

Anejo 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA
TENSIÓN

ÍNDICE DEL ANEJO

1. Centro de transformación de 3150 KVA a 45 kV en simple circuito tipo exterior. SECTOR II.....	2
2. Centro de transformación de 4000 KVA a 45 kV en simple circuito tipo exterior. SECTOR III A y III B	79

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Centro de transformación de 3150 KVA a 45
kV en simple circuito tipo exterior.

SECTOR II

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

INDICE

- MEMORIA -.....	6
1. OBJETO Y ALCANCE:	7
2. EMPLAZAMIENTO:	8
3. NORMAS Y REFERENCIAS:	9
3.1. Disposiciones legales.	9
3.2. Programas y herramientas de diseño	10
4. REQUISITOS DE DISEÑO:	10
5. DESCRIPCION DEL CENTRO DE TRANSFORMACION:	11
5.1. Emplazamiento	12
5.2. Recinto del centro de transformación y obra civil.	12
5.3. Instalación eléctrica.	13
5.3.1. Pórtico entrada de línea.	13
5.3.2. Seccionador	13
5.3.3. Interruptor automático.....	14
5.3.4. Transformadores de medida.	16
5.3.5. Autoválvulas	19
5.3.6. Transformadores de distribución.....	20
5.3.7. Equipo de medida trifásica	22
5.3.8. Equipos de protección contra cortocircuitos y fugas a tierra	24
5.3.9. Cuadro de protecciones	27
5.3.10. Fuente de alimentación.....	27
5.3.11. Alumbrado C.T	28
5.3.12. Alumbrado caseta cuadro general baja tensión.	29
5.3.13. Pararrayos	30
5.3.14. Canalizaciones	31
5.3.15. Puestas a tierra	31
- CÁLCULOS -.....	34
1. CALCULOS ELECTRICOS JUSTIFICATIVOS:	35
1.1. Intensidad de alta tensión	36
1.2. Intensidad de baja tensión	36
1.3. Cortocircuitos	37
1.3.1. Observaciones	37
1.3.2. Cálculo de las corrientes de cortocircuito.....	37
1.3.3. Cortocircuito en el lado de A.T	38
1.3.4. Cortocircuito en el lado de B.T	38
1.4. Dimensionado del embarrado	38
1.4.1. Comprobación por densidad de corriente.....	39
1.4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica	40

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

1.4.3.	Comprobación por sollicitación térmica.....	42
1.4.4.	Distancias mínimas	43
1.5.	Selección de las protecciones en alta tensión	43
1.5.1.	Transformador trifásico.....	43
1.6.	Cadena de aisladores	43
1.6.1.	Cálculo eléctrico de aisladores	44
1.6.2.	Cálculo mecánico de aisladores	45
1.7.	Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra	46
1.7.1.	Investigación de las características del suelo.....	46
1.7.2.	Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.....	46
1.7.3.	Diseño preliminar de la instalación de tierra	47
1.7.4.	Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.....	47
1.7.5.	Comprobación de la sección.....	48
1.7.6.	Cálculo de las tensiones de paso y contacto máximas admisibles en la instalación.	49
1.7.7.	Cálculo de las tensiones de paso y contacto presentes en el centro de transformación.	51
1.7.8.	Comprobación que las tensiones de paso y contacto son inferiores a los valores máximos admisibles en el centro de transformación.....	54
1.7.9.	Investigación de las tensiones transferibles al exterior.....	55
1.7.10.	Corrección y ajuste del sistema inicial	55
1.8.	Dimensionado del transformador.....	56
1.9.	Potencia instalada y potencia demandada	57
1.10.	Cálculo de la exposición radioeléctrica	58
2.	CALCULOS JUSTIFICATIVOS MECANICOS:.....	58
2.1.	Cálculo cimentación de apoyos del pórtico.....	58
3.	CONCLUSION.	62
-	PLIEGO DE CONDICIONES -	63
1.	OBJETO.....	64
2.	CERRAMIENTO DEL CENTRO DE TRANSFORMACION.....	64
3.	PORTICO DE ENTRADA DE LINEA Y HERRAJES SOPORTE.....	64
4.	APARAMENTA ELECTRICA.....	65
4.1.	Seccionador trifásico.....	66
4.2.	Aisladores	67
4.3.	Interruptor automático	67
4.4.	Autoválvulas	68
5.	TRANSFORMADORES.....	69
5.1.	Transformador trifásico.....	69
5.2.	Transformador de intensidad	71
5.3.	Transformador de tensión.....	72
6.	EQUIPO DE MEDIDA.	73

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

6.1.	Contador trifásico	73
7.	CUADRO DE PROTECCIONES DEL CENTRO DE TRANSFORMACION.....	75
7.1.	Envolvente	75
7.2.	Fuente de alimentación.....	76
7.3.	Relé multiprotección.....	76
8.	EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES	78
8.1.	Introducción	78
8.2.	Disposiciones que se deben cumplir	78
8.3.	Ordenación de los trabajos	78
8.4.	Materiales	79
8.5.	Normas para la ejecución de las instalaciones.....	79

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

— **MEMORIA** —

CENTRO DE TRANSFORMACION DE 3150 kVA A
45 kV EN SIMPLE CIRCUITO TIPO EXTERIOR PARA
ESTACION DE BOMBEO EN VALDEARCOS (SECTOR II –
PORMA)

SITUACIÓN

Polígono	103, PARCELA 36
Localidad	VALDEARCOS
Termino Municipal	MANSILLA DE LAS MULAS
Provincia	LEÓN

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

1. OBJETO Y ALCANCE:

La zona regable de la Comunidad de Regantes de la Margen Izquierda del Porma abarca una superficie de regadío de 20.053 ha, perteneciendo en su conjunto a la provincia de León.

La zona regable se abastece del Canal de la MI del río Porma que toma el agua del embalse del Porma, en el azud situado en el río homónimo ubicado a la altura de la localidad de Secos del Porma. Se divide en dos tramos denominados Fase I y Fase II a los que se les asignan los diferentes sectores que forman la comunidad de regantes. Cuenta con una longitud total de 75,72 km. La Fase I cuenta con 36,97 km y la Fase II con 38,75 km. La Fase I abarca desde el azud en el río Porma hasta un segundo azud localizado en el punto de confluencia con el río Esla, a la altura de la localidad de Villomar, punto en el que se cruzan el trazado del canal con el cauce del río.

La zona regable se divide en once sectores de riego que van desde el sector I al sector XI. Se distribuyen de norte a sur a lo largo del trazado del Canal de la Margen Izquierda del río Porma.

En la actualidad, se encuentran modernizados siete sectores de riego, para un total de 11.854 ha, y previsto en este plan los sectores II y III con 4.756 ha. Restarían por modernizar después de esta actuación unas 3.425 ha.

La Modernización del Regadío de la Comunidad de Regantes de la Margen Izquierda del Porma (León), sectores II y III, tiene como objetivo principal la reducción del uso de los recursos hídricos regulados.

La actuación pretende la modernización de una zona regable de 4.756 ha, para el cambio de riego tradicional por gravedad desde la red de acequias, aun riego moderno mediante tuberías enterradas presurizadas.

La superficie de riego estará subdividida en dos sectores de riego, para una mayor eficiencia energética, diferenciando cada sector por sus características altimétricas.

Cada uno de los sectores se abastece del canal del Porma, derivando a sendas balsas de regulación y estaciones de bombeo.

Las estaciones de bombeo serán alimentadas en parte por energía proveniente de la red eléctrica, y otro porcentaje será abastecido por la construcción de un parque fotovoltaico.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

El bombeo se realizará a sendas redes de riego a presión enterradas que conducirán el agua a las unidades de riego que conectarán con los equipos de riego individuales de cada agricultor.

En estos elementos de suministro del riego a las unidades de riego, se instalarán contadores para la medición y control de los consumos de agua en toda la superficie a modernizar.

La gestión de las estaciones de bombeo y su suministro a la red de riego estarán gestionados por sistemas de telecontrol que permitirán un uso optimizado de los recursos hídricos y de la energía.

El sector II, objeto de este proyecto, consta de 8 bombas, una de ellas de 160 kW y siete de 315 kW.

El presente anejo, tiene por objeto definir, dimensionar, justificar técnicamente y valorar, todos y cada uno de los elementos integrantes del centro de transformación con el fin de su materialización.

Está compuesto por un pórtico que recibe la línea en simple circuito, el aparellaje necesario y un transformador, de interperie de 3150 kVA trifásico, tensión primaria 45 kV y tensión secundaria 690 V para alimentar las bombas desde la red eléctrica.

Comprende desde los aisladores de la línea de alta tensión hasta los bornes de baja tensión del transformador de 3150 kVA.

2. EMPLAZAMIENTO:

El emplazamiento de la instalación proyectada (sector II) es:

- *Sector II (Valdearcos)*
- *Referencia catastral:* 24096A103000360000BS
- *Localización:* Polígono 103 Parcela 36
- *ARROYO VALDEARCOS. MANSILLA DE LAS MULAS (LEÓN)*
- *Coordenadas*
GGMMSS 42° 28' 06.8" N, 05° 24' 59.8" O
UTM 30 T 301332 4704632

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

3. NORMAS Y REFERENCIAS:

3.1. Disposiciones legales.

Las instalaciones documentadas en el presente anejo de ejecución están afectadas y, por tanto, cumplirán con la legislación vigente siguiente:

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (Decreto 842/2002 de 2 de agosto) e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Normas particulares para centros de transformación de clientes en AT (MT-2.00.03).
- Criterios generales de conexión a la red de distribución (MT-4.42.01).
- Guía para la instalación de medida en clientes hasta 132 KV (MT 2.80.14).
- Norma de IBERDROLA, Medida de energía eléctrica en suministros de alta tensión.
- Otras normas de IBERDROLA.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que en cada caso sean de obligado cumplimiento.
- Autorización de Instalaciones Eléctricas. Aprobado por Ley 40/94, de 30 de diciembre, B.O.E. de 31-12-1994.
- 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 (B.O.E. de 27 de diciembre de 2000).
- Código Técnico de la Edificación, aprobado según R. D. 314/2006.
- 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. Condiciones impuestas por los organismos Públicos afectados.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía, Decreto de 12 marzo de 1954 y Real Decreto 1725/84 de 18 de Julio.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Orden 14-7-97 de la Consejería de Industria, Trabajo y Turismo por la que se establece el contenido mínimo en anejos técnicos de determinados tipos de instalaciones industriales.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- CTE, BOE 74 28-3-2006 Documento básico, seguridad en caso de incendio.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

3.2. Programas y herramientas de diseño

En la realización del documento básico denominado planos se ha usado un programa de CAD.

4. REQUISITOS DE DISEÑO:

La empresa “Electro Molinera de Valmadrigal” es la compañía distribuidora de energía eléctrica.

La energía será suministrada a la tensión de 45 kV trifásica y frecuencia de 50 Hz, siendo la acometida al centro de transformación aérea.

Además, de acuerdo con el Reglamento de Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, MIE-RAT 19 “Las compañías deberán facilitar a los titulares de las instalaciones privadas, en servicio o en proyecto, los datos referidos al punto de conexión”. Estos datos han sido aportados por Electro Molinera de Valmadrigal siendo:

- Tensión nominal de suministro: 45 kV.
- Nivel de tensión: 45 kV.
- Potencia máxima de cortocircuito tripolar: 500 MVA.
- Potencia mínima de cortocircuito tripolar: 249,97 MVA.
- Intensidad de cortocircuito fase a tierra: 3,2 kA.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Tiempo máximo de desconexión, en caso de defecto de la corriente máxima de falta de 300 mseg.

5. DESCRIPCION DEL CENTRO DE TRANSFORMACION:

La instalación proyectada, centro de transformación de intemperie, comprende:

- Recinto del centro de transformación, de dimensiones aproximadas 15 x 12 metros.
- Pórtico de entrada de línea de 14 m y 9000 kg de esfuerzo en punta.
- Seccionador trifásico 630 A 52 kV de aislamiento, y cuchillas de puesta a tierra.
- Interruptor automático de 3 polos 2000 A 52 kV de aislamiento, 25 kA.
- Transformadores de medida.
- Armario de centralización de tensiones e intensidades.
- Autoválvulas de 48 kV 10 kA.
- Transformador trifásico 3150 kVA 45/0,69 kV.
- Equipo de medida.
- Cuadro de protección del centro de transformación.
- Fuente de alimentación – cargador de baterías.
- Alumbrado C. T.
- Pararrayos.
- Canalizaciones.
- Puesta a tierra.
- Módulos prefabricados para cuadros generales de baja tensión.
- Transformador de 800/690 VCA. (Justificado en el proyecto de la instalación fotovoltaica)

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

5.1. Emplazamiento.

El C.T. se situará a 11 m de la estación de bombeo a la cual va a suministrar energía, comunicándose con esta mediante una atarjea revisable.

5.2. Recinto del centro de transformación y obra civil.

Según MIE-RAT 15 “Las instalaciones eléctricas de exterior deberán ir dispuestas en parques convenientemente vallados en su totalidad”, es por ello por lo que se proyecta la construcción de una valla de rejilla de 2,2 m de altura, según se indica en el apartado planos, medida desde el exterior del recinto del centro de transformación, de (15 x 12) metros de perímetro, provista de señales de advertencia de peligro de alta tensión en cada una de sus orientaciones, con objeto de advertir sobre el peligro de acceso al recinto a las personas ajenas al servicio.

Para el diseño de este Centro de Transformación se han observado todas las normativas antes indicadas, teniendo en cuenta las distancias necesarias para pasillos, accesos, etc.

Se prevé asimismo el acceso al recinto mediante una puerta de 4 m de anchura con cerradura para evitar el acceso al recinto al personal no autorizado.

Deberá ponerse a tierra todo el vallado del recinto perimetral, interconectándose a la instalación de tierra general.

Con objeto de reducir las posibles tensiones de paso y contacto se aplicará una capa de gravilla.

Para reducir la tensión proveniente del parque fotovoltaico, se instalará en dicho recinto un transformador reductor 800/690 V, el cual quedará justificado y debidamente documentado en el proyecto de la instalación fotovoltaica.

Para la situación del cuadro general de baja tensión donde se alojarán las protecciones generales de baja tensión, se prevé la instalación de un módulo prefabricado de (2,6 x 7,7) metros. Dicho módulo quedará justificado y debidamente documentado en el proyecto de la instalación fotovoltaica.

Para el control y la recogida de una posible fuga del líquido de refrigeración (aceite mineral ONAN), tanto del transformador de 45000/690 V, como del transformador de 800/690 V de la instalación fotovoltaica, se ha previsto el montaje soterrado de un depósito de decantación de aceites. Este depósito deberá de poder albergar como mínimo la totalidad del aceite contenida en ambos transformadores, en este caso 4500 litros. Para la conducción del

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

aceite en caso de fuga se ha diseñado una zapata tal y como queda reflejado en el documento planos.

También se ha diseñado una zapata para soportar el interruptor automático de alta tensión, de dimensiones reflejadas en el documento planos.

5.3. Instalación eléctrica.

5.3.1. Pórtico entrada de línea.

Se ha previsto la instalación de un pórtico de entrada de línea de 14 m de altura y 9000 kg de esfuerzo en punta, galvanizado en caliente, y con los dinteles necesarios para fijar los seccionadores, el pararrayos, los transformadores de medida y las autoválvulas, según se indica en el documento planos.

Debe ponerse a tierra el pórtico, interconectándose a la instalación de tierra general.

Para evitar que el esfuerzo provocado por la línea de acometida vuelque el pórtico, se construirá una cimentación de 2,3 m de profundidad y 1,4 m de lado en hormigón de tipo HM-25.

5.3.2. Seccionador

El seccionador se utiliza para separar diferentes componentes de la instalación, se distinguen de los interruptores que las maniobras de cierre y apertura deben hacerse sin carga, para lo cual se ha implementado un enclavamiento mediante cerraduras Herpe.

Se ha previsto la instalación de un seccionador tripolar giratorio de apertura lateral para servicio exterior, montaje en vertical sobre el pórtico de recepción de línea, según norma UNE 20100/CEI 129, con aisladores de porcelana tipo C IV 250, cuchillas de puesta a tierra y mando manual giratorio de las siguientes características:

- Tensión nominal 52 kV.
- Intensidad nominal 630 A.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo a tierra y entre polos 250 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo sobre la distancia de seccionamiento 290 kV.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Tensión soportada a frecuencia industrial a tierra y entre polos 95 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo sobre la distancia de seccionamiento 110 kV.
- Intensidad admisible de corta duración (1 seg.) 31,5 kA.
- Intensidad máxima admisible 80 kA.
- Mando de apertura manual para una distancia de 12 m.
- Cuchillas de puesta a tierra.

Este seccionador se alimentará en su entrada con conductor de aluminio-acero tipo LA-180 proveniente de las cadenas de amarre de la línea, con terminal de conexión adecuado. La salida del seccionador se conectará a tubo de cobre de 30 mm de Ø mediante un conector flexible pintado en cada fase con los colores de las fases normalizados, rojo, blanco y azul bajando por el pórtico sujeto a aisladores hasta la entrada del interruptor automático.

Debe ponerse a tierra los herrajes del seccionador, interconectándose a la instalación de tierra general del centro de transformación.

5.3.3. Interruptor automático.

Todas las instalaciones a que se refiere el RAT deberán estar debidamente protegidas contra los efectos peligrosos, térmicos y dinámicos, que puedan originar las corrientes de cortocircuito y las de sobrecarga cuando éstas puedan producir averías y daños en las instalaciones.

Para la protección del transformador de distribución de 3150 kVA se ha previsto un interruptor automático tripolar de SF6 con mando a resortes motorizado, con las siguientes características:

- Normas de ensayo CEI 56-2.
- Tensión nominal 52 kV.
- Frecuencia nominal 50 Hz.
- Intensidad nominal de servicio continuo In 2000 A.
- Intensidad de corte bajo cortocircuito IA 25 kA.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Intensidad de cierre bajo cortocircuito (valor cresta) I_e 62,5 kA.
- Ciclo de maniobra 0-0,3s-CO-3min-CO.
- Tensión soportada a 50 Hz durante 1 min. U_w 95 kV.
- Tensión soportada a ondas de choque U_b 250 kV.
- Presión nominal SF6 0,7 MPa (abs).
- Altitud de montaje del interruptor hasta 1000 m.
- Distancia entre fases 700 mm.
- Vigilancia de la presión de SF6 mediante densímetro.
- Línea de fuga aisladores 25 mm/kV.
- Previsto para dar la prioridad a la apertura respecto al cierre.
- Posibilidad de apertura y cierre manual a través de una manivela.
- Relé antibombeo.
- Iluminación del cuadro de mando.
- Cerradura de enclavamiento tipo Herpe.
- Barrera de protección para mando en local y carga de gas.
- Mando tipo FSA 1, tensión de bobinas y motor 48VCC.

El interruptor automático será accionado desde el cuadro de protecciones del centro de transformación por el relé multiprotección (sobrecorriente, protección de neutro y de cuba), por sobretensión en el transformador, por relé Buchholz y finalmente por sobrepresión en el transformador. Si baja la presión de SF6 en los polos de éste, se bloqueará su disparo.

El objetivo del interruptor automático será proteger la instalación, manteniendo la selectividad con las protecciones aguas arriba y aguas abajo.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

La entrada del interruptor automático se alimentará con conductor de cobre de 150 mm² unido por un extremo al embarrado de cobre y por el otro al terminal de conexión del interruptor. Dicho conductor irá protegido con elementos de protección avifauna. La salida del interruptor automático se realizará con conductor de cobre uniendo el terminal de salida del interruptor con el borne de entrada de los trafos de corriente protegido del mismo modo por elementos de protección avifauna.

5.3.4. Transformadores de medida.

Con objeto de disminuir el coste y el peligro de las altas tensiones dentro de los aparatos de medida, se dispone de estos dispositivos electromagnéticos que representan a escalas muy pequeñas, las grandes magnitudes de tensión y corriente que se dan en el centro de transformación.

El Centro de Transformación objeto de este anejo es del tipo abonado o cliente, realizándose por lo tanto la medición de energía en Media Tensión. Para la medida de la energía consumida se instalarán tres transformadores de tensión y tres de intensidad, serán de tipo inductivo y cumplirán lo prescrito en la norma UNE EN 60044-2 (Tensión) y UNE-EN-60044-1 (Intensidad). Los transformadores de intensidad tendrán triple secundario, uno dedicado a la medida, otro para el sistema de “inyección 0” de la instalación fotovoltaica y el último destinado a la protección del centro de transformación.

Del mismo modo, los de tensión dispondrán de tres secundarios, medida, sistema de “inyección 0” de la instalación fotovoltaica y el conectado al relé multiprotección del centro de transformación.

Los transformadores de medida se instalarán de forma que sean fácilmente accesibles para su verificación o eventual sustitución. Según se indica en los documentos planos, éstos se situarán de tal forma que la línea de contacto del aislador con su zócalo o soporte esté a una altura mínima sobre el suelo de 230 cm. Los secundarios de los trafos deberán estar conectados a tierra individualmente y a su vez a una toma de tierra general que puede ser la de herrajes del centro de transformación. El sistema de medida será de 4 hilos.

Así mismo, se instalará a pie de pórtico, un armario de centralización de tensiones e intensidades, conteniendo en su interior un bloque de pruebas para el circuito de medida voltimétrico, y otro para el circuito de medida amperimétrico.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Cableado de los transformadores:

El cableado de interconexión entre los transformadores de tensión y el dispositivo de verificación instalado en el armario de medida tendrá la sección suficiente para garantizar una caída de tensión inferior al uno por mil y en ningún caso será inferior a 6 mm², además estos conductores deberán de ser apantallados y con el marcado en sus extremos.

Transformadores de tensión:

La relación de transformación será tal que la tensión nominal del primario esté comprendida entre el 80% y el 120 % de la tensión nominal del circuito de potencia primario.

La tensión de los secundarios de medida será de 110/√3 V y la del secundario de protección 110/3 V. Las características de los transformadores de tensión se indican a continuación en la siguiente tabla:

Transformador de tensión tipo inductivo, aislamiento papel-aceite, hermético, para servicio exterior.	
Modelo	UTB-52
Tensión nominal más elevada de la red	52 kV
Tensión soportada al choque (onda 1,2/50 μs)	250 kV cresta
Tensión de ensayo rigidez dieléctrica, 1 min. Primario Secundario	95 kV 3 kV
Frecuencia de la red	50 Hz
Relación de transformación	44000:√3/110:√3-110:√3 – 110:3 V
Potencias y clases de precisión • Secundario 1 • Secundario 2 • Secundario 3	110:√3 V 10 VA Cl: 0,2 110:√3 V 10 VA Cl: 0,2 110:3 V 10 VA Cl: 3P
Sobretensión admisible en permanencia	1,2 UN
Factor de tensión	1,9 UN/8H

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Tamaño	B
Aislador	Porcelana marrón
Material bornes primarios y secundarios	Latón

Transformadores de intensidad:

La relación de transformación de los transformadores será tal, que la intensidad correspondiente a la potencia contratada máxima de los periodos de discriminación horaria se encuentre entre el 45% de la intensidad nominal y la intensidad máxima de precisión del transformador. Las características de los transformadores de intensidad se indican a continuación en la siguiente tabla:

Transformador de intensidad con aislamiento seco, resina epoxy más porcelana, para servicio exterior.	
Modelo	CXG-52
Tensión nominal más elevada de la red	52 kV
Tensión soportada al choque (onda 1,2/50 µs)	250 kV cresta
Tensión de ensayo rigidez dieléctrica, 1 min.	
Primario	95 kV
Secundario	3 kV
Frecuencia de la red	50 Hz
Relación de transformación	50-100/5-5-5 A
Potencias y clases de precisión	
• Secundario 1	5 A 10 VA Cl: 0,2S Fs 5
• Secundario 2	5 A 10 VA Cl: 0,2S Fs 5
• Secundario 3	5 A 30 VA Cl: 5P 10
Intensidad límite térmica	5 kA/ 1 s
Intensidad límite dinámica	12,5 kA p
Sobreintensidad admisible en permanencia	120 %
Tamaño	E
Aislador	Porcelana marrón

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Bornes primarios	
Material	Latón
Dimensiones	M16
Bornes secundarios	
Material	Latón
Dimensiones	M6
Conexión de tierra	M12
Peso total	186 kG

El terminal de entrada de los transformadores de intensidad se interconexionará con conductor de 150 mm² Cu proveniente de la salida del interruptor automático. El terminal de salida de éstos se interconexionará con tubo de cobre de 30 mm de Ø pintado en color normalizado y unido al terminal del transformador de tensión.

5.3.5. Autoválvulas

Según MIE-RAT 09 “las instalaciones eléctricas deberán protegerse contra las sobretensiones peligrosas tanto de origen interno como de origen atmosférico, para ello se utilizarán pararrayos autoválvulas de resistencia variable”. Se instalará una autoválvula por fase, los bornes de tierra de éstas autoválvulas se unirán entre sí, y a la toma de tierra de herrajes del centro. Las autoválvulas se instalarán lo más cerca posible del transformador según se indica en los documentos planos.

En la elección de las autoválvulas se ha tenido en cuenta una tensión nominal adecuada para que la tensión de operación de la autoválvula no se acerque en exceso al nivel máximo de aislamiento del equipo a proteger (transformador), lo cual podría provocar que éste se dañara.

Las características de las autoválvulas se indican a continuación:

- Tensión asignada U_r 48 kV.
- Tensión máxima de funcionamiento continuado U_c 39 kV.
- Frecuencia asignada 50Hz.
- Clase de descarga de larga duración 2/10 kA.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Las autoválvulas se conectarán mediante conductor de 150 mm² Cu al tubo de cobre, protegido con elementos avifauna.

5.3.6. Transformadores de distribución.

Como se ha comentado anteriormente se instalará un transformador de 3150 kVA trifásico, en baño de aceite, refrigeración natural, construcción abierta, para instalación intemperie, conmutador de tensión en vacío, aisladores de A.T. y B.T. sobre tapa, válvulas de llenado y vaciado con las siguientes características:

- Tensión primaria: 45 kV \pm 2,5 % \pm 5 %.
- Tensión secundaria: 690 V.
- Devanados en aluminio.
- Refrigeración mediante aletas.
- Frecuencia: 50 Hz.
- Conexión: Dyn 11.
- Norma: UNE 20101, UNE 21428 y UNE-EN 60076. Norma europea ecodiseño 548-2014.
- Refrigeración por aceite.
- Disipación de calor mediante aletas.
- Peso total: 9500 Kg.
- Peso refrigerante: 2800 kg.

Además, dispondrá de relé Buchholz, depósito de expansión, termómetro, termostato, desecador de silicagel, válvula de sobrepresión y nivel magnético. Tanto el relé Buchholz, como el termómetro, válvula de sobrepresión y nivel dispondrán de contactos de alarma y disparo, llevándose las señales de éstos al cuadro de protecciones haciendo disparar el interruptor automático en caso de fallo.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

El trafo rodeando a los bornes de BT contendrá una brida con taladros para posibilitar la instalación de un cajón cubrebornas.

El transformador irá situado sobre un zócalo de hormigón según se indica en el documento planos, con el fin de que la altura de la línea de contacto del aislador de A.T. esté situado a una distancia sobre el suelo mínima de 2,3 m.

Los devanados de alta tensión se alimentarán con conductor de 150 mm² Cu conexionado al tubo de cobre mediante terminal proveniente de los transformadores de medida, unido mediante terminal adecuado al aislador de A.T. del transformador, esta conexión se la hace flexible para que en caso de sustituir el transformador por otro de otra potencia su conexión a la red de A.T. sea rápida.

A título informativo se indica que la salida del devanado de B.T. se efectuará mediante canalización eléctrica prefabricada, encapsulada en resina y con un grado de protección IP-68, según norma UNE 20460-4-473. El neutro no se distribuye, ya que los receptores monofásicos que existen funcionan a una tensión de 230 V en vez de 400 V que es la tensión simple de este transformador, según se documenta en el anejo correspondiente a la instalación interior de baja tensión. El neutro va puesto a tierra, independiente de la del centro de transformación, de tal forma que el esquema de distribución es el TT según REBT, aunque no se distribuya el neutro.

En la puesta a tierra del neutro se intercalará un transformador de intensidad, para proporcionar la protección por neutro, tipo IFH-1, la salida de este transformador será llevada al cuadro de protección del centro de transformación, donde será analizada por el relé multiprotección. Este transformador será para servicio exterior con las siguientes características:

- Relación de transformación: 50/5 A.
- Diámetro interior: 60 mm.
- Potencia: 10 VA.
- Clase: 5P

La puesta a tierra del neutro se realizará con conductor de cobre tipo RV 0,6/1 kV de 50 mm². Esta puesta a tierra se llevará a cabo haciendo una red de tierras independiente de la de herrajes del centro de transformación.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

La cuba del transformador será puesta a tierra, a la tierra del centro de transformación, mediante conductor de cobre desnudo de 95 mm². Para proteger la instalación contra fugas a tierra por la cuba del transformador se intercalará en la puesta a tierra de la cuba un transformador de corriente tipo IFH-1 de idénticas características al anterior, llevando la señal del secundario hasta el cuadro de protección del centro de transformación, donde será evaluada por el relé de multiprotección.

