cm$$

$$E_{of} = \frac{E_o}{\sqrt{2}} = 21,62 kV/cm$$

$$U_c = 992,64 kV$$

- Embarrado secundario B (150 mm):

$$E_o = 30 \cdot m_o \cdot \frac{\left(1 + \frac{0,301}{\sqrt{\delta \cdot r_1}}\right) kV}{cm} = 30,76 kV/cm$$

$$E_{of} = \frac{E_o}{\sqrt{2}} = 21,75 kV/cm$$

$$U_c = 677,24 kV$$

Las tensiones disruptivas calculadas se han considerado para un tiempo favorable. Sin embargo, en condiciones de niebla, nieve o lluvia, se deben disminuir esos valores en un 20%.

- Embarrado principal A (250 mm):

$$U_c = 0,8 \cdot 992,64 kV = 794,112 kV$$

- Embarrado secundario B (150 mm):

$$U_c = 0,8 \cdot 677,24 \text{ kV} = 541,792 \text{ kV}$$

Por el hecho de estar en el mismo plano los conductores, la tensión disruptiva referida al conductor central debe ser disminuida en un 4% y aumentada en un 6% para los conductores laterales respectivamente.

Como se ve los valores obtenidos están muy alejados de la tensión eficaz entre fase y tierra de los conductores (242 kV - para 420 kV) por lo que no es de esperar que el efecto corona se produzca.

2.3 DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS MÍNIMAS EN EMBARRADOS TENDIDOS.

2.3.1 HIPÓTESIS DE DISEÑO

Desde el punto de vista de las aproximaciones entre fases que puedan producirse cuando se desplacen de forma simultánea dos conductores contiguos en condiciones de flecha máxima y con viento de 140 km/h, las distancias mínimas se han establecido de la forma que se indica para un vano de las siguientes características:

Características	
Longitud del vano:	L = 47 m
Flecha máxima:	3% (1,4 m)
Tipo de conductor:	Dúplex LAPWGIN (ns = 2)
Diámetro del conductor:	$\phi = 38,16 \text{ mm}$
Sección del conductor:	As = 861,3 mm ²
Peso propio del conductor:	ms = 2,666 kg/m
Módulo de elasticidad:	E = 70.000 N/mm ²
Distancia entre fases:	a = 6 m
Longitud media de cadenas	4,5 m
Separación entre conductores de la misma fase:	0,40 m
Rigidez de los soportes:	S = 7,5 * 10 ⁴ N/m

Tiempo de despeje de defecto:	$T_{k1} = 0,5 \text{ seg}$
Intensidad de cortocircuito:	$I_{k3} = 50 \text{ kA}$
Relación R/X del sistema:	$R/X = 0,07$
Tensión máxima:	1.050 kg a 50 °C (10.300,5 N)

Se comprobará, además, el desplazamiento máximo en cortocircuito y la pérdida de distancia que esto produce, de acuerdo con lo estipulado en la norma CEI/UNE/EN 865.

2.3.2 NORMATIVA APLICABLE

Los cálculos que se realizan a continuación cumplen con la normativa vigente en España referente a este tipo de instalaciones y está basado en las siguientes Normas y Reglamentos:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. R. D. 3275/1982 de 12 de noviembre y sus modificaciones posteriores, la última por O. M. de 10/03/00.
- Instrucciones Técnicas Complementarias en Subestaciones. DECRETO nº 842/02 de 2-AGO en B.O.E.: 18-SEPT-02.
- Reglamento técnico de líneas eléctricas aéreas de alta tensión (RLAT).- Real Decreto 3151/68 de 28 de noviembre de 1968, y modificaciones posteriores.
- Norma CEI 865 de 1986, “Cálculo de los efectos de las corrientes de cortocircuito”.
- Norma UNE EN 60865-1, “Corrientes de cortocircuito, cálculo de efectos. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo”.
- Norma CEI 909-1988, “Cálculo de corrientes de cortocircuito en redes de corriente alterna trifásica”.
- Norma VDE 0102.
- Norma DIN 43670.

Si al aplicar las normas y reglamentos anteriores se obtuviesen valores que discrepasen con los que pudieran obtenerse con otras normas o métodos de cálculo, se considerará siempre el resultado más desfavorable, con objeto de estar siempre del lado de la seguridad.

2.3.3 DESPLAZAMIENTO DEL VANO CON VIENTO

La presión sobre el conductor debida al efecto del viento, según R.L.A.T., es de 68 kg/m^2 (para 140 km/h). Para este caso, y por unidad de longitud, tendremos:

$$F_v = 68 \cdot 0,03816 = 2,59 \text{ kg/m}$$

y el desplazamiento máximo del conductor será:

$$\theta = \arctan \frac{F_v}{P} = 44,2^\circ$$

$$d_{max} = f_{max} \cdot \sin \theta = 0,97 \text{ m}$$

En estas condiciones, dada la escasa probabilidad de simultaneidad de viento y sobretensión, la distancia de aislamiento fase - fase para conductores paralelos ya establecida en $3,6 \text{ m}$ se puede reducir en un 25% , por lo que la separación mínima entre conductores en reposo para que sea respetada dicha distancia eléctrica entre fases para los conductores extremos deberá ser de:

$$D_{\min} = (0,75 \cdot 3,6) + 2 \cdot 0,97 + 0,4 = 4,14 \text{ m}$$

Distancia inferior a la adoptada que es de 6 m para los conductores tendidos, superior incluso a la distancia teniendo en cuenta sobretensiones simultáneas con viento.

2.3.4 EFECTO EN CONDUCTORES POR CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.

2.3.4.1 Dimensiones y parámetros característicos.

El esfuerzo debido a un defecto bifásico viene dado por la siguiente expresión:

$$F' = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot 0,75 \cdot \frac{I_{k3}''^2}{a} \cdot \frac{l_c}{l} = 50,53 \frac{N}{m}$$

Donde:

$I''_{k3} = 50 \text{ kA}$: es la corriente simétrica de cortocircuito trifásico

$l_c = 38 \text{ m}$: longitud de vano sin cadenas

$l = 47 \text{ m}$: longitud total del vano

$a = 6$: separación entre fases

μ_0 : permeabilidad magnética del vacío

La proporción entre el peso propio y la fuerza de cortocircuito vale:

$$r = \frac{F'}{n \cdot m_s \cdot g} = 0,97$$

donde,

$n = 2$: número de conductores por fase

$m_s = 2,666 \text{ kg}$: peso de uno de los conductores

g : aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$)

La dirección resultante de la fuerza será

$$\delta_1 = \arctg r = 44,01^\circ$$

La flecha estática en el conductor tendido vale:

$$b_c = \frac{n \cdot m_s \cdot g \cdot l^2}{8 \cdot F_{st}} = 1,4 \text{ m}$$

Donde,

$F_{st} = 10.300,5 \text{ N}$: es la fuerza de tracción estática del conductor para el caso más desfavorable, que será el de flecha máxima para 50°C .

$n=2$: número de conductores por fase

$m_s=2,666$ kg: peso de uno de los conductores

g : aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$)

$l=47\text{m}$:: longitud total del vano

Para esta flecha, el período de oscilación vale:

$$T = 2\pi \sqrt{0,8 \cdot \frac{b_c}{g}} = 2,12 \text{ s}$$

El período resultante en caso de cortocircuito vale:

$$T_{res} = \frac{T}{\sqrt[4]{1+r^2} \left[1 - \frac{\pi^2}{64} \left(\frac{\delta_1}{90} \right)^2 \right]} = 1,87 \text{ s}$$

El módulo de Young real del conductor vale, en función de la carga límite del cable (σ_{fin}):

$$E = \begin{cases} E \times \left[0,3 + 0,7 \times \sin \left(90 \frac{F_{st}}{nA_s \sigma_{fin}} \right) \right] & si \quad \frac{F_{st}}{nA_s} \leq \sigma_{fin} \\ E & si \quad \frac{F_{st}}{nA_s} > \sigma_{fin} \end{cases}$$

donde,

$\sigma_{fin}=5 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$ (menor valor de la tensión de mecánica del conductor cuanto E llega a ser constante)

A_s : sección de un conductor

En este caso, $F_{st}/nA_s < \sigma_{fin}$, con lo que $E = 3,02 \cdot 10^{10}$ N/m

El factor de carga del conductor vale:

$$\xi = \frac{(nm_s gl)}{24F_{st}^3 N} = 0,76$$

donde N = rigidez del sistema mecánico compuesto, que vale:

$$N = \frac{1}{Sl} + \frac{1}{nEA_s} = 3,03 \cdot 10^{-7}$$

El ángulo de oscilación del vano durante el paso, o al fin del mismo, de la corriente de cortocircuito viene dado por la expresión:

$$\delta_k = \begin{cases} (1 - \cos(360 \frac{T_{k1}}{T_{res}})) & \text{si } 0 \leq \frac{T_{k1}}{T_{res}} \leq 0,5 \\ 2\delta_1 & \text{si } \frac{T_{k1}}{T_{res}} > 0,5 \end{cases}$$

En este caso, $T_{k1}/T_{res}=0,27 < 0,5$, con lo que $\delta_k = 48,77^\circ$

El ángulo máximo de oscilación que se puede producir corresponde a una duración de cortocircuito inferior o igual a la duración del cortocircuito establecida T_{k1} , y se calcula como:

$$\delta_m = \begin{cases} 1,25 \arccos \chi & \text{si } 0,766 \leq \chi \leq 1 \\ 10^\circ + \arccos \chi & \text{si } -0,985 \leq \chi \leq 0,766 \\ 180^\circ & \text{si } \chi \leq -0,985 \end{cases}$$

con

$$\chi = \begin{cases} 1 - r \sin \delta_k & \text{si } 0 \leq \delta_k \leq 90^\circ \\ 1 - r & \text{si } \delta_k > 90^\circ \end{cases}$$

En este caso, $\delta_k = 48,77 < 90^\circ$, con lo que $\chi = 0,27$ y $\delta_m = 84,13^\circ$

2.3.4.1 Fuerza de tensión por oscilación durante el cortocircuito

De acuerdo con la norma de referencia, la fuerza de tensión en cortocircuito, para conductores compuestos (haces), se calcula por:

$$F_t = 1,1 \cdot F_{st}(1 + \psi\varphi) = 18.300 \text{ N}$$

Donde: F_{st} es la fuerza estática en el conductor.

φ es el parámetro de carga, que tiene en cuenta el esfuerzo combinado de peso y cortocircuito en función del tiempo de despeje frente al período de oscilación del conductor, y vale:

$$\varphi = \begin{cases} 3(\sqrt{1+r^2} - 1) & \text{si } T_{k1} \geq T_{res} / 4 \\ 3(r \sin \delta_k + \cos \delta_k - 1) & \text{si } T_{k1} < T_{res} / 4 \end{cases}$$

ψ es un parámetro que combina los dos factores de carga, ζ y φ , y que se calcula como una solución real de la ecuación:

$$\varphi^2 \psi^3 + \varphi(2+\zeta) \psi^2 + (1+2\zeta) \psi - (2+\varphi) \zeta = 0$$

Los resultados de las soluciones reales a esta ecuación, en función de los parámetros ζ y φ , se encuentran tabulados en la figura 7 de la Norma CEI 865-1.

En este caso, como $T_{k1} = 0,5 > T_{res}/4 = 0,067$, $\varphi = 1,17$

Y con $\varphi = 1,17$, y $\zeta = 0,76$, ψ (de acuerdo con la figura citada) = 0,52

2.3.5 APROXIMACIÓN DE CONDUCTORES

El valor del desplazamiento máximo por oscilación en cortocircuito:

$$bh = CF \cdot CD \cdot bC \cdot \text{sen} \delta_1 \quad \text{Si } \delta_m \geq \delta_1$$

$$bh = CF \cdot CD \cdot bC \cdot \text{sen} \delta_m \quad \text{Si } \delta_m < \delta_1$$

en donde CF es un factor experimental que cubre las variaciones de la curva de equilibrio del cable durante el defecto, y su valor es:

$$C_f = \begin{cases} 1,05 & \text{si } r \leq 0,8 \\ 0,97 + 0,1 r & \text{si } 0,8 \leq r \leq 1,8 \\ 1,15 & \text{si } r \geq 1,8 \end{cases}$$

En este caso, con $r = 0,97$, $C_f = 1,07$

El factor CD considera los aumentos de la flecha debidos a la elongación elástica y térmica y puede obtenerse por la expresión:

$$C_d = \sqrt{1 + \frac{3}{8} \left(\frac{l}{b_c} \right)^2 (\varepsilon_{ela} + \varepsilon_{th})}$$

La deformación elástica viene dada por:

$$\varepsilon_{ela} = (Ft - F_{st}) N = 24,2 \cdot 10^{-4} m$$

y la deformación térmica:

$$\varepsilon_{th} = \begin{cases} c_{th} \left(\frac{I_{k3}''}{nA_s} \right)^2 T_{res} / 4 & \text{si } T_{k1} \geq T_{res} / 4 \\ c_{th} \left(\frac{I_{k3}''}{nA_s} \right)^2 T_{k1} / 4 & \text{si } T_{k1} < T_{res} / 4 \end{cases}$$

Donde Cth = factor de dilatación térmica, que para el cable Lapwing) vale $0,27 \cdot 10^{-18} \text{ m}^4/\text{A}^2\text{s}$, debido a que: Sección Al / Sección acero > 6.

Resolviendo en las expresiones anteriores se obtiene, dado que $Tk1 > Tres/4$:

y así, $Cd = 1,44$

como $\delta m = 84,13 > 44,01$

$$bh = 1,07 \cdot 1,44 \cdot 1,3 \cdot \sin 44,01^\circ = 1,49 \text{ m}$$

2.3.6 DISTANCIA MÍNIMA.

Distancia mínima entre conductores en cortocircuito:

$$D = a - bh \cdot 2 - 0,4 = 2,61 \text{ m}$$

Siendo,

$a=6$: distancia entre fases

$bh = 1,49$: valor del desplazamiento máximo por oscilación en cortocircuito.

Es por lo tanto apropiada la dimensión de 20 m de anchura de calle y la de separación entre conductores, 6 m, para cumplir los requisitos de aislamiento permanente y temporal, en los casos más desfavorables y para la configuración propuesta, dado que estamos muy por encima de los 1,55 m de distancia de aislamiento temporal recomendada por la CIGRE.

2.3.7 DISTANCIAS MÍNIMAS A ADOPTAR.

En base a lo anteriormente expuesto y teniendo en cuenta lo que al respecto se indica en la MIE-RAT 12 e IEC-71 se proponen las siguientes distancias mínimas que deberán ser respetadas en la presente subestación:

Distancia fase-tierra	Conductor-estructura	2.600 mm
	Punta-estructura	3.400 mm
Distancia fase-fase	Conductores paralelos	3.600 mm
	Punta-conductor	4.200 mm

2.4 SELECCIÓN DE AUTOVÁLVULAS

Las instalaciones eléctricas deberán protegerse contra sobretensiones, para ello se necesitará la selección de autoválvulas, la cuales estarán diseñadas de acuerdo con las normas UNE-EN-60099-1 Y UNE-EN-60099-4.

2.4.1 CRITERIOS DE DISEÑO

Tensión de funcionamiento continuo U_c : “valor designado admisible de la tensión eficaz a frecuencia industrial que puede aplicarse de forma continua entre los bornes de un pararrayos”, (RAT, reglamento de instalaciones eléctricas de Alta Tensión). Donde, U_m es la tensión más alta del material (420 kV).

$$U_c = \frac{U_m}{\sqrt{3}} = 242,5 \text{ kV}$$

- Capacidad frente a sobretensiones temporales:

$$U_{TOV(10s)} = k \cdot \frac{U_m}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{T_t}{10}\right)^{0,02} = 319,75 \text{ kV}$$

Donde,

$k=1,4$, por ser neutro rígido a tierra.

$T_t=0,5$ s, tiempo de despeje de faltas a tierra.

- Nivel básico de aislamiento:

Para determinar el nivel de aislamiento básico de los transformadores, se utiliza típicamente un factor de protección, comúnmente establecido en 1,4. El nivel de aislamiento normalizado calculado en la sección de coordinación de aislamiento para sobretensiones tipo rayo es de 1425 kV.

$$U_{BIL} = \frac{1425 \text{ kV}}{1,4} = 1017,9 \text{ kV}$$

- Corriente nominal de descarga:

En la Norma UNE-EN-60099-4, la capacidad de absorción de energía de un pararrayos se determina directamente por su corriente nominal de descarga. Este parámetro se elige exclusivamente en función de la corriente que pasará a través del pararrayos.

Para redes con voltajes entre 245 kV y 420 kV, la norma CEI 99-5 establece que los pararrayos con una corriente nominal descarga de 10 kA son generalmente adecuados para proporcionar protección.

- Clase de descarga:

Tensión nominal del sistema	Clasificación de autoválvulas					
	5 kA	10 kA			20 kA	
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
$U_n \leq 66 \text{ kV}$						
$66 < U_n \leq 220 \text{ kV}$						
$220 < U_n \leq 380 \text{ kV}$						
$U_n > 380 \text{ kV}$						

Tabla 27: Clase de descarga según la tensión nominal.

- Línea de fuga:

Por otra parte, la línea de fuga de la autoválvula se calcula como:

$$L_{fuga} = L_{esp} \cdot U_m = 8400 \text{ mm}$$

Donde,

$L_{min} = 20 \text{ mm/kV}$, longitud mínima específica (se ha considerado nivel medio de contaminación).

U_m : tensión más alta del material, en este caso 420 kV.

2.4.2 ELECCIÓN DEL MODELO

Tras calcular todas las características requeridas, se selecciona la autoválvula de clase 4 EXLIM P330-EH420 de ABB con las siguientes características:

	Características calculadas	Características del modelo
Tensión de funcionamiento continuo (Uc)	242,5 kV	264 kV
Tensión residual	1017,9 kV	823 kV
Corriente nominal de descarga	20 kA	20 kA
Clase de descargas	4/5	4
Línea de fuga	8400 mm	11.002 mm

Tabla 28: Comparación de las características calculadas con las del modelo elegido.

2.5 CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS DE LA SUBESTACIÓN

2.5.1 RED DE TIERRAS INFERIORES

Al realizar el cálculo de la red de tierras, se considerarán los límites máximos de tensiones de paso y contacto indicados en el reglamento de Centros de Transformación, específicamente en el artículo MIE-RAT 13.

Asimismo, el proceso para realizar los cálculos será el establecido en la norma IEEE-80-2000: "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding".

2.5.1.1 Características del terreno

En el municipio de Briviesca, el terreno se caracteriza por ser de caliza blanda, lo que implica una resistividad de la naturaleza del terreno de aproximadamente $150 \Omega \cdot m$ (100 a $300 \Omega \cdot m$).

Por otro lado, para mejorar la resistividad superficial, se aplicará una capa de grava de 10cm.

2.5.1.2 Características del conductor a tierra

El valor de la sección del conductor de tierra según la Norma ITC-RAT-13.

$$S = \frac{I_{cc}}{\delta_{cu} \cdot 1,2} = 208,33 \text{ mm}^2$$

Donde,

$I_{cc} = 40 \text{ kA}$, mitad de la intensidad de falta a tierra.

$\delta_{cu} = 160$, densidad máxima del cobre (A/mm^2).

1,2: factor mayorador por efecto de mayor densidad de corriente en los extremos.

La corriente que circula por el conductor es la mitad de la estimada, ya que siempre se conduce al menos por dos conductores, así que la sección que se necesita es la mitad.

Por tanto, se utiliza un cable de Cu de 120 mm^2 como conductor de tierra. (Se utiliza esta sección, pues es el normalizado, a pesar de que sea superior al necesario). Asimismo, este conductor se encontrará a 1 metro de profundidad del nivel explanado.

Por otro lado, teniendo en cuenta que la parcela es de $194,5 \times 124$ y $29,3 \times 62,5$ (edificio de control) y se tiene una malla formada por retículas de 6 m, la longitud total de los conductores enterrados es $9057,78 \text{ m}$.

2.5.1.3 Tensión de paso y contacto de máximas admisibles

Se obtiene a partir de la tabla proveniente de la ITC-RAT 13 el valor de contacto aplicada admisible (U_{ca}).

Duración de la corriente de falta, T_F (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0,05	735
0,1	633
0,2	528
0,3	420
0,4	310
0,5	204
1,00	107
2,00	90
5,00	81
10,00	80
>10,00	50

Tabla 29: Tensiones de contacto aplicadas admisibles.