Para evitar que en caso de fuga a través de la cuba del transformador ésta se transmita por el zócalo de hormigón, atenuando la medida del transformador de corriente, originando tensiones peligrosas, se intercalará entre el transformador y el zócalo de hormigón una placa de baquelita.

5.3.7. Equipo de medida trifásica

El equipo de medida trifásico estará compuesto por el contador electrónico alojado en su armario correspondiente, el cual medirá la energía consumida por los receptores alimentados por el transformador trifásico y su propia energía de pérdidas. Para elegir que tipo de contador es necesario, previamente hay que conocer qué valores de energía anual se va a consumir, la energía consumida será inferior a 5 GWh. Dependiendo de este valor los consumidores se califican en tres tipos, tipo 1, tipo 2 y tipo 3. Este valor está dentro del tipo 2, según R.D. 385/2002, que abarca a aquellos consumidores que consumen 750 MWh o más hasta 5 GWh.

En función del tipo de medida se establece la clase de precisión que deben tener los equipos de medida, en este caso el contador debe de ser electrónico con una clase de precisión para la energía activa $\leq 0,5S$ y reactiva ≤ 1 .

Asimismo, también establece que los puntos de medida Tipos 1 y 2 deben de disponer de comunicaciones exclusivas, es decir, deberán disponer de línea telefónica dedicada exclusivamente a la medida o disponer de módem GSM. En este caso se dispondrá de un módem GSM instalado en el cuadro de medida.

Será obligatorio instalar, en los secundarios de los transformadores de medida dispositivos que permitan la separación, para su verificación o sustitución, de los aparatos por ellos alimentados o la inserción de otros, sin necesidad de desconectar la instalación y en el caso de los transformadores de intensidad, sin interrumpir la continuidad del circuito secundario. Este dispositivo será una regleta de verificación de 10 contactos visibles y se ubicará en el armario de medida.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Para conseguir lo dicho en el apartado anterior en el armario de medida de contadores se instalará un dispositivo de verificación por cada contador tipo bloque de prueba de, al menos seis polos para el circuito de intensidades y otro bloque de pruebas de, al menos cuatro polos para el circuito de tensiones o regleteros-borneros equivalente de al menos diez polos que englobe circuito de intensidad y tensión.

Dichos bloques permitirán la separación para la verificación o sustitución del contador sin necesidad de desconectar la instalación y, en caso de los transformadores de intensidad sin interrumpir la continuidad del circuito secundario. Los bloques de prueba o regleteros deberán permitir realizar las operaciones que se indican a continuación:

- Ser precintables.
- Las partes sometidas a tensión deberán ser inaccesibles sin el levantamiento de su tapa o cubierta precintable.
- Apertura y cierre de cualquier circuito de tensión.
- Puesta en cortocircuito o no de cualquier circuito de intensidad.
- Realizar mediciones en serie de los circuitos de intensidad y en paralelo de los circuitos de tensión.
- Cambiar el contador y modificar conexiones sin necesidad de cortar el suministro al cliente.
- Verificación del contador con patrón de medida.
- Dejar conectados equipos de comprobación temporalmente sin desconexión del equipo principal.

El armario de medida será uno de los normalizados por la compañía suministradora para los equipos de medida en A.T. tipo exterior, para clientes tipo 2 y 3, se instalará en el vallado exterior de la estación y cumplirá las siguientes características:

- Contador electrónico combinado trifásico a 4H.
- Bloques de pruebas o regletero bornero para verificación y cambio de aparatos de medida.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- La envolvente será de material aislante con grado protección IP43 e IK09.
- Dispondrá una placa soporte sobre la que se instalarán canales protectoras de PVC provistas de tapas
- desmontables que permitan la interconexión de los diferentes elementos de la medida.
- La puerta de dicho armario dispondrá de bisagras intercambiables para poder optar por su apertura a
- derecha o izquierda según las necesidades.
- Sus dimensiones mínimas serán de 750x500x300 mm.

Los cables de interconexión entre los secundarios de los transformadores de medida de tensión e intensidad y el bloque de pruebas dispuestas al efecto en el armario de medida serán apantallados, con la pantalla conectada a tierra en el extremo de los transformadores y en el extremo del armario se dejará aislada.

El cableado será sin solución de continuidad entre los transformadores de medida y el dispositivo de verificación situado en el armario de medida.

El cableado de interconexión entre los transformadores de tensión y el dispositivo de verificación instalado en el armario de medida tendrá la sección suficiente para garantizar una caída de tensión inferior al uno por mil y en ningún caso será inferior a 6 mm², además estos conductores deberán de ser apantallados y con el marcado en sus extremos.

5.3.8. Equipos de protección contra cortocircuitos y fugas a tierra

El centro de transformación estará dotado de un conjunto de elementos que garanticen su buen funcionamiento en condiciones favorables y en condiciones desfavorables. Para ello se dota al centro de un cuadro de protección en el cual se alberga un relé multiprotección, efectuando las siguientes protecciones:

- Protección contra sobreintensidades (50-51 y 50N-51N).
- Protección de neutro (51G).

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Protección de cuba (50C).

5.3.8.1. Protección contra sobreintensidades

En el lado de alta tensión, la protección contra sobreintensidades es la más conveniente para tener selectividad de tiempos con las líneas de salida. El mecanismo encargado de esta protección es el relé multiprotección.

El relé multiprotección contra sobreintensidades está interconexionado a la salida de protección de los transformadores de intensidad de medida, este relé procesa la información aportada por el transformador de medida y si los valores son superiores a los parametrizados dará la orden de disparo del interruptor automático.

5.3.8.2. Protección de neutro

Esta protección controla las corrientes que circulan por la puesta a tierra del neutro, en condiciones normales la corriente que circula es la de fugas debida a las pérdidas de los aislamientos de los conductores, esta corriente es muy baja, del orden de miliamperios, en estas condiciones no se dará la orden de desconexión del transformador, pero en el caso de que haya derivación a tierra por el lado de baja tensión del transformador, ésta corriente será captada por el transformador, si no actúa la protección inmediata de baja tensión, dará la orden el relé de protección de desconexión del transformador de la red, por medio del interruptor automático.

El relé de multiprotección esta interconexionado al transformador de neutro, tipo IFH-1, en caso de que la salida del trafo de un valor de corriente de circulación superior al parametrizado, el relé dará la orden de apertura del interruptor automático.

5.3.8.3. Protección de cuba

Esta protección controla las derivaciones a tierra del transformador. La masa (cuba) del transformador está conectada a tierra. Para poder aplicarse esta protección, es necesario que el transformador este apoyado sobre una masa aislante, ya que el hormigón no es aislante. Se intercalará una placa de baquelita entre el transformador y el zócalo de hormigón de tal forma que, en caso de derivación a masa de la cuba del transformador, ésta sea captada por el transformador de medida situado en el conductor de puesta a tierra de la cuba del transformador. El equipo encargado de controlar la corriente de fuga es el relé multiprotección.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

El relé multiprotección esta interconexionado al transformador de cuba, tipo IFH-1, en caso de que la salida del trafo de un valor de corriente de circulación superior al parametrizado, el relé dará la orden de apertura del interruptor automático.

En el cuadro de protección se dispone de la información del estado del transformador, en cuanto a temperatura, presión dieléctrico, relé Buchholz y en caso de anomalía de alguna de éstas variables también se dará la orden de apertura del interruptor automático.

Características del relé de protección contra sobreintensidades (50-51 y 50N-51N).

El relé de multiprotección, modelo P3F30 constituye un elemento básico de protección para posiciones eléctricas de MT. Sus funciones son las siguientes:

- Protección de sobreintensidad de tres fases.
- Protección de sobreintensidad de neutro.
- Protección de desequilibrio de sobreintensidad de fase (fase abierta).
- Supervisión del interruptor automático de A.T.
- Medida de intensidades de fases y neutro.
- Máxímetro de intensidad.
- Protección de sobreintensidad de cuba y neutro instantánea.
- Protección de sobreintensidad de cuba y neutro monofásica temporizada.

Dispone de 12 entradas digitales y 8 salidas digitales, 3 entradas de intensidad de fase, 2 entradas de intensidad residual. 4 entradas de tensión y 2 puertos ethernet.

Para ello el relé de protección de sobreintensidad deberá programarse dentro de los márgenes siguientes:

Relé de fase (50-51):

- 1- El arranque se ajustará en un 40% por encima de la potencia instalada.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

2-La curva utilizada será siempre la INVERSA según UNE EN 60.255-3, con un índice de tiempo o factor $K = 0.1$.

3-El instantáneo deberá ajustarse por encima del valor de la corriente de inserción de los trafos de la instalación, y para mantener la selectividad de las protecciones (automático BT) instaladas aguas abajo, por encima de la intensidad debida a un c.c. en el lado de baja; así mismo el ajuste deberá estar por debajo de la I_{cc} del punto de conexión a la red. Como criterio simplificado se ajustará a 18 veces la I_n .

Relé de tierra (50N-51N):

1- El arranque se ajustará al 20% de la intensidad de arranque de fase.

2- La curva utilizada será siempre la INVERSA, según UNE EN 60.255-3, con el índice de tiempo o factor $K=0.1$.

3- El instantáneo de tierra se ajustará a 4 veces la intensidad de arranque de tierra.

El interruptor automático estará enclavado con el seccionador tripolar mediante unas cerraduras de enclavamiento. La cerradura de enclavamiento del interruptor automático será de tipo Ronis, con llave extraíble a interruptor desconectado, mientras que la cerradura de enclavamiento del seccionador tripolar será de tipo Herpe con llave extraíble a bulón fuera, para así poder enclavar el seccionador en la posición de abierto y en la posición de cerrado. Las cerraduras de ambas llaves se anillarán para imposibilitar maniobras inadecuadas.

5.3.9. Cuadro de protecciones

El cuadro de protecciones se alimenta de una fuente de alimentación a 48 V CC la cual proporciona la energía necesaria para conectar el interruptor automático y desconectarlo. Desde este cuadro se puede dar la orden de conexión y desconexión del interruptor automático. Además, en caso de que se produzca el disparo del interruptor automático por alguna anomalía se dispone de una indicación visual, según se indica en el documento planos correspondiente.

5.3.10. Fuente de alimentación

Los sistemas de protección y control de las instalaciones eléctricas de alta tensión se alimentarán mediante corriente continua procedente de baterías de acumuladores asociados con sus cargadores alimentados por corriente alterna. En condiciones normales de explotación, el

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

equipo de carga de la batería será capaz de suministrar los consumos permanentes y además de mantener la batería en condiciones óptimas.

En caso de fallo de corriente alterna de alimentación al equipo de carga o fallo por avería de este, deberá ser la propia batería de acumuladores la encargada de efectuar el suministro de corriente continua a los sistemas de protección y control de la instalación.

Para esta instalación se dispondrá de una fuente de alimentación con las siguientes características:

- Tensión de alimentación: monofásica 230V c.a. +10% / -15%
- Frecuencia: 50 Hz.± 5%
- Tensión de utilización: 48 V c.c.
- El equipo dispone de compensación de tensión por temperatura.
- Intensidad nominal: 25A
- Estabilidad de la tensión de carga: ± 1%
- Rizado de la tensión de salida con batería conectada: < 1.5 % rms
- Temperatura ambiente de operación: +0° C. +45° C.
- Humedad relativa: entre 5% y 85%
- Comunicación Modbus.

La batería es de Ni-Cd estanco, compuesta por 38 elementos tipo VT3F y de 21Ah de capacidad nominal.

5.3.11. Alumbrado C.T

Se prevé iluminar el centro de transformación con cuatro proyectores LED, del tipo Tessio, estancos (IP-65), de tal forma que se consigan unas condiciones óptimas de visibilidad, los proyectores cumplirán las siguientes características:

- Potencia: 100 W

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Flujo Luminoso: 14000 lm
- CCT: 4000 K
- LED: CREE SMD 3030
- Driver: PHILIPS XITANIUM
- Vida Útil: 50000 h
- CRI: >70 Ra
- Ángulos Frecuencia: 120° 50-60 Hz
- Tensión: AC220-240 V
- PF: >0,90
- Grado IP: IP65
- Temperatura de Trabajo: -40°C +55°C
- Material: ALUMINIO
- Color: NEGRO
- Dimensiones (LxWxH)mm: 415x60x330
- Peso: 5,10 Kg

Cada proyector se instalará en una esquina en el interior del centro de transformación, colocados sobre un herraje de acero galvanizado, o en una base de hormigón puesto a tierra general del centro.

5.3.12. Alumbrado caseta cuadro general baja tensión.

Se prevé iluminar la caseta prefabricada que albergará los cuadros generales de baja tensión con dos pantallas LED, del tipo Eския, estancas (IP-65), de tal forma que se consigan unas condiciones óptimas de visibilidad. Las pantallas cumplirán las siguientes características:

- Potencia: 40 W

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Flujo Luminoso: 4900 lm
- CCT: 4000 K
- LED: EPISTAR SMD 2835
- Vida Útil: 50000 h
- CRI: >80 Ra
- Ángulos Frecuencia: 120°
- Tensión: AC220-240 V
- PF: >0,90
- Grado IP: IP65
- Temperatura de Trabajo: -20°C +40°C
- Material: PC
- Color: BLANCO
- Dimensiones (LxWxH)mm: 1200x75x45
- Peso: 0,83 Kg

5.3.13. Pararrayos

Según MIE-RAT 15, “las instalaciones situadas al exterior deberán de estar protegidas contra los efectos de las posibles descargas de rayos directamente sobre las mismas o en sus proximidades. Para esta protección se podrán emplear conductores de tierra situados por encima de las instalaciones, o pararrayos debidamente distribuidos”.

Es por ello, por lo que se ha previsto la instalación de unos conductores de tierra situados encima de la instalación, sobre el pórtico de entrada, según se indica en el documento planos.

Consideraciones a tener en cuenta a la hora de la instalación del conductor de tierra:

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- El conductor de tierra estará al menos dos metros por encima de cualquier otro elemento dentro de la zona que protege.
- El conductor de bajada se instalará de forma que su recorrido sea lo más directo posible, evitando cualquier acodamiento brusco o remonte.
- Los conductores deben estar protegidos mediante un tubo de protección hasta una altura superior a dos metros a partir del suelo.
- Se debe realizar la interconexión con el circuito de tierra en el fondo de la excavación, directamente al pie de cada bajante mediante un dispositivo que permita la desconexión y que esté emplazado en un registro de inspección que lleve el símbolo de tierra.
- Se recomienda la utilización de un preparado mejorador de la conductividad en terrenos de resistividad alta.
- La resistencia de la toma de tierra medida por medios convencionales debe ser inferior a 10 Ω .
- Las tomas de tierra deberán estar orientadas hacia el exterior del edificio. Todas las tomas de tierra deberán estar unidas entre sí y a la toma de tierra general del edificio.

5.3.14. Canalizaciones

Se ha previsto una atarjea o canal revisable para comunicar el centro de transformación con la nave de bombeo, en cuyo interior se sitúan los cuadros de distribución de energía. Esta atarjea deberá ser amplia para alojar la canalización eléctrica prefabricada y manejar los conductores de mando con facilidad disponiendo una ligera inclinación hacia los pozos de recogida de agua o estará provista de tubos de drenaje. En el interior de la atarjea se situará, al lado de la canalización prefabricada, una bandeja de rejilla galvanizadas en caliente sobre la que se pondrán los conductores de las señales de mando de 200 mm de ancho y 100 mm de ala. La canalización eléctrica prefabricada irá separada del suelo con el fin de que la esta esté separada del agua en caso de inundaciones.

El trazado y dimensiones de la atarjea se indica en el documento planos.

5.3.15. Puestas a tierra

Toda instalación eléctrica deberá disponer de una protección o instalación de tierra diseñada en forma tal que, en cualquier punto normalmente accesible del interior o exterior de la

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

misma donde las personas puedan circular o permanecer, éstas queden sometidas como máximo a las tensiones de paso y contacto.

El dimensionado de las mismas se hará de forma que no se produzcan calentamientos que puedan deteriorar sus características o aflojar elementos desmontables. Los electrodos y demás elementos metálicos llevarán las protecciones precisas para evitar corrosiones peligrosas durante la vida de la instalación.

5.3.15.1. Puesta a tierra de protección

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales, de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación, se unen a la tierra de protección: pórtico, soporte interruptor automático, seccionadores, soportes proyectores de alumbrado, vallado del centro y puerta de acceso, cuba de los transformadores, etc.

Para la puesta a tierra de protección se ha previsto una red de tierra perimetral por todo el centro de transformación con conductor de cobre desnudo de 95 mm² de sección, enterrado e intercalando picas de puesta a tierra de 2 m de altura y 18 mm de diámetro, según se justifica en el diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra, en los cálculos.

5.3.15.2. Puesta a tierra de servicio

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en baja tensión, debido a faltas en la red de alta tensión, el neutro del sistema de baja tensión se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de alta tensión, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado (0,6/1 kV), de 50 mm².

5.3.15.3. Dotación de seguridad del C.T

Se prevé dotar al centro de transformación de equipos de seguridad, estos equipos son los siguientes:

- Guante aislante de 36 kV de tensión de aislamiento, de látex puro con marcado CE en cumplimiento de las directivas y Real Decreto 1407/92 de Equipos de Protección Individual. Así como su cofre de protección.
- Banqueta aislante, modelo de exterior, de 45 kV de tensión de utilización, de 52X52 cm y espesor de 40 mm. Patas con campanas y tacos de goma.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Pértiga de salvamento, de material composite de vidrio/resina de poliéster, color blanco.
Para tensión de utilización de 45 kV.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

– **CÁLCULOS** –

CENTRO DE TRANSFORMACION DE 3150 kVA A
45 kV EN SIMPLE CIRCUITO TIPO EXTERIOR
PARA ESTACION DE BOMBEO EN VALDEARCOS
(SECTOR II – PORMA)

SITUACIÓN

Polígono	103, PARCELA 36
Localidad	VALDEARCOS
Termino Municipal	MANSILLA DE LAS MULAS
Provincia	LEÓN

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

1. CALCULOS ELECTRICOS JUSTIFICATIVOS:

Los datos básicos que deben tenerse en cuenta para el estudio, cálculo, diseño y explotación de las instalaciones de media tensión son:

<u>Tema</u>	<u>Dato</u>
▪ Grupo del centro de transformación	GRUPO B
▪ Frecuencia para la red	50 Hz
▪ Tensión nominal normalizada	45 kV
▪ Tensión más elevada de la red	52 kV
▪ Tensión más elevada para el material	52 kV
▪ Niveles de aislamiento nominales para centros de transformación hasta 52 kV inclusive kVef,1min	250 kVcr y 95

Además, de acuerdo con el Reglamento de Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, MIE-RAT 19 “Las compañías deberán facilitar a los titulares de las instalaciones privadas, en servicio o en proyecto, los datos referidos al punto de conexión”. Estos datos han sido aportados por Electro Molinera de Valmadrigal siendo:

- Tensión nominal de suministro: 45 kV.
- Nivel de tensión: 45 kV.
- Potencia máxima de cortocircuito tripolar: 500 MVA.
- Potencia mínima de cortocircuito tripolar: 249,97 MVA.
- Intensidad de cortocircuito fase a tierra: 3,2 kA.
- Tiempo máximo de desconexión, en caso de defecto de la corriente máxima de falta de 300 mseg.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Tensión del secundario del transformador de 3150 kVA: 690 V.
- Régimen de neutro TT.
- Resistividad del terreno 65 $\Omega \cdot m$. (Medido por el método Wenner o de los 4 electrodos)

1.1. Intensidad de alta tensión.

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$

donde:

S = Potencia del transformador en kVA.

V = Tensión primaria en kV.

I = Intensidad primaria en A.

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 45 kV.

Para el transformador la potencia es de 3150 kVA.

$$I = 40,41 \text{ A.}$$

1.2. Intensidad de baja tensión

La intensidad secundaria (de baja tensión) en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$

donde:

S = Potencia del transformador en kVA.

V = Tensión secundaria en kV.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

I = Intensidad secundaria en A.

En el caso que nos ocupa, la tensión secundaria de distribución es de 0.69 kV.

Para el transformador la potencia es de 3150 kVA.

$$I = 2636 \text{ A.}$$

1.3. Cortocircuitos

1.3.1. Observaciones

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito, se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de media tensión, valor especificado por la compañía suministradora.

1.3.2. Cálculo de las corrientes de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, para el transformador trifásico, se utiliza la expresión:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V}$$

donde:

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

V_p = Tensión de servicio en kV.

I_{cc} = Corriente de cortocircuito en kA.

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de M.T.-B.T., siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito secundaria de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

$$I_{cc} = \frac{100 \cdot S}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot V_s}$$

donde:

S = Potencia del transformador en kVA.

E_{cc} = Tensión de cortocircuito del transformador en %

V_s = Tensión secundaria en V.

I_{cc} = Corriente de cortocircuito en kA.

1.3.3. Cortocircuito en el lado de A.T

Utilizando la expresión anterior, en la que la potencia de cortocircuito es de 500 MVA, la intensidad de cortocircuito es, para el transformador trifásico:

$$I_{cc} = 6,415 \text{ kA.}$$

1.3.4. Cortocircuito en el lado de B.T

Para el transformador trifásico, la potencia es de 3150 kVA, la tensión porcentual de cortocircuito del 8,5%, y la tensión secundaria es de 690 V.

La intensidad de cortocircuito en el lado de baja tensión con 690 V será, según la fórmula anterior:

$$I_{cc} = 31,01 \text{ kA}$$

1.4. Dimensionado del embarrado

Las corrientes de cortocircuito provocan esfuerzos electrodinámicos en las barras, apoyos, aisladores, y demás elementos de los circuitos recorridos por estas corrientes. El conocimiento de estos esfuerzos resulta esencial para poder dimensionar y seleccionar los sistemas de barras colectoras, los aisladores de apoyo, la distancia entre apoyos, etc, de acuerdo con los esfuerzos producidos. A continuación, se estudiarán estos esfuerzos.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

A causa de las corrientes de cortocircuito, los aparatos y conductores experimentan un esfuerzo térmico adicional, que depende esencialmente, del cuadrado de la intensidad y de la duración del cortocircuito. Debe comprobarse si el calentamiento sufrido por las distintas partes de la instalación está dentro de los límites establecidos para cada una de dichas partes.

1.4.1. Comprobación por densidad de corriente

La densidad de corriente es el primer factor importante para determinar el conductor apropiado de las instalaciones. Viene definida por la ecuación:

$$\delta = \frac{I_n}{S}$$

donde:

δ = Densidad de corriente A/mm².

I_n = Intensidad nominal.

S = Sección.

Las densidades de corriente máximas en los conductores no pueden sobrepasar los valores que fija el reglamento de líneas aéreas de alta tensión, en su capítulo quinto, artículo 22, según la siguiente tabla:

Sección nominal mm ²	Densidad de corriente Amperios/mm ²		
	Cobre	Aluminio	Aleación de Aluminio
10	8.75		
15	7.60	6	5.60
25	6.35	5	4.65
35	5.75	4.55	4.25
50	5.10	4	3.70
70	4.50	3.55	3.30
95	4.05	3.20	3
125	3.70	2.90	2.70
160	3.40	2.70	2.50
200	3.20	2.50	2.30
250	2.90	2.30	2.15
300	2.75	2.15	2
400	2.50	1.95	1.80
500	2.30	1.80	1.70
600	2.10	1.65	1.55

Para el caso que nos ocupa, con una intensidad de 40,41 A, una sección de 389 mm² para el tubo de cobre se obtiene una densidad de 0.103 A/mm², muy inferior a 2.5 A/mm² que fija el

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

RLAT. Para una sección de 150 mm², para el conductor de cobre, se obtiene una densidad de 0.269 A/mm², muy inferior a 3,4 A/mm² que fija el RLAT.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material del embarrado.

1.4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado correspondiente al cortocircuito en el lado de A.T. de este capítulo, por lo que:

$$I_{cc}(din) = 16,03 \text{ KA.}$$

La expresión que da el valor de la fuerza entre dos conductores sometidos a una corriente de cortocircuito es:

$$F = 2,04 \frac{I_{ch}^2 \cdot l}{d}$$

donde:

F = Fuerza electrodinámica en kg.

Ich = Intensidad de cortocircuito dinámico en kA.

d = Distancia en centímetros entre conductores, 75 cm.

l = Longitud en metros de embarrado 2,2 m.

l = Longitud en metros de conductores de cobre 0,5 m.

Por tanto, la fuerza ejercida entre dos tubos en caso de cortocircuito es 15,4 kg. La fuerza ejercida entre dos conductores de cobre, continuación de los tubos de cobre, considerándose la separación entre ellos más desfavorable, 75 cm y una longitud de 0,5 m se obtiene un esfuerzo de 3,49 kg. La fuerza soportada por los aisladores es de 400 kg.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

El momento de flexión viene determinado por la siguiente expresión:

$$M = \frac{F \cdot l}{16}$$

donde:

M = momento de flexión de las barras kg·cm.

F = fuerza electrodinámica en kg.

l = longitud de embarrado en cm.

Por tanto, el momento de flexión del embarrado de cobre (2,2 m) en caso de cortocircuito es 211,6 kg·cm. y de 10,93 kg·cm en el caso de conductores de cobre (0,5 m).

Las barras de cobre tienen una carga admisible K de 1000 kg/cm², y un momento resistente necesario de 4,82 cm³. Para que el momento resistente necesario sea correcto, se ha de efectuar la siguiente condición:

$$\frac{M}{K} < W$$

Condición que se cumple perfectamente ya que 0,21 < 4,82. Con lo que queda perfectamente justificada la disposición de los tubos y el esfuerzo soportado en caso de cortocircuito.

Los conductores de cobre tienen una carga admisible K de 1000 kg/cm², y un momento resistente necesario de 0,57 cm³. Para que el momento resistente necesario sea correcto, se ha de efectuar la siguiente condición:

$$\frac{M}{K} < W$$

Condición que se cumple perfectamente ya que 0,010 < 0,57. Con lo que queda perfectamente justificada la disposición de los conductores y el esfuerzo soportado en caso de cortocircuito.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

1.4.3. Comprobación por sollicitación térmica

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo del embarrado por efecto de un cortocircuito. Como base para la determinación del calentamiento, se toma el valor de la corriente permanente de cortocircuito y el tiempo t desde la iniciación del cortocircuito hasta la desconexión del interruptor automático correspondiente. Para simplificar los cálculos, se admiten las siguientes condiciones previas:

Que se puede despreciar la cesión de calor de las barras al ambiente en que están situados los conductores, dado el breve tiempo de cortocircuito.

Que el calor específico del material permanece constante, a pesar de la creciente temperatura que toma dicho material.

Teniendo en cuenta estas condiciones se puede estimar el calentamiento mediante la siguiente expresión:

$$\theta = \frac{k}{s^2} \cdot I^2 \cdot t$$

donde:

θ = calentamiento en °C.

s = sección del conductor en mm²,

para el tubo de cobre 389 mm².

para el conductor de cobre 150 mm².

K = constante del material:

para cobre k=0.0058

I = corriente de cortocircuito en A, 6415 A.

t = tiempo desde la iniciación del cortocircuito hasta la desconexión del disyuntor, en segundos, 0,3 seg.

Por tanto, aplicando la expresión anterior se tiene que el calentamiento de los tubos de cobre en caso de cortocircuito es de 0,5 °C, y de 3,1 °C para el conductor de cobre, mucho menor de 200 °C que es la máxima sobretensión que puede soportar el cobre.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

1.4.4. Distancias mínimas

En las instalaciones en las que, por alguna razón, no puedan realizarse ensayos de verificación del nivel de aislamiento, es aconsejable tomar ciertas medidas que eviten descargas disruptivas con tensiones inferiores a las correspondientes al nivel de aislamiento que hubiera sido prescrito en caso de haberse podido ensayar. Las distancias mínimas vienen prescritas de acuerdo con los niveles de aislamiento descritos en la MIE-RAT 12 que a continuación se muestran.

Tensión nominal (kV)	Tensión soportada a los impulsos tipo rayo (kV)	Distancia mínima fase-tierra en el aire (cm)	Distancia mínima entre fases en el aire (cm)
45	250	48	48

1.5. Selección de las protecciones en alta tensión

Los transformadores están protegidos tanto en A.T. como en B.T. En alta tensión la protección del transformador trifásico la efectúa el interruptor automático. En baja tensión, la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida, esta protección será objeto de estudio en el anejo de baja tensión.

1.5.1. Transformador trifásico

La protección de este trazo se realiza por medio de un interruptor automático de exterior de 2000 A de intensidad nominal. Este interruptor proporciona todas las protecciones al transformador, bien sea ante sobrecargas, o cortocircuitos, gracias a la presencia de un relé de protección.

El interruptor automático posee capacidad de corte tanto para las corrientes nominales, como para los cortocircuitos antes calculados.

1.6. Cadena de aisladores

Según el Art. 29 del RAT el criterio de ruina será la rotura o pérdida de sus cualidades aislantes, al ser sometidos simultáneamente a tensión eléctrica y sollicitación mecánica del tipo al que realmente vayan a encontrarse sometidos.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

La característica resistente básica de los aisladores será la carga electromecánica mínima garantizada, cuya probabilidad de que aparezcan cargas menores es inferior al 2%-valor medio de la distribución, menos 2,06 veces la desviación típica.

La resistencia mecánica correspondiente a una cadena múltiple puede tomarse igual al producto del número de cadenas que la formen por la resistencia de cada cadena simple, siempre en tanto en estado normal como con alguna cadena rota, la carga se reparta por igual entre todas las cadenas intactas.

El coeficiente de seguridad mecánico no será inferior a 3.

Los aisladores escogidos como elementos de fijación de los conductores al pórtico están compuestos por cadenas de ejecución en vidrio templado. Sus características son las siguientes:

Clase:	U 100 BS.
Tipo:	de caperuza y vástago.
Línea de fuga:	295 mm.
Carga de rotura :	10000 kg.
Paso:	127 mm.
Peso aproximado:	3,7 kg.

1.6.1. Cálculo eléctrico de aisladores

El nivel de aislamiento definido como la relación entre la longitud de la línea de fuga de un aislador y la tensión máxima entre fases de la línea eléctrica, recomendado para zonas agrícolas, como es el caso, 1,7 a 2 cm/kV. Se escoge el valor más desfavorable de 2 cm/kV.

El número mínimo de aisladores en la cadena para obtener un nivel de aislamiento de 2 cm/kV se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N \cdot U_f}{d}$$

donde:

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

n = número mínimo de aisladores.

N = nivel de aislamiento en cm/kV. (2 cm/kV)

Uf = tensión máxima entre fases en kV. (52 kV)

d = longitud de la línea de fuga en cm. (29,5 cm)

Por tanto, aplicando la expresión anterior se tiene que el número de aisladores es de 3,52, es obvio, que el número de aisladores debe de ser el número entero superior al número decimal que proporciona la ecuación. En este caso serán 4.

Para n=4 el nivel de aislamiento obtenido es N = 2,26 cm/kV, el nivel de aislamiento es superior al mínimo exigido.

1.6.2. Cálculo mecánico de aisladores

Una vez hecho el cálculo eléctrico de las cadenas de aisladores, es necesario comprobar si el coeficiente de seguridad mecánico es inferior a 3, como indica el Art. 29 del RAT. Este coeficiente relaciona la carga de rotura del aislador con sus cargas, tanto normales como anormales. Su expresión es:

$$C_s = \frac{C_r}{C}$$

CARGAS NORMALES

Al tratarse de un centro de transformación en zona B, hay que tener en cuenta las sobrecargas provocadas por el hielo.

Peso del conductor + hielo (semivano 35)	35·1.106 kg
Peso de 4 aisladores	4·3.7 kg
Peso de grillete, anilla...	10 kg

El peso total obtenido es de 63,5 kg.

Aplicando la ecuación anterior se tiene que el coeficiente de seguridad es de 157 >> 3.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

CARGAS ANORMALES

Según el Art. 19 del RAT, el valor mínimo admisible del esfuerzo de rotura que deberá considerarse será del 50 % de la tensión del cable roto en las líneas de 1 ó 2 conductores por fase y circuito.

$$C_a = 0,5 \cdot T_m$$

La carga mínima del conductor tipo LA-180 es de 6630 kg, por tanto, la tensión máxima será de 2210 kg. Se tiene que $C_a = 1105$ kg con este valor se obtiene que el coeficiente de seguridad es de $9,04 > 3$, con lo que quedan justificados los aisladores elegidos.

1.7. Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra

1.7.1. Investigación de las características del suelo.

El RAT indica que, para instalaciones de segunda categoría, es necesario investigar las características del terreno, que nos permita prever las características eléctricas de la red de tierra. Para el estudio de la resistividad del terreno nos encontramos ante dos alternativas, que el suelo sea homogéneo o que sea heterogéneo. En este caso el suelo es homogéneo, por tanto, sus superficies equipotenciales son semiesferas. El terreno está compuesto por margas y arcillas compactas, siendo su resistividad media interna de $65 \Omega \cdot m$, calculada mediante el método de los 4 electrodos o método de Wenner. Además, se prevé agregar una capa de gravilla de 10 cm de espesor, siendo la resistividad superficial de $1500 \Omega \cdot m$.

1.7.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.

Los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son los siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro: el neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Tipo de protecciones: cuando se produce un defecto, éste se elimina mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependientes). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 s.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando una intensidad máxima empírica, y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben estar indicados por la compañía eléctrica. En este caso como se indicó anteriormente los datos son los siguientes:

Corriente máxima de puesta a tierra 3200 A.

Tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto 0,3 seg.

1.7.3. Diseño preliminar de la instalación de tierra

La instalación de puesta a tierra estará formada por un anillo perimetral 15 X 12 m, con interconexiones internas, contabilizándose un total de 147 m de conductor de cobre de 95 mm² de sección, enterrado a una profundidad de 1,0 m, al cual se le soldarán 18 picas de 2 m de longitud y 18 mm Ø, para mejorar la puesta a tierra.

1.7.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierras

La resistencia empírica de una malla según MIE-RAT 13 tabla 2 viene dada por la expresión:

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

donde:

R = resistencia de tierra del electrodo en Ω .

ρ = resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

r = radio en metros de un círculo de la misma superficie que el área cubierta por la malla.

L = longitud en metros de la pica o del conductor, y en malla la longitud total de los conductores.

Por tanto, aplicando la expresión anterior se tiene que para una resistividad de $65 \Omega \cdot m$, una longitud de conductor enterrado de 147 m y un radio equivalente de 6 m se obtiene una resistencia de tierra de $3,1 \Omega$.

1.7.5. Comprobación de la sección

Para comprobar si la sección elegida de 95 mm^2 es correcta, se utilizan dos métodos que tienen en cuenta dos factores diferentes. El primero según el Reglamento de Alta Tensión tiene en cuenta la densidad de corriente a través del conductor; el segundo, según la AIEE número 80 de 1961, permite conocer la sección necesaria para evitar la fusión de los conductores.

SEGÚN MIE-RAT 13 3.1

A efectos de dimensionado de las secciones, el tiempo mínimo a considerar para la duración del defecto a la frecuencia de la red será de un segundo y no podrá superarse la densidad de corriente de 160 A/mm^2 para el cobre. Lo que corresponde a una temperatura final de $200 \text{ }^\circ\text{C}$, pudiéndose admitir un aumento de esta temperatura hasta $300 \text{ }^\circ\text{C}$ si no supone riesgo de incendio. La sección mínima admisible para el cobre no será inferior a 25 mm^2 .

La densidad de corriente que circula por los conductores de tierra, sabiendo que la intensidad de defecto máxima es de 3200 A y la sección del conductor de tierra de 95 mm^2 será de $33,68 \text{ A/mm}^2$.

$33,68 \text{ A/mm}^2 < 160 \text{ A/mm}^2$. . Densidad inferior a la máxima admitida por el Reglamento.

SEGÚN LA AIEE N° 80 DE 1961

La sección necesaria para evitar la fusión de los conductores viene dada por la expresión:

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

$$S = \frac{I_d}{\sqrt{\frac{\log\left(\frac{\theta_m - \theta_r}{\theta_a + \theta_r} + 1\right)}{k \cdot t}}}$$

donde:

S = sección del conductor en mm².

I_d = intensidad de defecto en kA.

Para t=0,5 s y una temperatura de referencia θ_r=20 °C que, de acuerdo con el cobre, los parámetros restantes de la expresión anterior son:

k = 8,5.

θ_a = 234 °C.

θ_m = 1000 °C.

De acuerdo con la expresión anterior, la sección mínima es de 2,7 mm², quedando comprobado que la sección elegida de 95 mm² cumple las condiciones mínimas necesarias.

1.7.6. Cálculo de las tensiones de paso y contacto máximas admisibles en la instalación.

Partiendo de las tensiones de paso y contacto aplicadas admisibles obtenidas según el tiempo de actuación de las protecciones, típicamente 0,5 s, y teniendo en cuenta la resistividad superficial aparente del terreno se determinan las tensiones de paso y contacto máximas admisibles en varias zonas de la instalación (interior de gravilla del centro de transformación, y en el exterior del centro de transformación, en el vial de asfalto).

Según ITC-RAT 13, tabla 1, para t_F= 0,3 s se tienen los siguientes valores de las tensiones de contacto y paso admisibles:

$$U_{ca} = 420V$$

$$U_{pa} = 10 \cdot U_{ca} = 4200V$$

Para calcular los valores máximos admisibles de la instalación es necesario conocer las resistividades superficiales aparentes del terreno en cada una de las zonas citadas anteriormente, el interior del centro de transformación, y en los viales de acceso al centro.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

RESISTIVIDAD SUPERFICIAL EN EL INTERIOR DEL CENTRO DE
TRANSFORMACION

Con objeto de aumentar la resistividad superficial del interior del centro de transformación, para reducir los valores de las tensiones aplicadas, se aplicará una capa de gravilla con un espesor de 10 cm. Considerando a efectos del cálculo un valor de 1500 $\Omega \cdot m$.

$$\rho_{s,aparente,horm} = \rho^* \left[1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2h_s + 0,106} \right) \right]$$

donde:

ρ^* = resistividad capa superficial, gravilla 1500 $\Omega \cdot m$.

h_s = espesor de la capa superficial, 0,1 m.

ρ = resistividad del terreno natural, 65 $\Omega \cdot m$.

por lo que, aplicando la expresión anterior se obtiene una resistividad superficial aparente de 1002 $\Omega \cdot m$.

RESISTIVIDAD SUPERFICIAL EN EL ACCESO (VIAL ASFALTADO O DE
HORMIGÓN)

En los accesos al centro de transformación, habrá un vial con una capa de 10 cm de asfalto u hormigón. Considerando a efectos del cálculo un valor de 3000 $\Omega \cdot m$ y aplicando la expresión anterior se obtiene un valor de 1983 $\Omega \cdot m$.

VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES EN EL INTERIOR DEL CENTRO DE
TRANSFORMACION

$$U_c = U_{ca} \left(1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \cdot \rho_{s,aparente,grava}}{1000} \right)$$
$$U_p = U_{pa} \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_{s,aparente,grava}}{1000} \right)$$

donde:

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

R_{a1} = resistencia del calzado, 2000 Ω .

Por lo que, aplicando las expresiones anteriores se obtienen unos valores de tensión máximos admisibles de:

- **Contacto de 1472 V.**
- **Paso de 46.273 V.**

VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES EN EL ACCESO (VIAL)

$$U_c = U_{ca} \left(1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \cdot \rho_{s,aparente,vial}}{1000} \right)$$
$$U_p = U_{pa} \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_{s,aparente,vial}}{1000} \right)$$

Por lo que, aplicando las expresiones anteriores se obtienen unos valores de tensión máximos admisibles de:

- **Contacto de 2.089 V.**
- **Paso de 70.979 V.**

1.7.7. Cálculo de las tensiones de paso y contacto presentes en el centro de transformación.

Aplicando las siguientes fórmulas de la guía IEEE Std. 80-2000 se obtienen los valores máximos de U'_p y U'_c :

$$U'_c = \frac{\rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_g}{L_M}$$
$$U'_p = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_g}{L_S}$$

ρ = resistividad media del terreno en $\Omega \cdot m$. (65 $\Omega \cdot m$).

I_g = intensidad de puesta a tierra máxima que puede circular por la red de tierras. (3200 A).

K_m = factor geométrico de espaciado de conductores para tensión de contacto.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Ki = factor de corrección por efecto de mayor densidad de corriente en los extremos de la malla.

Ks = factor geométrico de espaciado de conductores para tensión de paso.

LM = Longitud efectiva de la red de conductores enterrados para tensión de contacto.

LS = Longitud efectiva de la red de conductores enterrados para tensión de paso.

- En primer lugar se calcula el factor geométrico n:

$$n = \frac{2 \cdot L_C}{L_P} \sqrt{\frac{L_P}{4 \sqrt{A}}}$$

Donde:

LC = Longitud total de los conductores enterrados que forman la malla de tierra. (excepto las picas 147 m).

LP = Longitud perimetral de la red. (54 m).

A = Area de la malla de tierra de la subestación (180 m²).

$$\mathbf{n = 5,46.}$$

- Con “n” se calcula ki, factor de corrección por efecto de mayor densidad de corriente en los extremos de la malla:

$$K_i = 0,644 + 0,148n$$

$$\mathbf{K_i = 1,45}$$

- Se calcula **Kh**, un factor de corrección que tiene en cuenta los efectos de la profundidad de la malla:

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

Donde:

h₀ = 1 m (profundidad de referencia de las mallas de tierra).

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

$$\mathbf{Kh = 1,4142}$$

- A continuación, se calcula **LM** y **LS**, siendo el primero la longitud efectiva de la red de conductores enterrados para tensión de contacto y el segundo la longitud efectiva de la red de conductores enterrados para tensión de paso.

$$L_M = L_C + \left(1,55 + 1,22 \frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) L_R$$

$$L_S = 0,75 \cdot L_C + 0,85 \cdot L_R$$

Donde:

LC = Longitud total de los conductores enterrados que forman la malla de tierra. (excepto las picas 147 m).

Lr = Longitud perimetral de la red. (54 m).

Lx = Máxima longitud de la malla en la dirección x. (12 m).

Ly = Máxima longitud de la malla en la dirección y. (15 m).

LR = Longitud total de todas las picas enterradas. (36 m).

$$\mathbf{LM = 153,12.}$$

$$\mathbf{LS = 140,85.}$$

- Por último, se calcula **Ks** y **Km**, siendo Ks el factor geométrico de especiado de conductores para tensión de paso, y Km el factor geométrico de especiado de conductores para tensión de contacto.

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

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

Donde:

D = separación media de los conductores de la red de tierras. (3 m).

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

d = diámetro de los conductores de la red de tierras. (0,0126 m).

h = profundidad de enterramiento de la red horizontal. (1 m).

Para redes con picas distribuidas a lo largo del perímetro de la malla o dentro de la malla,
kii = 1.

$$\mathbf{KS = 0,226.}$$

$$\mathbf{Km=0,591.}$$

Aplicando las expresiones anteriores se obtienen los siguientes valores:

$$U'_c = \frac{\rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_g}{L_M} \quad \mathbf{U'_c = 1166 V.}$$

$$U'_p = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_g}{L_S} \quad \mathbf{U'_p = 486 V.}$$

1.7.8. Comprobación que las tensiones de paso y contacto son inferiores a los valores máximos admisibles en el centro de transformación.

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

- Tensión de paso en el interior del centro de transformación.

$$V'_p = 486 \text{ V} < V_p = 46.273 \text{ V}$$

- Tensión de paso en el acceso desde el vial.

$$V'_p = 486 \text{ V} < V_p = 70.979 \text{ V}$$

- Tensión de contacto en el interior del centro de transformación.

$$V'_c = 1166 \text{ V} < V_c = 1472 \text{ V}$$

- Tensión de contacto en el acceso desde el vial.

$$V'_c = 1166 \text{ V} < V_c = 2089 \text{ V}$$

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

A la vista de los resultados, tal como se puede observar el valor real máximo de la tensión de paso y de contacto, es en todo momento inferior al máximo permitido según las normas IEEE-80 2000 y la ITCMIE- RAT-13 tanto en el interior del centro de transformación, y en el acceso desde el vial.

1.7.9. Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas. Se considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes, cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- El centro de transformación está situado en un recinto aislado del local de utilización.
- No existe ninguna canalización metálica conductora desde los aparatos de utilización a la red de tierras del CT.
- La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras será como mínimo de 15 metros si la resistividad del terreno es <100 ohmios.m. Si fuese mayor, la distancia mínima viene dada por la expresión:

$$D = \frac{\rho \cdot Id}{1200 \cdot 2 \cdot \pi}$$

Dado que la resistividad del terreno es de $65 < 100$ ohmios.m, en nuestro caso se podrían aplicar los 15 metros.

Por ser más restrictivo, se toma el valor resultante de la anterior expresión, dejando 27 metros de separación entre los electrodos de las tierras del centro de transformación y de los de las tierras de servicio.

La puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, de cobre de 50 mm² de sección, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7, como mínimo, contra daños mecánicos.

1.7.10. Corrección y ajuste del sistema inicial

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

1.8. Dimensionado del transformador

El transformador es el elemento de la instalación que debe de suministrar la potencia necesaria por la misma. Para determinar la potencia del transformador, previamente se debe de conocer la potencia de los receptores que va a alimentar.

POTENCIA DE LOS RECEPTORES

Para el cálculo de la potencia de los receptores se tendrán en cuenta dos tipos de receptores, los que pueden funcionar simultáneamente, y los que no. Los receptores que pueden funcionar simultáneamente son las bombas, situación que no es imposible, ya que al ser la instalación una estación de bombeo, en un momento determinado la demanda de agua puede ser máxima. Sin embargo, los receptores que no pueden funcionar simultáneamente son los servicios auxiliares, éstos son alimentados por un transformador de 690/400 V de 31,5 kVA, a efectos de cálculo se puede estimar que el transformador funciona al 80 % de su capacidad.

RECEPTOR	POTENCIA (kW)	POTENCIA TOTAL (kW)
Bombas	1·160+7·315	2365
Transformador	0,8·0,9·31,5	23
		2388 kW

Por tanto, la potencia total a suministrar el transformador son 2388 kW, que considerando un factor de potencia global de la instalación de 0,95 se obtiene una potencia del transformador 2513 kVA.

Por ser una instalación que tiene fuerte presencia de armónicos, éstos influyen sobre los transformadores de distribución, elevando la densidad de flujo del núcleo. También las corrientes de Foucault, proporcionales a la frecuencia, aumentan considerablemente. En esta situación el transformador no debe funcionar a su potencia nominal y debe o cambiarse por otro de mayor potencia o disminuirse la carga. En este caso tenemos la segunda opción. El transformador se desclasifica asociándole una potencia equivalente. La potencia equivalente de un transformador es la correspondiente a la sinusoidal que provoque las mismas pérdidas que las

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

producidas con la corriente no sinusoidal aplicada. Esta potencia equivalente es igual a la potencia basada en el valor eficaz de la corriente no sinusoidal multiplicada por el factor “K”.

Este factor “K” se define como aquel valor numérico que representa los posibles efectos de calentamiento de una carga no lineal sobre el transformador. La potencia asignada del transformador que se use debe ser mayor o igual que la potencia equivalente.

El factor K, según la norma UNE, se obtiene de la siguiente fórmula:

$$K = \sqrt{1 + \frac{e}{1+e} \left(\frac{I_1}{I} \right)^2 \sum_{n=2}^{n=N} \left(n^q \left(\frac{I_n}{I_1} \right)^2 \right)}$$

donde:

e = pérdidas por corrientes de Foucault debidas a la corriente sinusoidal a la frecuencia fundamental, divididas por las pérdidas debidas a una corriente continua igual al valor eficaz de la corriente sinusoidal, ambas a la temperatura de referencia. Este valor suele valer 0,3.

n = orden del armónico.

I = valor eficaz de la corriente sinusoidal.

I_n = es la corriente del enésimo armónico.

q = constante exponencial que depende de los arrollamientos y de la potencia, suele oscilar entre 1,5 y 1,7.

De acuerdo a los datos de armónicos proporcionados por los fabricantes de los equipos de baja tensión, se obtiene un factor k de 1,14.

Esto quiere decir que para una potencia de 2513 kVA, el transformador debe tener como mínimo una potencia de 2513*1,14=2865 kVA. El valor comercial más próximo 3150 kVA.

1.9. Potencia instalada y potencia demandada

La potencia instalada se estimará como la mayor de las potencias. Por una parte, se tiene la potencia instalada de los receptores que según se determinó antes es de 2388 kW y por otra se

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

tiene la potencia instalada del transformador que son los 3150 kVA, por tanto, la potencia instalada son 3150 kVA.

POTENCIA TOTAL INSTALADA				
		P. (kW)	Cantidad	Subtotal
BOMBAS	BOMBA 1	160	1	160
	BOMBA 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	315	7	2205
AUX	SERVICIOS AUXILIARES	23	1	23
Total:				2388

La potencia demandada, es la potencia de los receptores, que también coincide con la potencia a contratar, que como se estimó anteriormente es de 2381,6 kW.

POTENCIA TOTAL INSTALADA							
		P. (kW)	Cantidad	Subtotal	Coef. Utilización	Coef. Simult.	P. TOTAL
BOMBAS	BOMBA 1	160	1	160	1	1	160
	BOMBA 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	315	7	2205	1	1	2205
CSA	SERVICIOS AUXILIARES	23	1	23	1	0,7	16,1
Total:				2388			2381,6

1.10. Cálculo de la exposición radioeléctrica

Según real decreto 123/2017 de 24 de febrero, por el que se aprueba el reglamento sobre el uso del dominio público radioeléctrico, por no haber suelo urbano a un radio menor de 100 metros, y no ser un lugar de permanencia o circulación habitual de personas, no es necesario hacer un estudio detallado de los niveles de exposición radioeléctrica.

2. CALCULOS JUSTIFICATIVOS MECANICOS:

2.1. Cálculo cimentación de apoyos del pórtico

A efectos de cálculo de las cimentaciones, se estimará que el tipo de terreno es normal, con las siguientes características:

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

El tipo de cimentación a emplear será una cimentación monobloque, en éstas el ángulo de giro de la cimentación será inferior a aquel cuya tangente sea inferior a 0,01 ($0^{\circ}, 34', 23''$), según el Artº 31-2 del RLAAT.

Las cimentaciones monobloque son las que están formadas por un sólo cimientado de hormigón en masa.

El dimensionamiento de las cimentaciones monobloques requerirá las siguientes condiciones:

- La geometría será prismática y de sección cuadrada.
- El ángulo máximo de giro del cimientado será aquel cuya tangente es igual 0,01 ($\text{tg } \alpha = 0,01$).
- Sobre el macizo se construirá una peana que en su parte superior será de forma piramidal, para hacer la función de vierteaguas, con una pendiente aproximada del 5% y con una altura igual o superior a 10 cm desde la línea de tierra hasta el vértice. El volumen de hormigón correspondiente a esta peana está incluido en el volumen total del macizo de hormigón.

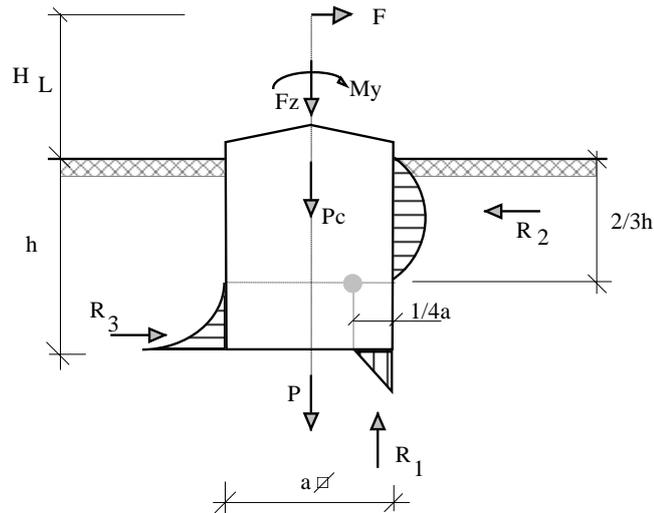
El cálculo de las cimentaciones monobloques de hormigón se fundamenta en el método de Sulzberger, el cual contiene las siguientes consideraciones:

- La comprensibilidad del terreno es proporcional a la profundidad, crece linealmente y en la superficie vale cero.
- El macizo gira sobre un eje situado a $2/3$ de su profundidad, y $1/4$ de la pared de este.
- Las deformaciones de la cimentación son despreciables frente a las del terreno.

Hipótesis de cálculo

El esquema de esfuerzos y reacciones se representa en la figura siguiente:

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN



Momento solicitante de vuelco "Mv"

$$M_v = F \left(\frac{M_y}{F} + \frac{2 \cdot h}{3} \right) = F \left(H_L + \frac{2 \cdot h}{3} \right) \quad (\text{m.kp})$$

donde:

\$F\$ = Esfuerzo nominal del apoyo, más el viento sobre el mismo reducido al punto de aplicación para el cálculo, en kp. (4500)

\$H_L\$ = Altura libre del apoyo desde el punto de aplicación de \$F\$ hasta la línea de tierra, en m. (12)

\$h\$ = Profundidad de la cimentación, en m (2,3).

Por tanto, aplicando la expresión anterior se tiene que el momento solicitante al vuelco es de 60900 kp·m.

Momento estabilizador, \$M_e\$

El momento estabilizador del apoyo quedará asegurado por las acciones laterales y verticales del terreno, su valor se obtiene por las expresiones siguientes:

$$M_e = M_1 + M_2$$

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

El momento estabilizador debido a las acciones laterales del terreno, está dado por la expresión siguiente:

$$M_1 = \frac{a \cdot h^3}{36} \cdot C'_h \cdot \operatorname{tg} \alpha = 139 \cdot C_h \cdot a \cdot h^4 \quad (\text{m} \cdot \text{kp})$$

donde:

a = Ancho o largo de la cimentación, en m 1,7.

h = Profundidad de la cimentación, en m 2,3.

P = Peso del apoyo y cargas verticales en kp, 1062.

C_h = Coeficiente de compresibilidad del terreno a "h" metros de profundidad, en Kp/cm.cm², 16.

Donde, aplicando la expresión anterior se tiene que el momento estabilizador debido a las acciones laterales del terreno es de 97131,29 kp·m.

El momento estabilizador debido a las acciones verticales del terreno, está dado por la expresión siguiente:

$$M_2 = 880 \cdot a^3 \cdot h + 0,4 \cdot P \cdot a \quad (\text{m.kp})$$

Donde, aplicando la expresión anterior se tiene que el momento estabilizador debido a las acciones verticales del terreno es de 6149 kp·m.

Condición de estabilidad

Para que el conjunto sea estable, según RAT-31 se tiene que cumplir que:

$$\frac{M_1 + M_2}{M_v} \geq 1,5$$

Y aplicando la expresión anterior se tiene que el momento resistente al vuelco es superior al momento del vuelco en 1,53.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

El diseño de las cimentaciones adoptadas cumple con la condición de que la estabilidad del apoyo está fundamentalmente centrada a las reacciones horizontales del terreno (cimentaciones profundas) y por tanto la condición de estabilidad está condicionada a que $\text{tg } \alpha$, sea igual o inferior a 0,01.

3. CONCLUSION.

Con todo lo expuesto se cree haber dado información y justificación técnica suficiente como para conseguir de los Organismos Oficiales de la Administración los oportunos permisos para la ejecución y posterior puesta en funcionamiento de la instalación proyectada; quedando el proyectista dispuesto para aclarar cuantas dudas pudieran surgir al respecto.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

— **PLIEGO DE CONDICIONES** —

CENTRO DE TRANSFORMACION DE 3150 kVA A
45 kV EN SIMPLE CIRCUITO TIPO EXTERIOR PARA
ESTACION DE BOMBEO EN VALDEARCOS (SECTOR II –
PORMA)

SITUACIÓN

Polígono	103, PARCELA 36
Localidad	VALDEARCOS
Termino Municipal	MANSILLA DE LAS MULAS
Provincia	LEÓN

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

1. OBJETO.

El objeto de este Pliego es el definir las características de ejecución del centro de transformación diseñado en este anejo, ajustándose a lo establecido en los reglamentos y normas citados en la memoria.

2. CERRAMIENTO DEL CENTRO DE TRANSFORMACION.

Todo el recinto del centro de transformación se cerrará con una valla perimetral protegida contra las acciones de la intemperie de 2,2 m de altura, medida desde el exterior, provista de señales de advertencia de peligro por alta tensión en cada una de sus orientaciones, con objeto de advertir sobre el peligro de acceso al recinto a las personas ajenas al servicio.

Las señales de advertencia de peligro por alta tensión tendrán forma triangular de 150 mm de lado mínimo, serán de polipropileno (vinilo sobre polipropileno con un laminado de poliéster o polipropileno en serigrafía). Dispondrán de un espesor de 1,5 mm, siendo resistentes a los rayos ultravioletas. Estarán de acuerdo con el Real Decreto 485/1997 del 14 de abril.

3. PORTICO DE ENTRADA DE LINEA Y HERRAJES SOPORTE.

Se instalará un pórtico de entrada de línea de 14 m de altura y 9000 kg de esfuerzo en punta, galvanizado en caliente, y con los dinteles necesarios para fijar todo el aparellaje eléctrico, así como los transformadores de medida, según se indica en el documento planos.

Los apoyos del pórtico responderán íntegramente a los requisitos de la recomendación UNESA RU 6704 A, siendo ensayados en ASINEL para asegurar las características y valores de resistencia proyectados, obteniendo la calificación de calidad UNESA.