Teniendo una duración de falta de 0,5 s, la tensión de contacto aplicada admisible es de 204 V. Asimismo, la tensión de paso permitida es 10 veces la tensión de contacto.

$$U_{ca} = 204 \text{ V}$$

$$U_{pa} = 2040 \text{ V}$$

A continuación, se calcula la resistividad superficial aparente:

$$\rho_s = \rho^* \cdot C_s = 2012,75 \Omega \cdot m$$

Siendo,

$\rho^* = 3000 \Omega \cdot m$, resistividad de la capa superficial de grava.
 C_s : coeficiente reductor

El coeficiente reductor de la resistividad de la capa superficial se calcula de la siguiente manera:

$$C_s = 1 - 0.106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho_{sup}}}{2h_s + 0.106} \right) = 0,67$$

Donde,

$\rho = 150 \Omega \cdot m$, resistividad de la naturaleza del terreno.
 $\rho^* = 3000 \Omega \cdot m$, resistividad de la capa superficial de grava.
 $h_s = 0,1 \text{ m}$, espesor de la capa superficial de grava.

Finalmente, se calculan las tensiones de contacto y de paso admisibles, según la fórmula de la ITC-RAT-13.

$$U_c = U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \cdot \rho_s}{Z_B} \right) = 1023,9 \text{ V}$$

$$U_p = U_{pa} \cdot \left(1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 6 \cdot \rho_s}{Z_B} \right) = 34836,1 \text{ V}$$

Se consideran los siguientes valores:

$R_{a1} = 2000 \Omega \cdot m$, resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela es aislante.
 $Z_B = 1000 \Omega \cdot m$, impedancia del cuerpo humano.

Por otro lado, según IEEE-80-2000 dichos valores son (para una persona de 50 kg):

$$E_{paso} = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{contacto} = (1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$$

Donde:

ρ : resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$) = $150 \Omega \cdot m$

ρ_s : resistividad de la gravilla ($\Omega \cdot m$) = $3.000 \Omega \cdot m$

h_s : espesor capa de gravilla (m) = 0,1 m

2.5.1.4 Resistencia de puesta a tierra

Utilizando la fórmula de la norma IEEE-80:

$$R_g = \rho \cdot \left[\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] = 0,427 \Omega$$

Siendo,

$\rho = 150$: resistencia del terreno (Ωm).
 $A = 26000$: área ocupada por la malla de tierra (m^2).
 $L = 9057,786$: longitud total de conductores enterrados (m).
 $h = 1$: profundidad de la malla (m).

2.5.1.5 Corriente de defecto (I_g)

La corriente falta monofásica a tierra es un 80 % la intensidad máxima de cortocircuito que se ha utilizado en el diseño de la subestación, en este caso 50 kA. Por tanto, dicha corriente de falta será 40 kA.

En el reglamento MIE-RAT 13, especifica que se debe aplicar una reducción del 30% de ese valor cuando el neutro está conectado rígidamente a tierra en la instalación. Según la norma IEEE-80-2000, se aplica un factor de reducción Sf basado en los caminos adicionales de retorno proporcionados por los hilos de guarda de las líneas de distribución y de transmisión que llegan a la subestación.

Para calcular dicha reducción, se emplea este gráfico mencionado previamente, considerando la resistencia de puesta a tierra y el número de líneas de transmisión y distribución.

La subestación tiene 6 líneas y por tanto, se considerará un 100% de contribución remota y 0% local. Asimismo, dado que la resistencia de puesta a tierra calculada antes es de $0,427 \Omega$ y considerando una resistencia a tierra de la línea de 15Ω , el factor resultante es del 50%. Así, la corriente total disipada a tierra por la malla será:

$$I_g = 40 \cdot 10^3 \cdot 0,7 \cdot 0,35 = 9,8 \text{ kA}$$

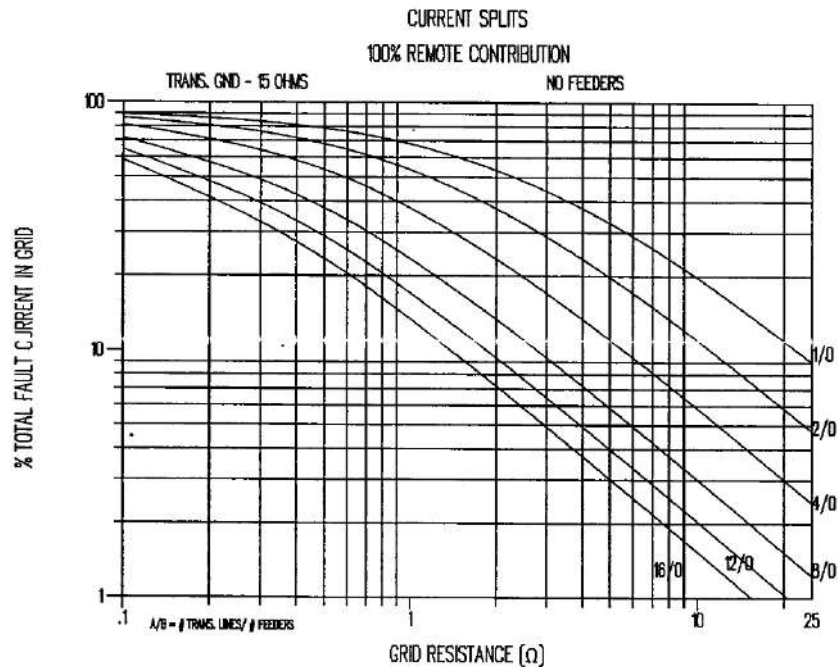


Figure C.13—Curves to approximate split factor S_f

Figura 12: riente de falta frente a resistencia de púes a tierra.

2.5.1.6 Evaluación de las tensiones de paso y contacto

Utilizando la norma UNE + IEEE-80, se calcula la tensión teórica de paso y de contacto.

- Tensión teórica de contacto (E_m)

$$E_m = \frac{\rho \cdot I_G \cdot K_m \cdot K_i}{L_M} = 503 \text{ V}$$

Donde,

$K_m = 0,625$: factor de espaciado de la malla.

$\rho = 150$: resistencia del terreno (Ωm).

$I_G = 9,8 \text{ kA}$, corriente máxima a disipar por la malla (A).

$L_M = 9057,78$: longitud efectiva de la red de conductores enterrados para la tensión de contacto.

$K_i = 4,96$, factor de corrección de irregularidad.

Siendo,

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot n = 4,96$$

Asimismo, el factor de espaciado de la malla se calcula así:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\ln \left(\frac{D^2}{16 \cdot h \cdot d} + \frac{(D + 2 \cdot h)^2}{8 \cdot D \cdot d} - \frac{h}{4 \cdot d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \cdot \ln \left(\frac{8}{\pi \cdot (2 \cdot n - 1)} \right) \right] = 0,625$$

Siendo,

$K_{ii} = 0,756$, factor de corrección que ajusta los efectos de los conductores sobre la esquina de la malla.

$K_h = 1,41$, factor de corrección que tiene en cuenta los efectos de la profundidad de la malla.

$D = 6$, separación entre conductores (m).

$h = 1$, profundidad de enterramiento de la red mallada (m).

d (120 mm^2): $0,01236$ diámetro del conductor enterrado (m).

$n=29,173$, factor de geometría (número de conductores en paralelo de una malla rectangular equivalente).

Para calcular los factores de corrección K_{ii} y K_h :

$$K_{ii} = \frac{1}{(2n)^{\frac{2}{n}}} = 0,756$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}} = 1,41$$

Donde,

$n=29,173$, factor de geometría (número de conductores en paralelo de una malla rectangular equivalente).

$h=1$: profundidad de enterramiento de la red mallada (m).

$h_0 = 1$, profundidad de la malla de referencia (m).

El factor de geometría, que es el número de conductores en paralelo de una malla rectangular equivalente:

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d = 29,173$$

$$n_a = \frac{2L_c}{L_p} = 26,05$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4\sqrt{A}}} = 1,038$$

$$n_c = \left[\frac{L_x \cdot L_y}{A} \right]^{\frac{0,7 \cdot A}{L_x \cdot L_y}} = 1,08$$

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} = 0,999$$

Siendo,

$L_C = 9057,78$: longitud total de los conductores de la malla..

$L_p = 695,4$: longitud del perímetro de la malla (m).

$L_x = 194,5$: longitud máxima de la malla en dirección x (m).

$L_y = 153,2$: longitud máxima de la malla en dirección y (m).

$A = 26000$: área ocupada por la malla de tierra (m²).

$D_m = 247,58$: máxima distancia entre dos puntos en la malla (m).

- Tensión teórica de paso (E_s)

$$E_s = \frac{\rho \cdot I_G \cdot K_s \cdot K_i}{L_s} = 236,123 \text{ V}$$

Donde,

$K_s = 0,22$, factor de espaciado de la tensión de paso.

$L_s = 0,75 \cdot L_M$, longitud efectiva de la red de conductores enterrados para la tensión de paso.

$\rho = 150$: resistencia del terreno (Ωm).

$I_G = 9,8 \text{ kA}$, corriente máxima a disipar por la malla (A).

$L_M = 9057,78$: longitud efectiva de la red de conductores enterrados para la tensión de contacto.

$K_i = 4,96$, factor de corrección de irregularidad.

$$K_s = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} \cdot (1 - 0,5^{n-2}) \right] = 0,257$$

Siendo,

$D = 6$, separación entre conductores paralelos de la red de tierra (m).
 $h = 1$, profundidad de enterramiento de la red mallada (m).
 $n=29,173$, factor de geometría (número de conductores en paralelo de una malla rectangular equivalente).

2.5.1.7 Sección mínima del conductor

Se utiliza un conductor de cobre para la malla de pues a tierra. Para calcular, la sección mínima del conductor se utilizará la siguiente fórmula de la norma IEEE-80.

$$A = I_{cc} \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot p_r}\right) \cdot \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}} = 50,6 \text{ mm}^2$$

Donde,

$I_{cc} = 20 \text{ kA}$, mitad de la intensidad de falta a tierra.
 A : sección del conductor (mm^2).
 $TCAP=3,42$, factor de capacidad térmica ($\text{J/cm}^3/\text{C}^\circ$).
 $t_c = 0,5 \text{ s}$, tiempo de circulación de la corriente (s).
 $\alpha_r = 0,0038$, coeficiente térmico de la resistividad a la temperatura de referencia.
 $p_r = 1,72$, resistividad del conductor a la temperatura de referencia ($\mu \Omega\text{-m}$).
 $K_0 = 242 = 1/a_0$.
 a_0 : coeficiente térmico de la resistividad a 0°C .
 $T_m = 1083$, máxima temperatura permisible ($^\circ\text{C}$).
 $T_a = 40$, temperatura ambiente ($^\circ\text{C}$).

La sección mínima que se necesita es de $50,6 \text{ cm}^3$, la cual es muchísimo menor que los 120 cm^2 del cable de Cu. Asimismo, la densidad máxima que soporta el cable de Cu es 160 A/mm^2 y considerando el factor mayorador por efecto de mayor densidad de corriente en los extremos (multiplicar por 1,2). Por tanto, la máxima intensidad por la que circulará será:

$$I = 160 \cdot 1,2 \cdot 120 = 23040 \text{ A}$$

Asimismo, al ser dos conductores estos sumarán 46,08 kA que es un valor significativamente superior a la mitad de la corriente de falta a tierra, que es de 20 kA. Se considera la mitad de este valor porque el diseño de la malla se realiza de tal manera que cada punto de conexión a tierra recibe al menos dos conductores.

2.5.1.8 Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos los valores de las tensiones de paso y contacto están por debajo de los permitidos por el MIE-RAT 13, y del IEEE-80-2000, por lo que el diseño de la malla sería válido.

De todas formas, se medirán de forma práctica los valores de las tensiones de paso y contacto, una vez construida la Subestación, para asegurarse de que no hay peligro en ningún punto de la instalación.

2.5.2 RED DE TIERRAS SUPERIORES

El propósito del sistema de tierras superiores es interceptar las descargas atmosféricas y dirigir las hacia la malla enterrada para que se disipen en la tierra, protegiendo así la seguridad del personal y de los equipos en la subestación.

El sistema está compuesto por un conjunto de hilos de guarda paralelos a la calle y por pararrayos del tipo Franklin instalados en los extremos de los pórticos. Estos hilos de guarda, al igual que los pararrayos, están conectados a la malla de tierra de la instalación a través de la estructura metálica que los soporta, lo que garantiza una conexión eléctrica adecuada con la malla.

Para el diseño del sistema de protección de tierras superiores, se ha adoptado un modelo electrogeométrico de las descargas atmosféricas que es ampliamente aceptado para este fin.

Asimismo, el criterio de seguridad establecido requiere un apantallamiento total de los embarrados y del equipo de aparellaje. Esto significa que cualquier descarga atmosférica que

pueda generar tensiones peligrosas y que supere el nivel de aislamiento de la instalación debe ser captada por los hilos de guarda o los pararrayos Franklin. Este apantallamiento se logra mediante una disposición que asegura que la zona de captación de descargas peligrosas de los hilos de guarda abarque completamente las partes bajo tensión correspondientes.

Se establece la zona de captura a partir del radio crítico de cebado, dicho radio se calcula así:

$$r = 8 \cdot I^{0,65} = 34,56 \text{ m}$$

Siendo,

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

Donde,

U=1425 kV, tensión soportada a impulsos tipo rayo.

N=2, número de líneas conectadas al parque.

Z=300 Ω, impedancia característica de una línea de 400 kV.

Por tanto, la zona de captura tendrá un radio crítico de 34,56 m.

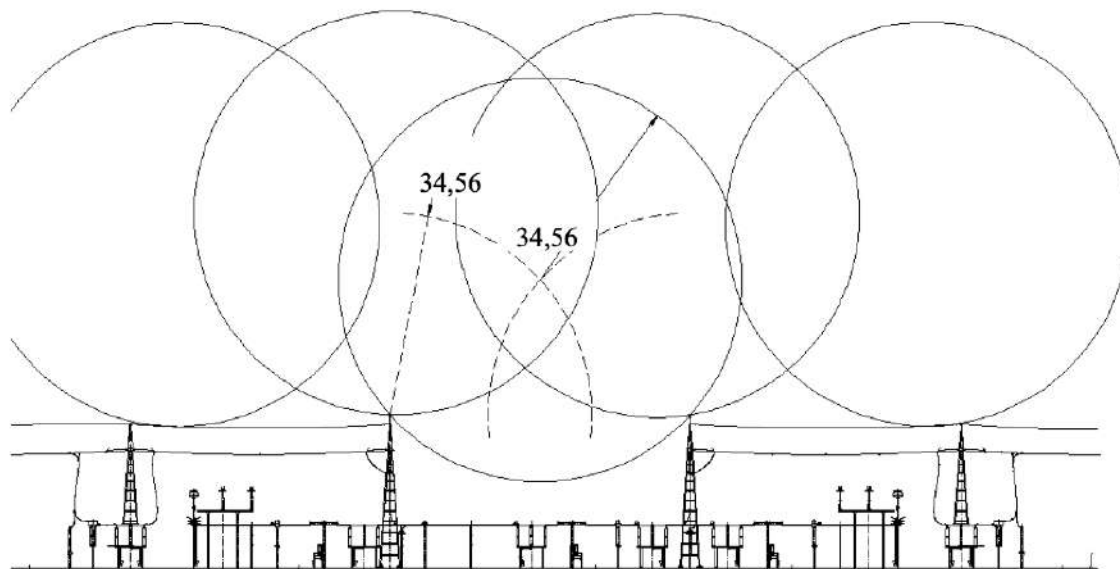


Figura 13: Alzado de la subestación mostrando el radio crítico.

Capítulo 3. ESTUDIO ECONÓMICO

En este capítulo, se analizará la viabilidad económica del proyecto. Para ello, se considerará una inversión inicial para la subestación que será de 7.902.374,25. Este dato se encuentra en el “Documento 4 Presupuesto”.

Asimismo, la empresa al ser privada recibirá una subvención estatal conforme a lo establecido en el BOE del 12 de diciembre de 2025. Las ayudas que se recibirán serán las siguientes:

- Por posición convencional equipada en un parque de 400kV,50kA, se recibirá 1.043.909 €.
- Por posición de reserva convencional no equipada, se recibirá un 41,4% del coste de una línea equipada.

En este proyecto, la subestación contará con 9 posiciones de interruptor y 3 posiciones de interruptor de reserva.

$$\text{Subvención} = 9 \cdot 1.043.909 + 3 \cdot \frac{41,4}{100} \cdot 1.043.909 = 10.691.717,98$$

$$\text{Rentabilidad} = \frac{10.691.717,98 - 7.902.374,25}{7.902.374,25} \cdot 100 = 35,3 \%$$

Capítulo 4. ANEJOS

4.1 OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

Este proyecto se alinea de manera significativa con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible, integrando sus principios fundamentales en todas las fases de su planificación y ejecución. Al establecer metas claras y medibles, el proyecto asegura que sus esfuerzos contribuyan a la creación de un mundo más justo y sostenible. Los objetivos que persigue el proyecto son los siguientes:

ODS 8: “Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, empleo pleno y productivo y trabajo digno para todos”.

La construcción y la operación de la subestación generarán empleo local y contribuirá al desarrollo económico sostenible de la provincia de Burgos.

ODS 9: “Construir infraestructura resiliente, promover la industrialización inclusiva y sostenible y la innovación”.

La subestación contribuirá a la construcción de una infraestructura eléctrica resistente y confiable, crucial para la integración de fuentes de energía renovable.

Asimismo, se aboga por una industrialización sostenible, ya que, al conectar la generación renovable, se impulsa la producción de energía limpia.

ODS 11: “Hacer los asentamientos humanos inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”.

La subestación jugará un papel crucial en proporcionar un suministro de energía sostenible para la región, fortaleciendo la capacidad de los asentamientos humanos para resistir posibles interrupciones de suministro y fomentando un desarrollo seguro y sostenible.



Figura 14: Objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

4.2 INTERRUPTORES TRIFÁSICOS

Datos técnicos según IEC

		LTB 72.5D1/B	LTB 145D1/B	LTB 170D1/B	LTB 72.5E1		LTB 170E1		LTB 245E1		LTB 420E2		LTB 550E2	
Número de cámaras de corte por polo		1	1	1	1		1		1		2		2	
Tensión nominal	kV	72,5	145	170	72,5		170		245		420		550	
Frecuencia nominal	Hz	50/60	50/60	50/60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60
Nivel soportado a la frecuencia industrial ¹⁾														
- A tierra y entre fases	kV	140	275	325	140		325		460		520		620	
- A través de polo abierto	kV	140	275	325	140		325		460		610		800	
Nivel soportado a impulso tipo atmosférico (LIWL)														
- A tierra y entre fases	kV	325	650	750	325		750		1050		1425		1550	
- A través de polo abierto	kV	325	650	750	325		750		1050		1425 (+240)		1550 (+315)	
Nivel soportado a impulsos tipo operación (SIWL)														
- A tierra/entre fases	kV	-	-	-	-		-		-		1050/1575		1175/1760	
- A través de polo abierto	kV	-	-	-	-		-		-		900 (+345)		900 (+450)	
Distancia de fuga	mm/kV	25	25	25	25		25		25		25		25	
Corriente nominal de servicio	A	3150	3150	3150	4000		4000		4000		4000		4000	
Corriente nominal de servicio en cortocircuito	kA	40	40	40	50	40	50	40	50	40	50	40	50	40
Factor de primer polo		1,5	1,5	1,5	1,5		1,5		1,5		1,3		1,3	
Cresta de corriente de cierre	kA	100/104	100/104	100/104	125	104	125	104	125	104	125	104	125	104
Duración de cortocircuito	s	3	3	3	3		3		3		3		3	
Tiempo de cierre	ms	< 40	< 40	< 40	< 55		< 55		< 55		< 70		< 70	
Tiempo de apertura	ms	22	22	22	17		17		17		18		18	
Tiempo de corte	ms	40	40	40	40		40		40		40		40	
Tiempo muerto	ms	300	300	300	300		300		300		300		300	
Secuencia de operación nominal	-	O-0,3s-CO-3min-CO o CO-15s-CO												

¹⁾Hasta 245 kV inclusive, las tensiones nominales soportadas a la frecuencia industrial rigen para condiciones húmedas y secas.