El pórtico estará constituido por dos torres con caras paralelas de 4500 Kg. de esfuerzo en punta cada una. Estos apoyos estarán constituidos por varios tramos intermedios y unidos por los dinteles soporte del aparellaje, seccionador trifásico, aisladores y transformadores de medida.

Los materiales de partida para su fabricación serán:

Acero S 275JR, según UNE 36531, de límite elástico 275 MPa para las celosías.

Acero S 355JO, según UNE 36531, de límite elástico 355 MPa para los montantes y resto de estructura.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Estos aceros responden a la norma UNE EN 10025 y quedarán protegidos mediante galvanizado en caliente, consiguiendo un recubrimiento mínimo de 500 gr/m³, que equivale a 70 micras, de acuerdo con la norma UNE 37501.

El proceso de galvanizado cumplirá los siguientes pasos, según las especificaciones generales UNE 37501 y las específicas UNE 37508:

Inspección y clasificado inicial de cada producto.

Desengrase en caliente.

Lavado.

Decapado ácido.

Fluxado en caliente.

Secado.

Baño en crisol de zinc fundido.

Enfriamiento en cuba de agua.

Inspección y acabado final.

La tornillería empleada en el pórtico será galvanizada en caliente, con tipo de rosca métrica y calidad de tornillo 5.6, según la norma DIN 7990. Las tuercas se apretarán con llaves dinamométricas para garantizar que se consigan los pares de apriete óptimos.

Toda la parte metálica del pórtico deberá interconectarse a la instalación de tierra general del centro de transformación.

4. APARAMENTA ELECTRICA.

Toda la aparamenta eléctrica cumplirá las normas generales UNE-EN 60694 COR:1999, UNE-EN 60129, CEI 62271-102 y la RU 6401 aparte de las específicas que en cada caso sean de aplicación.

La tornillería empleada para la fijación del aparellaje al pórtico será galvanizada en caliente, con tipo de rosca métrica y calidad de tornillo 5.6, según la norma DIN 7990. Las

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

tuercas se apretarán con llaves dinamométricas para garantizar que se consigan los pares de apriete óptimos.

La tornillería empleada para la interconexión eléctrica de todo el aparellaje será de latón, con tipo de rosca métrica, cabeza hexagonal según las normas DIN 933 (tornillo), DIN 934 (tuerca) y DIN 125 (arandela). Las tuercas se apretarán con llaves dinamométricas para garantizar que se consigan los pares de apriete óptimos.

4.1. Seccionador trifásico

Se instalará un seccionador tripolar giratorio de apertura lateral mediante mando manual giratorio para servicio exterior, montaje en vertical sobre el pórtico de recepción de línea, según norma UNE 20100/CEI 129, con aisladores de porcelana tipo C IV 250, cuchillas de puesta a tierra, según normas UNE 21110/CEI 273, las vías de corriente serán de cobre electrolítico protegido, dispondrá de las siguientes características:

- Tensión nominal 52 kV.
- Intensidad nominal 630 A.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo a tierra y entre polos 250 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo sobre la distancia de seccionamiento 290 kV.
- Tensión soportada a frecuencia industrial a tierra y entre polos 95 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo sobre la distancia de seccionamiento 110 kV.
- Intensidad admisible de corta duración (1 seg.) 31,5 kA.
- Intensidad máxima admisible 80 kA.
- Mando de apertura manual para una distancia de 12 m.
- Cuchillas de puesta a tierra.

Todos los componentes metálicos del mismo serán galvanizados en caliente de acuerdo con la norma UNE 37501.

Además cumplirá también las siguientes normas UNE-EN 60129:1996, UNE-EN 60129/A1:1996 y UNE-EN 60129/A2:1997 seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.

En el mando de este seccionador se instalará una cerradura de enclavamiento para enclavarlo con el interruptor automático de alta tensión. De tal forma que no se pueda abrir el seccionador trifásico sin estar abierto antes el interruptor automático. Consiguiendo las

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

especificaciones dadas en materia de seguridad por la norma IEC 61508, Funcionamiento seguro de sistemas eléctricos.

4.2. Aisladores

Se instalarán seis aisladores, de tipo exterior C6-250.LF1580-M12, para soportar el tubo de cu de \varnothing_{ext} 30 mm. Estos cumplirán con las normas UNE 21110-2, UNE-EN 60168, CEI 60273 y I.E.C 62231.

Serán poliméricos. Las armaduras irán apoyadas sobre juntas elásticas que permitan al aislador soportar los esfuerzos bruscos.

Dispondrán de las siguientes características:

- Tensión nominal 52 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo a tierra 250 kV.
- Altura nominal 560 mm.
- Diámetro exterior 135 mm.
- Línea de fuga 1580 mm.
- Número de aletas 14.
- Carga de rotura 6000 N.
- Peso 5,4 kg.

Sobre cada aislador se colocarán unas portavarillas fabricadas en acero galvanizado en caliente para sujetar los tubos de cobre al aislador.

4.3. Interruptor automático

Para la protección del transformador trifásico se ha previsto un interruptor automático tripolar de SF₆ con mando a resortes motorizado, con las siguientes características:

- Normas de ensayo CEI 56-2.
- Tensión nominal 52 kV.
- Frecuencia nominal 50 Hz.
- Intensidad nominal de servicio continuo I_n 2000 A.
- Intensidad de corte bajo cortocircuito I_A 25 kA.
- Intensidad de cierre bajo cortocircuito (valor cresta) I_e 62,5 kA.
- Ciclo de maniobra 0-0,3s-CO-3min-CO.
- Tensión soportada a 50 Hz durante 1 min. U_w 95 kV.
- Tensión soportada a ondas de choque U_b 250 kV.
- Presión nominal SF₆ 0,7 MPa (abs).

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Altitud de montaje del interruptor hasta 1000 m.
- Distancia entre fases 700 mm.
- Vigilancia de la presión de SF6 mediante densímetro.
- Línea de fuga aisladores 25 mm/kV.
- Previsto para dar la prioridad a la apertura respecto al cierre.
- Posibilidad de apertura y cierre manual a través de una manivela.
- Relé antibombeo.
- Iluminación del cuadro de mando.
- Cerradura de enclavamiento tipo Herpe.
- Barrera de protección para mando en local y carga de gas.
- Mando tipo FSA 1, tensión de bobinas y motor 48VCC.

El interruptor automático podrá ser accionado de forma local y a distancia y cumplirá con las normas UNE-EN 60265-2:1994, UNE-EN 60265-2/A1:1997, UNE-EN 60265-2/A2:1999 y UNE 21081/3M:1999.

Este se instalará sobre una estructura soporte suministrada por el fabricante del interruptor, fabricada para tal efecto en acero galvanizado en caliente y fijada a unos pernos de anclaje que se embeberán en una zapata de hormigón armado.

Para enclavar el interruptor automático con el seccionador trifásico y el interruptor automático de baja tensión dispondrá de una cerradura de enclavamiento cumpliendo con las especificaciones dadas en materia de seguridad por la norma IEC 61508, Funcionamiento seguro de sistemas eléctricos.

4.4. Autoválvulas

En la elección de las autoválvulas se tendrá en cuenta la tensión nominal para que la tensión de operación de la autoválvula no se acerque en exceso al nivel máximo de aislamiento del equipo a proteger (transformador), lo cual podría provocar que éste se dañara. Cumplirán la norma UNE-EN 60099-4. Serán de óxido metálico.

Podrán derivar dos descargas de 100 kA cresta, correspondientes al ciclo de corriente elevada y pequeña duración.

Dispondrán de la robustez necesaria para poder efectuar 22 operaciones con unos valores iniciales de descarga de 10 kA cresta utilizando una onda de 8/20 μ s.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Después de cada uno de los grupos de descarga anteriores, las autoválvulas permanecerán térmicamente estables, y el incremento de las tensiones residuales con la corriente asignada será inferior al 10 %.

Las características de las autoválvulas se indican a continuación:

- Tensión asignada U_r 48 kV.
- Tensión máxima de funcionamiento continuado U_c 39 kV.
- Frecuencia asignada 50Hz.
- Clase de descarga de larga duración 2/10 kA.

5. TRANSFORMADORES.

Se distinguirán dos tipos de transformadores, los de distribución y los de medida.

5.1. Transformador trifásico

Se instalará un transformador de 3150 kVA trifásico, en baño de aceite, refrigeración natural (ONAN), construcción abierta, para instalación intemperie, con conmutador de tensión en vacío, aisladores de A.T. y B.T. sobre tapa, válvulas de llenado y vaciado con las siguientes características:

- Tensión primaria: $45 \text{ kV} \pm 2,5 \% \pm 5 \%$.
- Tensión secundaria: 690 V.
- Frecuencia: 50 Hz.
- Conexión: Dyn 11.
- Norma UNE 20101, UNE 21428 y UNE-EN 60076. Norma europea ecodiseño 548-2014.
- Refrigeración por aceite.
- Disipación de calor mediante aletas.
- Peso total: 9500 Kg.
- Peso refrigerante: 2800 kg.

Además, dispondrá de relé Buchholz, depósito de expansión, termómetro, termostato, desecador de silicagel, válvula de sobrepresión y nivel magnético. Tanto el relé Buchholz, como el termómetro, válvula de sobrepresión y nivel dispondrán de contactos de alarma y disparo, llevándose las señales de éstos al cuadro de protecciones haciendo disparar el interruptor automático en caso de fallo.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Las pérdidas que presente el transformador, serán conformes a la norma UNE-EN 60076 y siguiendo el reglamento (UE) de ecodiseño N° 548/2014 tier 2.

La chapa magnética será de grano orientado HighB, HB GOES 4376, especial para transformadores.

Los devanados tanto de la parte de alta tensión como de la parte de baja tensión serán de aluminio.

La cuba del transformador estará protegida contra la corrosión, pintada en RAL 7033, de acuerdo a la norma UNE 20175. Se ensayará de acuerdo a las siguientes normas, Control de adherencia según UNE-EN-ISO 2409. Control de espesores según UNE-EN-ISO 2808. Ensayo de dureza Persoz UNE-EN-ISO 1522. Ensayo de brillo especular según UNE-EN-ISO 2813. Ensayo caída masa de acuerdo a UNE-EN-ISO 6272.

Los aisladores tanto de alta como de baja tensión cumplirán con las normas UNE 21110-2, UNE-EN 60168 y CEI 60273.

El aceite aislante será mineral puro, de base muy refinada y resistente a la oxidación. Cumplirá las normas UNE 21-320-89 parte 5 Clase II, CEI 296 Clase II, BS 148, VDE-0370. Dispondrá de las siguientes características:

- Densidad a 20 °C, máxima 0,895.
- Punto de inflamación, mínimo 160 °C.
- Punto de congelación, máximo -45 °C.
- Rigidez dieléctrica, mínimo y sin tratar 35 kV.
- Factor de pérdidas dieléctricas a 90 °C, máximo 0,005.

En la fabricación del transformador se ha de respetar la recomendación eléctrica correspondiente a la norma EN 60076-3:2001 – Tabla 5- Distancias de aislamiento en el aire mínimas recomendadas fase a tierra, entre fases, fase a neutro y a arrollamientos de tensión inferior desde las partes en tensión de los pasatapas de transformadores de potencia que tengan arrollamientos con tensión más elevada para el material con UM = 170 kv. Serie I basada en la práctica europea.

El trafo rodeando a los bornes de BT contendrá una brida con taladros para posibilitar la instalación de un cajón cubrebornas.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

5.2. Transformador de intensidad

Se instalarán tres transformadores de intensidad, tipo inductivo, de aislamiento seco, con envolvente de resina epoxy más porcelana, para servicio exterior. Cumplirán la norma UNE 21088-3, NI-72.50.05. Dispondrán de tres secundarios, uno para medida, otro para el sistema de inyección 0 de la instalación fotovoltaica y otro para protección. Tendrán las siguientes características:

Transformador de intensidad con aislamiento seco, resina epoxy más porcelana, para servicio exterior.	
Modelo	CXG-52
Tensión nominal más elevada de la red	52 kV
Tensión soportada al choque (onda 1,2/50 μ s)	250 kV cresta
Tensión de ensayo rigidez dieléctrica, 1 min.	
Primario	95 kV
Secundario	3 kV
Frecuencia de la red	50 Hz
Relación de transformación	50-100/5-5-5 A
Potencias y clases de precisión	
Secundario 1	5 A 10 VA Cl: 0,2S Fs 5
Secundario 2	5 A 10 VA Cl: 0,2S Fs 5
Secundario 3	5 A 30 VA Cl: 5P 10
Intensidad límite térmica	5 kA/ 1 s
Intensidad límite dinámica	12,5 kA p
Sobreintensidad admisible en permanencia	120 %
Tamaño	E
Aislador	Porcelana marrón
Bornes primarios	
Material	Latón
Dimensiones	M16
Bornes secundarios	
Material	Latón
Dimensiones	M6
Conexión de tierra	M12
Peso total	186 kG

Las características constructivas serán las siguientes:

- Aislamiento: resina epoxy con envolvente exterior de porcelana color marrón, la cámara entre el cuerpo de resina y el aislador de porcelana se sella herméticamente con juntas de caucho nitrílico.
- Núcleo magnético: de chapa de acero al silicio, de grano orientado.
- Arrollamientos: de hilo de cobre electrolítico puro, esmaltado clase H, bobinado en capas de ejecución antirresonante para la distribución uniforme de las sobretensiones transitorias.
- Partes metálicas: galvanizadas en caliente.
- Tornillería: de acero inoxidable.
- Juntas: de caucho nitrílico.
- Terminales primarios: de latón ampliamente dimensionados, redondos.
- Terminales secundarios: de latón alojados en caja de bornes estanca, con tapas abisagradas o atornillables, con juntas adecuadas para recibir tubos conteniendo los cables secundarios.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

5.3. Transformador de tensión

Se instalarán tres transformadores de tensión, tipo inductivo, de aislamiento papel-aceite, para servicio exterior. Cumplirán la norma UNE 21587, UNE-EN 60044-2 y NI-72.54.01. Tendrán las siguientes características:

Transformador de tensión tipo inductivo, aislamiento papel-aceite, hermético, para servicio exterior.	
Modelo	UTB-52
Tensión nominal más elevada de la red	52 kV
Tensión soportada al choque (onda 1,2/50 μ s)	250 kV cresta
Tensión de ensayo rigidez dieléctrica, 1 min. Primario Secundario	95 kV 3 kV
Frecuencia de la red	50 Hz
Norma	UNE EN 60044,
Relación de transformación	44000: $\sqrt{3}$ /110: $\sqrt{3}$ V-110: $\sqrt{3}$ V-110:3 V
Potencia y clase de precisión secundario 1	110: $\sqrt{3}$ V 10 VA CI: 0,2
Potencia y clase de precisión secundario 2	110: $\sqrt{3}$ V 10 VA CI: 0,2
Potencia y clase de precisión secundario 3	110:3 V 10 VA CI: 3P
Sobretensión admisible en permanencia	1,2 UN
Factor de tensión	1,9 UN/8H
Tamaño	B
Aislador	Porcelana marrón
Material bornes primarios y secundarios	Latón
Línea de fuga	25 mm/kV
Bornes primarios Material Dimensiones	Latón \varnothing 30X80 mm
Bornes secundarios Material Dimensiones	Latón M8
Peso total	100 kG

Tanto el arrollamiento secundario, como el primario estarán bobinados sobre el mismo núcleo, con objeto de que se transmita toda la potencia.

Los circuitos de medida deben ser exactos en las condiciones de servicio. La norma CEI especifica que la clase de precisión debe cumplirse para todas las tensiones comprendidas entre 80% y 120% de la tensión nominal y para todas las cargas comprendidas entre 25% y 100% de la nominal, las cuales tienen siempre un factor de potencia 0,8 inductivo.

Las características constructivas serán las siguientes:

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Aislamiento: aceite desgasificado y filtrado, rellenado bajo vacío, impregnando el papel y las pantallas.
- Hermeticidad: conseguida por juntas; el aceite no estará en contacto con el aire exterior con objeto de que no haya necesidad de su recambio en servicio.
- Núcleos magnéticos: de chapa de acero al silicio, de grano orientado.
- Aisladores: huecos, de porcelana, conteniendo los pasamuros. Color marrón.
- Arrollamientos: de hilo de cobre electrolítico puro, esmaltado clase H, bobinado en capas de ejecución antirresonante para la distribución uniforme de las sobretensiones transitorias. Las capas de papel intermedias se dispondrán de modo que las tensiones entre espiras no sobrepasen valores controlados.
- Partes metálicas: galvanizadas en caliente.
- Tornillería: de acero inoxidable.
- Juntas: de caucho nitrílico.
- Terminales primarios: de latón ampliamente dimensionados, redondos.
- Terminales secundarios: de latón alojados en caja de bornes estanca, con tapas abisagradas o atornillables, con juntas adecuadas para recibir tubos conteniendo los cables secundarios.

6. EQUIPO DE MEDIDA.

6.1. Contador trifásico

El equipo de medida trifásico estará compuesto por el contador electrónico alojado en su armario correspondiente, el cual medirá la energía (indirecta) consumida por los receptores alimentados por el transformador trifásico y su propia energía de pérdidas. Este equipo estará verificado por organismo autorizado; además estará autorizado para su uso e instalación en la red por la Dirección General de Políticas Energéticas y Minas del Ministerio de Economía.

Según el tipo de medida, tipo 2, se establece la clase de precisión que deben tener los equipos de medida, en este caso el contador debe de ser electrónico con una clase de precisión para la energía activa $\leq 0,5S$ y reactiva ≤ 1 . Cumplirá las siguientes normas, IEC 60687 Contadores estáticos de energía activa para c.a. de clase 0,5S, 0,2S; IEC 61268 Contadores estáticos de energía reactiva para c.a. de clase 1 y 2; EN 50081-1 Emisión residencial; EN 50082-2 Inmunidad industrial; EN 55022 Emisiones conducidas: clase B y emisiones radiadas: clase B; EN 61000-4-6 Inmunidad a perturbaciones, inducción por campos de radiofrecuencia (modo común): 10 V; EN 61000-4-8 Inmunidad a campos de potencia electromagnética: 30 A/m.

El contador tendrá las siguientes características técnicas:

- Consumo $< 2 \text{ W}$, $< 10 \text{ VA}$.
- Frecuencia 50 Hz.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Conexionado a 4 hilos.
- Tensión de referencia 3X63,5/110 V.
- Corriente nominal 50/5 A.
- Corriente máxima 10 A.
- Precisión energía activa, clase 0,5s.
- Precisión energía reactiva, clase 1.
- Registro de las 6 magnitudes del contador (A+, A-, Ri+, Rc+, Ri-, Rc-) mas 2 magnitudes de reserva.
- Hasta dos periodos de integración (Tm1 y Tm2), programables en 5, 15, 30 ó 60 minutos.
- Memoria con capacidad de 4.000 registros para cada una de las 8 magnitudes de medida del contador para el TM1
- Memoria con capacidad de 4000 registros para cada una de las 8 magnitudes de medida del contador para el TM2
- Hasta 3 contratos tarifarios para el tratamiento local de tarifas de acceso, generales, y para autoprodutores. Los valores tarifados se almacenarán en 12 memorias, una para cada cierre de facturación.
- Buffer de eventos con fecha y hora asociadas, con un total de 200 eventos
- Sincronización horaria a partir del protocolo de comunicaciones IEC 870 REE
- Puerto óptico según UNE 61.107 para la lectura y la parametrización locales del equipo, mediante protocolo IEC 870-5-102 REE.
- Puerto Serie RS232 con posibilidad de conexión de un módem telefónico para la lectura y la parametrización remota del equipo, mediante protocolo IEC 870-5-102 REE.
- Display “custom”, multinorma, para la indicación de los valores de medida y de facturación, así como de las condiciones de operación, adaptable a las diferentes normas de empresas distribuidoras e internacionales.
- Display operativo incluso en situación de falta de alimentación del contador.
- Batería auxiliar para la salvaguarda de parámetros y datos.
- Reloj calendario interno.
- Sistema doble de almacenamiento de datos. Todos los datos de medida son almacenados en RAM con batería. Una vez al día se realiza un BACKUP completo a FLASH-EPROM.
- Alta seguridad de almacenamiento de parámetros en FLASH-EPROM.
- Una entrada de sincronización por pulsos.
- Cuatro salidas programables para retransmisión de impulsos de energía registrada
- Una salida programable de pulso de señal horaria.
- Una salida programable de pulso de tarifa.
- Protocolos de comunicaciones:

Puerto 1: IEC-870-5-102 REE, Modbus-RTU, IEC-61107.

Puerto 2: Ethernet

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

El contador irá alojado en un armario de poliéster reforzado con fibra de vidrio, con tejadillo autoventilado (montaje saliente), para medida en punto frontera 1 y 2, disponiendo de las siguientes características técnicas:

- Panel de poliéster abatible y troquelado para montaje de equipo integral de medida.
- Dispositivo de comprobación o bloque de pruebas.
- Dispositivo de conexión para módem.
- Preconexionado con conductor de cobre tipo H07Z-R de secciones y colores normalizados.

7. CUADRO DE PROTECCIONES DEL CENTRO DE TRANSFORMACION.

7.1. Envolvente

La envolvente es la parte del cuadro eléctrico que constituye el cierre del mismo y tiene como fin impedir a las personas entrar en contacto accidental con las partes en tensión y proteger el equipo interior contra la acción de agentes exteriores.

Las envolventes serán de chapa de acero AP 01 según la norma UNE 36086 de 1,5 mm de espesor mínimo. El grado de protección de las envolventes de cuadros para interior corresponderá al IP 217 según la norma UNE 20324.

Todas las partes metálicas de la envolvente se protegerán contra la corrosión mediante un tratamiento de pintura aplicado tanto interior como exteriormente. Esta protección proporcionará la resistencia de la chapa a la abrasión, acción de grasas, gasolinas, jabones y detergentes, debiendo mantener todas sus características inalterables con el tiempo.

El tratamiento de protección anticorrosiva consistirá en lo siguiente:

- Desengrase y fosfatado a 45 °C.
- Aclarado por aspersion de agua.
- Secado en túnel.
- Aplicación de polvo epoxi texturado.
- Polimerización en horno a 180 °C durante 20 minutos.

El espesor del recubrimiento anticorrosivo ha de estar comprendido entre un mínimo de 50 micras y un máximo de 80 micras.

Para la comprobación de las características del sistema de pintura se realizarán los ensayos indicados en la Recomendación UNESA 1411A.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

7.2. Fuente de alimentación

La fuente de alimentación será la encargada de suministrar energía a los relés de protección y a los accionamientos del interruptor automático.

Estará formada por un rectificador-cargador de batería en tecnología de tiristores monofásico, cumplirá las normas UNE EN 50178 en cuanto a seguridad de equipo electrónico para uso en instalaciones de potencia y las normas de compatibilidad electromagnéticas EN 50082-2, IEC 1000-4-5 y EN 50081-2.

Dispondrá de las siguientes características:

- Tensión nominal de entrada 230 V +10% - 15 %.
- Intensidad de entrada: 20 A.
- Tipo 48V 25 A.
- Frecuencia de entrada 50 Hz.
- Tensión de rizado con baterías $\pm 1,5\%$.
- Estabilidad de tensión de carga $\pm 1\%$.
- Temperatura de funcionamiento 0 – 45°.
- Limitación de corriente de cargador 100 %.
- Limitación de corriente de carga de batería configurable.
- Transformador de entrada.
- Puente completo de tiristores.
- Bobina de alisamiento.
- Desconexión automática por mínima tensión de batería.
- Dispondrá de display LCD con informaciones funcionales en cuanto a tensión, corriente, alarmas.
- Señalización de alarmas locales con Led y remotas a través de 3 contactos libres de potencial.
- Preparada para comunicaciones y telegestión con posibilidad de implementación de diferentes protocolos.
- Gestión de la batería, flotación, carga manual.
- Baterías de Ni-Cd estanco, compuesta por 38 elementos tipo VT3F y de 21Ah de capacidad nominal.

7.3. Relé multiprotección

Es el elemento básico de protección para posiciones eléctricas de MT. Será el encargado de la protección general frente a sobreintensidades con las siguientes funciones:

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Protección:

- Protección de sobreintensidad de fases (funciones 50/51).
- Protección de sobreintensidad del neutro (funciones 50N/51N).
- Protección de neutro (51G).
- Protección de cuba (50C).
- Protección de desequilibrio en intensidades de fase (fase abierta).
- Supervisor del estado del interruptor, con posibilidad de orden de reenganche automático.
- Medida:
- Medida de intensidad en fases y neutro.
- Medida de tensión.
- Máxímetro de intensidad.
- Adquisición de datos:
- Registro cronológico de sucesos.
- Registro cronológico de faltas.
- Registro histórico de medidas máxima y mínima.

Dispondrá de 12 entradas digitales y 8 salidas digitales, 3 entradas de intensidad de fase, 2 entradas de intensidad residual. 4 entradas de tensión y 2 puertos ethernet.

Cumplirá las siguientes normas:

- CEI 255-5, serie C en cuanto a rigidez dieléctrica.
- CEI 255-5 en cuanto a resistencia de aislamiento.
- CEI 255-4 en cuanto a onda de choque.
- CEI 255-22-1 en cuanto a perturbaciones HF.
- CEI 255-22-4 en cuanto a transitorios rápidos.
- CEI 255-22-2 en cuanto a descargas electrostáticas.
- CEI 1000-4-5 en cuanto a impulsos de sobretensión.
- CEI 255-11 en cuanto a microcortes.
- EN 50081-2 en cuanto a interferencias electromagnéticas emitidas.
- EN 50082-2 y CEI 255-22-23 en cuanto a interferencias electromagnéticas radiadas.

Al finalizar los trabajos se realizará un informe por Organismo de Control Autorizado del disparo de las protecciones de acuerdo a los valores tarados en los relés de protección, simulando distintas condiciones de faltas, efectuando disparos reales del interruptor automático.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

8. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

8.1.Introducción

El presente capítulo se refiere a la ejecución de las instalaciones de distribución, cuya explotación corresponderá a cargo de la Comunidad General de Regantes del Porma.

Las obras de las mencionadas instalaciones deberán realizarse de acuerdo con las instrucciones que se desarrollan a continuación, con lo que se pretende conseguir unos acabados de obra suficientes para poder alcanzar la calidad de servicio óptima. E igualmente que las obras se realicen cumpliendo en todo momento las normas de seguridad en el trabajo.

Con carácter general se hace constar que, durante la ejecución de la obra, la responsabilidad de esta corresponderá a la persona física o jurídica adjudicataria de la obra a quien en lo sucesivo se llamará constructor, sin perjuicio de la que legalmente pueda corresponder al director de la obra.

8.2.Disposiciones que se deben cumplir

En la ejecución de los trabajos se cumplirán todas las disposiciones oficiales vigentes en materia laboral, Seguridad Social, Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ordenanzas Municipales, Reglamentos de Organismos Oficiales, etc., incluidas las que pudieran promulgarse durante la ejecución de la obra.

Así mismo, se respetará en todo momento lo que ordene el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en la realización de los trabajos para hacer cumplir lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.

8.3.Ordenación de los trabajos

El constructor, una vez conocido el proyecto aprobado de la obra y antes de comenzar, hará un reconocimiento sobre el terreno comprobando la adecuación del proyecto a la obra real y que se dispone de todas las licencias y permisos necesarios, tanto de particulares como de organismos oficiales, para la realización de las instalaciones. Podrá proponer entonces las modificaciones que sean necesarias realizar para la adaptación del proyecto a la realidad. Analizadas y comprobadas las modificaciones propuestas, se redactará en caso de aceptación, la correspondiente acta de replanteo, que deberá ser firmada por el director de obra, proyectista,

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

constructor y la propiedad. A partir de este momento, el constructor no podrá variar ninguna de las condiciones establecidas.

El director de obra ejercerá en el transcurso de la obra, las acciones y revisiones pertinentes para las comprobaciones del mantenimiento de las calidades de obra establecidas; a estos efectos el constructor facilitará los medios necesarios para la realización de las pruebas correspondientes.

8.4. Materiales

Las obras se realizarán empleando material en perfecto estado de conservación, debiendo cumplir con lo especificado en el capítulo "Características de los materiales".

Si la duración de la obra se alargase de tal forma que puedan producirse deterioros en los materiales, el constructor tomará las precauciones necesarias para evitarlo.

El constructor instalará en la obra, y por su cuenta, los locales o almacenes precisos para asegurar la conservación de aquellos materiales que no deben permanecer a la intemperie, evitando así su destrucción o deterioro.