Dimensiones - LTB E

LTB 420E2

Operación monopolar

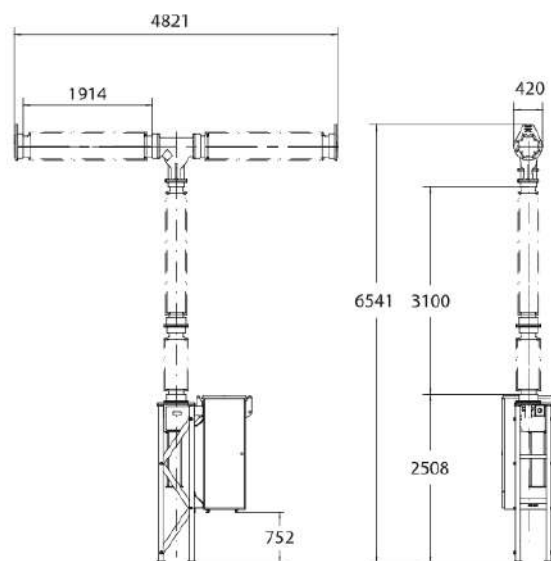
Tensión nominal: 362 - 420 kV

Todas las dimensiones están en mm

Dimensiones disponibles de alturas hasta la parte inferior del aislador (mm)

Tensión nominal					
420 kV	1950	2508*	2992	3642	4142

* Estándar



4.2 SECCIONADORES TRIFÁSICOS

- Seccionador de barras pantógrafo

HITACHI
 Inspire the Next

High-voltage products | Disconnectors

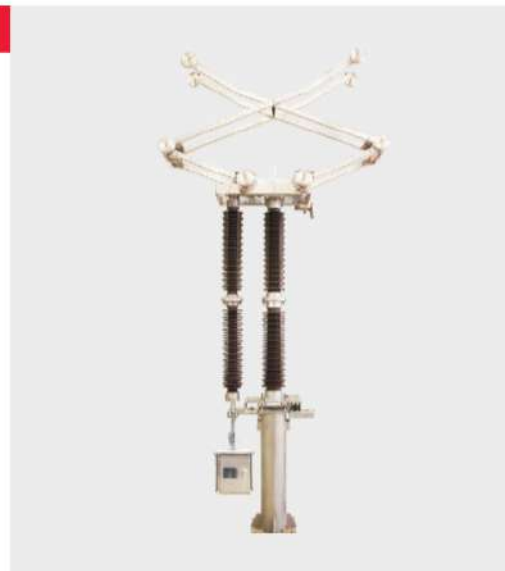
Pantograph disconnectors up to 550 kV – GW54

Maximum reliability and minimal maintenance

Pantograph disconnector type GW54 is mainly used for outdoor installations. It can ensure isolation and connection directly across the vertical gap of busbars. It is especially suitable for substations with small installation area.

Features

- Designed and tested in accordance with latest IEC specification
- Maintenance - free contact system to provide reliable combining forces
- Simple and reliable interlocking system
- Easy installation and commissioning
- Easy and convenient operation with motor operating device
- Remote operation possible with SCADA and remote monitoring through GPS connectivity

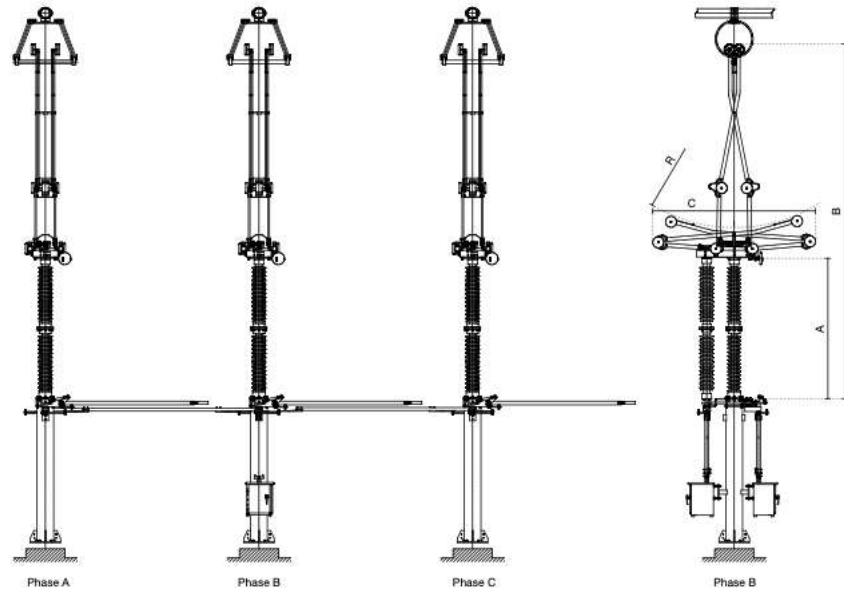


Technical data – GW54

Disconnector without earth switch Disconnector with one earth switch		Units					
Rated voltage		kV	126	145			
Rated current		A	upto 4000	upto 4000	upto 4000	upto 4000	upto 5000
Rated peak withstand current for disconnector and earth switch		kA(peak)	100	100	125	125	160
Rated short time withstand current for disconnector and earth switch		kA (rms)	40	40	50	50	63
Rated power frequency withstand voltage at 50 Hz for 1 min	To earth and between phases	kV(rms)	230	275	460	460	740
	Across the isolating distance	kV(rms)	265	315	530	606	740+315
Rated lightning impulse withstand voltage (1.2/50µs)	To earth and between phases	kV	550	650	1050	1050	1425
	Across the isolating distance	kV	830	750	1200	1250	1675+450
Rated switching impulse withstand voltage	To earth	kV	-	-	-	850	1050
	Across the isolating distance	kV	-	-	-	700-245	900+345
Resistance of circuit		µΩ	≤100	≤100	≤100	≤100	≤100
Radio interference voltage		µV	≤2000	≤2000	≤2000	≤2000	≤2000

Other values on request

 **Hitachi Energy**



Dimensions - GW54

	126 kV	145 kV	252 kV	300 kV	420 kV	550 kV
A	1220	1500	2300	2900	3350	4400
B	3956	4236	5825	6425	8258	10726
C	2235	2235	2668	2668	3940	4965
R	1650	1650	2550	2550	3200	4550

All dimensions are in mm.

Hitachi Energy High Voltage Switchgear Co., Ltd. Beijing
No. 12 Jingyuan Street
Beijing Economic-Technological Development Area Beijing, 100176
P.R. China
Tel: +86 10 6781 8000
Fax: +86 10 6781 8006

Hitachi Energy Jiangsu Jingke Instrument Transformer Co., Ltd.
No.9 Gucheng Road,
Su-Su Industrial Park,
Suqian, Jiangsu Province, 223800
P.R. China
Tel: +86 527 8288 0886
Fax: +86 527 8288 0868

We reserve the right to make technical changes or modify the contents of this document without prior notice. With regard to purchase orders, the agreed particulars shall prevail. Hitachi Energy Ltd. does not accept any responsibility whatsoever for potential errors or possible lack of information in this document.

We reserve all rights in this document and in the subject matter and illustrations contained therein. Any reproduction, disclosure to third parties or utilization of its contents – in whole or in parts – is forbidden without prior written consent of Hitachi Energy Ltd.

www.hitachienergy.com

- Seccionador rotativo de tres columnas

Technical data

Type eDB

Voltage		72.5 kV *	123 kV	145 kV	170 kV	245 kV	300 kV	362 kV	420 kV
Type designation		eDB72.5	eDB123	eDB145	eDB170	eDB245	eDB300	eDB362	eDB420
Rated voltage (U _r)	kV	72.5	123	145	170	245	300	362	420
Rated frequency (f _r)	Hz	50/60							
Rated normal current (I _r)	A	1600, 2500							
Rated short-time withstand current, rated duration of short circuit (I _{st} , t _{st})	kA, s	40/50/63, 1***							
Rated peak withstand current (I _p)	kAp	2.5x I _k (for 50 Hz) / 2.6x I _k (for 60 Hz)							
Basic insulation level									
Power frequency withstand voltage for 1 minute									
To earth and between poles	kV	140	230	275	325	460	395	450	520
Across the isolating distance	kV	160	265	315	375	530	435	520	610
Lightning impulse withstand voltage									
To earth and between poles	kVp	325	550	650	750	1050	1050	1175	1425
Across the isolating distance	kVp	375	650	750	860	1200	1050 (+170)	1175 (+205)	1425 (+240)
Switching impulse withstand voltage									
To earth and between poles	kVp	-	-	-	-	-	850	950	1050
Across the isolating distance	kVp	-	-	-	-	-	700 (+245)	800 (+295)	900 (+345)

* 36 kV on demand
** Higher currents on request
*** 3s for 40 kA

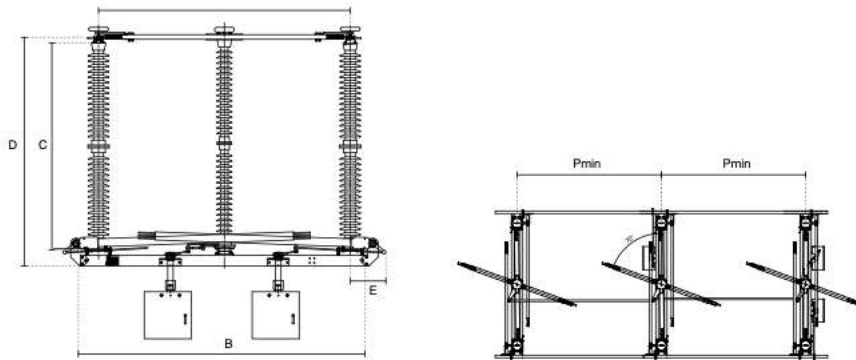


01 145 kV eDB disconnecter

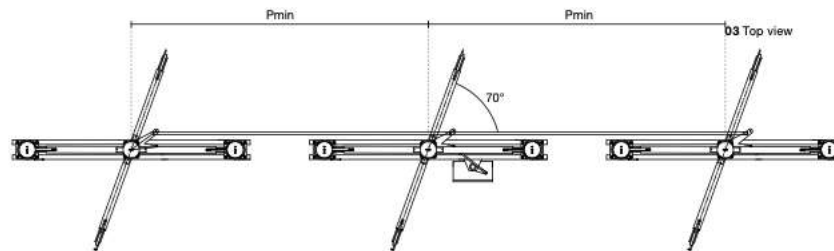
Easy installation

The disconnectors are delivered in following assemblies - lower part with rotary pedestals and operating rod, current path, support insulators and operating mechanism. As all mechanical adjustments are carried out in the factory, only mounting of the assemblies, installation of the coupling rods between the poles, connection of the high-tension

leads and the electrical connection leading to the operating mechanisms is required at the site. Stud bolts are provided to compensate rapidly and exactly any inaccuracies in insulator position caused due to tensile forces.



01 Parallel installation



02 Series installation

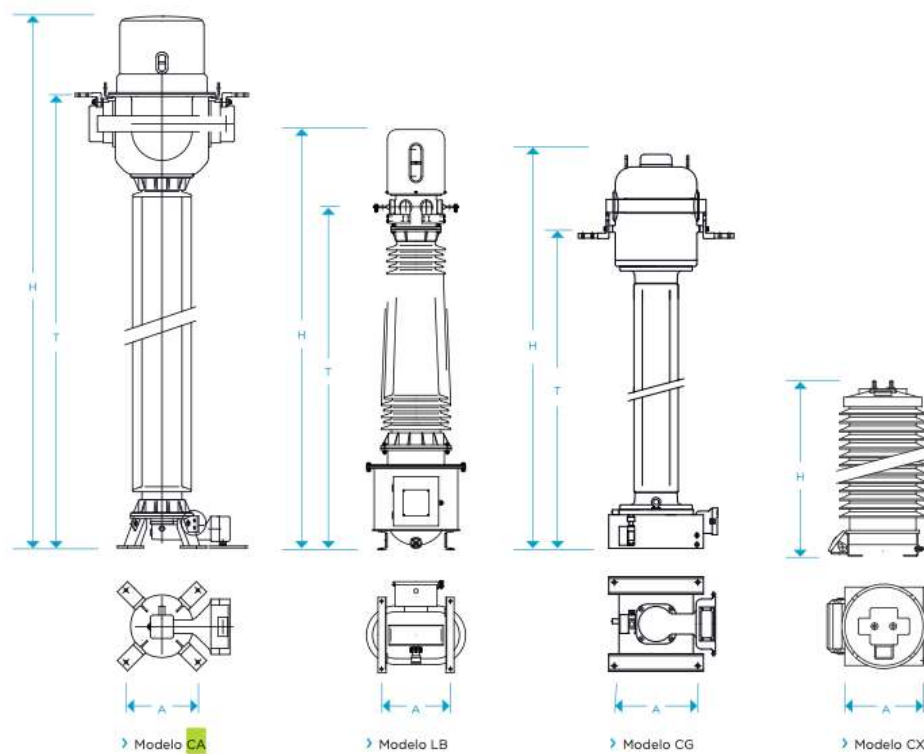
Main dimensions as in drawing (mm / inch)

Dimensions	eDB72.5	eDB123	eDB145	eDB170	eDB245	eDB300	eDB362	eDB420
A Support insulator distance (mm)	1230/(484)	1720/(677)	1720/(677)	2200/(866)	2800/(1102)	2800/(1102)	4800/(1890)	4800/(1890)
B Base frame length (mm)	1510/(594)	2000/(787)	2000/(787)	2600/(1024)	3200/(1260)	3200/(1260)	5230/(2059)	5230/(2059)
C Insulator height (mm)	770/(303)	1220/(480)	1500/(591)	1700/(669)	2300/(906)	2300/(906)	3650/(1437)	3650/(1437)
D Disconnector height (mm)	975/(384)	1665/(656)	1745/(687)	1930/(760)	2550/(1004)	2550/(1004)	3960/(1559)	3960/(1559)
E Earth switch attachment length (mm)	375/(148)	375/(148)	375/(148)	400/(157)	400/(157)	400/(157)	450/(177)	1100/(433)
Minimum distance between poles (mm)								
P Parallel arrangement	1750/(689)	1750/(689)	2330/(917)	3520/(1386)	3430/(1350)	4755/(1872)	-	-
Series arrangement	2700/(1063)	3150/(1240)	3530/(1390)	4920/(1937)	5350/(2106)	6925/(2726)	-	-

4.3 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD



1. TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD > Aislamiento papel-aceite, gas y seco



➤ Ensayo de tipo. CG 245 kV.

➤ Transformadores de intensidad de 36 kV. Fingrid, Kirmy (Finlandia).

1. TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD > Aislamiento papel-aceite, gas y seco

Aislamiento papel-aceite > Modelo CA									
Modelo	Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo			Línea de fuga estándar (mm)	Dimensiones			Peso (kg)
		Frecuencia industrial (kV)	Impulso (kVp)	Maniobra (kVp)		A (mm)	T (mm)	H (mm)	
CA-36	36	70	170	-	900	350	1.185	1.625	250
CA-52	52	95	250	-	1.300	350	1.185	1.625	260
CA-72	72,5	140	325	-	1.825	350	1.335	1.775	280
CA-100	100	185	450	-	2.500	350	1.335	1.775	290
CA-123	123	230	550	-	3.075	350	1.665	2.095	300
CA-145	145	275	650	-	3.625	350	1.665	2.095	310
CA-170	170	325	750	-	4.250	350	1.895	2.335	330
CA-245	245	460	1.050	-	6.125	450	2.755	3.055	560
		395	950						
CA-300	300	460	1.050	850	7.500	450	3.170	3.580	650
CA-362	362	510	1.175	950	9.050	600	3.875	4.355	870
CA-420	420	630	1.425	1.050	10.500	600	3.875	4.355	920
		575	1.300						
CA-525	(525) 550	680	1.550	1.175	13.125	600	4.530	5.365	1.200
CA-550	(525) 550	800	1.800	1.175	13.750	600	5.205	5.960	1.700
CA-765	(765) 800	880	1.950	1.425	15.300	600	5.770	6.590	2.050
		975	2.100	1.550					

Dimensiones y pesos aproximados. Para necesidades especiales, consultar.

Intensidades primarias: desde 1 A hasta 5.000 A. Intensidades de cortocircuito: hasta 120 kA/1 s.

4.4 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN CAPACITIVOS



2. TRANSFORMADORES DE TENSIÓN INDUCTIVOS > Aislamiento papel-aceite y gas

GAMA

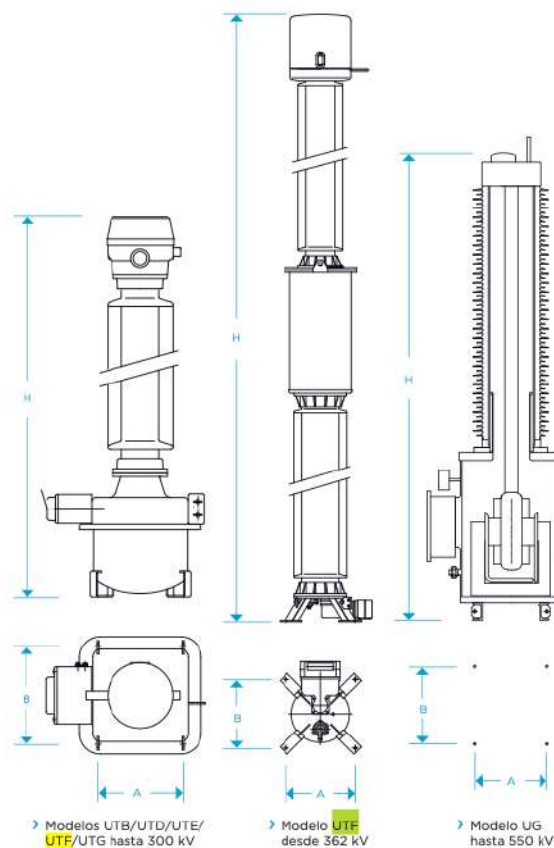
Los transformadores de tensión inductivos de ARTECHE se denominan mediante el uso de las letras (UT papel aceite, UG gas) seguidas de una tercera letra (sólo papel aceite), y de 2 ó 3 cifras que coinciden con la tensión máxima de la red para la que han sido diseñados.

Las tablas (siguiente página) muestran las gamas de ambos tipos de equipos fabricados por ARTECHE. Las características son orientativas; ARTECHE puede fabricarlos de acuerdo con cualquier norma nacional o internacional.

Clases y potencias de precisión estándar:

- Según normas IEC
 - 100 VA Clase 0,2 / 3P
 - 250 VA Clase 0,5 / 3P
- Según normas IEEE
 - 0,3 WXYZ
 - 1,2 WXYZ, ZZ

Posibilidad de clases y potencia de precisión superiores.



➤ Transformadores de tensión inductivos de 123 kV. Electronet Services (Nueva Zelanda).

➤ Transformadores de tensión inductivos de 420 kV. Elia (Bélgica).

Aislamiento papel-aceite > Modelo UT									
Modelo	Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo			Potencia térmica (VA)	Línea de fuga estándar (mm)	Dimensiones		Peso (kg)
		Frecuencia industrial (kV)	Impulso (kVp)	Maniobra (kVp)			A x B (mm)	H (mm)	
UTB-52	52	95	250	-	1.500	1.300	300x300	1.335	95
UTD-52	52	95	250	-	2.000	1.300	330x300	1.395	150
UTB-72	72,5	140	325	-	1.500	1.825	300x300	1.335	108
UTD-72	72,5	140	325	-	2.000	1.825	330x300	1.395	150
UTE-72	72,5	140	325	-	2.500	1.825	400x430	1.645	285
UTD-100	100	185	450	-	2.000	2.500	330x300	1.690	165
UTD-123	123	230	550	-	3.000	3.075	350x475	2.120	292
UTE-123	123	230	550	-	3.500	3.075	350x475	2.120	355
UTE-145	145	275	650	-	3.500	3.625	350x475	2.105	335
UTE-170	170	325	750	-	3.500	4.250	350x475	2.235	350
UTF-245	245	460	1.050	-	3.500	6.125	450x590	3.210	650
		395	950						
UTG-245	245	460	1.050	-	3.500	6.125	500x640	3.260	800
		395	950						
UTG-300	300	460	1.050	850	3.500	7.500	500x640	3.660	910
UTF-420	420	630	1.425	1.050	3.500	10.500	600x600	5.210	1.315
		575	1.300	950					
UTF-525	550(525)	680	1.550	1.175	3.500	13.125	600x600	6.070	1.700

Dimensiones y pesos aproximados. Para necesidades especiales, consultar.

4.5 AUTOVÁLVULAS

PEXLIM P

Descargadores con revestimiento de silicona

Descargador de óxido de cinc PEXLIM P

Para la protección contra sobretensiones atmosféricas y de funcionamiento de subestaciones de alta tensión, transformadores y otros equipos en redes de alta tensión.

- en zonas con intensidad de descargas atmosféricas muy alta
- en lugares donde las condiciones de puesta a tierra o apantallamiento son deficientes o incompletas
- para instalaciones importantes

- donde los requisitos energéticos son muy altos (por ejemplo, líneas muy largas, protección de condensadores, etc.).

Excelentes para aplicaciones con requisitos de bajo peso, espacios reducidos, montaje flexible, robustez y seguridad adicional del personal.

Componente principal del concepto PEXLINK™ para protección de líneas de transmisión.



Sumario de datos de rendimiento

Tensiones de red ($U_{m,n}$)	52 -420 kV
Tensiones nominales (U_n)	42 -360 kV
Corriente de descarga nominal (IEC)	20 kA _{pico}
Corriente de clasificación (ANSI/IEEE)	15 kA _{pico}
Resistencia de corriente de descarga	
Corriente alta 4/10 μs	100 kA _{pico}
Corriente baja 2000 μs	1.350 A _{pico}
Capacidad de energía:	
Clase de descarga de línea (IEC) [2 impulsos, (IEC Cl. 8.5.5)]	Clase 4 12,0 kJ/kV (U_n)
Cumple con/sobrepasa los requisitos de la prueba de descarga de líneas de transmisión ANSI para sistemas de 362 kV.	
Capacidad de cortocircuito/alivio de presión	65 kA _{elim}
Aislamiento externo	Cumple con/sobrepasa las normas
Resistencia mecánica:	
Carga de servicio estática admisible declarada (DPSSL)	2.500 Nm
Carga de servicio dinámica admisible máxima (MPDSL)	4.000 Nm
Condiciones de funcionamiento:	
Temperatura ambiente	-50 °C a +45 °C
Altitud de diseño (Mayores altitudes bajo pedido)	máx. 1.000 m
Frecuencia	15 - 62 Hz

Datos de protección garantizados

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Tensión de trabajo continuo máxima 1)		Capacidad de sobretensiones temporales 2)		Tensión residual máxima con onda de corriente							
		según IEC	según ANSI/IEEE	1 s	10 s	30/60 µs				8/20 µs			
						1 kA	2 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA	
U_m kV _{rms}	U_r kV _{rms}	U_c kV _{rms}	MCOV kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{pico}	kV _{pico}	kV _{pico}	kV _{pico}	kV _{pico}	kV _{pico}	kV _{pico}	kV _{pico}
145	108	86	86.0	125	118	211	219	224	234	246	270	295	
	120	92	98.0	139	132	234	243	249	260	273	299	328	
	132	92	106	153	145	258	267	274	286	301	329	361	
	138	92	111	160	151	270	279	286	299	314	344	377	
	144	92	115	167	158	281	291	299	312	328	359	394	
	150	92	121	174	165	293	304	311	325	342	374	410	
	162	92	131	187	178	316	328	336	351	369	404	443	
	168	92	131	194	184	328	340	348	364	383	419	459	
170	132	106	106	153	145	258	267	274	286	301	329	361	
	144	108	115	167	158	281	291	299	312	328	359	394	
	150	108	121	174	165	293	304	311	325	342	374	410	
	162	108	131	187	178	316	328	336	351	369	404	443	
	168	108	131	194	184	328	340	348	364	383	419	459	
	180	108	144	208	198	351	364	373	390	410	449	492	
	192	108	152	222	211	375	388	398	415	437	479	525	
	210	156	170	243	231	410	425	435	454	478	524	574	
245	180	144	144	208	198	351	364	373	390	410	449	492	
	192	154	154	222	211	375	388	398	415	437	479	525	
	198	156	160	229	217	387	400	410	428	451	494	541	
	210	156	170	243	231	410	425	435	454	478	524	574	
	214	156	173	248	235	419	434	445	464	488	535	586	
	216	156	175	250	237	422	437	448	467	492	539	590	
	219	156	177	254	240	427	443	454	474	499	546	598	
	222	156	179	257	244	433	449	460	480	506	554	607	
300	228	156	180	264	250	445	461	473	493	519	568	623	
	216	173	175	250	237	422	437	448	467	492	539	590	
	228	182	182	264	250	445	461	473	493	519	568	623	
	240	191	191	278	264	468	485	497	519	546	598	656	
	258	191	209	299	283	504	522	535	558	587	643	705	
	264	191	212	306	290	515	534	547	571	601	658	721	
	276	191	220	320	303	539	558	572	597	628	688	754	
	288	230	230	334	316	562	582	597	623	656	718	787	
362	258	206	209	299	283	504	522	535	558	587	643	705	
	264	211	212	306	290	515	534	547	571	601	658	721	
	276	221	221	320	303	539	558	572	597	628	688	754	
	288	230	230	334	316	562	582	597	623	656	718	787	
420	330	264	267	382	363	644	667	684	714	751	823	901	
	336	267	272	389	369	656	679	696	727	765	838	918	
	342	267	277	396	376	667	691	709	740	779	852	934	
	360	267	291	417	396	702	728	746	779	819	897	983	

Para información más detallada sobre la capacidad de sobretensiones temporales (TOV) y las características de protección, ver la publicación 1HSM 9543 13-01en.

1) Las tensiones de operación continua U_c (según IEC) y MCOV (según ANSI) sólo se diferencian debido a las desviaciones en los procedimientos de pruebas tipo.

U_c sólo debe considerarse cuando la tensión de red real es superior a la indicada.

Se puede seleccionar cualquier descargador con U_c superior o igual que la tensión de red real dividida por $\sqrt{3}$.

2) Con servicio anterior igual a la carga energética máxima de impulso simple (7,0 kJ/kV (U_p)).

A petición del cliente se pueden suministrar descargadores con tensiones inferiores o superiores para aplicaciones especiales.

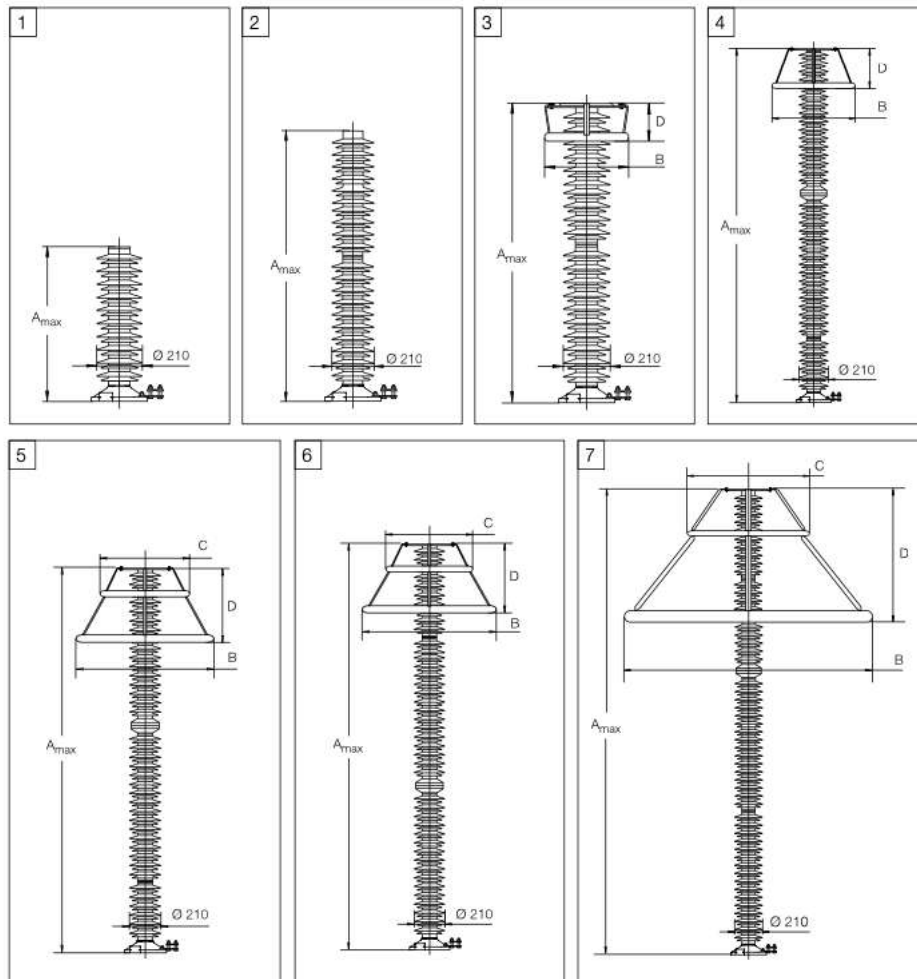
Datos técnicos de los revestimientos

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Revestimiento	Distancia de fuga	Aislamiento externo *)				Dimensiones					
				1,2/50 µs seco	50 Hz húmedo (60s)	60 Hz húmedo (10s)	250/2.500 µs húmedo	Masa kg	A _{máx.}	B	C	D	Fig.
U _m kV _{rms}	U _r kV _{rms}		mm	kV _{pico}	kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{pico}						
24	18-24	XV024	1363	283	126	126	242	18	481	-	-	-	1
36	30-36	XV036	1363	283	126	126	242	18	481	-	-	-	1
	39	XV036	2270	400	187	187	330	29	736	-	-	-	1
52	42-72	XV052	2270	400	187	187	330	29	736	-	-	-	1
72	54-72	XV072	2270	400	187	187	330	28	736	-	-	-	1
	75-84	XV072	3625	578	293	293	462	43	1080	-	-	-	1
100	75-96	XV100	3625	578	293	293	462	43	1080	-	-	-	1
123	90-120	XH123	3625	578	293	293	462	42	1080	-	-	-	1
	90-144	XV123	4540	800	374	374	660	53	1397	-	-	-	2
	150	XV123	4988	861	419	419	704	54	1486	-	-	-	2
145	108-120	XH145	3625	578	293	293	462	41	1080	-	-	-	1
	108-144	XV145	4540	800	374	374	660	52	1397	-	-	-	2
	150	XV145	4988	861	419	419	704	54	1486	-	-	-	2
	162-168	XV145	5895	978	480	480	792	65	1741	-	-	-	2
170	132-144	XH170	4540	800	374	374	660	52	1417	400	-	160	3
	150	XH170	4988	861	419	419	704	56	1506	400	-	160	3
	132-192	XV170	5895	978	480	480	792	69	1761	400	-	160	3
245	192	XM245	5895	978	480	480	792	65	1761	400	-	160	3
	180-228	XH245	7250	1156	586	586	924	82	2105	400	-	160	3
	180-198	XV245	8613	1439	712	712	1166	100	2617	800	600	400	5
	210-228	XV245	8613	1439	712	712	1166	97	2617	600	-	300	4
300	216-264	XH300	8613	1439	712	712	1166	101	2617	900	600	500	5
	276	XH300	8613	1439	712	712	1166	97	2617	900	600	500	6
	216-276	XV300	9520	1556	773	773	1254	109	2872	900	600	500	5
362	258-288	XH362	9520	1556	773	773	1254	117	2872	1200	800	600	5
	258-288	XV362	11790	1956	960	960	1584	146	3533	1400	800	700	7
420	330-360	XH420	10875	1734	879	879	1386	130	3216	1400	800	700	5
Descargadores con neutro a tierra													
52	30-36	XN052	1363	283	126	126	242						
72	42-54	XN072	2270	400	187	187	330						
100	60	XN100	2270	400	187	187	330	30	736	-	-	-	1
123	72	XN123	2270	400	187	187	330	28	736	-	-	-	1
	75-120	XN123	3625	578	293	293	462	43	1080	-	-	-	1
145	84-120	XN145	3625	578	293	293	462	42	1080	-	-	-	1
170	96-120	XN170	3625	578	293	293	462	42	1080	-	-	-	1
245	108	XN245	3625	578	293	293	462	41	1080	-	-	-	1
	132-144	XN245	4540	800	374	374	660	50	1397	-	-	-	1

*) Suma de las tensiones de resistencia para unidades vacías de descargador.

tel:879%20879%2013

Datos técnicos de las envueltas



Procedimiento de selección simplificado

Para una guía de selección detallada, véanse las publicaciones de ABB PTHVP/A 2300E y PTHVP/A 2310E.

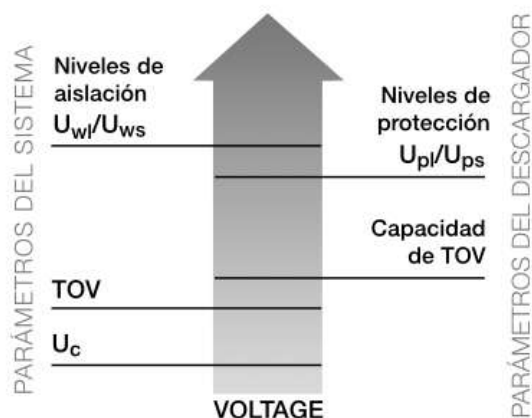
Estos catálogos contienen una lista de los descargadores normales ABB disponibles; con revestimiento de porcelana tipo EXLIM y con revestimiento de polímero de silicona tipo PEXLIM.

La selección se hace con dos pasos principales:

- Contrastando las características eléctricas de los descargadores con los requisitos eléctricos de la red
- Contrastando las características mecánicas de los descargadores con los requisitos mecánicos y medioambientales de la red

La selección final se refleja en la designación de tipo del descargador.

Parámetros del sistema y del descargador



Glosario

U_m	Tensión máxima de red
U_c	Tensión de trabajo continuo
U_n	Tensión nominal
TOV	Sobretensión temporal
T	Factor de resistencia de sobretensión temporal

k	Factor de pérdida a tierra
U_{ps}	Nivel de protección de impulso de funcionamiento
U_{pl}	Nivel de protección de impulso de descarga
U_{ws}	Nivel de resistencia de impulso de funcionamiento
U_{wl}	Nivel de resistencia de impulso de descarga

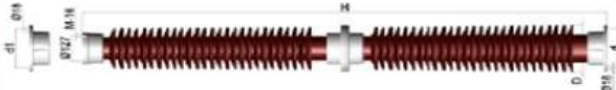
4.6 AISLADORES SOPORTE

Aisladores para Aparellaje
Outdoor & Indoor Post Insulators

4.1.1 AISLADORES DE SOPORTE EXTERIOR CON HERRAJES EXTERNOS
OUTDOOR POST INSULATORS WITH EXTERNAL METAL PARTS

TENSIÓN NOMINAL MÁXIMA DE 245 A 420 kV
MAXIMUM NOMINAL VOLTAGE 245 A 420 kV

Según CEI 60273. According to IEC 60273.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS / TECHNICAL SPECIFICATIONS							
Vidriado color marrón o gris <i>Brown or grey glazed</i>							
Herrajes: Fundición maleable galvanizada en caliente. <i>Fittings: Cast iron hot dip galvanized.</i>							
Montaje: Hasta 80 °C - cemento Sulfuroso <i>Cementing: Up to 80 °C Sulphur cement</i> Montaje: Hasta 150 °C - cemento Portland <i>Cementing: Up to 150 °C Portland cement</i>							
Ensayos según CEI 60168v <i>Tests according to IEC 60168</i>							
DESIGNACION / REFERENCE		C4-1050	C6-1050	C8-1050	C10-1050	C8-1425	C8-1550
Línea de fuga mínima según nivel de polución CEI 60815 (mm.) <i>Minimum creepage distance according to pollution level IEC 60815 (mm.)</i>	I	3920	3920	3920	3920	6720	6720
	II	4900	4900	4900	4900	8400	8400
	III	6125	6125	6125	6125	10500	10500
	IV	7595	7595	7595	7595	13020	13020
DIMENSIONES / DIMENSIONS							
Altura del aislador montado <i>Height of the post insulator once assembled</i>	H mm	2300±3,5	2300±3,5	2300±3,5	2300±3,5	3150±4,5	3350±4,5
Diámetro máximo parte aislante <i>Maximum diameter of insulating part</i>	D mm	450	450	450	450	450	450
Diámetro Círculo de fijación <i>Bolt circle</i>	d1 mm	*	225	225	225	225	225
Diámetro Círculo de fijación <i>Bolt circle</i>	d mm	200	225	254	275	275	275
DATOS ELECTRICOS / ELECTRICAL VALUES							
Tensión nominal / máxima <i>Nominal voltage / maximum voltage</i>	- kV	245	245	245	245	420	420
Tensión soportada al choque <i>Lightning impulse withstand voltage</i>	- kV	1050	1050	1050	1050	1425	1550
Tensión sop. al choque de maniobra bajo lluvia (kV) <i>Switching impulse withstand voltage wet (kV)</i>	- kV	750	750	750	750	950	1050
Tensión soportada bajo lluvia a 50 Hz <i>Power frequency withstand voltage, wet 50Hz</i>	- kV	460	460	460	460	*	*
DATOS MECANICOS / MECHANICAL VALUES							
Mínima carga de rotura a Flexión <i>Minimum bending failing load</i>	- N	4000	6000	8000	10000	8000	8000
Mínima carga de rotura a la Torsión <i>Minimum bending failing load</i>	- N	3000	3000	4000	4000	4000	4000

* Consulte con nuestro Departamento Comercial / Check with our Sales Department



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

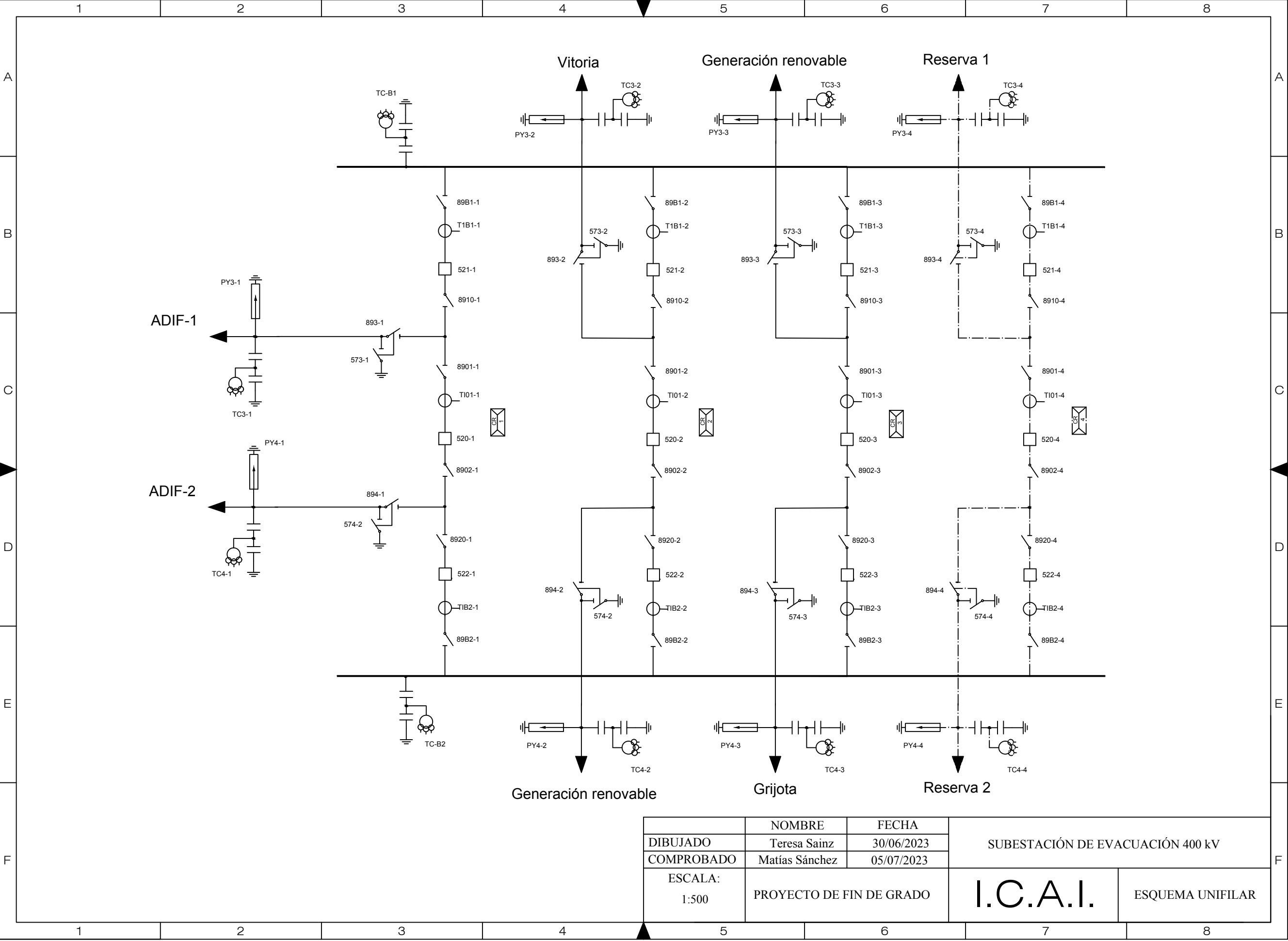
PROYECTO DE EJECUCIÓN

Proyecto Técnico y Administrativo de una subestación eléctrica de AT para la red de transporte en Briviesca