8.5. Normas para la ejecución de las instalaciones

Las instalaciones se realizarán de acuerdo con lo indicado en los apartados anteriores del presente Capítulo, y las especificaciones contenidas en los siguientes Manuales Técnicos de Ejecución, relativos a los diferentes tipos de instalaciones.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Centro de transformación de 4000 KVA a 45 kV
en simple circuito tipo exterior
SECTOR III A Y III B.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

INDICE

- MEMORIA -	85
1. OBJETO Y ALCANCE:	86
2. EMPLAZAMIENTO:	87
3. NORMAS Y REFERENCIAS:	88
3.1. Disposiciones legales.	88
3.2. Programas y herramientas de diseño	88
4. REQUISITOS DE DISEÑO:	89
5. DESCRIPCION DEL CENTRO DE TRANSFORMACION:	89
5.1. Emplazamiento	90
5.2. Recinto del centro de transformación y obra civil.	90
5.3. Instalación eléctrica.	91
5.3.1. Pórtico entrada de línea.	91
5.3.2. Seccionador	91
5.3.3. Interruptor automático.	92
5.3.4. Transformadores de medida.	94
5.3.5. Autoválvulas	97
5.3.6. Transformadores de distribución.	97
5.3.7. Equipo de medida trifásica	99
5.3.8. Equipos de protección contra cortocircuitos y fugas a tierra	101
5.3.9. Cuadro de protecciones	104
5.3.10. Fuente de alimentación.....	104
5.3.11. Alumbrado C.T	105
5.3.12. Alumbrado caseta cuadro general baja tensión.	106
5.3.13. Pararrayos	107
5.3.14. Canalizaciones	107
5.3.15. Puestas a tierra	108
- CÁLCULOS -	110
1. CALCULOS ELECTRICOS JUSTIFICATIVOS:	111
1.1. Intensidad de alta tensión	112
1.2. Intensidad de baja tensión	112
1.3. Cortocircuitos	113
1.3.1. Observaciones	113
1.3.2. Cálculo de las corrientes de cortocircuito.....	113
1.3.3. Cortocircuito en el lado de A.T	114
1.3.4. Cortocircuito en el lado de B.T	114
1.4. Dimensionado del embarrado	114

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

1.4.1.	Comprobación por densidad de corriente	115
1.4.2.	Comprobación por sollicitación electrodinámica	116
1.4.3.	Comprobación por sollicitación térmica.....	118
1.4.4.	Distancias mínimas	119
1.5.	Selección de las protecciones en alta tensión	119
1.5.1.	Transformador trifásico.....	119
1.6.	Cadena de aisladores	119
1.6.1.	Cálculo eléctrico de aisladores	120
1.6.2.	Cálculo mecánico de aisladores	121
1.7.	Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra	122
1.7.1.	Investigación de las características del suelo.....	122
1.7.2.	Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.....	122
1.7.3.	Diseño preliminar de la instalación de tierra	123
1.7.4.	Cálculo de la resistencia del sistema de tierras	123
1.7.5.	Comprobación de la sección.....	124
1.7.6.	Cálculo de las tensiones de paso y contacto máximas admisibles en la instalación.	125
1.7.7.	Cálculo de las tensiones de paso y contacto presentes en el centro de transformación.	127
1.7.8.	Comprobación que las tensiones de paso y contacto son inferiores a los valores máximos admisibles en el centro de transformación.	131
1.7.9.	Investigación de las tensiones transferibles al exterior.....	131
1.7.10.	Corrección y ajuste del sistema inicial	132
1.8.	Dimensionado del transformador.....	132
1.9.	Potencia instalada y potencia demandada.....	134
1.10.	Cálculo de la exposición radioeléctrica	135
2.	CALCULOS JUSTIFICATIVOS MECANICOS:.....	135
2.1.	Cálculo cimentación de apoyos del pórtico.....	135
3.	CONCLUSION.	138
-	PLIEGO DE CONDICIONES -	139
1.	OBJETO.....	140
2.	CERRAMIENTO DEL CENTRO DE TRANSFORMACION.	140
3.	PORTICO DE ENTRADA DE LINEA Y HERRAJES SOPORTE.....	140
4.	APARAMENTA ELECTRICA.....	141
4.1.	Seccionador trifásico.....	142
4.2.	Aisladores	143
4.3.	Interruptor automático	143
4.4.	Autoválvulas.....	144
5.	TRANSFORMADORES.....	145
5.1.	Transformador trifásico.....	145
5.2.	Transformador de intensidad	147

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

5.3.	Transformador de tensión.....	148
6.	EQUIPO DE MEDIDA.	149
6.1.	Contador trifásico	149
7.	CUADRO DE PROTECCIONES DEL CENTRO DE TRANSFORMACION.	151
7.1.	Envolvente	151
7.2.	Fuente de alimentación.....	152
7.3.	Relé multiprotección.....	153
8.	EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	154
8.1.	Introducción	154
8.2.	Disposiciones que se deben cumplir	155
8.3.	Ordenación de los trabajos	155
8.4.	Materiales	155
8.5.	Normas para la ejecución de las instalaciones.....	156

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

— **MEMORIA** —

CENTRO DE TRANSFORMACION DE 4000 kVA A
45 kV EN SIMPLE CIRCUITO TIPO EXTERIOR
PARA ESTACION DE BOMBEO EN MALILLOS DE
LOS OTEROS (SECTOR III – PORMA)

SITUACIÓN

Polígono	209, PARCELA 118
Localidad	MALILLOS DE LOS OTEROS
Termino Municipal	SANTAS MARTAS
Provincia	LEÓN

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

1. OBJETO Y ALCANCE:

La zona regable de la Comunidad de Regantes de la Margen Izquierda del Porma abarca una superficie de regadío de 20.053 ha, perteneciendo en su conjunto a la provincia de León.

La zona regable se abastece del Canal de la MI del río Porma que toma el agua del embalse del Porma, en el azud situado en el río homónimo ubicado a la altura de la localidad de Secos del Porma. Se divide en dos tramos denominados Fase I y Fase II a los que se les asignan los diferentes sectores que forman la comunidad de regantes. Cuenta con una longitud total de 75,72 km. La Fase I cuenta con 36,97 km y la Fase II con 38,75 km. La Fase I abarca desde el azud en el río Porma hasta un segundo azud localizado en el punto de confluencia con el río Esla, a la altura de la localidad de Villomar, punto en el que se cruzan el trazado del canal con el cauce del río.

La zona regable se divide en once sectores de riego que van desde el sector I al sector XI. Se distribuyen de norte a sur a lo largo del trazado del Canal de la Margen Izquierda del río Porma.

En la actualidad, se encuentran modernizados siete sectores de riego, para un total de 11.854 ha, y previsto en este plan los sectores II y III con 4.756 ha. Restarían por modernizar después de esta actuación unas 3.425 ha.

La Modernización del Regadío de la Comunidad de Regantes de la Margen Izquierda del Porma (León), sectores II y III, tiene como objetivo principal la reducción del uso de los recursos hídricos regulados.

La actuación pretende la modernización de una zona regable de 4.756 ha, para el cambio de riego tradicional por gravedad desde la red de acequias, aun riego moderno mediante tuberías enterradas presurizadas.

La superficie de riego estará subdividida en dos sectores de riego, para una mayor eficiencia energética, diferenciando cada sector por sus características altimétricas.

Cada uno de los sectores se abastece del canal del Porma, derivando a sendas balsas de regulación y estaciones de bombeo.

Las estaciones de bombeo serán alimentadas en parte por energía proveniente de la red eléctrica, y otro porcentaje será abastecido por la construcción de un parque fotovoltaico.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

El bombeo se realizará a sendas redes de riego a presión enterradas que conducirán el agua a las unidades de riego que conectarán con los equipos de riego individuales de cada agricultor.

En estos elementos de suministro del riego a las unidades de riego, se instalarán contadores para la medición y control de los consumos de agua en toda la superficie a modernizar.

La gestión de las estaciones de bombeo y su suministro a la red de riego estarán gestionados por sistemas de telecontrol que permitirán un uso optimizado de los recursos hídricos y de la energía.

El sector III objeto de este proyecto, está repartido en dos, III-A y III-B. Constan respectivamente de 5 y 6 bombas, haciendo un total de 11 bombas, dos de ellas de 160 kW y nueve de 315 kW.

El presente anejo, tiene por objeto definir, dimensionar, justificar técnicamente y valorar, todos y cada uno de los elementos integrantes del centro de transformación con el fin de su materialización.

Está compuesto por un pórtico que recibe la línea en simple circuito, el aparellaje necesario y un transformador, de intemperie de 4000 kVA trifásico, tensión primaria 45 kV y tensión secundaria 690 V para alimentar las bombas desde la red eléctrica.

Comprende desde los aisladores de la línea de alta tensión hasta los bornes de baja tensión del transformador de 4000 kVA.

2. EMPLAZAMIENTO:

El emplazamiento de la instalación proyectada (sector III-A y III-B) es:

- Sector III (Malillos de los Oteros)
- Referencia catastral: 24060A209001180000DZ
- Localización: Polígono 209 Parcela 118
- ONTANA. CORBILLOS DE LOS OTEROS (LEÓN)
- Coordenadas
 - GGMMSS 42° 25' 59.7" N, 05° 26' 23.6" O
 - UTM 30 T 299305 4700765

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

3. NORMAS Y REFERENCIAS:

3.1. Disposiciones legales.

Las instalaciones documentadas en el presente anejo de ejecución están afectadas y, por tanto, cumplirán con la legislación vigente siguiente:

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (Decreto 842/2002 de 2 de agosto) e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Normas particulares para centros de transformación de clientes en AT (MT-2.00.03).
- Criterios generales de conexión a la red de distribución (MT-4.42.01).
- Guía para la instalación de medida en clientes hasta 132 KV (MT 2.80.14).
- Norma de IBERDROLA, Medida de energía eléctrica en suministros de alta tensión.
- Otras normas de IBERDROLA.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que en cada caso sean de obligado cumplimiento.
- Autorización de Instalaciones Eléctricas. Aprobado por Ley 40/94, de 30 de diciembre, B.O.E. de 31-12-1994.
- 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 (B.O.E. de 27 de Diciembre de 2000).
- Código Técnico de la Edificación, aprobado según R. D. 314/2006.
- 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. Condiciones impuestas por los organismos Públicos afectados.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía, Decreto de 12 Marzo de 1954 y Real Decreto 1725/84 de 18 de Julio.
- Orden 14-7-97 de la Consejería de Industria, Trabajo y Turismo por la que se establece el contenido mínimo en anejos técnicos de determinados tipos de instalaciones industriales.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- CTE, BOE 74 28-3-2006 Documento básico, seguridad en caso de incendio.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

3.2. Programas y herramientas de diseño

En la realización del documento básico denominado planos se ha usado un programa de CAD.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

4. REQUISITOS DE DISEÑO:

La empresa “Electro Molinera de Valmadrigal” es la compañía distribuidora de energía eléctrica.

La energía será suministrada a la tensión de 45 kV trifásica y frecuencia de 50 Hz, siendo la acometida al centro de transformación aérea.

Además, de acuerdo con el Reglamento de Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, MIE-RAT 19 “Las compañías deberán facilitar a los titulares de las instalaciones privadas, en servicio o en proyecto, los datos referidos al punto de conexión”. Estos datos han sido aportados por Electro Molinera de Valmadrigal siendo:

Tensión nominal de suministro:	45 kV.
Nivel de tensión:	45 kV.
Potencia máxima de cortocircuito tripolar:	500 MVA.
Potencia mínima de cortocircuito tripolar:	249,97 MVA.
Intensidad de cortocircuito fase a tierra:	3,2 kA.

Tiempo máximo de desconexión, en caso de defecto de la corriente máxima de falta de 300 mseg.

5. DESCRIPCION DEL CENTRO DE TRANSFORMACION:

La instalación proyectada, centro de transformación de intemperie, comprende:

- Recinto del centro de transformación, de dimensiones aproximadas 15 x 12 metros.
- Pórtico de entrada de línea de 14 m y 9000 kg de esfuerzo en punta.
- Seccionador trifásico 630 A 52 kV de aislamiento, y cuchillas de puesta a tierra.
- Interruptor automático de 3 polos 2000 A 52 kV de aislamiento, 25 kA.
- Transformadores de medida.
- Armario de centralización de tensiones e intensidades.
- Autoválvulas de 48 kV 10 kA.
- Transformador trifásico 4000 kVA 45/0,69 kV.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Equipo de medida.
- Cuadro de protección del centro de transformación.
- Fuente de alimentación – cargador de baterías.
- Alumbrado C. T.
- Pararrayos.
- Canalizaciones.
- Puesta a tierra.
- Módulos prefabricados para cuadros generales de baja tensión.
- Transformador de 800/690 VCA. (Justificado en el proyecto de la instalación fotovoltaica)

5.1. Emplazamiento.

El C.T. se situará a 8 m de la estación de bombeo a la cual va a suministrar energía, comunicándose con esta mediante una atarjea revisable.

5.2. Recinto del centro de transformación y obra civil.

Según MIE-RAT 15 “Las instalaciones eléctricas de exterior deberán ir dispuestas en parques convenientemente vallados en su totalidad”, es por ello por lo que se proyecta la construcción de una valla de rejilla de 2,2 m de altura, según se indica en el apartado planos, medida desde el exterior del recinto del centro de transformación, de (15 x 12) metros de perímetro, provista de señales de advertencia de peligro de alta tensión en cada una de sus orientaciones, con objeto de advertir sobre el peligro de acceso al recinto a las personas ajenas al servicio.

Para el diseño de este Centro de Transformación se han observado todas las normativas antes indicadas, teniendo en cuenta las distancias necesarias para pasillos, accesos, etc.

Se prevé asimismo el acceso al recinto mediante una puerta de 4 m de anchura con cerradura para evitar el acceso al recinto al personal no autorizado.

Deberá ponerse a tierra todo el vallado del recinto perimetral, interconectándose a la instalación de tierra general.

Con objeto de reducir las posibles tensiones de paso y contacto se aplicará una capa de gravilla.

Para reducir la tensión proveniente del parque fotovoltaico, se instalará en dicho recinto un transformador reductor 800/690 V, el cual quedará justificado y debidamente documentado en el proyecto de la instalación fotovoltaica.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Para la situación del cuadro general de baja tensión donde se alojarán las protecciones generales de baja tensión, se prevé la instalación de un módulo prefabricado de (2,6 x 7,7) metros. Dicho módulo quedará justificado y debidamente documentado en el proyecto de la instalación fotovoltaica.

Para el control y la recogida de una posible fuga del líquido de refrigeración (aceite mineral ONAN), tanto del transformador de 45000/690 V, como del transformador de 800/690 V de la instalación fotovoltaica, se ha previsto el montaje soterrado de un depósito de decantación de aceites. Este depósito deberá de poder albergar como mínimo la totalidad del aceite contenida en ambos transformadores, en este caso 5000 litros. Para la conducción del aceite en caso de fuga se ha diseñado una zapata tal y como queda reflejado en el documento planos.

También se ha diseñado una zapata para soportar el interruptor automático de alta tensión, de dimensiones reflejadas en el documento planos.

5.3. Instalación eléctrica.

5.3.1. Pórtico entrada de línea.

Se ha previsto la instalación de un pórtico de entrada de línea de 14 m de altura y 9000 Kg de esfuerzo en punta, galvanizado en caliente, y con los dinteles necesarios para fijar los seccionadores, el pararrayos, los transformadores de medida y las autoválvulas, según se indica en el documento planos.

Debe ponerse a tierra el pórtico, interconectándose a la instalación de tierra general.

Para evitar que el esfuerzo provocado por la línea de acometida vuelque el pórtico, se construirá una cimentación de 2,3 m de profundidad y 1,4 m de lado en hormigón de tipo HM-25.

5.3.2. Seccionador

El seccionador se utiliza para separar diferentes componentes de la instalación, se distinguen de los interruptores que las maniobras de cierre y apertura deben hacerse sin carga, para lo cual se ha implementado un enclavamiento mediante cerraduras Herpe.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Se ha previsto la instalación de un seccionador tripolar giratorio de apertura lateral para servicio exterior, montaje en vertical sobre el pórtico de recepción de línea, según norma UNE 20100/CEI 129, con aisladores de porcelana tipo C IV 250, cuchillas de puesta a tierra y mando manual giratorio de las siguientes características:

- Tensión nominal 52 kV.
- Intensidad nominal 630 A.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo a tierra y entre polos 250 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo sobre la distancia de seccionamiento 290 kV.
- Tensión soportada a frecuencia industrial a tierra y entre polos 95 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo sobre la distancia de seccionamiento 110 kV.
- Intensidad admisible de corta duración (1 seg.) 31,5 kA.
- Intensidad máxima admisible 80 kA.
- Mando de apertura manual para una distancia de 12 m.
- Cuchillas de puesta a tierra.

Este seccionador se alimentará en su entrada con conductor de aluminio-acero tipo LA-180 proveniente de las cadenas de amarre de la línea, con terminal de conexión adecuado. La salida del seccionador se conectará a tubo de cobre de 30 mm de Ø mediante un conector flexible pintado en cada fase con los colores de las fases normalizados, rojo, blanco y azul bajando por el pórtico sujeto a aisladores hasta la entrada del interruptor automático.

Debe ponerse a tierra los herrajes del seccionador, interconectándose a la instalación de tierra general del centro de transformación.

5.3.3. Interruptor automático.

Todas las instalaciones a que se refiere el RAT deberán estar debidamente protegidas contra los efectos peligrosos, térmicos y dinámicos, que puedan originar las corrientes de cortocircuito y las de sobrecarga cuando éstas puedan producir averías y daños en las instalaciones.

Para la protección del transformador de distribución de 4000 kVA se ha previsto un interruptor automático tripolar de SF6 con mando a resortes motorizado, con las siguientes características:

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Normas de ensayo CEI 56-2.
- Tensión nominal 52 kV.
- Frecuencia nominal 50 Hz.
- Intensidad nominal de servicio continuo I_n 2000 A.
- Intensidad de corte bajo cortocircuito I_A 25 kA.
- Intensidad de cierre bajo cortocircuito (valor cresta) I_e 62,5 kA.
- Ciclo de maniobra 0-0,3s-CO-3min-CO.
- Tensión soportada a 50 Hz durante 1 min. U_w 95 kV.
- Tensión soportada a ondas de choque U_b 250 kV.
- Presión nominal SF6 0,7 MPa (abs).
- Altitud de montaje del interruptor hasta 1000 m.
- Distancia entre fases 700 mm.
- Vigilancia de la presión de SF6 mediante densímetro.
- Línea de fuga aisladores 25 mm/kV.
- Previsto para dar la prioridad a la apertura respecto al cierre.
- Posibilidad de apertura y cierre manual a través de una manivela.
- Relé antibombeo.
- Iluminación del cuadro de mando.
- Cerradura de enclavamiento tipo Herpe.
- Barrera de protección para mando en local y carga de gas.
- Mando tipo FSA 1, tensión de bobinas y motor 48VCC.

El interruptor automático será accionado desde el cuadro de protecciones del centro de transformación por el relé multiprotección (sobrecorriente, protección de neutro y de cuba), por sobretensión en el transformador, por relé Buchholz y finalmente por sobrepresión en el transformador. Si baja la presión de SF6 en los polos de éste, se bloqueará su disparo.

El objetivo del interruptor automático será proteger la instalación, manteniendo la selectividad con las protecciones aguas arriba y aguas abajo.

La entrada del interruptor automático se alimentará con conductor de cobre de 150 mm² unido por un extremo al embarrado de cobre y por el otro al terminal de conexión del interruptor. Dicho conductor irá protegido con elementos de protección avifauna. La salida del interruptor automático se realizará con conductor de cobre uniendo el terminal de salida del interruptor con el borne de entrada de los trafos de corriente protegido del mismo modo por elementos de protección avifauna.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

5.3.4. Transformadores de medida.

Con objeto de disminuir el coste y el peligro de las altas tensiones dentro de los aparatos de medida, se dispone de estos dispositivos electromagnéticos que representan a escalas muy pequeñas, las grandes magnitudes de tensión y corriente que se dan en el centro de transformación.

El Centro de Transformación objeto de este anejo es del tipo abonado o cliente, realizándose por lo tanto la medición de energía en Media Tensión. Para la medida de la energía consumida se instalarán tres transformadores de tensión y tres de intensidad, serán de tipo inductivo y cumplirán lo prescrito en la norma UNE EN 60044-2 (Tensión) y UNE-EN-60044-1 (Intensidad). Los transformadores de intensidad tendrán triple secundario, uno dedicado a la medida, otro para el sistema de “inyección 0” de la instalación fotovoltaica y el último destinado a la protección del centro de transformación.

Del mismo modo, los de tensión dispondrán de tres secundarios, medida, sistema de “inyección 0” de la instalación fotovoltaica y el conectado al relé multiprotección del centro de transformación.

Los transformadores de medida se instalarán de forma que sean fácilmente accesibles para su verificación o eventual sustitución. Según se indica en los documentos planos, éstos se situarán de tal forma que la línea de contacto del aislador con su zócalo o soporte esté a una altura mínima sobre el suelo de 230 cm. Los secundarios de los trafos deberán estar conectados a tierra individualmente y a su vez a una toma de tierra general que puede ser la de herrajes del centro de transformación. El sistema de medida será de 4 hilos.

Así mismo, se instalará a pie de pórtico, un armario de centralización de tensiones e intensidades, conteniendo en su interior un bloque de pruebas para el circuito de medida voltimétrico, y otro para el circuito de medida amperimétrico.

Cableado de los transformadores:

El cableado de interconexión entre los transformadores de tensión y el dispositivo de verificación instalado en el armario de medida tendrá la sección suficiente para garantizar una caída de tensión inferior al uno por mil y en ningún caso será inferior a 6 mm², además estos conductores deberán de ser apantallados y con el marcado en sus extremos.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Transformadores de tensión:

La relación de transformación será tal que la tensión nominal del primario esté comprendida entre el 80% y el 120 % de la tensión nominal del circuito de potencia primario.

La tensión de los secundarios de medida será de $110/\sqrt{3}$ V y la del secundario de protección $110/3$ V. Las características de los transformadores de tensión se indican a continuación en la siguiente tabla:

Transformador de tensión tipo inductivo, aislamiento papel-aceite, hermético, para servicio exterior.	
Modelo	UTB-52
Tensión nominal más elevada de la red	52 kV
Tensión soportada al choque (onda 1,2/50 μ s)	250 kV cresta
Tensión de ensayo rigidez dieléctrica, 1 min. Primario Secundario	95 kV 3 kV
Frecuencia de la red	50 Hz
Relación de transformación	$44000:\sqrt{3}/110:\sqrt{3}-110:\sqrt{3} - 110:3$ V
Potencias y clases de precisión • Secundario 1 • Secundario 2 • Secundario 3	$110:\sqrt{3}$ V 10 VA Cl: 0,2 $110:\sqrt{3}$ V 10 VA Cl: 0,2 $110:3$ V 10 VA Cl: 3P
Sobretensión admisible en permanencia	1,2 UN
Factor de tensión	1,9 UN/8H
Tamaño	B
Aislador	Porcelana marrón
Material bornes primarios y secundarios	Latón

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Transformadores de intensidad:

La relación de transformación de los transformadores será tal, que la intensidad correspondiente a la potencia contratada máxima de los periodos de discriminación horaria se encuentre entre el 45% de la intensidad nominal y la intensidad máxima de precisión del transformador. Las características de los transformadores de intensidad se indican a continuación en la siguiente tabla:

Transformador de intensidad con aislamiento seco, resina epoxy más porcelana, para servicio exterior.	
Modelo	CXG-52
Tensión nominal más elevada de la red	52 kV
Tensión soportada al choque (onda 1,2/50 µs)	250 kV cresta
Tensión de ensayo rigidez dieléctrica, 1 min.	
Primario	95 kV
Secundario	3 kV
Frecuencia de la red	50 Hz
Relación de transformación	50-100/5-5-5 A
Potencias y clases de precisión	
• Secundario 1	5 A 10 VA Cl: 0,2S Fs 5
• Secundario 2	5 A 10 VA Cl: 0,2S Fs 5
• Secundario 3	5 A 30 VA Cl: 5P 10
Intensidad límite térmica	5 kA/ 1 s
Intensidad límite dinámica	12,5 kA p
Sobreintensidad admisible en permanencia	120 %
Tamaño	E
Aislador	Porcelana marrón
Bornes primarios	
Material	Latón
Dimensiones	M16
Bornes secundarios	
Material	Latón
Dimensiones	M6

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Conexión de tierra	M12
Peso total	186 kG

El terminal de entrada de los transformadores de intensidad se interconexionará con conductor de 150 mm² Cu proveniente de la salida del interruptor automático. El terminal de salida de éstos se interconexionará con tubo de cobre de 30 mm de Ø pintado en color normalizado y unido al terminal del transformador de tensión.

5.3.5. Autoválvulas

Según MIE-RAT 09 “las instalaciones eléctricas deberán protegerse contra las sobretensiones peligrosas tanto de origen interno como de origen atmosférico, para ello se utilizarán pararrayos autoválvulas de resistencia variable”. Se instalará una autoválvula por fase, los bornes de tierra de éstas autoválvulas se unirán entre sí, y a la toma de tierra de herrajes del centro. Las autoválvulas se instalarán lo más cerca posible del transformador según se indica en los documentos planos.

En la elección de las autoválvulas se ha tenido en cuenta una tensión nominal adecuada para que la tensión de operación de la autoválvula no se acerque en exceso al nivel máximo de aislamiento del equipo a proteger (transformador), lo cual podría provocar que éste se dañara.

Las características de las autoválvulas se indican a continuación:

- Tensión asignada Ur 48 kV.
- Tensión máxima de funcionamiento continuado Uc 39 kV.
- Frecuencia asignada 50Hz.
- Clase de descarga de larga duración 2/10 kA.

Las autoválvulas se conectionarán mediante conductor de 150 mm² Cu al tubo de cobre, protegido con elementos avifauna.

5.3.6. Transformadores de distribución.

Como se ha comentado anteriormente se instalará un transformador de 4000 kVA trifásico, en baño de aceite, refrigeración natural, construcción abierta, para instalación intemperie, conmutador de tensión en vacío, aisladores de A.T. y B.T. sobre tapa, válvulas de llenado y vaciado con las siguientes características:

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Tensión primaria: 45 kV $\pm 2,5\% \pm 5\%$.
- Tensión secundaria: 690 V.
- Devanados en aluminio.
- Refrigeración mediante aletas.
- Frecuencia: 50 Hz.
- Conexión: Dyn 11.
- Norma: UNE 20101, UNE 21428 y UNE-EN 60076. Norma europea ecodiseño 548-2014.
- Refrigeración por aceite.
- Disipación de calor mediante aletas.
- Peso total: 11000 Kg.
- Peso refrigerante: 3000 kg.

Además, dispondrá de relé Buchholz, depósito de expansión, termómetro, termostato, desecador de silicagel, válvula de sobrepresión y nivel magnético. Tanto el relé Buchholz, como el termómetro, válvula de sobrepresión y nivel dispondrán de contactos de alarma y disparo, llevándose las señales de éstos al cuadro de protecciones haciendo disparar el interruptor automático en caso de fallo.

El trafo rodeando a los bornes de BT contendrá una brida con taladros para posibilitar la instalación de un cajón cubrebornas.

El transformador irá situado sobre un zócalo de hormigón según se indica en el documento planos, con el fin de que la altura de la línea de contacto del aislador de A.T. esté situado a una distancia sobre el suelo mínima de 2,3 m.

Los devanados de alta tensión se alimentarán con conductor de 150 mm² Cu conexionado al tubo de cobre mediante terminal proveniente de los transformadores de medida, unido mediante terminal adecuado al aislador de A.T. del transformador, esta conexión se la hace flexible para que en caso de sustituir el transformador por otro de otra potencia su conexión a la red de A.T. sea rápida.

A título informativo se indica que la salida del devanado de B.T. se efectuará mediante canalización eléctrica prefabricada, encapsulada en resina y con un grado de protección IP-68, según norma UNE 20460-4-473. El neutro no se distribuye, ya que los receptores monofásicos que existen funcionan a una tensión de 230 V en vez de 400 V que es la tensión simple de este transformador, según se documenta en el anejo correspondiente a la instalación interior de baja

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

tensión. El neutro va puesto a tierra, independiente de la del centro de transformación, de tal forma que el esquema de distribución es el TT según REBT, aunque no se distribuya el neutro.

En la puesta a tierra del neutro se intercalará un transformador de intensidad, para proporcionar la protección por neutro, tipo IFH-1, la salida de este transformador será llevada al cuadro de protección del centro de transformación, donde será analizada por el relé multiprotección. Este transformador será para servicio exterior con las siguientes características:

- Relación de transformación: 50/5 A.
- Diámetro interior: 60 mm.
- Potencia: 10 VA.
- Clase: 5P

La puesta a tierra del neutro se realizará con conductor de cobre tipo RV 0,6/1 kV de 50 mm². Esta puesta a tierra se llevará a cabo haciendo una red de tierras independiente de la de herrajes del centro de transformación.

La cuba del transformador será puesta a tierra, a la tierra del centro de transformación, mediante conductor de cobre desnudo de 95 mm². Para proteger la instalación contra fugas a tierra por la cuba del transformador se intercalará en la puesta a tierra de la cuba un transformador de corriente tipo IFH-1 de idénticas características al anterior, llevando la señal del secundario hasta el cuadro de protección del centro de transformación, donde será evaluada por el relé de multiprotección.