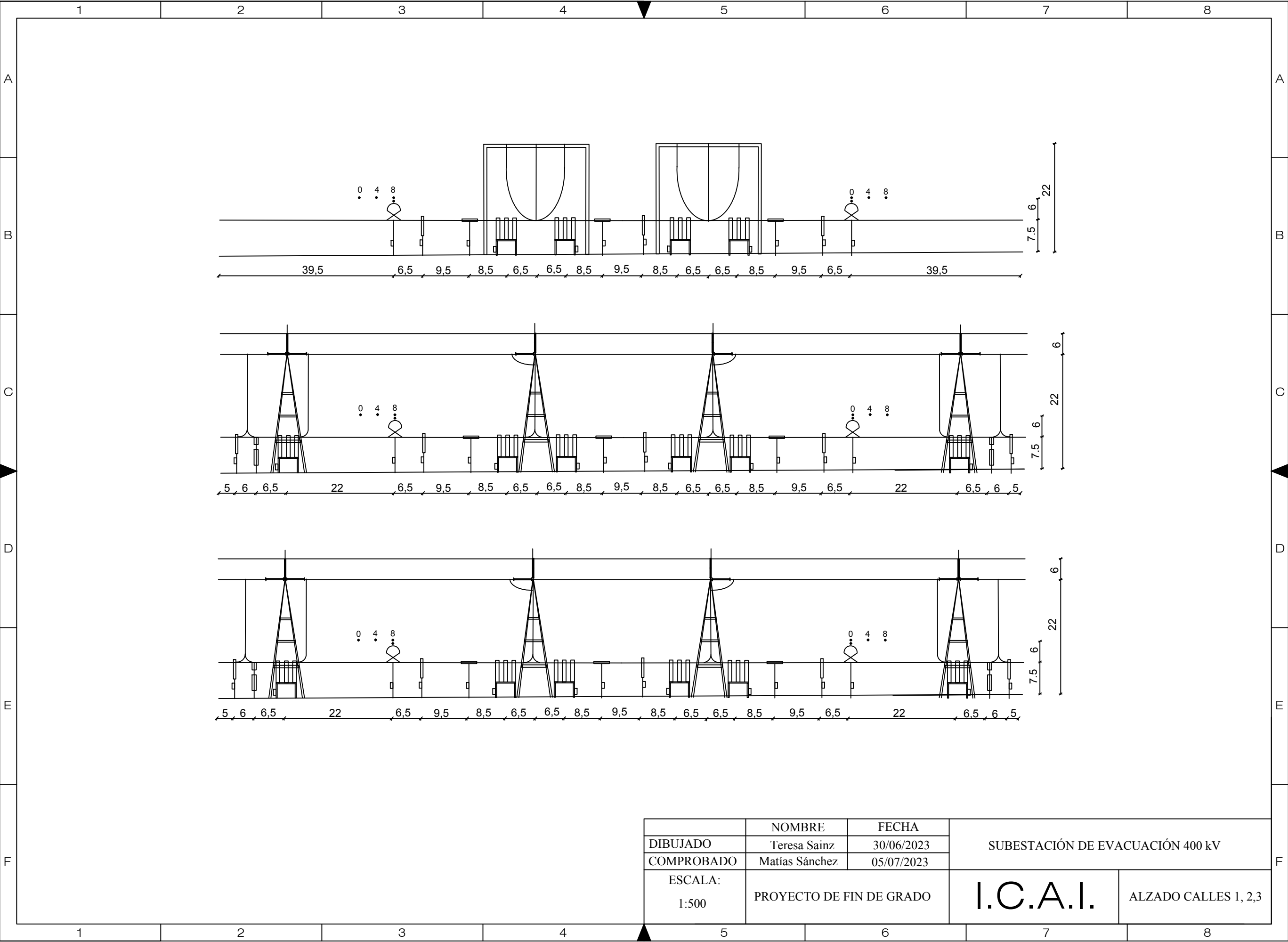
DOCUMENTO 2

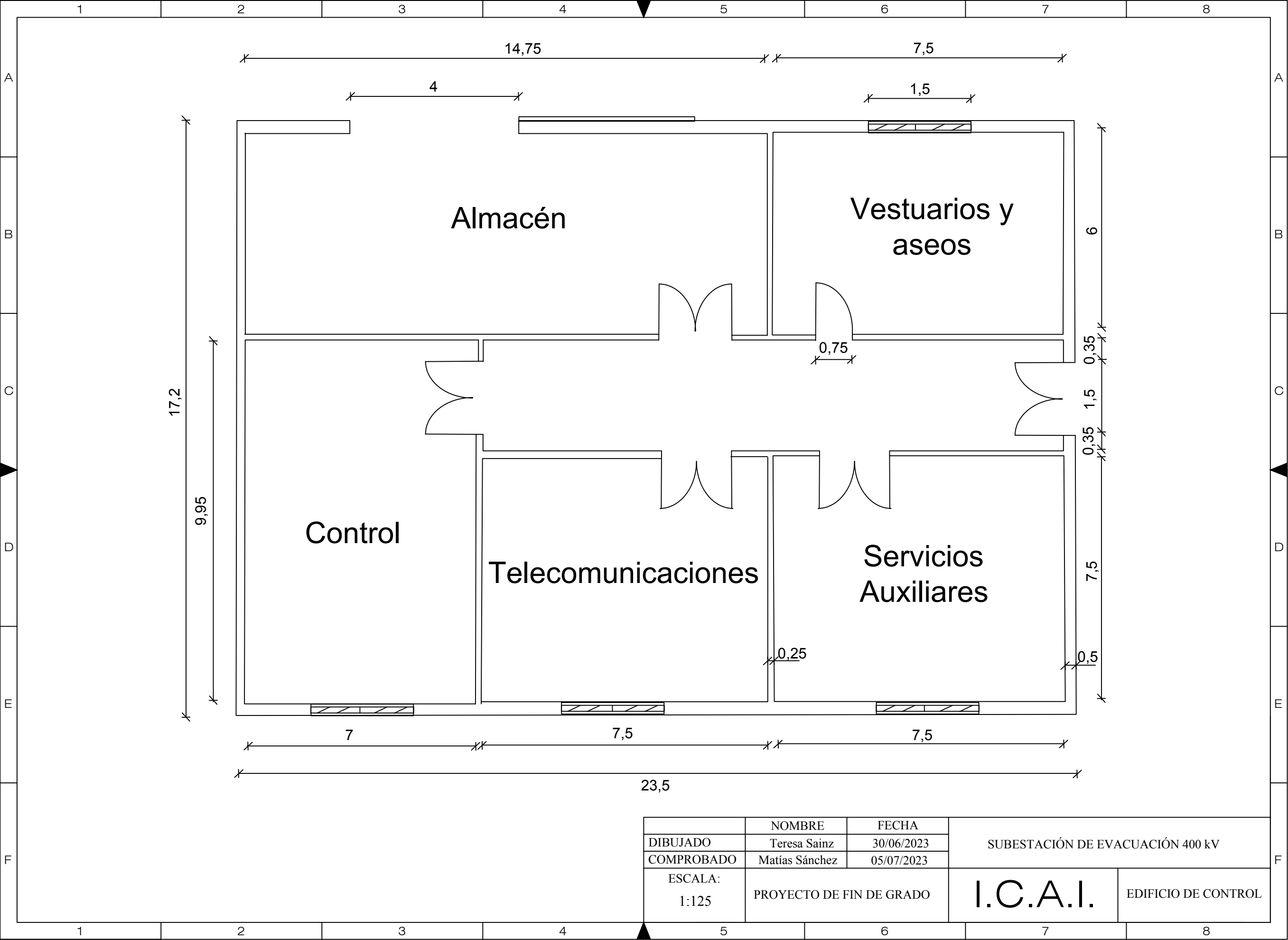
PLANOS

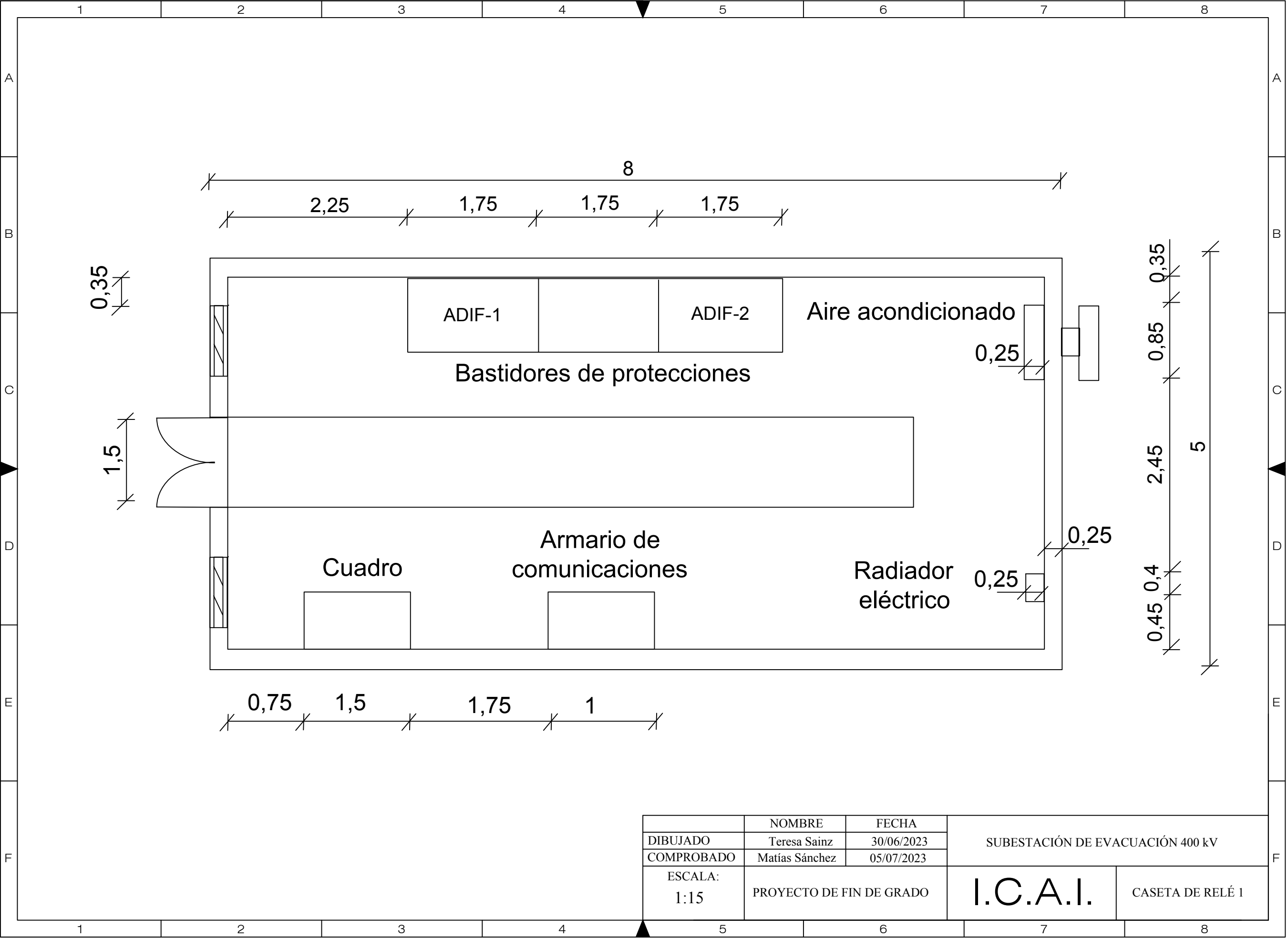


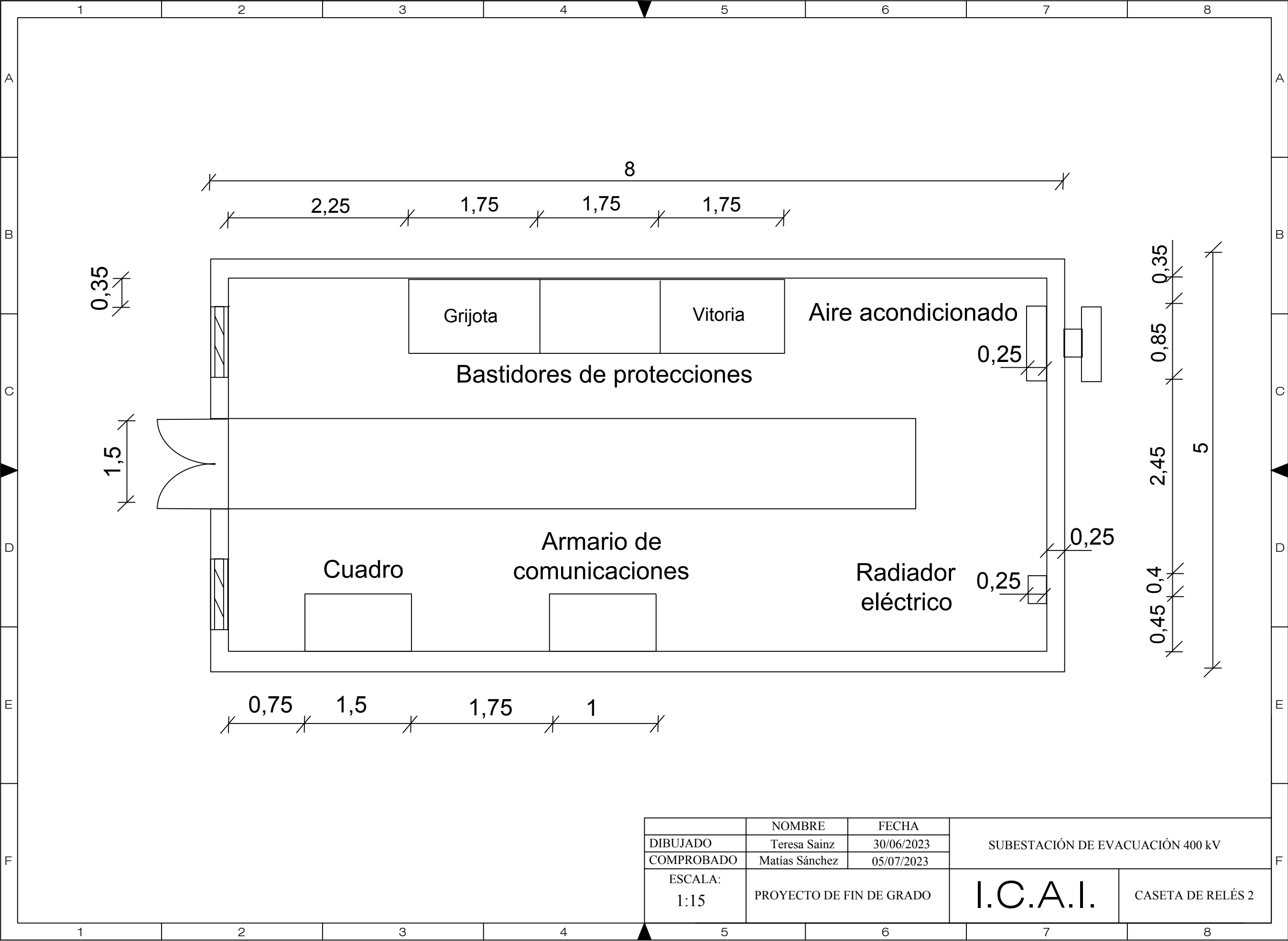


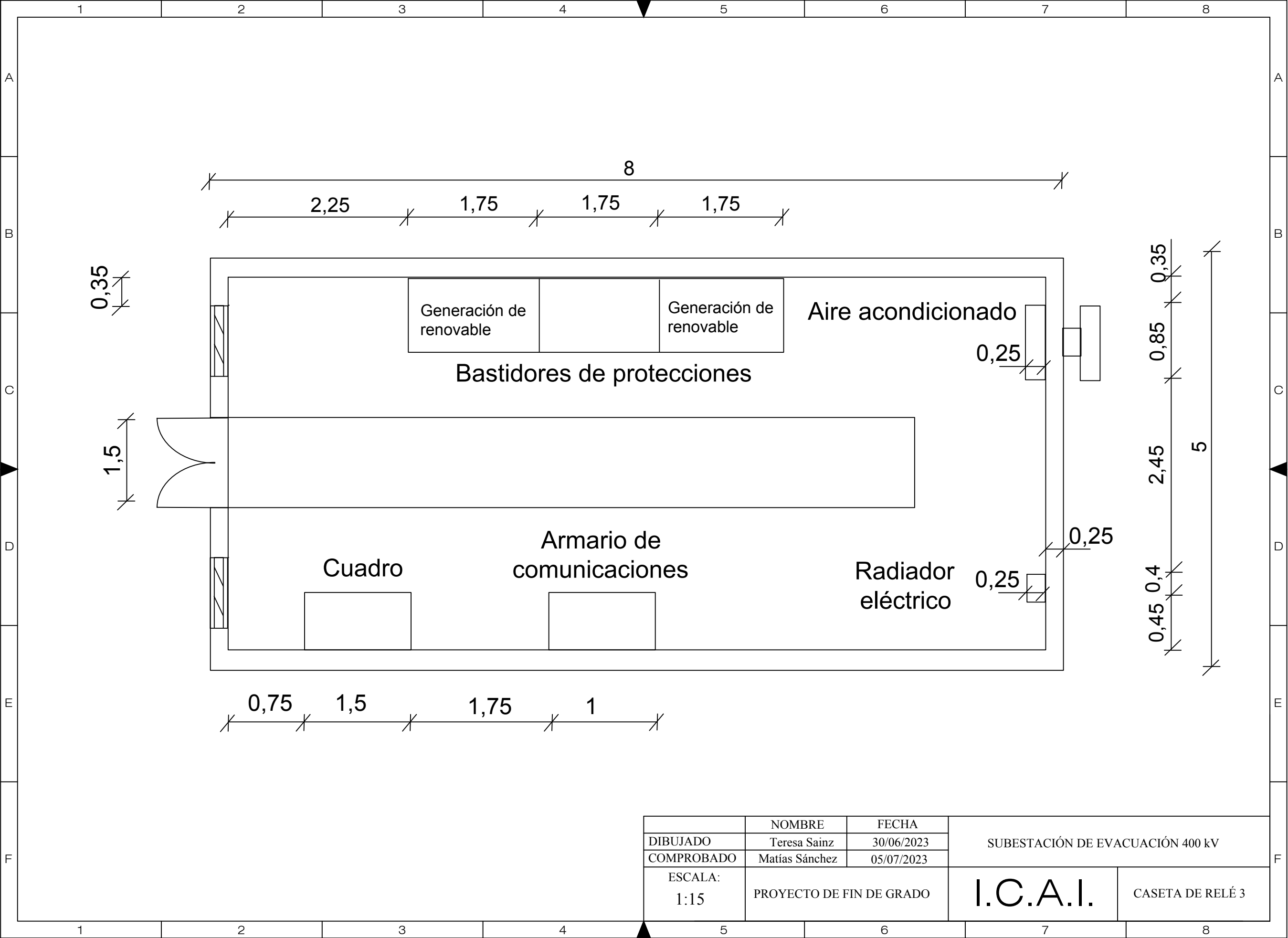
	NOMBRE	FECHA	SUBESTACIÓN DE EVACUACIÓN 400 kV	
DIBUJADO	Teresa Sainz	30/06/2023		
COMPROBADO	Matías Sánchez	05/07/2023		
ESCALA: 1:500	PROYECTO DE FIN DE GRADO		I.C.A.I.	ESQUEMA UNIFILAR













COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

PROYECTO DE EJECUCIÓN

Proyecto Técnico y Administrativo de una subestación eléctrica de AT para la
red de transporte en Briviesca

DOCUMENTO 3

PLIEGO DE CONDICIONES

Índice de los pliegos de condiciones

<i>Índice de los pliegos de condiciones</i>	I
---	----------

Capítulo 1. Generales y económicas	4
---	----------

1.1 Objeto.....	4
1.2 Normativa aplicable.....	5
1.2.1 Equipamiento y montaje.....	5
1.2.1 Obra civil.....	7
1.2.1.1 Estructuras.....	7
1.2.1.2 Instalaciones.....	8
1.2.1.3 Protección.....	10
1.2.1.4 Varios.....	10
1.3 Gestión de calidad.....	12
1.4 Gestión medioambiental.....	12
1.5 Seguridad en el trabajo.....	12
1.6 Verificación y validación.....	12
1.7 Estudio de seguridad.....	13
1.7.1 Objeto de este estudio.....	13
1.7.2 Situación y descripción.....	13
1.7.3 Control de accesos.....	14
1.7.4 Unidades constructivas.....	14
1.7.4.1 Movimientos de tierras.....	14
1.7.4.2 Obra Civil.....	15
1.7.4.3 Montajes de estructuras y equipos.....	16
1.7.5 Identificación de riesgos.....	17
1.7.5.1 Organización de la seguridad.....	20
1.7.5.2 Principios Generales aplicables durante la Ejecución de la Obra.....	21
1.7.5.3 Formación.....	21
1.7.5.4 Medicina Preventiva.....	21
1.7.5.5 Medios de Protección.....	22
1.7.6 Locales de descanso y servicios higiénicos.....	22
1.7.7 Disposiciones de Emergencia.....	22
1.7.7.1 Vías de Evacuación.....	22

1.7.7.2 Iluminación.....	23
1.7.7.3 Instalaciones de suministro y reparto de energía.....	23
1.7.7.4 Ventilación.....	23
1.7.7.5 Ambientes nocivos y factores atmosféricos	24
1.7.7.6 Detección y lucha contra incendios	24
1.7.7.7 Primeros auxilios	25
1.7.8 Plan de seguridad	25
1.7.8 Normativa legal de aplicación.....	25
1.7.9 Normativa interna de Red Eléctrica	26
Capítulo 2. Técnicas y particulares	27
2.1 Ámbito de aplicación	27
2.2 Requisitos de carácter general.....	27
2.2.1 Condicionados de los Organismos de la Administración.....	27
2.2.3 Áreas de almacenamiento temporal o de trasiego de combustible.....	27
2.2.4 Cambios de aceites y grasas	28
2.2.5 Campamento de obra	28
2.2.6 Gestión de residuos	28
2.2.7 Incidentes con consecuencias ambientales	29
2.3 Requisitos específicos para los movimientos de tierras.....	30
2.3.1 Zonificación de los trabajos.....	30
2.3.2 Accesos.....	30
2.3.3 Retirada de la cubierta vegetal.....	30
2.3.4 Patrimonio cultural.....	30
2.3.5 Movimientos de tierra para la explanación.....	31
2.4 Requisitos específicos para la obra civil.....	31
2.5 Requisitos específicos para el montaje electromecánico	32
2.5.1 Llenado de equipos con aceite	32
2.5.2 Llenado de equipos con SF6.....	32
2.6 Acondicionamiento final de la obra.....	32

Capítulo 1. GENERALES Y ECONÓMICAS

1.1 OBJETO

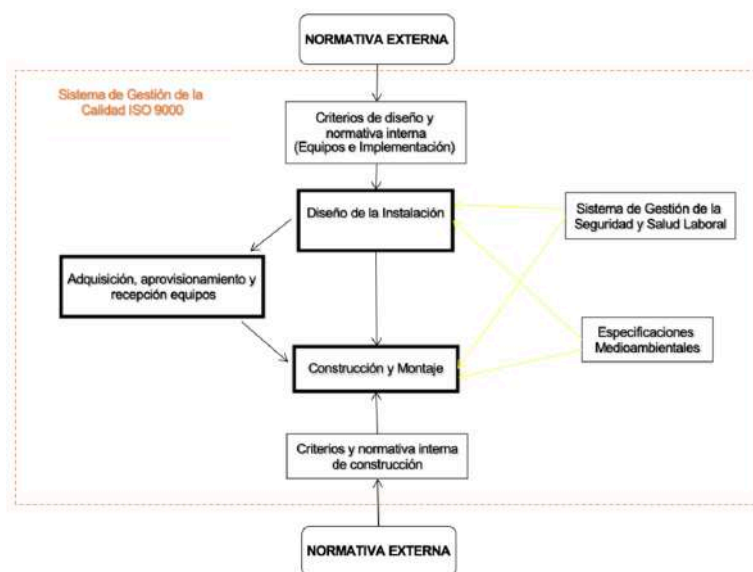
El objeto del presente Pliego de Condiciones es aportar la información necesaria para definir los materiales y equipos y su correcto montaje para lo que se han considerado los siguientes aspectos.