Para evitar que en caso de fuga a través de la cuba del transformador ésta se transmita por el zócalo de hormigón, atenuando la medida del transformador de corriente, originando tensiones peligrosas, se intercalará entre el transformador y el zócalo de hormigón una placa de baquelita.

5.3.7. Equipo de medida trifásica

El equipo de medida trifásico estará compuesto por el contador electrónico alojado en su armario correspondiente, el cual medirá la energía consumida por los receptores alimentados por el transformador trifásico y su propia energía de pérdidas. Para elegir que tipo de contador es necesario, previamente hay que conocer qué valores de energía anual se va a consumir, la energía consumida será inferior a 5 GWh. Dependiendo de este valor los consumidores se

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

califican en tres tipos, tipo 1, tipo 2 y tipo 3. Este valor está dentro del tipo 2, según R.D. 385/2002, que abarca a aquellos consumidores que consumen 750 MWh o más hasta 5 GWh.

En función del tipo de medida se establece la clase de precisión que deben tener los equipos de medida, en este caso el contador debe de ser electrónico con una clase de precisión para la energía activa $\leq 0,5S$ y reactiva ≤ 1 .

Asimismo, también establece que los puntos de medida Tipos 1 y 2 deben de disponer de comunicaciones exclusivas, es decir, deberán disponer de línea telefónica dedicada exclusivamente a la medida o disponer de módem GSM. En este caso se dispondrá de un módem GSM instalado en el cuadro de medida.

Será obligatorio instalar, en los secundarios de los transformadores de medida dispositivos que permitan la separación, para su verificación o sustitución, de los aparatos por ellos alimentados o la inserción de otros, sin necesidad de desconectar la instalación y en el caso de los transformadores de intensidad, sin interrumpir la continuidad del circuito secundario. Este dispositivo será una regleta de verificación de 10 contactos visibles y se ubicará en el armario de medida.

Para conseguir lo dicho en el apartado anterior en el armario de medida de contadores se instalará un dispositivo de verificación por cada contador tipo bloque de prueba de, al menos seis polos para el circuito de intensidades y otro bloque de pruebas de, al menos cuatro polos para el circuito de tensiones o regleteros-borneros equivalente de al menos diez polos que englobe circuito de intensidad y tensión.

Dichos bloques permitirán la separación para la verificación o sustitución del contador sin necesidad de desconectar la instalación y, en caso de los transformadores de intensidad sin interrumpir la continuidad del circuito secundario. Los bloques de prueba o regleteros deberán permitir realizar las operaciones que se indican a continuación:

- Ser precintables.
- Las partes sometidas a tensión deberán ser inaccesibles sin el levantamiento de su tapa o cubierta precintable.
- Apertura y cierre de cualquier circuito de tensión.
- Puesta en cortocircuito o no de cualquier circuito de intensidad.
- Realizar mediciones en serie de los circuitos de intensidad y en paralelo de los circuitos de tensión.
- Cambiar el contador y modificar conexiones sin necesidad de cortar el suministro al cliente.
- Verificación del contador con patrón de medida.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Dejar conectados equipos de comprobación temporalmente sin desconexión del equipo principal.

El armario de medida será uno de los normalizados por la compañía suministradora para los equipos de medida en A.T. tipo exterior, para clientes tipo 2 y 3, se instalará en el vallado exterior de la estación y cumplirá las siguientes características:

- Contador electrónico combinado trifásico a 4H.
- Bloques de pruebas o regletero bornero para verificación y cambio de aparatos de medida.
- La envolvente será de material aislante con grado protección IP43 e IK09.
- Dispondrá una placa soporte sobre la que se instalarán canales protectoras de PVC provistas de tapas
- desmontables que permitan la interconexión de los diferentes elementos de la medida.
- La puerta de dicho armario dispondrá de bisagras intercambiables para poder optar por su apertura a
- derecha o izquierda según las necesidades.
- Sus dimensiones mínimas serán de 750x500x300 mm.

Los cables de interconexión entre los secundarios de los transformadores de medida de tensión e intensidad y el bloque de pruebas dispuestas al efecto en el armario de medida serán apantallados, con la pantalla conectada a tierra en el extremo de los transformadores y en el extremo del armario se dejará aislada.

El cableado será sin solución de continuidad entre los transformadores de medida y el dispositivo de verificación situado en el armario de medida.

El cableado de interconexión entre los transformadores de tensión y el dispositivo de verificación instalado en el armario de medida tendrá la sección suficiente para garantizar una caída de tensión inferior al uno por mil y en ningún caso será inferior a 6 mm², además estos conductores deberán de ser apantallados y con el marcado en sus extremos.

5.3.8. Equipos de protección contra cortocircuitos y fugas a tierra

El centro de transformación estará dotado de un conjunto de elementos que garanticen su buen funcionamiento en condiciones favorables y en condiciones desfavorables. Para ello se dota al centro de un cuadro de protección en el cual se alberga un relé multiprotección, efectuando las siguientes protecciones:

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Protección contra sobreintensidades (50-51 y 50N-51N).
- Protección de neutro (51G).
- Protección de cuba (50C).

5.3.8.1. Protección contra sobreintensidades

En el lado de alta tensión, la protección contra sobreintensidades es la más conveniente para tener selectividad de tiempos con las líneas de salida. El mecanismo encargado de esta protección es el relé multiprotección.

El relé multiprotección contra sobreintensidades está interconexiónado a la salida de protección de los transformadores de intensidad de medida, este relé procesa la información aportada por el transformador de medida y si los valores son superiores a los parametrizados dará la orden de disparo del interruptor automático.

5.3.8.2. Protección de neutro

Esta protección controla las corrientes que circulan por la puesta a tierra del neutro, en condiciones normales la corriente que circula es la de fugas debida a las pérdidas de los aislamientos de los conductores, esta corriente es muy baja, del orden de miliamperios, en estas condiciones no se dará la orden de desconexión del transformador, pero en el caso de que haya derivación a tierra por el lado de baja tensión del transformador, ésta corriente será captada por el transformador, si no actúa la protección inmediata de baja tensión, dará la orden el relé de protección de desconexión del transformador de la red, por medio del interruptor automático.

El relé de multiprotección esta interconexiónado al transformador de neutro, tipo IFH-1, en caso de que la salida del trafo de un valor de corriente de circulación superior al parametrizado, el relé dará la orden de apertura del interruptor automático.

5.3.8.3. Protección de cuba

Esta protección controla las derivaciones a tierra del transformador. La masa (cuba) del transformador está conectada a tierra. Para poder aplicarse esta protección, es necesario que el transformador este apoyado sobre una masa aislante, ya que el hormigón no es aislante. Se intercalará una placa de baquelita entre el transformador y el zócalo de hormigón de tal forma que, en caso de derivación a masa de la cuba del transformador, ésta sea captada por el

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

transformador de medida situado en el conductor de puesta a tierra de la cuba del transformador. El equipo encargado de controlar la corriente de fuga es el relé multiprotección.

El relé multiprotección esta interconexionado al transformador de cuba, tipo IFH-1, en caso de que la salida del trafo de un valor de corriente de circulación superior al parametrizado, el relé dará la orden de apertura del interruptor automático.

En el cuadro de protección se dispone de la información del estado del transformador, en cuanto a temperatura, presión dieléctrico, relé Buchholz y en caso de anomalía de alguna de éstas variables también se dará la orden de apertura del interruptor automático.

Características del relé de protección contra sobreintensidades (50-51 y 50N-51N).

El relé de multiprotección, modelo P3F30 constituye un elemento básico de protección para posiciones eléctricas de MT. Sus funciones son las siguientes:

- Protección de sobreintensidad de tres fases.
- Protección de sobreintensidad de neutro.
- Protección de desequilibrio de sobreintensidad de fase (fase abierta).
- Supervisión del interruptor automático de A.T.
- Medida de intensidades de fases y neutro.
- Máxímetro de intensidad.
- Protección de sobreintensidad de cuba y neutro instantánea.
- Protección de sobreintensidad de cuba y neutro monofásica temporizada.

Dispone de 12 entradas digitales y 8 salidas digitales, 3 entradas de intensidad de fase, 2 entradas de intensidad residual. 4 entradas de tensión y 2 puertos ethernet.

Para ello el relé de protección de sobreintensidad deberá programarse dentro de los márgenes siguientes:

Relé de fase (50-51):

1- El arranque se ajustará en un 40% por encima de la potencia instalada.

2-La curva utilizada será siempre la INVERSA según UNE EN 60.255-3, con un índice de tiempo o factor $K = 0.1$.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

3-El instantáneo deberá ajustarse por encima del valor de la corriente de inserción de los trafos de la instalación, y para mantener la selectividad de las protecciones (automático BT) instaladas aguas abajo, por encima de la intensidad debida a un c.c. en el lado de baja; así mismo el ajuste deberá estar por debajo de la Icc del punto de conexión a la red. Como criterio simplificado se ajustará a 18 veces la In.

Relé de tierra (50N-51N):

1- El arranque se ajustará al 20% de la intensidad de arranque de fase.

2- La curva utilizada será siempre la INVERSA, según UNE EN 60.255-3, con el índice de tiempo o factor

K=0.1.

3- El instantáneo de tierra se ajustará a 4 veces la intensidad de arranque de tierra.

El interruptor automático estará enclavado con el seccionador tripolar mediante unas cerraduras de enclavamiento. La cerradura de enclavamiento del interruptor automático será de tipo Ronis, con llave extraíble a interruptor desconectado, mientras que la cerradura de enclavamiento del seccionador tripolar será de tipo Herpe con llave extraíble a bulón fuera, para así poder enclavar el seccionador en la posición de abierto y en la posición de cerrado. Las cerraduras de ambas llaves se anillarán para imposibilitar maniobras inadecuadas.

5.3.9. Cuadro de protecciones

El cuadro de protecciones se alimenta de una fuente de alimentación a 48 V CC la cual proporciona la energía necesaria para conectar el interruptor automático y desconectarlo. Desde este cuadro se puede dar la orden de conexión y desconexión del interruptor automático. Además, en caso de que se produzca el disparo del interruptor automático por alguna anomalía se dispone de una indicación visual, según se indica en el documento planos correspondiente.

5.3.10. Fuente de alimentación

Los sistemas de protección y control de las instalaciones eléctricas de alta tensión se alimentarán mediante corriente continua procedente de baterías de acumuladores asociados con sus cargadores alimentados por corriente alterna. En condiciones normales de explotación, el

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

equipo de carga de la batería será capaz de suministrar los consumos permanentes y además de mantener la batería en condiciones óptimas.

En caso de fallo de corriente alterna de alimentación al equipo de carga o fallo por avería de este, deberá ser la propia batería de acumuladores la encargada de efectuar el suministro de corriente continua a los sistemas de protección y control de la instalación.

Para esta instalación se dispondrá de una fuente de alimentación con las siguientes características:

- Tensión de alimentación: monofásica 230V c.a. +10% / -15%
- Frecuencia: 50 Hz.± 5%
- Tensión de utilización: 48 V c.c.
- El equipo dispone de compensación de tensión por temperatura.
- Intensidad nominal: 25A
- Estabilidad de la tensión de carga: ± 1%
- Rizado de la tensión de salida con batería conectada: < 1.5 % rms
- Temperatura ambiente de operación: +0° C. +45° C.
- Humedad relativa: entre 5% y 85%
- Comunicación Modbus.

La batería es de Ni-Cd estanco, compuesta por 38 elementos tipo VT3F y de 21Ah de capacidad nominal.

5.3.11. Alumbrado C.T

Se prevé iluminar el centro de transformación con cuatro proyectores LED, del tipo Tessio, estancos (IP-65), de tal forma que se consigan unas condiciones óptimas de visibilidad, los proyectores cumplirán las siguientes características:

- Potencia: 100 W
- Flujo Luminoso: 14000 lm
- CCT: 4000 K
- LED: CREE SMD 3030
- Driver: PHILIPS XITANIUM
- Vida Útil: 50000 h
- CRI: >70 Ra
- Ángulos Frecuencia: 120° 50-60 Hz

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Tensión: AC220-240 V
- PF: >0,90
- Grado IP: IP65
- Temperatura de Trabajo: -40°C +55°C
- Material: ALUMINIO
- Color: NEGRO
- Dimensiones (LxWxH)mm: 415x60x330
- Peso: 5,10 Kg

Cada proyector se instalará en una esquina en el interior del centro de transformación, colocados sobre un herraje de acero galvanizado, o en una base de hormigón puesto a tierra general del centro.

5.3.12. Alumbrado caseta cuadro general baja tensión.

Se prevé iluminar la caseta prefabricada que albergará los cuadros generales de baja tensión con dos pantallas LED, del tipo Eския, estancas (IP-65), de tal forma que se consigan unas condiciones óptimas de visibilidad. Las pantallas cumplirán las siguientes características:

- Potencia: 40 W
- Flujo Luminoso: 4900 lm
- CCT: 4000 K
- LED: EPISTAR SMD 2835
- Vida Útil: 50000 h
- CRI: >80 Ra
- Ángulos Frecuencia: 120°
- Tensión: AC220-240 V
- PF: >0,90
- Grado IP: IP65
- Temperatura de Trabajo: -20°C +40°C
- Material: PC
- Color: BLANCO
- Dimensiones (LxWxH)mm: 1200x75x45
- Peso: 0,83 Kg

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

5.3.13. Pararrayos

Según MIE-RAT 15, “las instalaciones situadas al exterior deberán de estar protegidas contra los efectos de las posibles descargas de rayos directamente sobre las mismas o en sus proximidades. Para esta protección se podrán emplear conductores de tierra situados por encima de las instalaciones, o pararrayos debidamente distribuidos”.

Es por ello, por lo que se ha previsto la instalación de unos conductores de tierra situados encima de la instalación, sobre el pórtico de entrada, según se indica en el documento planos.

Consideraciones a tener en cuenta a la hora de la instalación del conductor de tierra:

- El conductor de tierra estará al menos dos metros por encima de cualquier otro elemento dentro de la zona que protege.
- El conductor de bajada se instalará de forma que su recorrido sea lo más directo posible, evitando cualquier acodamiento brusco o remonte.
- Los conductores deben estar protegidos mediante un tubo de protección hasta una altura superior a dos metros a partir del suelo.
- Se debe realizar la interconexión con el circuito de tierra en el fondo de la excavación, directamente al pie de cada bajante mediante un dispositivo que permita la desconexión y que esté emplazado en un registro de inspección que lleve el símbolo de tierra.
- Se recomienda la utilización de un preparado mejorador de la conductividad en terrenos de resistividad alta.
- La resistencia de la toma de tierra medida por medios convencionales debe ser inferior a 10 Ω .
- Las tomas de tierra deberán estar orientadas hacia el exterior del edificio. Todas las tomas de tierra deberán estar unidas entre sí y a la toma de tierra general del edificio.

5.3.14. Canalizaciones

Se ha previsto una atarjea o canal revisable para comunicar el centro de transformación con la nave de bombeo, en cuyo interior se sitúan los cuadros de distribución de energía. Esta atarjea deberá ser amplia para alojar la canalización eléctrica prefabricada y manejar los conductores de mando con facilidad disponiendo una ligera inclinación hacia los pozos de recogida de agua o estará provista de tubos de drenaje. En el interior de la atarjea se situará, al lado de la canalización prefabricada, una bandeja de rejilla galvanizadas en caliente sobre la que se pondrán los conductores de las señales de mando de 200 mm de ancho y 100 mm de ala. La canalización eléctrica prefabricada irá separada del suelo con el fin de que la esta esté separada del agua en caso de inundaciones.

El trazado y dimensiones de la atarjea se indica en el documento planos.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

5.3.15. Puestas a tierra

Toda instalación eléctrica deberá disponer de una protección o instalación de tierra diseñada en forma tal que, en cualquier punto normalmente accesible del interior o exterior de la misma donde las personas puedan circular o permanecer, éstas queden sometidas como máximo a las tensiones de paso y contacto.

El dimensionado de las mismas se hará de forma que no se produzcan calentamientos que puedan deteriorar sus características o aflojar elementos desmontables. Los electrodos y demás elementos metálicos llevarán las protecciones precisas para evitar corrosiones peligrosas durante la vida de la instalación.

5.3.15.1. Puesta a tierra de protección

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales, de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación, se unen a la tierra de protección: pórtico, soporte interruptor automático, seccionadores, soportes proyectores de alumbrado, vallado del centro y puerta de acceso, cuba de los transformadores, etc.

Para la puesta a tierra de protección se ha previsto una red de tierra perimetral por todo el centro de transformación con conductor de cobre desnudo de 95 mm² de sección, enterrado e intercalando picas de puesta a tierra de 2 m de altura y 18 mm de diámetro, según se justifica en el diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra, en los cálculos.

5.3.15.2. Puesta a tierra de servicio

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en baja tensión, debido a faltas en la red de alta tensión, el neutro del sistema de baja tensión se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de alta tensión, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado (0,6/1 kV), de 50 mm².

5.3.15.3. Dotación de seguridad del C.T

Se prevé dotar al centro de transformación de equipos de seguridad, estos equipos son los siguientes:

- Guante aislante de 36 kV de tensión de aislamiento, de látex puro con marcado CE en cumplimiento de las directivas y Real Decreto 1407/92 de Equipos de Protección Individual. Así como su cofre de protección.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Banqueta aislante, modelo de exterior, de 45 kV de tensión de utilización, de 52X52 cm y espesor de 40 mm. Patas con campanas y tacos de goma.
- Pértiga de salvamento, de material composite de vidrio/resina de poliéster, color blanco. Para tensión de utilización de 45 kV.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

– **CÁLCULOS** –

CENTRO DE TRANSFORMACION DE 4000 kVA A
45 kV EN SIMPLE CIRCUITO TIPO EXTERIOR
PARA ESTACION DE BOMBEO EN MALILLOS DE
LOS OTEROS (SECTOR III – PORMA)

SITUACIÓN

Polígono	209, PARCELA 118
Localidad	MALILLOS DE LOS OTEROS
Termino Municipal	SANTAS MARTAS
Provincia	LEÓN

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

1. CALCULOS ELECTRICOS JUSTIFICATIVOS:

Los datos básicos que deben tenerse en cuenta para el estudio, cálculo, diseño y explotación de las instalaciones de media tensión son:

<u>Tema</u>	<u>Dato</u>
-Grupo del centro de transformación	GRUPO B
-Frecuencia para la red	50 Hz
-Tensión nominal normalizada	45 kV
-Tensión más elevada de la red	52 kV
-Tensión más elevada para el material	52 kV
-Niveles de aislamiento nominales para centros de transformación hasta 52 kV inclusive kVef,1min	250 kVcr y 95

Además, de acuerdo con el Reglamento de Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, MIE-RAT 19 “Las compañías deberán facilitar a los titulares de las instalaciones privadas, en servicio o en proyecto, los datos referidos al punto de conexión”. Estos datos han sido aportados por Electro Molinera de Valmadrigal siendo:

- Tensión nominal de suministro: 45 kV.
- Nivel de tensión: 45 kV.
- Potencia máxima de cortocircuito tripolar: 500 MVA.
- Potencia mínima de cortocircuito tripolar: 249,97 MVA.
- Intensidad de cortocircuito fase a tierra: 3,2 kA.
- Tiempo máximo de desconexión, en caso de defecto de la corriente máxima de falta de 300 mseg.
- Tensión del secundario del transformador de 4000 kVA: 690 V.
- Régimen de neutro TT.
- Resistividad del terreno $65 \Omega \cdot m$. (Medido por el método Wenner o de los 4 electrodos)

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

1.1.Intensidad de alta tensión.

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$

donde:

S = Potencia del transformador en kVA.

V = Tensión primaria en kV.

I = Intensidad primaria en A.

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 45 kV.

Para el transformador la potencia es de 4000 kVA.

$$I = 51,32 \text{ A.}$$

1.2.Intensidad de baja tensión

La intensidad secundaria (de baja tensión) en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$

donde:

S = Potencia del transformador en kVA.

V = Tensión secundaria en kV.

I = Intensidad secundaria en A.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

En el caso que nos ocupa, la tensión secundaria de distribución es de 0.69 kV.

Para el transformador la potencia es de 4000 kVA.

$$I = 3347 \text{ A.}$$

1.3. Cortocircuitos

1.3.1. Observaciones

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito, se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de media tensión, valor especificado por la compañía suministradora.

1.3.2. Cálculo de las corrientes de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, para el transformador trifásico, se utiliza la expresión:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V}$$

donde:

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

V_p = Tensión de servicio en kV.

I_{cc} = Corriente de cortocircuito en kA.

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de M.T.-B.T., siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito secundaria de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

$$I_{cc} = \frac{100 \cdot S}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot V_s}$$

donde:

S = Potencia del transformador en kVA.

E_{cc} = Tensión de cortocircuito del transformador en %

V_s = Tensión secundaria en V.

I_{cc} = Corriente de cortocircuito en kA.

1.3.3. Cortocircuito en el lado de A.T

Utilizando la expresión anterior, en la que la potencia de cortocircuito es de 500 MVA, la intensidad de cortocircuito es, para el transformador trifásico:

$$I_{cc} = 6,415 \text{ kA.}$$

1.3.4. Cortocircuito en el lado de B.T

Para el transformador trifásico, la potencia es de 4000 kVA, la tensión porcentual de cortocircuito del 8,5%, y la tensión secundaria es de 690 V.

La intensidad de cortocircuito en el lado de baja tensión con 690 V será, según la fórmula anterior:

$$I_{cc} = 39,37 \text{ kA}$$

1.4. Dimensionado del embarrado

Las corrientes de cortocircuito provocan esfuerzos electrodinámicos en las barras, apoyos, aisladores, y demás elementos de los circuitos recorridos por estas corrientes. El conocimiento de estos esfuerzos resulta esencial para poder dimensionar y seleccionar los sistemas de barras colectoras, los aisladores de apoyo, la distancia entre apoyos, etc, de acuerdo con los esfuerzos producidos. A continuación, se estudiarán estos esfuerzos.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

A causa de las corrientes de cortocircuito, los aparatos y conductores experimentan un esfuerzo térmico adicional, que depende esencialmente, del cuadrado de la intensidad y de la duración del cortocircuito. Debe comprobarse si el calentamiento sufrido por las distintas partes de la instalación está dentro de los límites establecidos para cada una de dichas partes.

1.4.1. Comprobación por densidad de corriente

La densidad de corriente es el primer factor importante para determinar el conductor apropiado de las instalaciones. Viene definida por la ecuación:

$$\delta = \frac{I_n}{S}$$

donde:

δ = Densidad de corriente A/mm².

I_n = Intensidad nominal.

S = Sección.

Las densidades de corriente máximas en los conductores no pueden sobrepasar los valores que fija el reglamento de líneas aéreas de alta tensión, en su capítulo quinto, artículo 22, según la siguiente tabla:

Sección nominal mm ²	Densidad de corriente Amperios/mm ²		
	Cobre	Aluminio	Aleación de Aluminio
10	8.75		
15	7.60	6	5.60
25	6.35	5	4.65
35	5.75	4.55	4.25
50	5.10	4	3.70
70	4.50	3.55	3.30
95	4.05	3.20	3
125	3.70	2.90	2.70
160	3.40	2.70	2.50
200	3.20	2.50	2.30
250	2.90	2.30	2.15
300	2.75	2.15	2
400	2.50	1.95	1.80
500	2.30	1.80	1.70
600	2.10	1.65	1.55

Para el caso que nos ocupa, con una intensidad de 51,32 A, una sección de 389 mm² para el tubo de cobre se obtiene una densidad de 0.131 A/mm², muy inferior a 2.5 A/mm² que fija el RLAT. Para una sección de 150 mm², para el conductor de cobre, se obtiene una densidad de 0.269 A/mm², muy inferior a 3,4 A/mm² que fija el RLAT.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material del embarrado.

1.4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado correspondiente al cortocircuito en el lado de A.T. de este capítulo, por lo que:

$$I_{cc}(din) = 16,03 \text{ KA.}$$

La expresión que da el valor de la fuerza entre dos conductores sometidos a una corriente de cortocircuito es:

$$F = 2,04 \frac{I_{ch}^2 \cdot l}{d}$$

donde:

F = Fuerza electrodinámica en kg.

Ich = Intensidad de cortocircuito dinámico en kA.

d = Distancia en centímetros entre conductores, 75 cm.

l = Longitud en metros de embarrado 2,2 m.

l = Longitud en metros de conductores de cobre 0,5 m.

Por tanto, la fuerza ejercida entre dos tubos en caso de cortocircuito es 15,4 kg. La fuerza ejercida entre dos conductores de cobre, continuación de los tubos de cobre, considerándose la separación entre ellos más desfavorable, 75 cm y una longitud de 0,5 m se obtiene un esfuerzo de 3,49 kg. La fuerza soportada por los aisladores es de 400 kg.

El momento de flexión viene determinado por la siguiente expresión:

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

$$M = \frac{F \cdot l}{16}$$

donde:

M = momento de flexión de las barras kg·cm.

F = fuerza electrodinámica en kg.

l = longitud de embarrado en cm.

Por tanto, el momento de flexión del embarrado de cobre (2,2 m) en caso de cortocircuito es 211,6 kg·cm. y de 10,93 kg·cm en el caso de conductores de cobre (0,5 m).

Las barras de cobre tienen una carga admisible K de 1000 kg/cm², y un momento resistente necesario de 4,82 cm³. Para que el momento resistente necesario sea correcto, se ha de efectuar la siguiente condición:

$$\frac{M}{K} < W$$

Condición que se cumple perfectamente ya que 0,21 < 4,82. Con lo que queda perfectamente justificada la disposición de los tubos y el esfuerzo soportado en caso de cortocircuito.

Los conductores de cobre tienen una carga admisible K de 1000 kg/cm², y un momento resistente necesario de 0,57 cm³. Para que el momento resistente necesario sea correcto, se ha de efectuar la siguiente condición:

$$\frac{M}{K} < W$$

Condición que se cumple perfectamente ya que 0,010 < 0,57. Con lo que queda perfectamente justificada la disposición de los conductores y el esfuerzo soportado en caso de cortocircuito.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

1.4.3. Comprobación por sollicitación térmica

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo del embarrado por efecto de un cortocircuito. Como base para la determinación del calentamiento, se toma el valor de la corriente permanente de cortocircuito y el tiempo t desde la iniciación del cortocircuito hasta la desconexión del interruptor automático correspondiente. Para simplificar los cálculos, se admiten las siguientes condiciones previas:

Que se puede despreciar la cesión de calor de las barras al ambiente en que están situados los conductores, dado el breve tiempo de cortocircuito.

Que el calor específico del material permanece constante, a pesar de la creciente temperatura que toma dicho material.

Teniendo en cuenta estas condiciones se puede estimar el calentamiento mediante la siguiente expresión:

$$\theta = \frac{k}{s^2} \cdot I^2 \cdot t$$

donde:

θ = calentamiento en °C.

s = sección del conductor en mm²,

para el tubo de cobre 389 mm².

para el conductor de cobre 150 mm².

K = constante del material:

para cobre k=0.0058

I = corriente de cortocircuito en A, 6415 A.

t = tiempo desde la iniciación del cortocircuito hasta la desconexión del disyuntor, en segundos, 0,3 seg.

Por tanto, aplicando la expresión anterior se tiene que el calentamiento de los tubos de cobre en caso de cortocircuito es de 0,5 °C, y de 3,1 °C para el conductor de cobre, mucho menor de 200 °C que es la máxima sobret temperatura que puede soportar el cobre.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

1.4.4. Distancias mínimas

En las instalaciones en las que, por alguna razón, no puedan realizarse ensayos de verificación del nivel de aislamiento, es aconsejable tomar ciertas medidas que eviten descargas disruptivas con tensiones inferiores a las correspondientes al nivel de aislamiento que hubiera sido prescrito en caso de haberse podido ensayar. Las distancias mínimas vienen prescritas de acuerdo con los niveles de aislamiento descritos en la MIE-RAT 12 que a continuación se muestran.

Tensión nominal (kV)	Tensión soportada a los impulsos tipo rayo (kV)	Distancia mínima fase-tierra en el aire (cm)	Distancia mínima entre fases en el aire (cm)
45	250	48	48

1.5. Selección de las protecciones en alta tensión

Los transformadores están protegidos tanto en A.T. como en B.T. En alta tensión la protección del transformador trifásico la efectúa el interruptor automático. En baja tensión, la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida, esta protección será objeto de estudio en el anejo de baja tensión.

1.5.1. Transformador trifásico

La protección de este trafo se realiza por medio de un interruptor automático de exterior de 2000 A de intensidad nominal. Este interruptor proporciona todas las protecciones al transformador, bien sea ante sobrecargas, o cortocircuitos, gracias a la presencia de un relé de protección.

El interruptor automático posee capacidad de corte tanto para las corrientes nominales, como para los cortocircuitos antes calculados.

1.6. Cadena de aisladores

Según el Art. 29 del RAT el criterio de ruina será la rotura o pérdida de sus cualidades aislantes, al ser sometidos simultáneamente a tensión eléctrica y sollicitación mecánica del tipo al que realmente vayan a encontrarse sometidos.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

La característica resistente básica de los aisladores será la carga electromecánica mínima garantizada, cuya probabilidad de que aparezcan cargas menores es inferior al 2%-valor medio de la distribución, menos 2,06 veces la desviación típica.