1º Normativa: Los equipos y su montaje será conforme a la normativa legal y de referencia.

2º Gestión de Calidad: El plan de calidad recoge las características técnicas de los equipos y su montaje. Además, la certificación ISO-9000 asegura la calidad de la instalación construida.

3º Gestión medioambiental: Con el objeto de minimizar los impactos puedan acarrear la construcción y funcionamiento de la instalación.

4º Seguridad Laboral: Para asegurar que tanto el montaje como la explotación de los equipos de esta instalación cumplen con las medidas de seguridad requeridas.



1.2 NORMATIVA APLICABLE

Se aplicarán por el orden en que se relacionan, cuando no existan contradicciones legales, las siguientes normas:

- Normativa de RED ELÉCTRICA (DYES; Procedimientos Técnicos; y Procedimientos de Dirección).
- Normativa Europea EN.
- Normativa CENELEC.
- Normativa CEI.
- Normativa UNE.
- Otras normas y recomendaciones (IEEE, MF, ACI, CIGRE, ANSI, AISC, etc).

1.2.1 EQUIPAMIENTO Y MONTAJE

El presente Proyecto ha sido redactado basándose en los anteriores Reglamentos y Normas, y más concretamente, en los siguientes, que serán de obligado cumplimiento:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. R. D. 3275/1982 de 12 de noviembre y sus modificaciones posteriores, la última por O. M. de 10/03/00.

En especial las ITC del “Reglamento sobre Centrales eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación”:

- .- ITC-MIE-RAT-09: "PROTECCIONES".
- .- ITC-MIE-RAT-12: "AISLAMIENTO".

.- ITC-MIE-RAT-13: "INSTALACION DE PUESTA A TIERRA".

.- ITC-MIE-RAT-15: "INSTALACIONES ELECTRICAS DE EXTERIOR".

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. "REBT". DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología B.O.E.: 18-SEPT-2002, e Instrucciones Técnicas Complementarias y sus modificaciones posteriores.

- Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) que le afecten.

- Ley 31/95 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

- R.D. 614/01 de 8 de Junio sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico,

- R.D. 1215/97 de 18 de Julio sobre EQUIPOS DE TRABAJO

- R.D. 486/97 de 14 de Abril sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo,

- R.D. 487/97 de 14 de Abril sobre Manipulación manual de cargas,

- R.D. 773/97 de 30 de Mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual,

- Ley 32/2006 de 18 de Octubre Reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.

- Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en Instalaciones Eléctricas, de la Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA.

- Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. REAL DECRETO 1942/1993, de 5-NOV, del Ministerio de Ind. y Energía B.O.E.: 14-DIC-93, y sus correcciones posteriores. Normas de procedimiento y desarrollo del Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios y se revisa el anexo I y los apéndices del mismo ORDEN, de 16-ABR, del Ministerio de Industria y Energía B.O.E.: 28-ABR-98
- Reglamento de Seguridad contra incendios en los Establecimientos Industriales. REAL DECRETO 786/2001, de 6-JUL, del Ministerio de Ciencia y Tecnología, B.O.E.: 30-JUL-01, y sus correcciones posteriores.
- Código Técnico de la Edificación (CTE) R.D. 314/2006 de 17 de marzo del Ministerio de la Vivienda. B.O.E.: 28 de marzo de 2006.
- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) tanto en cuanto a la ejecución de los trabajos, como en lo relativo a mediciones.
- Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.

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

1.2.1 OBRA CIVIL

1.2.1.1 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-Marzo, del Ministerio de la Vivienda.

Norma de construcción sismo resistente: parte general y edificación (NCSR-02). REAL DECRETO 997/2002, de 27-Septiembre, del Ministerio de Fomento B.O.E.: 11-OCT-02.

- Acero

Documento Básico de Seguridad Estructural SE-A “Acero” del Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-Marzo, del Ministerio de la Vivienda.

- Fábrica de ladrillo

Documento Básico de Seguridad Estructural SE-F “Fábrica” del Código Técnico de la Edificación . REAL DECRETO 314/2006 de 17-Marzo, del Ministerio de la Vivienda.

- Hormigón

Instrucción de Hormigón Estructural "EHE-08". REAL DECRETO 1247/2008 de 18 de julio, del Ministerio de Fomento B.O.E.: 22-AGO-08.

- Forjados

Actualización de las fichas de autorización de uso de sistemas de forjados RESOLUCIÓN de 30-ENE-97, del Ministerio de Fomento B.O.E.: 6-MAR-97.

Real Decreto 1247/2008 de 5 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)".

1.2.1.2 Instalaciones

- Calefacción, Climatización y Agua caliente sanitaria

Documento Básico de Salubridad HS “Salubridad” del Código Técnico de la Edificación. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda.

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) y se crea la Comisión Asesora para Instalaciones Térmicas de los Edificios. Real Decreto 1027/2007.

Real Decreto 140/03 de 7 de febrero sobre Criterios Sanitarios de la Calidad del Agua de consumo humano. B.O.E.: 21 de febrero de 2003.

- Electricidad

Reglamento electrotécnico para baja tensión “REBT” e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT01 a BT51.

REAL DECRETO 842/2002, de 2-AGOSTO, del Ministerio de Industria y Energía B.O.E.: 18-SEPT-2002.

Autorización para el empleo de sistemas de instalaciones con conductores aislados bajo canales de cables protectores de material plástico. RESOLUCIÓN de 18-ENE-88, de la Dirección General de Innovación Industrial. B.O.E.: 19-FEB-88.

- Instalaciones de Protección Contra Incendios

Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios. Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, del Ministerio de Industria y Energía. B.O.E.: 14 de diciembre de 1993. Corrección de errores: 7 de mayo de 1994.

Normas de Procedimiento y Desarrollo del Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios y se revisa el anexo I y los Apéndices del mismo. Orden de 16 de abril de 1998, del Ministerio de Industria y Energía. B.O.E.: 28 de abril de 1998.

Reglamento de Seguridad contra incendios en los Establecimientos Industriales. REAL DECRETO 786/2001, de 6-JUL, del Ministerio de Ciencia y Tecnología, B.O.E.: 30-JUL-01, y sus correcciones posteriores.

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.

1.2.1.3 Protección

- Aislamiento Acústico

Documento Básico HR “Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación.

REAL DECRETO 1371/2007 de 19-October, del Ministerio de la Vivienda

- Aislamiento Térmico

Documento Básico HE “Ahorro de energía” del Código Técnico de la Edificación. REAL

DECRETO 314/2006 de 17-Marzo, del Ministerio de la Vivienda.

- Protección Contra Incendios

Documento Básico SI “Seguridad en caso de incendio” del Código Técnico de la

Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-Marzo, del Ministerio de la Vivienda.

1.2.1.4 Varios

Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-Marzo, del Ministerio de la Vivienda.

Normas tecnológicas de la edificación. DECRETO del ministerio de la vivienda nº 3655/72, de 23-DIC B.O.E. 15-ENE-73.

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. R. D. 3275/1982 de 12 de noviembre y sus modificaciones posteriores, la última por O. M. de 10/03/00.

Instrucciones Técnicas Complementarias en Subestaciones. DECRETO nº 842/02 de 2-AGO en B.O.E.: 18-SEPT-02.

Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) que le afecten.

Ley 31/95 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

R.D. 614/01 de 8 de Junio sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

R.D. 1215/97 de 18 de Julio sobre EQUIPOS DE TRABAJO.

R.D. 486/97 de 14 de Abril sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.

R.D. 487/97 de 14 de Abril sobre Manipulación manual de cargas.

R.D. 773/97 de 30 de Mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Ley 32/2006 de 18 de Octubre Reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.

Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en Instalaciones Eléctricas, de la Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA.

Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) tanto en cuanto a la ejecución de los trabajos, como en lo relativo a mediciones.

Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.

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

1.3 GESTIÓN DE CALIDAD

Afecta a los procesos: ingeniería, construcción, calificación de proveedores, compras, transferencia de instalaciones y gestión de proyectos y también a los recursos: cualificación de las personas, equipos de inspección, medida y ensayo y homologación de equipos. Sistema de calidad certificado que cumple con la normativa ISO 9000.

1.4 GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

Las obras del proyecto se ejecutan garantizando el cumplimiento de la legislación y reglamentación aplicable. En el Anexo “Especificaciones técnicas de carácter ambiental” de este documento se detallan los aspectos medioambientales que rigen la ejecución de este proyecto.

1.5 SEGURIDAD EN EL TRABAJO

Conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción, al amparo de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, se incluye en el presente proyecto, el Estudio de Seguridad y Salud correspondiente para su ejecución.

1.6 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN

De acuerdo con los sistemas de gestión certificados, se garantiza el correcto montaje verificado y validando la instalación y equipos mediante:

Pruebas en Vacío

Una vez finalizados los trabajos de obra civil y montaje electromecánico se procederá a la realización de las Pruebas en Vacío de la Instalación de acuerdo con las instrucciones técnicas correspondientes recogida en la normativa interna.

Pruebas en Tensión

Las Pruebas en Tensión tendrán por objeto comprobar la adecuación al uso de la instalación conforme a los criterios funcionales establecidos en el Proyecto.

Los protocolos de las pruebas a realizar, así como los criterios para su ejecución serán redactados conforme a lo especificado en la documentación técnica aplicable.

1.7 ESTUDIO DE SEGURIDAD

1.7.1 OBJETO DE ESTE ESTUDIO

El Estudio de Seguridad y Salud se llevará a cabo para garantizar la seguridad durante las tareas de explanación, obra civil y montaje electromecánico en la subestación de Briviesca. Se proporcionarán los recursos necesarios para que la Dirección Facultativa puede aplicar las medidas conforme a lo establecido en el R.D. 1627/97.

Todas las empresas involucradas en la obra deberán cumplir con las responsabilidades y normas definidas en el Estudio. La empresa contratista se será responsable de su elaboración, aunque Red Eléctrica tendrá la autoridad para la interpretación final. Asimismo, las características de la obra serán las siguientes:

1.7.2 SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN

La subestación de Briviesca está situada en el municipio de Briviesca, Burgos.

Altura del terreno	750 m
--------------------	-------

Tipo de Zona	B
Temperaturas extremas	-20°C / +40 °C
Velocidad máxima del viento	140 km/h
Contaminación ambiental	Baja
Nivel de niebla	Media
Publiometría	Media

1.7.3 CONTROL DE ACCESOS

Dado que la situación de la subestación está alejada de núcleos urbanos o zonas de paso, la presencia de personal ajeno a la obra es improbable. A pesar de ello, el cerramiento perimetral se realizará tan pronto como sea posible.

Por otro lado, la parcela se encuentra vallada, por lo que no procede ninguna actuación en este campo y en el portón de acceso se dispondrán señales informativas de riesgo.

1.7.4 UNIDADES CONSTRUCTIVAS

1.7.4.1 *Movimientos de tierras*

Consiste en preparar el terreno a fin de disponerlo en condiciones para ubicar los elementos componentes de la subestación.

El movimiento de tierras abarcará la plataforma completa del parque de 400 kV, la zona del edificio y los accesos.

Básicamente se utilizará maquinaria pesada de explanación y retirada de tierras.

Acopio

Los materiales y equipos a instalar, provenientes de los suministradores se descargarán con medios mecánicos.

Se almacenarán en la campa situada en la propia subestación, en ubicación estable, apartado de las posiciones en construcción y donde no interfiera en el desarrollo posterior de los trabajos.

Drenajes y Saneamientos

La red cubrirá todo el parque, incluidas las calles nuevas. Se realizará con tubo drenante en distribución que no produzca un efluente masivo.

1.7.4.2 Obra Civil

Consiste en la realización de Edificio de control, muros cortafuego y casetas de relés, los cuales se construirán sucesivamente.

Se dispondrá de campa de almacenaje de materiales de construcción en zona que no interfiera a los restantes trabajos y a las vías de circulación de vehículos.

La preparación de armaduras de encofrados se ubicará fuera las zonas de paso.

Cimentaciones de soportes

Las cimentaciones para el equipo de la subestación consistirán en zapatas cuadradas de hormigón armado.

Canales de cables

Se diseñan para proteger los cables de control y potencia a lo largo de su trayecto desde los mandos de cada equipo hasta las casetas de relés, y desde estas hasta el edificio de control. Los conductos de cables se construirán con hormigón.

Casetas de relés

Se instalarán cuatro casetas de relés prefabricadas, una en cada calle con dimensiones de 5x8 metros de la empresa Gilva. Estas casetas albergarán bastidores de relés, armarios de comunicaciones y cuadros de servicios auxiliares. Además, estarán equipadas con un sistema de aire acondicionado y termostato para controlar la calefacción.

Edificio de Control

Se construirá un edificio de mando y control con las normas de RED ELÉCTRICA. Este incluirá: sala de comunicaciones, sala de control, sala de servicios auxiliares, un almacén y aseos.

1.7.4.3 Montajes de estructuras y equipos

En esta etapa, se procederá a la instalación de los pórticos, embarrados superiores, estructuras de soporte para los equipos, los equipos mismos y los embarrados de conexión.

Se organizarán las actividades de montaje de manera que no interfieran entre sí y se prestará especial atención para que no afecten las labores de Obra Civil que aún se estén llevando a cabo.

Las estructuras metálicas y soportes de los equipos se construirán utilizando perfiles normalizados de alma llena.

Trabajos de cableado y trabajos en b.t.

El tendido de cables de fuerza y control desde los equipos del parque hasta las casetas de relés se hará manualmente, siguiendo el trazado indicado por los canales.

La instalación de los equipos de Control, Protecciones, Comunicaciones y Medidas se llevará a cabo al mismo tiempo que los trabajos de cableado.

Puesta en Servicio

Se espera que la puesta en servicio se realice en fases, conectando eléctricamente la nueva posición o instalación a la red eléctrica.

La calles y equipos que se pongan en servicio se delimitarán y aislarán para permitir la ejecución de las fases de trabajo posteriores.

1.7.5 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Las Empresa adjudicatarias de las obras han de considerar que la evaluación de los riesgos asociados a cada una de las actividades de construcción de Subestaciones supone el análisis previo de:

- Las condiciones generales del trabajo, a las máquinas y equipos que se manejen, a las instalaciones próximas existentes y a los agentes físicos, químicos y biológicos que puedan existir.
- Las características de organización y control del trabajo que cada Empresa tiene establecidas, lo que influye en la magnitud de los riesgos.
- La inadecuación de los puestos de trabajo a las características de los trabajadores especialmente sensibles a ciertos riesgos.

Por ello las Empresas Contratistas adjudicatarias de los trabajos deben disponer de una Evaluación de Riesgos genérica concerniente a sus trabajos.

No obstante, se prevé que los riesgos que se pueden presentar son:

Situaciones pormenorizadas de riesgo	
Caídas de personas al mismo nivel	Caída por deficiencias en el suelo, por pisar o tropezar con objetos, por existencia de vertidos o líquidos, por superficies en mal estado por condiciones atmosféricas (heladas, nieve, agua, etc.).
Caídas de personas a distinto nivel	Caída desde escaleras portátiles, desde andamios y plataformas temporales, desniveles, huecos, zanjas, taludes, desde estructuras pórticos.
Caídas de objetos	Caída por manipulación manual de objetos y herramientas o de elementos manipulados con aparatos elevadores.

Situaciones pormenorizadas de riesgo	
Desprendimientos desplomes y derrumbes	Desprendimientos de elementos de montaje fijos, desplome de muros o hundimiento de zanjas o galerías
Choques y golpes	Choques contra objetos fijos, contra objetos móviles, golpes por herramientas manuales y eléctricas.
Maquinaria automotriz y vehículos	Atropello a peatones, choques y golpes entre vehículos, vuelco de vehículos y caída de cargas
Atrapamientos por mecanismos en movimiento	Atrapamientos por herramientas manuales, portátiles eléctricos. Atrapamientos por mecanismos en movimiento.
Cortes	Cortes por herramientas portátiles eléctricas o manuales y cortes por objetos superficiales o punzantes.
Proyecciones	Impacto por fragmentos, partículas sólidas o líquidas.
Contactos térmicos	Contactos con fluidos o sustancias calientes / fríos. Contacto con proyecciones.
Contactos químicos	Contacto con sustancias corrosivas, irritantes/ alergizantes u otras.
Contactos eléctricos	Contactos directos, indirectos o descargas eléctricas
Arcos eléctricos	Calor, proyecciones o radiaciones no ionizantes.

Situaciones pormenorizadas de riesgo	
Sobreesfuerzos	Esfuerzos al empujar, tirar de objetos. Esfuerzos al levantar, sostener o manipular cargas.
Explosiones	Máquinas, equipos y botellas de gases.
Incendios	Acumulación de material combustible. Almacenamiento y trasvase de productos inflamables. Focos de ignición, proyecciones de chispas o partículas calientes.
Confinamiento	Golpes, choques, cortes o atrapamientos por espacio reducido. Dificultades para rescate.
Tráfico	Choques entre vehículos o contra objetos fijos Atropello de peatones o en situaciones de trabajo Vuelco de vehículos por accidente de tráfico.
Agresión de animales	Picadura de insectos, ataque de perros o agresión por otros animales.
Estrés térmico	Exposición prolongada al calor o al frío Cambios bruscos de temperatura.
Radiaciones no ionizantes	Exposición a radiación ultravioleta, infrarroja o visible.

Situaciones pormenorizadas de riesgo	
Carga física	Movimientos repetitivos. Carga estática o postural (espacios de trabajo) o dinámica (actividad física). Condiciones climáticas exteriores.
Carga mental	Distribución de tiempos. Horario de trabajo

1.7.5.1 Organización de la seguridad

- Coordinador en Materia de Seguridad y Salud
- Las tareas de Obra Civil y Montaje Electromecánico si bien estarán programadas en su mayor parte en periodos distintos, pueden que en algún momento interfieran entre sí, por lo que si así fuera sobre la base del Art. 3 del R.D. 1627, RED ELÉCTRICA en su calidad de Promotor procederá a nombrar Coordinador en Materia de Seguridad.
- Jefes de Trabajo de las Empresas Contratistas
- Las personas que ejerzan in situ las funciones Jefes dirigiendo y planificando las actividades de los operarios garantizarán que los trabajadores conocen los principios de acción preventiva y velarán por su aplicación.
- Vigilante de Seguridad de la Empresa Contratista
- La Empresa Contratista reflejará en el Plan de Seguridad el nombre de una persona de su organización que actuará como su Vigilante de Seguridad para los trabajos, bien a tiempo total o compartido, con formación en temas de Seguridad (cursillo, prueba, etc.) o con suficiente experiencia para desarrollar este cometido.
- Quien actúe como Jefe de Obra organizará la labor del Vigilante y pondrá a su disposición los medios precisos para que pueda desarrollar las funciones preventivas.

1.7.5.2 Principios Generales aplicables durante la Ejecución de la Obra

De conformidad con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los principios de la acción preventiva que se recogen en su artículo 15 se aplicarán durante la ejecución de la obra y en particular:

- a) Garantizar que solo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada pueden acceder a las zonas de riesgo grave o específico.
- b) Dar las debidas instrucciones a los empleados.
- c) El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- d) La manipulación de los distintos materiales y la utilización de los medios auxiliares.
- e) El mantenimiento de los medios y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra.
- f) La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de trabajo.
- g) La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- h) La adaptación, en función de la evolución de obra, del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- i) La cooperación entre RED ELÉCTRICA y el Contratista.

1.7.5.3 Formación

El personal de la Empresa Contratista que sea habitual en estos trabajos debe estar instruido en Seguridad. No obstante, en las fechas inmediatas a la incorporación recibirá información específica acorde al trabajo que va a realizar

La empresa Contratista garantizará que el personal de sus Empresas Subcontratadas será informado del contenido del Plan de Seguridad.

Los operarios que realicen trabajos con riesgo eléctrico tendrán la categoría de “personal autorizado o cualificado” para las funciones que le asigna el R.D. 614/2001.

1.7.5.4 Medicina Preventiva

La Empresa Contratista queda obligada a aportar a la obra trabajadores con reconocimiento médico realizado. Si como consecuencia de este reconocimiento fuera aconsejable el cambio de puesto de trabajo, la Empresa Contratista queda obligada a realizarlo.

En cualquier momento RED ELÉCTRICA podrá solicitar certificados de estos reconocimientos.

1.7.5.5 Medios de Protección

Antes del inicio de los trabajos todo el material de seguridad estará disponible en la obra, tanto el de asignación personal como el de utilización colectiva.

Así mismo, todos los equipos de protección individual se ajustarán a lo indicado en el R.D. 773/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.7.6 LOCALES DE DESCANSO Y SERVICIOS HIGIÉNICOS

A tenor de lo establecido en el R.D. 486/1997 sobre Disposiciones Mínima de Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo y particularmente en su Anexo V, el Contratista dispondrá de los locales y servicios higiénicos necesarios

Si se utilizasen instalaciones permanentes existentes en la instalación, no será preciso dotar a la Obra de instalaciones temporales. Esta circunstancia será reflejada en el Plan de Seguridad.

1.7.7 DISPOSICIONES DE EMERGENCIA

1.7.7.1 Vías de Evacuación

La obra se realizará al aire libre por lo tanto no será necesario definir vías o salidas de emergencia.

Si en la construcción del edificio de control se prevé la presencia de más de 20 trabajadores, se elaborará un plano con las diferentes rutas de evacuación, teniendo en cuenta el número de posibles usuarios. Este plano deberá colocarse en un lugar visible a la entrada del edificio. Además, se instalarán señales que indiquen las vías de emergencia lo antes posible.

En caso de ser necesario, la decisión de evacuar el lugar de trabajo será tomada por el Coordinador de Seguridad, y si este no está presente, por el supervisor de REE. El punto de reunión será el portón principal de entrada a la subestación.

1.7.7.2 Iluminación

El trabajo se realizará durante el día aprovechando la luz natural. Sin embargo, en caso de que se realicen trabajos en horario de noche, será necesario instalar un sistema de alumbrado incluyendo un sistema de alumbrado de emergencia como linternas.

1.7.7.3 Instalaciones de suministro y reparto de energía

Se instalará un grupo electrógeno para el suministro de la energía eléctrica. Asimismo, el suministro eléctrico se tomará de la red existente

Las instalaciones de suministro y reparto de energía en la obra deberán instalarse y utilizarse de manera que no entrañen peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.

Cuando se trate de instalaciones eléctricas el acceso a las partes activas de las mismas quedará limitado a trabajadores autorizados o cualificados.

1.7.7.4 Ventilación

No se considera necesario realizar controles de ventilación debido al tipo de obra.

En los trabajos en galerías, centros subterráneos, etc., antes de acceder al recinto y durante la permanencia en el mismo, se llevarán a cabo las mediciones higiénicas oportunas de la atmósfera confinada para determinar si los niveles de oxígeno son adecuados o si los contaminantes tóxicos o inflamables superan los límites permitidos.

En estos recintos, se deberá mantener en todo momento la vigilancia desde el exterior, con una comunicación constante entre los trabajadores dentro y fuera del espacio confinado. Se

tomarán todas las precauciones necesarias para asegurar un auxilio rápido y efectivo en caso de emergencia.

Dado que se utilizarán herramientas o máquinas que producen gases o vapores que pueden disminuir peligrosamente la concentración de oxígeno (<18%), y no se garantiza una adecuada renovación del aire, se instalará un sistema de ventilación con aire limpio.

Dado el riesgo de contaminantes inflamables, se utilizarán herramientas compatibles con dicho riesgo (herramientas antideflagrantes).

1.7.7.5 Ambientes nocivos y factores atmosféricos

Dado que se trata de un trabajo a la intemperie, la planificación de tareas que requieran un consumo metabólico alto se planificarán para que no coincidan con los periodos de temperatura extremos.

En caso de tormenta eléctrica se suspenderán los trabajos.

Los trabajadores no deberán estar expuestos a niveles sonoros nocivos ni a factores externos nocivos (gases, vapores, polvo,...), sin la protección adecuada.

1.7.7.6 Detección y lucha contra incendios

No se prevé en la obra la existencia de carga térmica elevada, para facilitar lo se mantendrán adecuadas condiciones de orden y limpieza.

La Obra dispondrá de extintores la cantidad suficiente. Los extintores deberán situarse en lugares de fácil acceso.

No existirán B.I.E. Al no disponer el recinto de acometida de aguas.

El sistema de detección de incendios en casetas y edificio se instalará en cuanto el avance de la Obra lo permita.

1.7.7.7 Primeros auxilios

Todo el personal debe conocer que el número de solicitud de ayuda de primeros auxilios es el 112. La Administración dispondrá ayuda técnica o sanitaria que se solicite en dicho número.

La Empresa Contratista dispondrá de un botiquín de obra para prestar primeros auxilios. Se podrá hacer uso de los medios de primeros auxilios (camilla, elementos de cura, etc.) que exista en la Subestación. Asimismo, deberá estar disponible en la obra un vehículo, para evacuar a un posible accidentado.

El Contratista expondrá, para conocimiento de todos sus trabajadores la dirección de los Centros de Asistencia más próximos.

1.7.8 PLAN DE SEGURIDAD

El Plan de Seguridad que elabore la Empresa adjudicataria de los trabajos debe establecer su forma particular de ejecutarlos, debe ser un documento ajustado a las situaciones de riesgos previsibles en la Obra

El Plan de Seguridad una vez aprobado debe ser el documento aplicable en Obra, para lo cual debe permanecer en poder del Jefe de Trabajo y del Coordinador de Seguridad.

1.7.8 NORMATIVA LEGAL DE APLICACIÓN

La ejecución de la obra, objeto del Estudio de Seguridad, estará regulada por la normativa que a continuación se cita, siendo de obligado cumplimiento para las partes implicadas.

Ley 31/95 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales

Ley 54/03 de 12 de Diciembre de reforma del marco normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.

R.D. 1627/97 de 24 de Octubre sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción

RD 171/04 de 30 Enero, por el que desarrolla el Art. 24 de la Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.

R.D. 614/2001 de 8 de Junio sobre Disposiciones mínimas para la Protección de la Salud y Seguridad de los trabajadores frente al Riesgo Eléctrico

R.D. 486/97 de 14 de Abril sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo

R.D. 487/97 de 14 de Abril sobre Manipulación Manual de Cargas

R.D. 773/97 de 30 de Mayo sobre Utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual

O.M. de 18 de Octubre de 1994. Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

1.7.9 NORMATIVA INTERNA DE RED ELÉCTRICA

La ejecución de la Obra queda igualmente condicionada por la normativa de RED ELÉCTRICA que se referencia, a efectos de aspectos más generales que aplican a la Obra.

TM-001 Organización de la Seguridad en los Trabajos en instalaciones de A.T.

IM-002 Medidas de Seguridad en instalaciones de A.T. para trabajos sin tensión.

IM-013 Medidas de seguridad en trabajos en instalaciones de BT

AM-004 Aplicación de la línea de seguridad para trabajos en alturas

AM-005 Trabajos de manutención manual y mecánica

IC-003 Subcontratación por proveedores de Red Eléctrica a terceros

Capítulo 2. TÉCNICAS Y PARTICULARES

2.1 ÁMBITO DE APLICACIÓN

Este documento tiene por objeto establecer los requisitos de carácter ambiental que se deben cumplir en los trabajos de obra civil y montaje electromecánico que se van a realizar para la construcción /de una ampliación de la subestación de XXX kV de XXXXXXXXXX, para minimizar los posibles impactos ambientales que puede conllevar el desarrollo de los trabajos de construcción.

El alcance de esta especificación comprende todos los trabajos de obra civil y montaje electromecánico de la subestación.

2.2 REQUISITOS DE CARÁCTER GENERAL

Se contemplará un estricto cumplimiento de los requisitos medioambientales legales que en cada momento establecidos en los distintos ámbitos: europeo, estatal, autonómico y municipal. Las Especificaciones Ambientales de Construcción de Subestaciones que regirán la ejecución de la obra indicarán todos los requisitos a cumplir en relación a los trabajos.

2.2.1 CONDICIONADOS DE LOS ORGANISMOS DE LA ADMINISTRACIÓN

Durante el proceso de Autorización Administrativa los organismos públicos y entidades que puedan ser afectadas por el desarrollo del proyecto emitirán los condicionados correspondientes que serán aplicados en el desarrollo de la ejecución de la obra.

2.2.3 ÁREAS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL O DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE

Para evitar que las zonas de almacenamiento temporal o de trasiego de combustible se dispongan sobre suelo desnudo o sin mecanismos de retención de posibles derrames, se

contará con una bandeja metálica sobre la que se colocaran los recipientes que contengan combustible.

La bandeja será estanca, con un bordillo mínimo de 10 cm y con capacidad igual o mayor que la del mayor de los recipientes que se ubiquen en ella. Será necesario disponer de una lona para tapar la bandeja con el fin de evitar que en caso de lluvia se llene de agua, a no ser que el almacenamiento se realice bajo cubierta.

En el caso de que sea necesario disponer de grupos electrógenos, su tanque de almacenamiento principal deberá tener doble pared y todas las tuberías irán encamisadas. Si no es así se colocarán sobre bandeja estanca de las características anteriormente descritas.

2.2.4 CAMBIOS DE ACEITES Y GRASAS

No se verterán aceites y grasas al suelo, por lo que se tomarán todas las medidas preventivas necesarias.

El cambio de aceites de la maquinaria se realizará en un taller autorizado. Si ello no fuera posible se efectuará sobre el terreno utilizando siempre los accesorios necesarios (recipiente de recogida de aceite y superficie impermeable) para evitar posibles vertidos al suelo.

2.2.5 CAMPAMENTO DE OBRA

El campamento de obra dispondrá de los contenedores necesarios para los residuos sólidos urbanos que generen las personas que trabajan en la obra.

No serán utilizadas fosas sépticas/pozos filtrantes en la instalación sin autorización de la Confederación Hidrográfica correspondiente. Preferentemente se usarán depósitos estancos de acumulación o de wáter químico, que serán desmontados una vez hayan finalizados los trabajos. El mantenimiento de estos sistemas será el adecuado para evitar olores y molestias en el entorno de los trabajos.

2.2.6 GESTIÓN DE RESIDUOS

La gestión de los residuos se realizará conforme a la legislación específica vigente. Será según lo establecido en los siguientes documentos:

- Estudio de gestión de residuos de construcción y demolición. Incluido como anexo al presente documento.
- Plan de gestión de residuos de construcción y demolición: Entregado por el contratista, aprobado por la dirección facultativa y aceptado por el Departamento de Medio Ambiente de REE.

2.2.7 INCIDENTES CON CONSECUENCIAS AMBIENTALES

Se consideran incidencias medioambientales aquellas situaciones que por su posible afección al medio requieren actuaciones de emergencia.

Los principales incidentes que pueden tener lugar son incendios y fugas/derrames de material contaminante.

El riesgo de incendios viene asociado principalmente al almacenamiento y manipulación de productos inflamables. Se establecerán todas las medidas de prevención de incendios y se prestará especial atención para que los productos inflamables no entren en contacto con fuentes de calor: trabajo de soldaduras, recalentamiento de máquinas, cigarros etc. En el lugar de trabajo se contará con los extintores adecuados.

Además de las medidas de prevención de fugas y derrames (descritas en apartados anteriores) se contará en obra con los materiales necesarios para la actuación frente a derrames de sustancias potencialmente contaminantes.

2.3 REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LOS MOVIMIENTOS DE TIERRAS

2.3.1 ZONIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS

Antes de comenzar los trabajos se realizará una zonificación para ordenar el tránsito de la maquinaria y delimitar las zonas afectadas por las obras.

Las zonas definidas se deben señalar de forma temporal mediante estacas o cintas de plástico de colores vistosos.

2.3.2 ACCESOS

Sólo se utilizará el acceso definido, minimizando la afección a los terrenos colindantes.

El tratamiento superficial de los accesos auxiliares será mínimo, evitando realizar explanaciones de ningún tipo y usando maquinaria ligera, de forma que se posibilite una fácil regeneración natural o artificial.

Para reducir al mínimo las posibles alteraciones de la red de drenaje y con el fin de evitar la interrupción de las aguas de escorrentía, se procederá a entubar los drenajes afectados.

2.3.3 RETIRADA DE LA CUBIERTA VEGETAL

Se respetarán todos los ejemplares arbóreos que no sean incompatibles con el desarrollo del proyecto de la subestación. Para todas las labores de obra que afecten a arbolado se obtendrán los permisos pertinentes, de los órganos ambientales competentes, atendiendo en todo momento a las instrucciones que dicten estos organismos.

2.3.4 PATRIMONIO CULTURAL

Si durante la ejecución de las obras apareciesen restos arqueológicos y/o paleontológicos, se informará a las autoridades competentes y se pararán los trabajos hasta la adopción de las medidas oportunas.

2.3.5 MOVIMIENTOS DE TIERRA PARA LA EXPLANACIÓN

Al inicio de los trabajos se procederá a la retirada de la tierra vegetal, para su posterior reutilización, de forma que ésta no se mezcle con sustratos profundos o que quede sepultada por acumular sobre ella tierra de menor calidad.

La tierra vegetal se acumulará en zonas no afectadas por los movimientos de tierra hasta que se proceda a su disposición definitiva y se realizará de tal modo que no pierda sus características (altura máxima de los acopios de 2 metros).

Se evitará que en los movimientos de tierras se produzcan acumulaciones de materiales en los cauces y zonas de policía de estos, facilitando la continuidad de las aguas.

Se señalará adecuadamente la salida de camiones de las obras, procurando que se mantenga la limpieza de polvo y barro de las vías y carreteras aledañas para la seguridad de los usuarios.

Durante la realización de la explanación del parque, se evitará en lo posible la compactación de los suelos no afectados por ésta, limitando al máximo las zonas en las que vaya a entrar maquinaria pesada.

En los casos en que sea preciso el aporte de materiales de excavación ajenos a la zona de la subestación, se procurará evitar los vertidos de éstos sobre los suelos circundantes de la explanación.

2.4 REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LA OBRA CIVIL

Limpieza de cubas de hormigonado

Se delimitará y señalizará de forma clara una zona para la limpieza de las cubas de hormigonado para evitar vertidos de este tipo en las proximidades de la subestación. La zona será regenerada una vez finalizada la obra, llevándose los residuos a vertedero controlado y devolviéndola a su estado y forma inicial.

2.5 REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA EL MONTAJE ELECTROMECAÁNICO

2.5.1 LLENADO DE EQUIPOS CON ACEITE

Cuando se llenan de aceite las máquinas de potencia se tomarán las máximas precauciones para evitar posibles accidentes con consecuencias medioambientales.

No se comenzará el llenado de equipos hasta que no estén operativos los fosos de recogida de aceite.

Como complemento y para evitar un accidente, debajo de todos los empalmes de tubos utilizados en la maniobra se deberán situar recipientes preparados para la recogida de posibles pérdidas, con el tamaño suficiente para evitar vertidos al suelo.

2.5.2 LLENADO DE EQUIPOS CON SF6

El llenado de equipos con SF6 se llevará a cabo por personal especializado, evitándose así fugas de gas a la atmósfera. Las botellas de SF6 (vacías y con SF6 que no se ha utilizado en el llenado) serán retiradas por el proveedor para garantizar la adecuada gestión de las mismas.

2.6 ACONDICIONAMIENTO FINAL DE LA OBRA

Una vez finalizados todos los trabajos se realizará una revisión del estado de limpieza y conservación del entorno de la subestación, con el fin de proceder a la recogida de restos de todo tipo que pudieran haber quedado acumulados y gestionarlos adecuadamente.

Se procederá a la rehabilitación de todos los daños ocasionados sobre las propiedades derivados de la ejecución de los trabajos.

Se revisará la situación de todas las servidumbres previamente existentes y el cumplimiento de los acuerdos adoptados con particulares y administración, acometiendo las medidas correctoras que fueran precisas si se detectan carencias o incumplimientos.

Donde sea viable, se restituirá la forma y aspecto originales del terreno.

De forma inmediata a la finalización de la obra y en el caso que sea necesario, se revegetarán las superficies desprovistas de vegetación que pudieran estar expuestas a procesos erosivos y si así se ha definido, se realizarán los trabajos de integración paisajística de la instalación.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

PROYECTO DE EJECUCIÓN

Proyecto Técnico y Administrativo de una subestación eléctrica de AT para la
red de transporte en Briviesca

DOCUMENTO 4

PRESUPUESTO

Índice del presupuesto

Índice del presupuesto.....	2
------------------------------------	----------

Capítulo 1. Mediciones..... *¡Error! Marcador no definido.*

1. Aparamenta y materiales.....	4
2. Servicios auxiliares	5
3. Protecciones	5
4. Red de tierras	6
5. Sistema de control y comunicaciones	6
6. Construcción	6
1.6.1 Obra civil	6
1.6.2 Pruebas previas a la puesta en servicio.....	7
7. Servicios y otros.....	7

Capítulo 2. Precios unitarios **8**

1. Aparamenta y materiales.....	8
2. Servicios auxiliares	9
3. Protecciones	9
4. Red de tierras	10
5. Sistema de control y comunicaciones	10
6. Construcción	10
2.6.1 Obra civil	10
2.6.2 Pruebas previas a la puesta en servicio.....	11
7. Servicios y otros.....	11

Capítulo 3. Sumas parciales..... **12**

1. Aparamenta y materiales.....	12
2. Servicios auxiliares	13
3. Protecciones	13
4. Red de tierras	14
5. Sistema de control y comunicaciones	14
6. Construcción	14
3.6.1 Obra civil	14
3.6.2 Pruebas previas a la puesta en servicio.....	15
7. Servicios y otros.....	15

Capítulo 4. Presupuesto general..... **16**

Capítulo 1. MEDICIONES

1. APARAMENTA Y MATERIALES

Aparamenta y Materiales	Concepto	Mediciones	Unidad
Interruptores trifásicos del modelo LTB 420E2 de ABB	Producción	9	Uds.
	Transporte	9	Uds.
	Instalación	9	Uds.
Seccionadores pantógrafos del modelo GW54 de 420 kV de ABB	Producción	6	Uds.
	Transporte	6	Uds.
	Instalación	6	Uds.
Seccionadores de columnas giratorias del modelo eDB420 de ABB	Producción	12	Uds.
	Transporte	12	Uds.
	Instalación	12	Uds.
Seccionadores de columnas giratorias con puesta a tierra del modelo eDB420 de ABB	Producción	6	Uds.
	Transporte	6	Uds.
	Instalación	6	Uds.
Transformadores de intensidad del modelo CA-420 de Artech	Producción	27	Uds.
	Transporte	27	Uds.
	Instalación	27	Uds.
Transformadores de tensión capacitivos del modelo UTF-420 de Artech	Producción	20	Uds.
	Transporte	20	Uds.
	Instalación	20	Uds.
Autoválvulas del modelo EXLIM P330-EH420, clase 4 de ABB	Producción	18	Uds.
	Transporte	18	Uds.
	Instalación	18	Uds.
Embarrado principal (tubo 250/228 mm)	Producción	480	m
	Transporte	480	m
	Instalación	480	m
Embarrado secundario (tubo 150/134 mm)	Producción	1600	m
	Transporte	1600	m
	Instalación	1600	m
Embarrado de tendido alto	Producción	800	m
	Transporte	800	m
	Instalación	800	m
Aislador embarrado principal C16-1425	Producción	24	Uds.
	Transporte	24	Uds.
	Instalación	24	Uds.
Aislador embarrado secundario C10-1425	Producción	18	Uds.
	Transporte	18	Uds.
	Instalación	18	Uds.