La resistencia mecánica correspondiente a una cadena múltiple puede tomarse igual al producto del número de cadenas que la formen por la resistencia de cada cadena simple, siempre en tanto en estado normal como con alguna cadena rota, la carga se reparta por igual entre todas las cadenas intactas.

El coeficiente de seguridad mecánico no será inferior a 3.

Los aisladores escogidos como elementos de fijación de los conductores al pórtico están compuestos por cadenas de ejecución en vidrio templado. Sus características son las siguientes:

Clase:	U 100 BS.
Tipo:	de caperuza y vástago.
Línea de fuga:	295 mm.
Carga de rotura :	10000 kg.
Paso:	127 mm.
Peso aproximado:	3,7 kg.

1.6.1. Cálculo eléctrico de aisladores

El nivel de aislamiento definido como la relación entre la longitud de la línea de fuga de un aislador y la tensión máxima entre fases de la línea eléctrica, recomendado para zonas agrícolas, como es el caso, 1,7 a 2 cm/kV. Se escoge el valor más desfavorable de 2 cm/kV.

El número mínimo de aisladores en la cadena para obtener un nivel de aislamiento de 2 cm/kV se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N \cdot U_f}{d}$$

donde:

n = número mínimo de aisladores.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

N = nivel de aislamiento en cm/kV. (2 cm/kV)

Uf = tensión máxima entre fases en kV. (52 kV)

d = longitud de la línea de fuga en cm. (29,5 cm)

Por tanto, aplicando la expresión anterior se tiene que el número de aisladores es de 3,52, es obvio, que el número de aisladores debe de ser el número entero superior al número decimal que proporciona la ecuación. En este caso serán 4.

Para n=4 el nivel de aislamiento obtenido es N = 2,26 cm/kV, el nivel de aislamiento es superior al mínimo exigido.

1.6.2. Cálculo mecánico de aisladores

Una vez hecho el cálculo eléctrico de las cadenas de aisladores, es necesario comprobar si el coeficiente de seguridad mecánico es inferior a 3, como indica el Art. 29 del RAT. Este coeficiente relaciona la carga de rotura del aislador con sus cargas, tanto normales como anormales. Su expresión es:

$$C_s = \frac{C_r}{C}$$

CARGAS NORMALES

Al tratarse de un centro de transformación en zona B, hay que tener en cuenta las sobrecargas provocadas por el hielo.

Peso del conductor + hielo (semivano 35)	35·1.106 kg
Peso de 4 aisladores	4·3.7 kg
Peso de grillete, anilla...	10 kg

El peso total obtenido es de 63,5 kg.

Aplicando la ecuación anterior se tiene que el coeficiente de seguridad es de 157 >> 3.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

CARGAS ANORMALES

Según el Art. 19 del RAT, el valor mínimo admisible del esfuerzo de rotura que deberá considerarse será del 50 % de la tensión del cable roto en las líneas de 1 ó 2 conductores por fase y circuito.

$$C_a = 0,5 \cdot T_m$$

La carga mínima del conductor tipo LA-180 es de 6630 kg, por tanto, la tensión máxima será de 2210 kg. Se tiene que $C_a = 1105$ kg con este valor se obtiene que el coeficiente de seguridad es de $9,04 > 3$, con lo que quedan justificados los aisladores elegidos.

1.7. Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra

1.7.1. Investigación de las características del suelo.

El RAT indica que, para instalaciones de segunda categoría, es necesario investigar las características del terreno, que nos permita prever las características eléctricas de la red de tierra. Para el estudio de la resistividad del terreno nos encontramos ante dos alternativas, que el suelo sea homogéneo o que sea heterogéneo. En este caso el suelo es homogéneo, por tanto, sus superficies equipotenciales son semiesferas. El terreno está compuesto por margas y arcillas compactas, siendo su resistividad media interna de $65 \Omega \cdot m$, calculada mediante el método de los 4 electrodos o método de Wenner. Además, se prevé agregar una capa de gravilla de 10 cm de espesor, siendo la resistividad superficial de $1500 \Omega \cdot m$.

1.7.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.

Los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son los siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro: el neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Tipo de protecciones: cuando se produce un defecto, éste se elimina mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependientes). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 s.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando una intensidad máxima empírica, y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben estar indicados por la compañía eléctrica. En este caso como se indicó anteriormente los datos son los siguientes:

Corriente máxima de puesta a tierra 3200 A.

Tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto 0,3 seg.

1.7.3. Diseño preliminar de la instalación de tierra

La instalación de puesta a tierra estará formada por un anillo perimetral 15 X 12 m, con interconexiones internas, contabilizándose un total de 147 m de conductor de cobre de 95 mm² de sección, enterrado a una profundidad de 1,0 m, al cual se le soldarán 18 picas de 2 m de longitud y 18 mm Ø, para mejorar la puesta a tierra.

1.7.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierras

La resistencia empírica de una malla según MIE-RAT 13 tabla 2 viene dada por la expresión:

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

donde:

R = resistencia de tierra del electrodo en Ω.

ρ = resistividad del terreno en Ω·m.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

r = radio en metros de un círculo de la misma superficie que el área cubierta por la malla.

L = longitud en metros de la pica o del conductor, y en malla la longitud total de los conductores.

Por tanto, aplicando la expresión anterior se tiene que para una resistividad de $65 \Omega \cdot m$, una longitud de conductor enterrado de 147 m y un radio equivalente de 6 m se obtiene una resistencia de tierra de $3,1 \Omega$.

1.7.5. Comprobación de la sección

Para comprobar si la sección elegida de 95 mm^2 es correcta, se utilizan dos métodos que tienen en cuenta dos factores diferentes. El primero según el Reglamento de Alta Tensión tiene en cuenta la densidad de corriente a través del conductor; el segundo, según la AIEE número 80 de 1961, permite conocer la sección necesaria para evitar la fusión de los conductores.

SEGÚN MIE-RAT 13 3.1

A efectos de dimensionado de las secciones, el tiempo mínimo a considerar para la duración del defecto a la frecuencia de la red será de un segundo y no podrá superarse la densidad de corriente de 160 A/mm^2 para el cobre. Lo que corresponde a una temperatura final de $200 \text{ }^\circ\text{C}$, pudiéndose admitir un aumento de esta temperatura hasta $300 \text{ }^\circ\text{C}$ si no supone riesgo de incendio. La sección mínima admisible para el cobre no será inferior a 25 mm^2 .

La densidad de corriente que circula por los conductores de tierra, sabiendo que la intensidad de defecto máxima es de 3200 A y la sección del conductor de tierra de 95 mm^2 será de $33,68 \text{ A/mm}^2$.

$33,68 \text{ A/mm}^2 < 160 \text{ A/mm}^2$. . Densidad inferior a la máxima admitida por el Reglamento.

SEGÚN LA AIEE N° 80 DE 1961

La sección necesaria para evitar la fusión de los conductores viene dada por la expresión:

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

$$S = \frac{I_d}{\sqrt{\frac{\log\left(\frac{\theta_m - \theta_r}{\theta_a + \theta_r} + 1\right)}{k \cdot t}}}$$

donde:

S = sección del conductor en mm².

I_d = intensidad de defecto en kA.

Para t=0,5 s y una temperatura de referencia θ_r=20 °C que, de acuerdo con el cobre, los parámetros restantes de la expresión anterior son:

k = 8,5.

θ_a = 234 °C.

θ_m = 1000 °C.

De acuerdo con la expresión anterior, la sección mínima es de 2,7 mm², quedando comprobado que la sección elegida de 95 mm² cumple las condiciones mínimas necesarias.

1.7.6. Cálculo de las tensiones de paso y contacto máximas admisibles en la instalación.

Partiendo de las tensiones de paso y contacto aplicadas admisibles obtenidas según el tiempo de actuación de las protecciones, típicamente 0,5 s, y teniendo en cuenta la resistividad superficial aparente del terreno se determinan las tensiones de paso y contacto máximas admisibles en varias zonas de la instalación (interior de gravilla del centro de transformación, y en el exterior del centro de transformación, en el vial de asfalto).

Según ITC-RAT 13, tabla 1, para t_F= 0,3 s se tienen los siguientes valores de las tensiones de contacto y paso admisibles:

$$U_{ca} = 420V$$

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

$$U_{pa} = 10 \cdot U_{ca} = 4200V$$

Para calcular los valores máximos admisibles de la instalación es necesario conocer las resistividades superficiales aparentes del terreno en cada una de las zonas citadas anteriormente, el interior del centro de transformación, y en los viales de acceso al centro.

RESISTIVIDAD SUPERFICIAL EN EL INTERIOR DEL CENTRO DE TRANSFORMACION

Con objeto de aumentar la resistividad superficial del interior del centro de transformación, para reducir los valores de las tensiones aplicadas, se aplicará una capa de gravilla con un espesor de 10 cm. Considerando a efectos del cálculo un valor de $1500 \Omega \cdot m$.

$$\rho_{s,aparente,horm} = \rho^* \left[1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2h_s + 0,106} \right) \right]$$

donde:

ρ^* = resistividad capa superficial, gravilla $1500 \Omega \cdot m$.

h_s = espesor de la capa superficial, 0,1 m.

ρ = resistividad del terreno natural, $65 \Omega \cdot m$.

por lo que, aplicando la expresión anterior se obtiene una resistividad superficial aparente de $1002 \Omega \cdot m$.

RESISTIVIDAD SUPERFICIAL EN EL ACCESO (VIAL ASFALTADO O DE HORMIGÓN)

En los accesos al centro de transformación, habrá un vial con una capa de 10 cm de asfalto u hormigón. Considerando a efectos del cálculo un valor de $3000 \Omega \cdot m$ y aplicando la expresión anterior se obtiene un valor de $1983 \Omega \cdot m$.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES EN EL INTERIOR DEL CENTRO DE TRANSFORMACION

$$U_c = U_{ca} \left(1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \cdot \rho_{s,aparente,grava}}{1000}} \right)$$
$$U_p = U_{pa} \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_{s,aparente,grava}}{1000} \right)$$

donde:

R_{a1} = resistencia del calzado, 2000 Ω .

Por lo que, aplicando las expresiones anteriores se obtienen unos valores de tensión máximos admisibles de:

- **Contacto de 1472 V.**
- **Paso de 46.273 V.**

VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES EN EL ACCESO (VIAL)

$$U_c = U_{ca} \left(1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \cdot \rho_{s,aparente,vial}}{1000}} \right)$$
$$U_p = U_{pa} \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_{s,aparente,vial}}{1000} \right)$$

Por lo que, aplicando las expresiones anteriores se obtienen unos valores de tensión máximos admisibles de:

- **Contacto de 2.089 V.**
- **Paso de 70.979 V.**

1.7.7. Cálculo de las tensiones de paso y contacto presentes en el centro de transformación.

Aplicando las siguientes fórmulas de la guía IEEE Std. 80-2000 se obtienen los valores máximos de U'_p y U'_c :

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

$$U'_c = \frac{\rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_g}{L_M}$$

$$U'_p = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_g}{L_S}$$

ρ = resistividad media del terreno en $\Omega \cdot m$. (65 $\Omega \cdot m$).

I_g = intensidad de puesta a tierra máxima que puede circular por la red de tierras. (3200 A).

K_m = factor geométrico de especiado de conductores para tensión de contacto.

K_i = factor de corrección por efecto de mayor densidad de corriente en los extremos de la malla.

K_s = factor geométrico de especiado de conductores para tensión de paso.

L_M = Longitud efectiva de la red de conductores enterrados para tensión de contacto.

L_S = Longitud efectiva de la red de conductores enterrados para tensión de paso.

- En primer lugar se calcula el factor geométrico **n**:

$$n = \frac{2 \cdot L_C}{L_P} \sqrt{\frac{L_P}{4 \sqrt{A}}}$$

Donde:

L_C = Longitud total de los conductores enterrados que forman la malla de tierra. (excepto las picas 147 m).

L_P = Longitud perimetral de la red. (54 m).

A = Area de la malla de tierra de la subestación (180 m²).

$n = 5,46$.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Con “n” se calcula **ki**, factor de corrección por efecto de mayor densidad de corriente en los extremos de la malla:

$$K_i = 0,644 + 0,148n$$

$$\mathbf{K_i = 1,45}$$

- Se calcula **Kh**, un factor de corrección que tiene en cuenta los efectos de la profundidad de la malla:

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

Donde:

$h_0 = 1$ m (profundidad de referencia de las mallas de tierra).

$$\mathbf{K_h = 1,4142}$$

- A continuación, se calcula **LM** y **LS**, siendo el primero la longitud efectiva de la red de conductores enterrados para tensión de contacto y el segundo la longitud efectiva de la red de conductores enterrados para tensión de paso.

$$L_M = L_C + \left(1,55 + 1,22 \frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) L_R$$

$$L_S = 0,75 \cdot L_C + 0,85 \cdot L_R$$

Donde:

L_C = Longitud total de los conductores enterrados que forman la malla de tierra. (excepto las picas 147 m).

L_r = Longitud perimetral de la red. (54 m).

L_x = Máxima longitud de la malla en la dirección x. (12 m).

L_y = Máxima longitud de la malla en la dirección y. (15 m).

L_R = Longitud total de todas las picas enterradas. (36 m).

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

$$LM = 153,12.$$

$$LS = 140,85.$$

- Por último, se calcula **Ks** y **Km**, siendo Ks el factor geométrico de especiado de conductores para tensión de paso, y Km el factor geométrico de especiado de conductores para tensión de contacto.

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

$$K_m = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[\operatorname{Ln} \left(\frac{D^2}{16 \cdot h \cdot d} + \frac{(D+2 \cdot h)^2}{8 \cdot D \cdot d} - \frac{h}{4 \cdot d} \right) + \frac{k_{ii}}{k_h} \ln \left(\frac{8}{\pi \cdot (2 \cdot n - 1)} \right) \right]$$

Donde:

D = separación media de los conductores de la red de tierras. (3 m).

d = diámetro de los conductores de la red de tierras. (0,0126 m).

h = profundidad de enterramiento de la red horizontal. (1 m).

Para redes con picas distribuidas a lo largo del perímetro de la malla o dentro de la malla, $k_{ii} = 1$.

$$KS = 0,226.$$

$$Km=0,591.$$

Aplicando las expresiones anteriores se obtienen los siguientes valores:

$$U'_c = \frac{\rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_g}{L_M} \quad U'_c = 1166 \text{ V.}$$

$$U'_p = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_g}{L_S} \quad U'_p = 486 \text{ V.}$$

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

1.7.8. Comprobación que las tensiones de paso y contacto son inferiores a los valores máximos admisibles en el centro de transformación.

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

- Tensión de paso en el interior del centro de transformación.

$$V'_p = 486 \text{ V} < V_p = 46.273 \text{ V}$$

- Tensión de paso en el acceso desde el vial.

$$V'_p = 486 \text{ V} < V_p = 70.979 \text{ V}$$

- Tensión de contacto en el interior del centro de transformación.

$$V'_c = 1166 \text{ V} < V_c = 1472 \text{ V}$$

- Tensión de contacto en el acceso desde el vial.

$$V'_c = 1166 \text{ V} < V_c = 2089 \text{ V}$$

A la vista de los resultados, tal como se puede observar el valor real máximo de la tensión de paso y de contacto, es en todo momento inferior al máximo permitido según las normas IEEE-80 2000 y la ITCMIE- RAT-13 tanto en el interior del centro de transformación, y en el acceso desde el vial.

1.7.9. Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas. Se considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes, cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- El centro de transformación está situado en un recinto aislado del local de utilización.
- No existe ninguna canalización metálica conductora desde los aparatos de utilización a la red de tierras del CT.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras será como mínimo de 15 metros si la resistividad del terreno es <100 ohmios.m. Si fuese mayor, la distancia mínima viene dada por la expresión:

$$D = \frac{\rho \cdot Id}{1200 \cdot 2 \cdot \pi}$$

Dado que la resistividad del terreno es de $65 < 100$ ohmios.m, en nuestro caso se podrían aplicar los 15 metros.

Por ser más restrictivo, se toma el valor resultante de la anterior expresión, dejando 27 metros de separación entre los electrodos de las tierras del centro de transformación y de los de las tierras de servicio.

La puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, de cobre de 50 mm² de sección, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7, como mínimo, contra daños mecánicos.

1.7.10. Corrección y ajuste del sistema inicial

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

1.8. Dimensionado del transformador

El transformador es el elemento de la instalación que debe de suministrar la potencia necesaria por la misma. Para determinar la potencia del transformador, previamente se debe de conocer la potencia de los receptores que va a alimentar.

POTENCIA DE LOS RECEPTORES

Para el cálculo de la potencia de los receptores se tendrán en cuenta dos tipos de receptores, los que pueden funcionar simultáneamente, y los que no. Los receptores que pueden funcionar simultáneamente son las bombas, situación que no es imposible, ya que al ser la instalación una estación de bombeo, en un momento determinado la demanda de agua puede ser máxima. Sin embargo, los receptores que no pueden funcionar simultáneamente son los

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

servicios auxiliares, éstos son alimentados por un transformador de 690/400 V de 50 kVA, a efectos de cálculo se puede estimar que el transformador funciona al 80 % de su capacidad.

RECEPTOR	POTENCIA (kW)	POTENCIA TOTAL (kW)
Bombas	2·160 + 9·315	3155
Transformador	0,8·0,9·50	36
		3191 kW

Por tanto, la potencia total a suministrar el transformador son 3191 kW, que considerando un factor de potencia global de la instalación de 0,95 se obtiene una potencia del transformador 3359 kVA.

Por ser una instalación que tiene fuerte presencia de armónicos, éstos influyen sobre los transformadores de distribución, elevando la densidad de flujo del núcleo. También las corrientes de Foucault, proporcionales a la frecuencia, aumentan considerablemente. En esta situación el transformador no debe funcionar a su potencia nominal y debe o cambiarse por otro de mayor potencia o disminuirse la carga. En este caso tenemos la segunda opción. El transformador se desclasifica asociándole una potencia equivalente. La potencia equivalente de un transformador es la correspondiente a la sinusoidal que provoque las mismas pérdidas que las producidas con la corriente no sinusoidal aplicada. Esta potencia equivalente es igual a la potencia basada en el valor eficaz de la corriente no sinusoidal multiplicada por el factor “K”.

Este factor “K” se define como aquel valor numérico que representa los posibles efectos de calentamiento de una carga no lineal sobre el transformador. La potencia asignada del transformador que se use debe ser mayor o igual que la potencia equivalente.

El factor K, según la norma UNE, se obtiene de la siguiente fórmula:

$$K = \sqrt{1 + \frac{e}{1+e} \left(\frac{I_1}{I} \right)^2 \sum_{n=2}^{n=N} \left(n^q \left(\frac{I_n}{I_1} \right)^2 \right)}$$

donde:

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

e = pérdidas por corrientes de Foucault debidas a la corriente sinusoidal a la frecuencia fundamental, divididas por las pérdidas debidas a una corriente continua igual al valor eficaz de la corriente sinusoidal, ambas a la temperatura de referencia. Este valor suele valer 0,3.

n = orden del armónico.

I = valor eficaz de la corriente sinusoidal.

I_n = es la corriente del n -ésimo armónico.

q = constante exponencial que depende de los arrollamientos y de la potencia, suele oscilar entre 1,5 y 1,7.

De acuerdo a los datos de armónicos proporcionados por los fabricantes de los equipos de baja tensión, se obtiene un factor k de 1,14.

Esto quiere decir que para una potencia de 3359 kVA, el transformador debe tener como mínimo una potencia de $3359 \times 1,14 = 3829$ kVA. El valor comercial más próximo 4000 kVA.

1.9. Potencia instalada y potencia demandada

La potencia instalada se estimará como la mayor de las potencias. Por una parte, se tiene la potencia instalada de los receptores que según se determinó antes es de 3191 kW y por otra se tiene la potencia instalada del transformador que son los 4000 kVA, por tanto, la potencia instalada son 4000 kVA.

POTENCIA TOTAL INSTALADA				
		P. (kW)	Cantidad	Subtotal
BOMBAS III-A	BOMBA 1	160	1	160
	BOMBA 2, 3, 4, 5	315	4	1260
BOMBAS III-B	BOMBA 1	160	1	160
	BOMBA 2, 3, 4, 5, 6	315	5	1575
AUX	SERVICIOS AUXILIARES	36	1	36
Total:				3191

La potencia demandada, es la potencia de los receptores, que también coincide con la potencia a contratar, que como se estimó anteriormente es de 3180,2 kW.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

POTENCIA TOTAL INSTALADA					Coef. Utilización	Coef. Simult.	P. TOTAL
		P. (kW)	Cantidad	Subtotal			
BOMBAS III-A	BOMBA 1	160	1	160	1	1	160
	BOMBA 2, 3, 4, 5	315	4	1260	1	1	1260
BOMBAS III-B	BOMBA 1	160	1	160	1	1	160
	BOMBA 2, 3, 4, 5, 6	315	5	1575	1	1	1575
CSA	SERVICIOS AUXILIARES	36	1	36	1	0,7	25,2
				Total:			3180,2

1.10. Cálculo de la exposición radioeléctrica

Según real decreto 123/2017 de 24 de febrero, por el que se aprueba el reglamento sobre el uso del dominio público radioeléctrico, por no haber suelo urbano a un radio menor de 100 metros, y no ser un lugar de permanencia o circulación habitual de personas, no es necesario hacer un estudio detallado de los niveles de exposición radioeléctrica.

2. CALCULOS JUSTIFICATIVOS MECANICOS:

2.1. Cálculo cimentación de apoyos del pórtico

A efectos de cálculo de las cimentaciones, se estimará que el tipo de terreno es normal, con las siguientes características:

El tipo de cimentación a emplear será una cimentación monobloque, en éstas el ángulo de giro de la cimentación será inferior a aquel cuya tangente sea inferior a 0,01 (0°, 34', 23''), según el Artº 31-2 del RLAAT.

Las cimentaciones monobloque son las que están formadas por un sólo cimiento de hormigón en masa.

El dimensionamiento de las cimentaciones monobloques requerirá las siguientes condiciones:

- La geometría será prismática y de sección cuadrada.
- El ángulo máximo de giro del cimiento será aquel cuya tangente es igual 0,01 ($\alpha=0,01$).

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

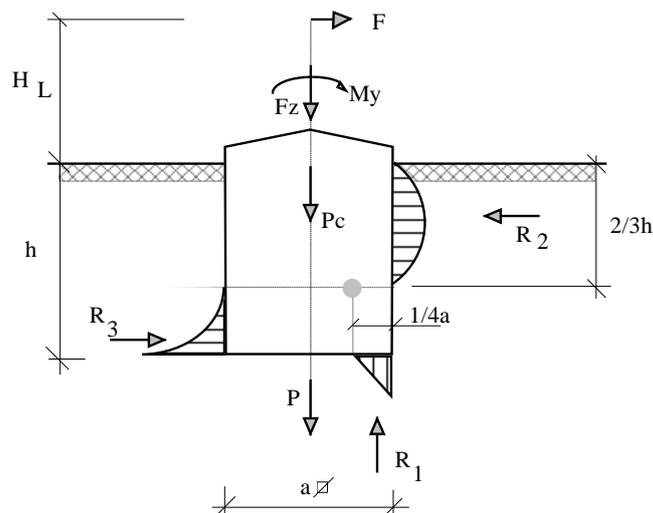
- Sobre el macizo se construirá una peana que en su parte superior será de forma piramidal, para hacer la función de vierteaguas, con una pendiente aproximada del 5% y con una altura igual o superior a 10 cm desde la línea de tierra hasta el vértice. El volumen de hormigón correspondiente a esta peana está incluido en el volumen total del macizo de hormigón.

El cálculo de las cimentaciones monobloques de hormigón se fundamenta en el método de Sulzberger, el cual contiene las siguientes consideraciones:

- La comprensibilidad del terreno es proporcional a la profundidad, crece linealmente y en la superficie vale cero.
- El macizo gira sobre un eje situado a $2/3$ de su profundidad, y $1/4$ de la pared de este.
- Las deformaciones de la cimentación son despreciables frente a las del terreno.

Hipótesis de cálculo

El esquema de esfuerzos y reacciones se representa en la figura siguiente:



Momento solicitante de vuelco "Mv"

$$M_v = F \left(\frac{My}{F} + \frac{2 \cdot h}{3} \right) = F \left(H_L + \frac{2 \cdot h}{3} \right) \quad (\text{mkp})$$

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

donde:

F = Esfuerzo nominal del apoyo, más el viento sobre el mismo reducido al punto de aplicación para el cálculo, en kp. (4500)

HL = Altura libre del apoyo desde el punto de aplicación de F hasta la línea de tierra, en m. (12)

h = Profundidad de la cimentación, en m (2,3).

Por tanto, aplicando la expresión anterior se tiene que el momento solicitante al vuelco es de 60900 kp·m.

Momento estabilizador, Me

El momento estabilizador del apoyo quedará asegurado por las acciones laterales y verticales del terreno, su valor se obtiene por las expresiones siguientes:

$$M_e = M_1 + M_2$$

El momento estabilizador debido a las acciones laterales del terreno, está dado por la expresión siguiente:

$$M_1 = \frac{a \cdot h^3}{36} \cdot C_h' \cdot \operatorname{tg} \alpha = 139 \cdot C_h \cdot a \cdot h^4 \quad (\text{m} \cdot \text{kp})$$

donde:

a = Ancho o largo de la cimentación, en m 1,7.

h = Profundidad de la cimentación, en m 2,3.

P = Peso del apoyo y cargas verticales en kp, 1062.

Ch= Coeficiente de compresibilidad del terreno a "h" metros de profundidad, en Kp/cm.cm², 16.

Donde, aplicando la expresión anterior se tiene que el momento estabilizador debido a las acciones laterales del terreno es de 97131,29 kp·m.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

El momento estabilizador debido a las acciones verticales del terreno, está dado por la expresión siguiente:

$$M_2 = 880 \cdot a^3 \cdot h + 0,4 \cdot P \cdot a \quad (\text{m.kp})$$

Donde, aplicando la expresión anterior se tiene que el momento estabilizador debido a las acciones verticales del terreno es de 6149 kp·m.

Condición de estabilidad

Para que el conjunto sea estable, según RAT-31 se tiene que cumplir que:

$$\frac{M_1 + M_2}{M_v} \geq 1,5$$

Y aplicando la expresión anterior se tiene que el momento resistente al vuelco es superior al momento del vuelco en 1,53.

El diseño de las cimentaciones adoptadas cumple con la condición de que la estabilidad del apoyo está fundamentalmente centrada a las reacciones horizontales del terreno (cimentaciones profundas) y por tanto la condición de estabilidad está condicionada a que $\text{tg } \alpha$, sea igual o inferior a 0,01.

3. CONCLUSION.

Con todo lo expuesto se cree haber dado información y justificación técnica suficiente como para conseguir de los Organismos Oficiales de la Administración los oportunos permisos para la ejecución y posterior puesta en funcionamiento de la instalación proyectada; quedando el proyectista dispuesto para aclarar cuantas dudas pudieran surgir al respecto.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

— **PLIEGO DE CONDICIONES** —

CENTRO DE TRANSFORMACION DE 4000 kVA A
45 kV EN SIMPLE CIRCUITO TIPO EXTERIOR
PARA ESTACION DE BOMBEO EN MALILLOS DE
LOS OTEROS (SECTOR III - PORMA)

SITUACIÓN

Polígono	209, PARCELA 118
Localidad	MALILLOS DE LOS OTEROS
Termino Municipal	SANTAS MARTAS
Provincia	LEÓN

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

1. OBJETO.

El objeto de este Pliego es el definir las características de ejecución del centro de transformación diseñado en este anejo, ajustándose a lo establecido en los reglamentos y normas citados en la memoria.

2. CERRAMIENTO DEL CENTRO DE TRANSFORMACION.

Todo el recinto del centro de transformación se cerrará con una valla perimetral protegida contra las acciones de la intemperie de 2,2 m de altura, medida desde el exterior, provista de señales de advertencia de peligro por alta tensión en cada una de sus orientaciones, con objeto de advertir sobre el peligro de acceso al recinto a las personas ajenas al servicio.

Las señales de advertencia de peligro por alta tensión tendrán forma triangular de 150 mm de lado mínimo, serán de polipropileno (vinilo sobre polipropileno con un laminado de poliéster o polipropileno en serigrafía). Dispondrán de un espesor de 1,5 mm, siendo resistentes a los rayos ultravioletas. Estarán de acuerdo con el Real Decreto 485/1997 del 14 de abril.

3. PORTICO DE ENTRADA DE LINEA Y HERRAJES SOPORTE.

Se instalará un pórtico de entrada de línea de 14 m de altura y 9000 kg de esfuerzo en punta, galvanizado en caliente, y con los dinteles necesarios para fijar todo el aparellaje eléctrico, así como los transformadores de medida, según se indica en el documento planos.