Estructura metálica	Producción	469.600	kg
	Transporte	469.600	kg
	Instalación	469.600	kg

2. SERVICIOS AUXILIARES

Servicios auxiliares	Concepto	Mediciones	Unidades
Transformador de servicios auxiliares	Producción	1	Uds.
	Transporte	1	Uds.
	Instalación	1	Uds.
Grupo electrógeno Diesel GEN220FC de Genesal Energy	Producción	1	Uds.
	Transporte	1	Uds.
	Instalación	1	Uds.
Batería 125 Vcc	Producción	2	Uds.
	Transporte	2	Uds.
	Instalación	2	Uds.
Batería 48 Vcc	Producción	2	Uds.
	Transporte	2	Uds.
	Instalación	2	Uds.
Rectificador	Producción	2	Uds.
	Transporte	2	Uds.
	Instalación	2	Uds.

3. PROTECCIONES

Protecciones	Concepto	Mediciones	Unidades
Protección diferencial de línea SIPROTEC 7SD522 de Siemens	Producción	12	Uds.
	Transporte	12	Uds.
	Instalación	12	Uds.
Protección de barras SEL-487B.	Producción	2	Uds.
	Transporte	2	Uds.
	Instalación	2	Uds.
Protección de interruptor SEL -541.	Producción	9	Uds.
	Transporte	9	Uds.
	Instalación	9	Uds.

4. RED DE TIERRAS

Red de tierras	Concepto	Mediciones	Unidades
Conductor para la red de tierras Cable de cobre de 120 mm ²	Producción	9057,786	m
	Transporte	9057,786	m
	Instalación	9057,786	m
Puntas Franklin	Producción	8	Uds.
	Transporte	8	Uds.
	Instalación	8	Uds.

5. SISTEMA DE CONTROL Y COMUNICACIONES

Sistema de control y comunicaciones	Concepto	Mediciones	Unidades
Bastidores cuadros y convertidores	Producción	1	Uds.
	Transporte	1	Uds.
	Instalación	1	Uds.
Fibra óptica	Producción	1	Uds.
	Transporte	1	Uds.
	Instalación	1	Uds.
Conmutación	Producción	1	Uds.
	Transporte	1	Uds.
	Instalación	1	Uds.
Control digital	Producción	1	Uds.
	Transporte	1	Uds.
	Instalación	1	Uds.

6. CONSTRUCCIÓN

1.6.1 OBRA CIVIL

Obra civil	Concepto	Mediciones	Unidades
Movimiento de tierras	-	26000	m ³
Cimentación y plataforma	-	26000	m ³
Caseta de relés	-	4	Uds.
Edificio de control	-	1	Uds.
Vallado	-	695,4	m
Accesos desde carretera	-	75	m

1.6.2 PRUEBAS PREVIAS A LA PUESTA EN SERVICIO

Pruebas	Concepto	Medición	Unidades
Medida de la RPAT y de las tensiones de paso y de contacto	Prueba	1	Uds.
Prueba dieléctrica del circuito principal a frecuencia industrial	Prueba	1	Uds.
Verificación del sistema de estanquidad del SF6	Prueba	1	Uds.
Pruebas funcionales eléctricas y mecánicas de la aparamenta	Prueba	1	Uds.
Prueba de los equipos de medida y de protección	Prueba	1	Uds.

7. SERVICIOS Y OTROS

Servicios y otros	Concepto	Medición	Unidades
Inspección de construcción	Servicio	1	Uds.
Seguridad y vigilancia	Servicio	1	Uds.
Cuidado medioambiental	Servicio	1	Uds.
Tasas municipales y autonómicas	Otro	1	Uds.
Seguridad y salud laboral	Otro	1	Uds.

Capítulo 2. PRECIOS UNITARIOS

1. APARAMENTA Y MATERIALES

Aparamenta y Materiales	Concepto	Precios unitarios	Unidad
Interruptores trifásicos del modelo LTB 420E2 de ABB	Producción	32.344,78	€/Uds.
	Transporte	500,00	€/Uds.
	Instalación	430,00	€/Uds.
Seccionadores pantógrafos del modelo GW54 de 420 kV de ABB	Producción	33.324,88	€/Uds.
	Transporte	500,00	€/Uds.
	Instalación	430,00	€/Uds.
Seccionadores de columnas giratorias del modelo eDB420 de ABB	Producción	32.344,78	€/Uds.
	Transporte	500,00	€/Uds.
	Instalación	430,00	€/Uds.
Seccionadores de columnas giratorias con puesta a tierra del modelo eDB420 de ABB	Producción	32.344,78	€/Uds.
	Transporte	500,00	€/Uds.
	Instalación	430,00	€/Uds.
Transformadores de intensidad del modelo CA-420 de Artech	Producción	15.133,34	€/Uds.
	Transporte	500,00	€/Uds.
	Instalación	430,00	€/Uds.
Transformadores de tensión capacitivos del modelo UTF-420 de Artech	Producción	15.122,36	Uds.
	Transporte	500,00	Uds.
	Instalación	430,00	Uds.
Autoválvulas del modelo EXLIM P330-EH420, clase 4 de ABB	Producción	6700,00	Uds.
	Transporte	500,00	Uds.
	Instalación	430,00	Uds.
Embarrado principal (tubo 250/228 mm)	Producción	105,00	€/m
	Transporte	0,33	€/m
	Instalación	1,10	€/m
Embarrado secundario (tubo 150/134 mm)	Producción	50,00	€/m
	Transporte	0,33	€/m
	Instalación	1,10	€/m
Embarrado de tendido alto	Producción	7,40	€/m
	Transporte	0,33	€/m
	Instalación	1,10	€/m
Aislador embarrado principal C16-1425	Producción	950,00	€/Uds.
	Transporte	23,00	€/Uds.
	Instalación	56,00	€/Uds.
Aislador embarrado secundario C10-1425	Producción	950,00	€/Uds.
	Transporte	23,00	€/Uds.
	Instalación	56,00	€/Uds.

Estructura metálica	Producción	1,75	€/kg
	Transporte	0,015	€/kg
	Instalación	0,01	€/kg

2. SERVICIOS AUXILIARES

Sistema de control y comunicaciones	Concepto	Precios unitarios	Unidades
Transformador de servicios auxiliares	Producción	15.750,00	€/Uds.
	Transporte	550,00	€/Uds.
	Instalación	535,00	€/Uds.
Grupo electrógeno Diesel GEN220FC de Genesal Energy	Producción	23.250,00	€/Uds.
	Transporte	150,00	€/Uds.
	Instalación	145,00	€/Uds.
Batería 125 Vcc	Producción	4.650,00	€/Uds.
	Transporte	135,00	€/Uds.
	Instalación	140,00	€/Uds.
Batería 48 Vcc	Producción	3.630,00	€/Uds.
	Transporte	135,00	€/Uds.
	Instalación	140,00	€/Uds.
Rectificador	Producción	27.575,12	€/Uds.
	Transporte	135,00	€/Uds.
	Instalación	155,00	€/Uds.

3. PROTECCIONES

Protecciones	Concepto	Precios unitarios	Unidades
Protección diferencial de línea SIPROTEC 7SD522 de Siemens	Producción	3575,00	€/Uds.
	Transporte	123,00	€/Uds.
	Instalación	203,00	€/Uds.
Protección de barras SEL-487B.	Producción	3445,00	€/Uds.
	Transporte	123,00	€/Uds.
	Instalación	203,00	€/Uds.
Protección de interruptor SEL -541.	Producción	3275,00	€/Uds.
	Transporte	123,00	€/Uds.
	Instalación	203,00	€/Uds.

4. RED DE TIERRAS

Red de tierras	Concepto	Precios unitarios	Unidades
Conductor para la red de tierras Cable de cobre de 120 mm ²	Producción	12,50	€/m
	Transporte	0,10	€/m
	Instalación	0,2	€/m
Puntas Franklin	Producción	350,00	€/Uds.
	Transporte	125,00	€/Uds.
	Instalación	332,00	€/Uds.

5. SISTEMA DE CONTROL Y COMUNICACIONES

Sistema de control y comunicaciones	Concepto	Mediciones	Unidades
Bastidores cuadros y convertidores	Producción	243.600	€/Uds.
	Transporte	540,00	€/Uds.
	Instalación	430,00	€/Uds.
Fibra óptica	Producción	44.200	€/Uds.
	Transporte	343,00	€/Uds.
	Instalación	330,00	€/Uds.
Conmutación	Producción	176.150	€/Uds.
	Transporte	265,00	€/Uds.
	Instalación	345,00	€/Uds.
Control digital	Producción	279.950	€/Uds.
	Transporte	535,00	€/Uds.
	Instalación	235,00	€/Uds.

6. CONSTRUCCIÓN

2.6.1 OBRA CIVIL

Obra civil	Concepto	Precio unitario	Unidades
Movimiento de tierras	-	2,44	€/m ³
Cimentación y plataforma	-	6,55	€/m ³
Caseta de relés	-	55.000,00	€/Uds.
Edificio de control	-	350.000,00	€/Uds.
Vallado	-	245,00	€/m
Accesos desde carretera	-	5,43	€/m

2.6.2 PRUEBAS PREVIAS A LA PUESTA EN SERVICIO

Pruebas	Concepto	Precio unitario	Unidades
Medida de la RPAT y de las tensiones de paso y de contacto	Prueba	16.000,00	€/Uds.
Prueba dieléctrica del circuito principal a frecuencia industrial	Prueba	98.000,00	€/Uds.
Verificación del sistema de estanquidad del SF6	Prueba	22.000,00	€/Uds.
Pruebas funcionales eléctricas y mecánicas de la aparamenta	Prueba	53.000,00	€/Uds.
Prueba de los equipos de medida y de protección	Prueba	28.000,00	€/Uds.

7. SERVICIOS Y OTROS

Servicios y otros	Concepto	Precio Unitario	Unidades
Inspección de construcción	Servicio	535.000,00	€/Uds.
Seguridad y vigilancia	Servicio	27.000,00	€/Uds.
Cuidado medioambiental	Servicio	89.000,00	€/Uds.
Tasas municipales y autonómicas	Otro	500.000,00	€/Uds.
Seguridad y salud laboral	Otro	74.000,00	€/Uds.

Capítulo 3. SUMAS PARCIALES

1. APARAMENTA Y MATERIALES

Aparamenta y Materiales	Concepto	Suma parcial	Unidades
Interruptores trifásicos del modelo LTB 420E2 de ABB	Producción	291103,02	€
	Transporte	4500,00	€
	Instalación	3870,00	€
Seccionadores pantógrafos del modelo GW54 de 420 kV de ABB	Producción	199949,28	€
	Transporte	3000,00	€
	Instalación	2580	€
Seccionadores de columnas giratorias del modelo eDB420 de ABB	Producción	388137,36	€
	Transporte	6000,00	€
	Instalación	5160,00	€
Seccionadores de columnas giratorias con puesta a tierra del modelo eDB420 de ABB	Producción	194068,68	€
	Transporte	3000,00	€
	Instalación	2580,00	€
Transformadores de intensidad del modelo CA-420 de Artech	Producción	408600,18	€
	Transporte	13500,00	€
	Instalación	11610,00	€
Transformadores de tensión capacitivos del modelo UTF-420 de Artech	Producción	120978,88	€
	Transporte	4000,00	€
	Instalación	3440,00	€
Autoválvulas del modelo EXLIM P330-EH420, clase 4 de ABB	Producción	120600,00	€
	Transporte	500,00	€
	Instalación	430,00	€
Embarrado principal (tubo 250/228 mm)	Producción	50400,00	€
	Transporte	158,4	€
	Instalación	528,00	€
Embarrado secundario (tubo 150/134 mm)	Producción	80.000,00	€
	Transporte	528,00	€
	Instalación	1760,00	€
Embarrado de tendido alto	Producción	5920,00	€
	Transporte	264,00	€
	Instalación	880,00	€
Aislador embarrado principal C16-1425	Producción	22800,00	€
	Transporte	552,00	€
	Instalación	1344,00	€
Aislador embarrado secundario C10-1425	Producción	17100,00	€
	Transporte	414,00	€
	Instalación	1008,00	€

Estructura metálica	Producción	821800,00	€
	Transporte	7044	€
	Instalación	4696	€

2. SERVICIOS AUXILIARES

Sistema de control y comunicaciones	Concepto	Suma parcial	Unidades
Transformador de servicios auxiliares	Producción	15.750,00	€
	Transporte	550,00	€
	Instalación	535,00	€
Grupo electrógeno Diesel GEN220FC de Genesal Energy	Producción	23.250,00	€
	Transporte	150,00	€
	Instalación	145,00	€
Batería 125 Vcc	Producción	4.650,00	€
	Transporte	135,00	€
	Instalación	140,00	€
Batería 48 Vcc	Producción	3.630,00	€
	Transporte	135,00	€
	Instalación	140,00	€
Rectificador	Producción	27.575,12	€
	Transporte	135,00	€
	Instalación	155,00	€

3. PROTECCIONES

Protecciones	Concepto	Suma parcial	Unidades
Protección diferencial de línea SIPROTEC 7SD522 de Siemens	Producción	42900	€
	Transporte	1476	€
	Instalación	2436	€
Protección de barras SEL-487B.	Producción	6890	€
	Transporte	246	€
	Instalación	203,00	€
Protección de interruptor SEL -541.	Producción	29475	€
	Transporte	1107	€
	Instalación	1827	€

4. RED DE TIERRAS

Red de tierras	Concepto	Suma parcial	Unidades
Conductor para la red de tierras Cable de cobre de 120 mm ²	Producción	113222,32	€
	Transporte	905,77	€
	Instalación	1811,55	€
Puntas Franklin	Producción	2800,00	€
	Transporte	1000,00	€
	Instalación	2656,00	€.

5. SISTEMA DE CONTROL Y COMUNICACIONES

Sistema de control y comunicaciones	Concepto	Suma parcial	Unidades
Bastidores cuadros y convertidores	Producción	243.600	€
	Transporte	540,00	€
	Instalación	430,00	€
Fibra óptica	Producción	44.200	€
	Transporte	343,00	€
	Instalación	330,00	€
Conmutación	Producción	176.150	€
	Transporte	265,00	€
	Instalación	345,00	€
Control digital	Producción	279.950	€
	Transporte	535,00	€
	Instalación	235,00	€

6. CONSTRUCCIÓN

3.6.1 OBRA CIVIL

Obra civil	Concepto	Suma parcial	Unidades
Movimiento de tierras	-	63440,00	€
Cimentación y plataforma	-	170300,00	€
Caseta de relés	-	220000,00	€
Edificio de control	-	350.000,00	€
Vallado	-	170373,00	€
Accesos desde carretera	-	407,25	€

3.6.2 PRUEBAS PREVIAS A LA PUESTA EN SERVICIO

Pruebas	Concepto	Suma parcial	Unidades
Medida de la RPAT y de las tensiones de paso y de contacto	Prueba	16.000,00	€
Prueba dieléctrica del circuito principal a frecuencia industrial	Prueba	98.000,00	€
Verificación del sistema de estanquidad del SF6	Prueba	22.000,00	€
Pruebas funcionales eléctricas y mecánicas de la aparamenta	Prueba	53.000,00	€
Prueba de los equipos de medida y de protección	Prueba	28.000,00	€

7. SERVICIOS Y OTROS

Servicios y otros	Concepto	Suma parcial	Unidades
Inspección de construcción	Servicio	535.000,00	€
Seguridad y vigilancia	Servicio	27.000,00	€
Cuidado medioambiental	Servicio	89.000,00	€
Tasas municipales y autonómicas	Otro	500.000,00	€
Seguridad y salud laboral	Otro	74.000,00	€

Capítulo 4. PRESUPUESTO GENERAL

	Precio total	Unidades
Aparamenta y materiales	2.981.413,8	€
Servicios auxiliares	177.075,12	€
Protecciones	86.560,00	€
Red de tierras	122.395,64	€
Sistema de control y comunicaciones	746.923,00	€
Construcción	1.191.520,25	€
Servicios y otros	1.225.000,00	€
TOTAL	6.530.887,81	€
TOTAL 21% IVA	7.902.374,25	€



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

PROYECTO DE EJECUCIÓN

Proyecto Técnico y Administrativo de una subestación eléctrica de AT para la red de transporte en Briviesca

DOCUMENTO 5

BIBLIOGRAFÍA

Jesús, T. M. (2021). RAT. Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión. Casos prácticos y aplicaciones 2.^a edición 2021. Ediciones Paraninfo, S.A.

Anexo Nuevas Actuaciones. (2022). Plan de desarrollo de la red de transporte de energía eléctrica. Periodo 2021-2026. pp. 1-3.

Diseño de una subestación secundaria sostenible.

(s. f.). <https://openinnovability.enel.com/es/retos/call/2021/11/disen-de-una-subestacion-secundaria-sostenible>

Redacción. (2022, 13 marzo). El Gobierno invertirá en Castilla y León 200 millones en la red de transporte de electricidad hasta 2026. *Diario de Castilla y León*. <https://diariodecastillayleon.elmundo.es/articulo/castilla-y-leon/gobierno-invertira-200-millones-red-transporte-electricidad-2026-castilla-leon/20220313123402043792.html>

El clima en Briviesca, el tiempo por mes, temperatura promedio (España) - Weather Spark. (s. f.). Weather Spark. <https://es.weatherspark.com/y/37345/Clima-promedio-en-Briviesca-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Cestero Bravo, M. (2017). Proyecto de ejecución de una subestación eléctrica de alta tensión para la red de transporte española, en entorno protegido a 400 kV y como punto de acceso de un generador [Trabajo de Fin de Grado]. Universidad Pontificia Comillas.

Quintana del Olmo, A. (2018). Subestación de transporte de 220 kV en entorno rural para evacuación de generación en régimen especial [Trabajo de Fin de Grado]. Universidad Pontificia Comillas.

Conde Poole, A. (2023). Proyecto técnico administrativo de una subestación de 400 kV para la evacuación de generación [Trabajo de Fin de Grado]. Universidad Pontificia Comillas.

Cuenca Burgos, J. (2014). Ingeniería básica de subestación eléctrica 220 kV [Trabajo de Fin de Grado]. Universidad Carlos III de Madrid.

Falcón Blanco, V. (2010). Proyecto de una subestación eléctrica de transporte 400/220 kV [Trabajo de Fin de Grado]. Universidad Carlos III de Madrid.

Gavin Asso, D. (2020). Subestación eléctrica 400/30 kV “Francisco Pizarro” [Proyecto de Ampliación]. Satel.

Gavin Asso, D. (2015). Nueva subestación a 400 kV “Gramanet” y modificación de líneas a 220 kV Sentmenat – Sant Fost - Canyet- Sant Andreu- Can Jardí, para la conexión del circuito a 400 kV Pierola - Gramanet [Documento Ambiental]. Sinergis.

Montero Zamora, J. (2018). Proyecto de Ejecución de la Subestación 220/30kV, “Venalta”, [Proyecto de Ejecución]. Diverxia.

Autor no especificado (2019). Especificaciones Técnicas Particulares Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U. [Proyecto de Ejecución]. Endesa.

González Jouanneau, D. (2022). Ampliación de la subestación María 220 kV [Proyecto Técnico Administrativo]. REE.

Fernández, R. (2022). Subestación elevadora “Salinetas” 30/220 kV para la conexión a la red [Proyecto de Ejecución]. Esparitysolar.

Real decreto 337/2014, 9 de mayo (2024). BOE

Sánchez Mingarro, M. (s.f). Apuntes de Centrales y Subestaciones (Curso 2022-2023)

Alguacil Prieto, J. (2010). Pliego de Condiciones Técnicas, Nueva Subestación de Baza [Proyecto de Ejecución]. REE.

Autor no especificado (2010). Estudio de Seguridad y Salud Laboral, Nueva Subestación de Baza [Proyecto de Ejecución]. REE.

Autor no especificado (2010). Cálculos de la Subestación, Nueva Subestación de Baza [Proyecto de Ejecución]. REE.

ABB. (2005). *Surge Arrester Buyers Guide Edition 5* (Versión española). Adobe InDesign CS (3.0), Adobe PDF Library 6.0.

Rauli. (2023). *Catálogo Gilva 2023* (1ª ed.). GPL Ghostscript 9.53.3.

ABB. (2005). *Interruptores tipo tanque vivo: Guía del usuario, Edición 3* (Versión española). Adobe InDesign CS (3.0), Adobe PDF Library 6.0. Recuperado de archivo personal.

Transformadores de Medida - Alta Tensión. (2014). Artech.