Los apoyos del pórtico responderán íntegramente a los requisitos de la recomendación UNESA RU 6704 A, siendo ensayados en ASINEL para asegurar las características y valores de resistencia proyectados, obteniendo la calificación de calidad UNESA.

El pórtico estará constituido por dos torres con caras paralelas de 4500 Kg. de esfuerzo en punta cada una. Estos apoyos estarán constituidos por varios tramos intermedios y unidos por los dinteles soporte del aparellaje, seccionador trifásico, aisladores y transformadores de medida.

Los materiales de partida para su fabricación serán:

Acero S 275JR, según UNE 36531, de límite elástico 275 MPa para las celosías.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Acero S 355JO, según UNE 36531, de límite elástico 355 MPa para los montantes y resto de estructura.

Estos aceros responden a la norma UNE EN 10025 y quedarán protegidos mediante galvanizado en caliente, consiguiendo un recubrimiento mínimo de 500 gr/m³, que equivale a 70 micras, de acuerdo con la norma UNE 37501.

El proceso de galvanizado cumplirá los siguientes pasos, según las especificaciones generales UNE 37501 y las específicas UNE 37508:

Inspección y clasificado inicial de cada producto.

Desengrase en caliente.

Lavado.

Decapado ácido.

Fluxado en caliente.

Secado.

Baño en crisol de zinc fundido.

Enfriamiento en cuba de agua.

Inspección y acabado final.

La tornillería empleada en el pórtico será galvanizada en caliente, con tipo de rosca métrica y calidad de tornillo 5.6, según la norma DIN 7990. Las tuercas se apretarán con llaves dinamométricas para garantizar que se consigan los pares de apriete óptimos.

Toda la parte metálica del pórtico deberá interconectarse a la instalación de tierra general del centro de transformación.

4. APARAMENTA ELÉCTRICA.

Toda la aparamenta eléctrica cumplirá las normas generales UNE-EN 60694 COR:1999, UNE-EN 60129, CEI 62271-102 y la RU 6401 aparte de las específicas que en cada caso sean de aplicación.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

La tornillería empleada para la fijación del aparellaje al pórtico será galvanizada en caliente, con tipo de rosca métrica y calidad de tornillo 5.6, según la norma DIN 7990. Las tuercas se apretarán con llaves dinamométricas para garantizar que se consigan los pares de apriete óptimos.

La tornillería empleada para la interconexión eléctrica de todo el aparellaje será de latón, con tipo de rosca métrica, cabeza hexagonal según las normas DIN 933 (tornillo), DIN 934 (tuerca) y DIN 125 (arandela). Las tuercas se apretarán con llaves dinamométricas para garantizar que se consigan los pares de apriete óptimos.

4.1. Seccionador trifásico

Se instalará un seccionador tripolar giratorio de apertura lateral mediante mando manual giratorio para servicio exterior, montaje en vertical sobre el pórtico de recepción de línea, según norma UNE 20100/CEI 129, con aisladores de porcelana tipo C IV 250, cuchillas de puesta a tierra, según normas UNE 21110/CEI 273, las vías de corriente serán de cobre electrolítico protegido, dispondrá de las siguientes características:

- Tensión nominal 52 kV.
- Intensidad nominal 630 A.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo a tierra y entre polos 250 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo sobre la distancia de seccionamiento 290 kV.
- Tensión soportada a frecuencia industrial a tierra y entre polos 95 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo sobre la distancia de seccionamiento 110 kV.
- Intensidad admisible de corta duración (1 seg.) 31,5 kA.
- Intensidad máxima admisible 80 kA.
- Mando de apertura manual para una distancia de 12 m.
- Cuchillas de puesta a tierra.

Todos los componentes metálicos del mismo serán galvanizados en caliente de acuerdo con la norma UNE 37501.

Además, cumplirá también las siguientes normas UNE-EN 60129:1996, UNE-EN 60129/A1:1996 y UNE-EN 60129/A2:1997 seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

En el mando de este seccionador se instalará una cerradura de enclavamiento para enclavarlo con el interruptor automático de alta tensión. De tal forma que no se pueda abrir el seccionador trifásico sin estar abierto antes el interruptor automático. Consiguiendo las especificaciones dadas en materia de seguridad por la norma IEC 61508, Funcionamiento seguro de sistemas eléctricos.

4.2. Aisladores

Se instalarán seis aisladores, de tipo exterior C6-250.LF1580-M12, para soportar el tubo de cu de Øext 30 mm. Estos cumplirán con las normas UNE 21110-2, UNE-EN 60168, CEI 60273 y I.E.C 62231.

Serán poliméricos. Las armaduras irán apoyadas sobre juntas elásticas que permitan al aislador soportar los esfuerzos bruscos.

Dispondrán de las siguientes características:

- Tensión nominal 52 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo a tierra 250 kV.
- Altura nominal 560 mm.
- Diámetro exterior 135 mm.
- Línea de fuga 1580 mm.
- Número de aletas 14.
- Carga de rotura 6000 N.
- Peso 5,4 kg.

Sobre cada aislador se colocarán unas portavarillas fabricadas en acero galvanizado en caliente para sujetar los tubos de cobre al aislador.

4.3. Interruptor automático

Para la protección del transformador trifásico se ha previsto un interruptor automático tripolar de SF6 con mando a resortes motorizado, con las siguientes características:

- Normas de ensayo CEI 56-2.
- Tensión nominal 52 kV.
- Frecuencia nominal 50 Hz.
- Intensidad nominal de servicio continuo In 2000 A.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Intensidad de corte bajo cortocircuito IA 25 kA.
- Intensidad de cierre bajo cortocircuito (valor cresta) Ie 62,5 kA.
- Ciclo de maniobra 0-0,3s-CO-3min-CO.
- Tensión soportada a 50 Hz durante 1 min. Uw 95 kV.
- Tensión soportada a ondas de choque Ub 250 kV.
- Presión nominal SF6 0,7 MPa (abs).
- Altitud de montaje del interruptor hasta 1000 m.
- Distancia entre fases 700 mm.
- Vigilancia de la presión de SF6 mediante densímetro.
- Línea de fuga aisladores 25 mm/kV.
- Previsto para dar la prioridad a la apertura respecto al cierre.
- Posibilidad de apertura y cierre manual a través de una manivela.
- Relé antibombeo.
- Iluminación del cuadro de mando.
- Cerradura de enclavamiento tipo Herpe.
- Barrera de protección para mando en local y carga de gas.
- Mando tipo FSA 1, tensión de bobinas y motor 48VCC.

El interruptor automático podrá ser accionado de forma local y a distancia y cumplirá con las normas UNE-EN 60265-2:1994, UNE-EN 60265-2/A1:1997, UNE-EN 60265-2/A2:1999 y UNE 21081/3M:1999.

Este se instalará sobre una estructura soporte suministrada por el fabricante del interruptor, fabricada para tal efecto en acero galvanizado en caliente y fijada a unos pernos de anclaje que se embeberán en una zapata de hormigón armado.

Para enclavar el interruptor automático con el seccionador trifásico y el interruptor automático de baja tensión dispondrá de una cerradura de enclavamiento cumpliendo con las especificaciones dadas en materia de seguridad por la norma IEC 61508, Funcionamiento seguro de sistemas eléctricos.

4.4. Autoválvulas

En la elección de las autoválvulas se tendrá en cuenta la tensión nominal para que la tensión de operación de la autoválvula no se acerque en exceso al nivel máximo de aislamiento

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

del equipo a proteger (transformador), lo cual podría provocar que éste se dañara. Cumplirán la norma UNE-EN 60099-4. Serán de óxido metálico.

Podrán derivar dos descargas de 100 kA cresta, correspondientes al ciclo de corriente elevada y pequeña duración.

Dispondrán de la robustez necesaria para poder efectuar 22 operaciones con unos valores iniciales de descarga de 10 kA cresta utilizando una onda de 8/20 μ s.

Después de cada uno de los grupos de descarga anteriores, las autoválvulas permanecerán térmicamente estables, y el incremento de las tensiones residuales con la corriente asignada será inferior al 10 %.

Las características de las autoválvulas se indican a continuación:

- Tensión asignada U_r 48 kV.
- Tensión máxima de funcionamiento continuado U_c 39 kV.
- Frecuencia asignada 50Hz.
- Clase de descarga de larga duración 2/10 kA.

5. TRANSFORMADORES.

Se distinguirán dos tipos de transformadores, los de distribución y los de medida.

5.1. Transformador trifásico

Se instalará un transformador de 4000 kVA trifásico, en baño de aceite, refrigeración natural (ONAN), construcción abierta, para instalación intemperie, con conmutador de tensión en vacío, aisladores de A.T. y B.T. sobre tapa, válvulas de llenado y vaciado con las siguientes características:

- Tensión primaria: 45 kV \pm 2,5 % \pm 5 %.
- Tensión secundaria: 690 V.
- Frecuencia: 50 Hz.
- Conexión: Dyn 11.
- Norma UNE 20101, UNE 21428 y UNE-EN 60076. Norma europea ecodiseño 548-2014.
- Refrigeración por aceite.
- Disipación de calor mediante aletas.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Peso total: 11000 Kg.
- Peso refrigerante: 3000 kg.

Además, dispondrá de relé Buchholz, depósito de expansión, termómetro, termostato, desecador de silicagel, válvula de sobrepresión y nivel magnético. Tanto el relé Buchholz, como el termómetro, válvula de sobrepresión y nivel dispondrán de contactos de alarma y disparo, llevándose las señales de éstos al cuadro de protecciones haciendo disparar el interruptor automático en caso de fallo.

Las pérdidas que presente el transformador, serán conformes a la norma UNE-EN 60076 y siguiendo el reglamento (UE) de ecodiseño N° 548/2014 tier 2.

La chapa magnética será de grano orientado HighB, HB GOES 4376, especial para transformadores.

Los devanados tanto de la parte de alta tensión como de la parte de baja tensión serán de aluminio.

La cuba del transformador estará protegida contra la corrosión, pintada en RAL 7033, de acuerdo a la norma UNE 20175. Se ensayará de acuerdo a las siguientes normas, Control de adherencia según UNE-EN-ISO 2409. Control de espesores según UNE-EN-ISO 2808. Ensayo de dureza Persoz UNE-EN-ISO 1522. Ensayo de brillo especular según UNE-EN-ISO 2813. Ensayo caída masa de acuerdo a UNE-EN-ISO 6272.

Los aisladores tanto de alta como de baja tensión cumplirán con las normas UNE 21110-2, UNE-EN 60168 y CEI 60273.

El aceite aislante será mineral puro, de base muy refinada y resistente a la oxidación. Cumplirá las normas UNE 21-320-89 parte 5 Clase II, CEI 296 Clase II, BS 148, VDE-0370. Dispondrá de las siguientes características:

- Densidad a 20 °C, máxima 0,895.
- Punto de inflamación, mínimo 160 °C.
- Punto de congelación, máximo -45 °C.
- Rigidez dieléctrica, mínimo y sin tratar 35 kV.
- Factor de pérdidas dieléctricas a 90 °C, máximo 0,005.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

En la fabricación del transformador se ha de respetar la recomendación eléctrica correspondiente a la norma EN 60076-3:2001 – Tabla 5- Distancias de aislamiento en el aire mínimas recomendadas fase a tierra, entre fases, fase a neutro y a arrollamientos de tensión inferior desde las partes en tensión de los pasatapas de transformadores de potencia que tengan arrollamientos con tensión más elevada para el material con UM = 170 kv. Serie I basada en la práctica europea.

El trafo rodeando a los bornes de BT contendrá una brida con taladros para posibilitar la instalación de un cajón cubrebornas.

5.2. Transformador de intensidad

Se instalarán tres transformadores de intensidad, tipo inductivo, de aislamiento seco, con envolvente de resina epoxy más porcelana, para servicio exterior. Cumplirán la norma UNE 21088-3, NI-72.50.05. Dispondrán de tres secundarios, uno para medida, otro para el sistema de inyección 0 de la instalación fotovoltaica y otro para protección. Tendrán las siguientes características:

Transformador de intensidad con aislamiento seco, resina epoxy más porcelana, para servicio exterior.	
Modelo	CXG-52
Tensión nominal más elevada de la red	52 kV
Tensión soportada al choque (onda 1,2/50 µs)	250 kV cresta
Tensión de ensayo rigidez dieléctrica, 1 min.	
Primario	95 kV
Secundario	3 kV
Frecuencia de la red	50 Hz
Relación de transformación	50-100/5-5-5 A
Potencias y clases de precisión	
Secundario 1	5 A 10 VA Cl: 0,2S Fs 5
Secundario 2	5 A 10 VA Cl: 0,2S Fs 5
Secundario 3	5 A 30 VA Cl: 5P 10
Intensidad límite térmica	5 kA/ 1 s
Intensidad límite dinámica	12,5 kA p
Sobreintensidad admisible en permanencia	120 %
Tamaño	E
Aislador	Porcelana marrón
Bornes primarios	
Material	Latón
Dimensiones	M16
Bornes secundarios	
Material	Latón
Dimensiones	M6
Conexión de tierra	M12
Peso total	186 kG

Las características constructivas serán las siguientes:

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Aislamiento: resina epoxy con envolvente exterior de porcelana color marrón, la cámara entre el cuerpo de resina y el aislador de porcelana se sella herméticamente con juntas de caucho nitrílico.
- Núcleo magnético: de chapa de acero al silicio, de grano orientado.
- Arrollamientos: de hilo de cobre electrolítico puro, esmaltado clase H, bobinado en capas de ejecución antirresonante para la distribución uniforme de las sobretensiones transitorias.
- Partes metálicas: galvanizadas en caliente.
- Tornillería: de acero inoxidable.
- Juntas: de caucho nitrílico.
- Terminales primarios: de latón ampliamente dimensionados, redondos.
- Terminales secundarios: de latón alojados en caja de bornes estanca, con tapas abisagradas o atornillables, con juntas adecuadas para recibir tubos conteniendo los cables secundarios.

5.3. Transformador de tensión

Se instalarán tres transformadores de tensión, tipo inductivo, de aislamiento papel-aceite, para servicio exterior. Cumplirán la norma UNE 21587, UNE-EN 60044-2 y NI-72.54.01. Tendrán las siguientes características:

Transformador de tensión tipo inductivo, aislamiento papel-aceite, hermético, para servicio exterior.	
Modelo	UTB-52
Tensión nominal más elevada de la red	52 kV
Tensión soportada al choque (onda 1,2/50 µs)	250 kV cresta
Tensión de ensayo rigidez dieléctrica, 1 min.	
Primario	95 kV
Secundario	3 kV
Frecuencia de la red	50 Hz
Norma	UNE EN 60044,
Relación de transformación	44000:√3/110:√3 V-110:√3 V-110:3 V
Potencia y clase de precisión secundario 1	110:√3 V 10 VA Cl: 0,2
Potencia y clase de precisión secundario 2	110:√3 V 10 VA Cl: 0,2
Potencia y clase de precisión secundario 3	110:3 V 10 VA Cl: 3P
Sobretensión admisible en permanencia	1,2 UN
Factor de tensión	1,9 UN/8H
Tamaño	B
Aislador	Porcelana marrón
Material bornes primarios y secundarios	Latón
Línea de fuga	25 mm/kV
Bornes primarios	
Material	Latón
Dimensiones	Ø 30X80 mm
Bornes secundarios	
Material	Latón
Dimensiones	M8
Peso total	100 kG

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Tanto el arrollamiento secundario, como el primario estarán bobinados sobre el mismo núcleo, con objeto de que se transmita toda la potencia.

Los circuitos de medida deben ser exactos en las condiciones de servicio. La norma CEI especifica que la clase de precisión debe cumplirse para todas las tensiones comprendidas entre 80% y 120% de la tensión nominal y para todas las cargas comprendidas entre 25% y 100% de la nominal, las cuales tienen siempre un factor de potencia 0,8 inductivo.

Las características constructivas serán las siguientes:

- Aislamiento: aceite desgasificado y filtrado, relleno bajo vacío, impregnando el papel y las pantallas.
- Hermeticidad: conseguida por juntas; el aceite no estará en contacto con el aire exterior con objeto de que no haya necesidad de su recambio en servicio.
- Núcleos magnéticos: de chapa de acero al silicio, de grano orientado.
- Aisladores: huecos, de porcelana, conteniendo los pasamuros. Color marrón.
- Arrollamientos: de hilo de cobre electrolítico puro, esmaltado clase H, bobinado en capas de ejecución antirresonante para la distribución uniforme de las sobretensiones transitorias. Las capas de papel intermedias se dispondrán de modo que las tensiones entre espiras no sobrepasen valores controlados.
- Partes metálicas: galvanizadas en caliente.
- Tornillería: de acero inoxidable.
- Juntas: de caucho nitrílico.
- Terminales primarios: de latón ampliamente dimensionados, redondos.
- Terminales secundarios: de latón alojados en caja de bornes estanca, con tapas abisagradas o atornillables, con juntas adecuadas para recibir tubos conteniendo los cables secundarios.

6. EQUIPO DE MEDIDA.

6.1. Contador trifásico

El equipo de medida trifásico estará compuesto por el contador electrónico alojado en su armario correspondiente, el cual medirá la energía (indirecta) consumida por los receptores alimentados por el transformador trifásico y su propia energía de pérdidas. Este equipo estará verificado por organismo autorizado; además estará autorizado para su uso e instalación en la red por la Dirección General de Políticas Energéticas y Minas del Ministerio de Economía.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Según el tipo de medida, tipo 2, se establece la clase de precisión que deben tener los equipos de medida, en este caso el contador debe de ser electrónico con una clase de precisión para la energía activa $\leq 0,5S$ y reactiva ≤ 1 . Cumplirá las siguientes normas, IEC 60687 Contadores estáticos de energía activa para c.a. de clase 0,5S, 0,2S; IEC 61268 Contadores estáticos de energía reactiva para c.a. de clase 1 y 2; EN 50081-1 Emisión residencial; EN 50082-2 Inmunidad industrial; EN 55022 Emisiones conducidas: clase B y emisiones radiadas: clase B; EN 61000-4-6 Inmunidad a perturbaciones, inducción por campos de radiofrecuencia (modo común): 10 V; EN 61000-4-8 Inmunidad a campos de potencia electromagnética: 30 A/m.

El contador tendrá las siguientes características técnicas:

- Consumo $< 2 \text{ W}$, $< 10 \text{ VA}$.
- Frecuencia 50 Hz.
- Conexión a 4 hilos.
- Tensión de referencia 3X63,5/110 V.
- Corriente nominal 50/5 A.
- Corriente máxima 10 A.
- Precisión energía activa, clase 0,5s.
- Precisión energía reactiva, clase 1.
- Registro de las 6 magnitudes del contador (A+, A-, Ri+, Rc+, Ri-, Rc-) mas 2 magnitudes de reserva.
- Hasta dos periodos de integración (Tm1 y Tm2), programables en 5, 15, 30 ó 60 minutos.
- Memoria con capacidad de 4.000 registros para cada una de las 8 magnitudes de medida del contador para el TM1
- Memoria con capacidad de 4000 registros para cada una de las 8 magnitudes de medida del contador para el TM2
- Hasta 3 contratos tarifarios para el tratamiento local de tarifas de acceso, generales, y para autoprodutores. Los valores tarifados se almacenarán en 12 memorias, una para cada cierre de facturación.
- Buffer de eventos con fecha y hora asociadas, con un total de 200 eventos
- Sincronización horaria a partir del protocolo de comunicaciones IEC 870 REE
- Puerto óptico según UNE 61.107 para la lectura y la parametrización locales del equipo, mediante protocolo IEC 870-5-102 REE.
- Puerto Serie RS232 con posibilidad de conexión de un módem telefónico para la lectura y la parametrización remota del equipo, mediante protocolo IEC 870-5-102 REE.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Display “custom”, multinorma, para la indicación de los valores de medida y de facturación, así como de las condiciones de operación, adaptable a las diferentes normas de empresas distribuidoras e internacionales.
- Display operativo incluso en situación de falta de alimentación del contador.
- Batería auxiliar para la salvaguarda de parámetros y datos.
- Reloj calendario interno.
- Sistema doble de almacenamiento de datos. Todos los datos de medida son almacenados en RAM con batería. Una vez al día se realiza un BACKUP completo a FLASH-EPROM.
- Alta seguridad de almacenamiento de parámetros en FLASH-EPROM.
- Una entrada de sincronización por pulsos.
- Cuatro salidas programables para retransmisión de impulsos de energía registrada
- Una salida programable de pulso de señal horaria.
- Una salida programable de pulso de tarifa.
- Protocolos de comunicaciones:

Puerto 1: IEC-870-5-102 REE, Modbus-RTU, IEC-61107.

Puerto 2: Ethernet

El contador irá alojado en un armario de poliéster reforzado con fibra de vidrio, con tejadillo autoventilado (montaje saliente), para medida en punto frontera 1 y 2, disponiendo de las siguientes características técnicas:

- Panel de poliéster abatible y troquelado para montaje de equipo integral de medida.
- Dispositivo de comprobación o bloque de pruebas.
- Dispositivo de conexión para módem.
- Preconexionado con conductor de cobre tipo H07Z-R de secciones y colores normalizados.

7. CUADRO DE PROTECCIONES DEL CENTRO DE TRANSFORMACION.

7.1. Envolvente

La envolvente es la parte del cuadro eléctrico que constituye el cierre del mismo y tiene como fin impedir a las personas entrar en contacto accidental con las partes en tensión y proteger el equipo interior contra la acción de agentes exteriores.

Las envolventes serán de chapa de acero AP 01 según la norma UNE 36086 de 1,5 mm de espesor mínimo. El grado de protección de las envolventes de cuadros para interior corresponderá al IP 217 según la norma UNE 20324.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Todas las partes metálicas de la envolvente se protegerán contra la corrosión mediante un tratamiento de pintura aplicado tanto interior como exteriormente. Esta protección proporcionará la resistencia de la chapa a la abrasión, acción de grasas, gasolinas, jabones y detergentes, debiendo mantener todas sus características inalterables con el tiempo.

El tratamiento de protección anticorrosiva consistirá en lo siguiente:

- Desengrase y fosfatado a 45 °C.
- Aclarado por aspersion de agua.
- Secado en túnel.
- Aplicación de polvo epoxi texturado.
- Polimerización en horno a 180 °C durante 20 minutos.

El espesor del recubrimiento anticorrosivo ha de estar comprendido entre un mínimo de 50 micras y un máximo de 80 micras.

Para la comprobación de las características del sistema de pintura se realizarán los ensayos indicados en la Recomendación UNESA 1411A.

7.2.Fuente de alimentación

La fuente de alimentación será la encargada de suministrar energía a los relés de protección y a los accionamientos del interruptor automático.

Estará formada por un rectificador-cargador de batería en tecnología de tiristores monofásico, cumplirá las normas UNE EN 50178 en cuanto a seguridad de equipo electrónico para uso en instalaciones de potencia y las normas de compatibilidad electromagnéticas EN 50082-2, IEC 1000-4-5 y EN 50081-2.

Dispondrá de las siguientes características:

- Tensión nominal de entrada 230 V +10% - 15 %.
- Intensidad de entrada: 20 A.
- Tipo 48V 25 A.
- Frecuencia de entrada 50 Hz.
- Tensión de rizado con baterías $\pm 1,5\%$.
- Estabilidad de tensión de carga $\pm 1\%$.
- Temperatura de funcionamiento 0 – 45°.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Limitación de corriente de cargador 100 %.
- Limitación de corriente de carga de batería configurable.
- Transformador de entrada.
- Puente completo de tiristores.
- Bobina de alisamiento.
- Desconexión automática por mínima tensión de batería.
- Dispondrá de display LCD con informaciones funcionales en cuanto a tensión, corriente, alarmas.
- Señalización de alarmas locales con Led y remotas a través de 3 contactos libres de potencial.
- Preparada para comunicaciones y telegestión con posibilidad de implementación de diferentes protocolos.
- Gestión de la batería, flotación, carga manual.
- Baterías de Ni-Cd estanco, compuesta por 38 elementos tipo VT3F y de 21Ah de capacidad nominal.

7.3. Relé multiprotección

Es el elemento básico de protección para posiciones eléctricas de MT. Será el encargado de la protección general frente a sobreintensidades con las siguientes funciones:

Protección:

- Protección de sobreintensidad de fases (funciones 50/51).
- Protección de sobreintensidad del neutro (funciones 50N/51N).
- Protección de neutro (51G).
- Protección de cuba (50C).
- Protección de desequilibrio en intensidades de fase (fase abierta).
- Supervisor del estado del interruptor, con posibilidad de orden de reenganche automático.

Medida:

- Medida de intensidad en fases y neutro.
- Medida de tensión.
- Máxímetro de intensidad.

Adquisición de datos:

- Registro cronológico de sucesos.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

- Registro cronológico de faltas.
- Registro histórico de medidas máxima y mínima.

Dispondrá de 12 entradas digitales y 8 salidas digitales, 3 entradas de intensidad de fase, 2 entradas de intensidad residual. 4 entradas de tensión y 2 puertos ethernet.

Cumplirá las siguientes normas:

- CEI 255-5, serie C en cuanto a rigidez dieléctrica.
- CEI 255-5 en cuanto a resistencia de aislamiento.
- CEI 255-4 en cuanto a onda de choque.
- CEI 255-22-1 en cuanto a perturbaciones HF.
- CEI 255-22-4 en cuanto a transitorios rápidos.
- CEI 255-22-2 en cuanto a descargas electrostáticas.
- CEI 1000-4-5 en cuanto a impulsos de sobretensión.
- CEI 255-11 en cuanto a microcortes.
- EN 50081-2 en cuanto a interferencias electromagnéticas emitidas.
- EN 50082-2 y CEI 255-22-23 en cuanto a interferencias electromagnéticas radiadas.

Al finalizar los trabajos se realizará un informe por Organismo de Control Autorizado del disparo de las protecciones de acuerdo a los valores tarados en los relés de protección, simulando distintas condiciones de faltas, efectuando disparos reales del interruptor automático.

8. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

8.1. Introducción

El presente capítulo se refiere a la ejecución de las instalaciones de distribución, cuya explotación corresponderá a cargo de la Comunidad General de Regantes del Porma.

Las obras de las mencionadas instalaciones deberán realizarse de acuerdo con las instrucciones que se desarrollan a continuación, con lo que se pretende conseguir unos acabados de obra suficientes para poder alcanzar la calidad de servicio óptima. E igualmente que las obras se realicen cumpliendo en todo momento las normas de seguridad en el trabajo.

Con carácter general se hace constar que, durante la ejecución de la obra, la responsabilidad de esta corresponderá a la persona física o jurídica adjudicataria de la obra a

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

quien en lo sucesivo se llamará constructor, sin perjuicio de la que legalmente pueda corresponder al director de la obra.

8.2. Disposiciones que se deben cumplir

En la ejecución de los trabajos se cumplirán todas las disposiciones oficiales vigentes en materia laboral, seguridad social, seguridad e higiene en el trabajo, ordenanzas municipales, reglamentos de organismos Oficiales, etc., incluidas las que pudieran promulgarse durante la ejecución de la obra.

Así mismo, se respetará en todo momento lo que ordene el coordinador en materia de seguridad y salud en la realización de los trabajos para hacer cumplir lo establecido en el plan de seguridad y salud.

8.3. Ordenación de los trabajos

El constructor, una vez conocido el proyecto aprobado de la obra y antes de comenzar, hará un reconocimiento sobre el terreno comprobando la adecuación del proyecto a la obra real y que se dispone de todas las licencias y permisos necesarios, tanto de particulares como de organismos oficiales, para la realización de las instalaciones. Podrá proponer entonces las modificaciones que sean necesarias realizar para la adaptación del proyecto a la realidad. Analizadas y comprobadas las modificaciones propuestas, se redactará en caso de aceptación, la correspondiente acta de replanteo, que deberá ser firmada por el director de obra, proyectista, constructor y la propiedad. A partir de este momento, el constructor no podrá variar ninguna de las condiciones establecidas.

El director de obra ejercerá en el transcurso de la obra, las acciones y revisiones pertinentes para las comprobaciones del mantenimiento de las calidades de obra establecidas; a estos efectos el constructor facilitará los medios necesarios para la realización de las pruebas correspondientes.

8.4. Materiales

Las obras se realizarán empleando material en perfecto estado de conservación, debiendo cumplir con lo especificado en el capítulo "Características de los materiales".

Si la duración de la obra se alargase de tal forma que puedan producirse deterioros en los materiales, el constructor tomará las precauciones necesarias para evitarlo.

ANEJO 13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

El constructor instalará en la obra, y por su cuenta, los locales o almacenes precisos para asegurar la conservación de aquellos materiales que no deben permanecer a la intemperie, evitando así su destrucción o deterioro.

8.5. Normas para la ejecución de las instalaciones

Las instalaciones se realizarán de acuerdo con lo indicado en los apartados anteriores del presente capítulo, y las especificaciones contenidas en los siguientes manuales técnicos de ejecución, relativos a los diferentes tipos de instalaciones.