

UD928122079010

Subestación Abenójar 132 kV
AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA

Código: **31574I00010**

Edición: 1.0

Proyecto Técnico Administrativo



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga
21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 1/66

5557 - Rafael Flores Ventura
-
-

Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



Índice

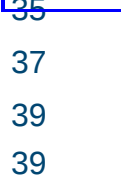
Página

1. Documento Memoria	
1.1. Antecedentes	
1.2. Objeto	
1.3. Situación y emplazamiento	
1.4. Condiciones climáticas	
1.5. Reglamentación y normativa	
1.6. Descripción general de las instalaciones existentes	
1.7. Descripción general de los trabajos a realizar	
1.8. Características técnicas relevantes a efectos retributivos	
1.9. Descripción de los equipos principales a instalar	
1.10. Servicios auxiliares	
1.11. Sistemas de protecciones, control, comunicaciones y medida	
1.12. Sistema de cableado de Baja Tensión	
1.13. Red de tierras	
1.14. Obra civil	
1.15. Otros sistemas y medidas correctoras	
1.16. Seguridad y salud	
1.17. Planificación	
1.18. Presupuesto	
2. Documentos planos	
2.1. Lista de planos	
3. Documento Pliego de condiciones técnicas	
3.1. Generalidades	
3.2. Relación de equipos y materiales	
3.3. Características principales	
3.4. Transformador de potencia 132/45 kV 30 MVA	
3.5. Parque de 132kV	
3.6. Parque de 45kV	
3.7. Cables de potencia	
3.8. Cableado de Baja Tensión, Mando y Control	
4. Documento Presupuesto	
4.1. Presupuestos parciales	



Industrias de Málaga
Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

CC-BY-NC-SA
21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 2/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



4.2.Presupuesto general

40

ANEXO I: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ANEXO II: ESTUDIO DE RUIDOS

1. Objetivo
2. Normativa
 - 2.1.Normativa Europea
 - 2.2.Normativa estatal
3. Definición del Escenario Acústico
 - 3.1.Encuadre General. Localización
 - 3.2.Fuentes de Ruido
 - 3.3.Medio de propagación. Atenuaciones
4. Metodología
5. Resultados y discusión
6. Conclusiones

ANEXO III: ESTUDIO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

1. Objetivo
2. Normativa
3. Justificación

ANEXO IV: CUMPLIMIENTO DISTANCIA DE SEGURIDAD REGLAMENTARIAS

1. Pasillos de servicio en instalaciones eléctricas de exterior

ANEXO V: CÁLCULO EMBARRADOS Y CONEXIONES

1. DATOS DE PARTIDA
 - 1.1.Datos generales
2. CÁLCULO DE CONDUCTORES
 - 2.1.Cálculos eléctricos



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>

Código: 7QHRLRX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 3/66

Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



1. Documento Memoria

1.1. Antecedentes

UFD DISTRIBUCIÓN ELECTRICIDAD, S.A. (UFD) es titular de la subestación eléctrica ABENÓJAR 132 kV, situada en la localidad de Abenójar, provincia de Ciudad Real, puesta en marcha con autorización de fecha 6 de julio de 1.985 (número de expediente AT-52.413).

El día 10 de abril de 2008, UFD obtiene de la Delegación Provincial de Industria la autorización para la puesta en servicio en la subestación ABENÓJAR de la nueva posición de línea de 15kV para la Mesa de evacuación (pos. 701 Proener), según expediente número 13240100059.

El transformador T-III 45/15kV 5MVA (segunda transformación 45/15kV), fue instalado por UFD en el año 2008 y su puesta en servicio autorizada por la Delegación Provincial de Industria de Ciudad Real, según expediente nº13240100059, el día 29 de mayo de 2008.

Las dos posiciones de línea de 132 kV fueron equipadas en el año 2016 con sendos módulos híbridos (HIS) de 145 kV, puestos en servicio con la autorización de explotación de la dirección provincial de Ciudad Real de la consejería de Economía de la Junta de Castilla la Mancha del día 20 de diciembre de 2016 (expediente nº13240100059).

El transformador T-III 45/15kV 5 MVA (segunda transformación 45/15kV), fue instalado por UFD en el año 2008 y su puesta en servicio autorizada por la Delegación Provincial de Industria de Ciudad Real, según expediente nº13240100059, el día 29 de mayo de 2008. El 15 de mayo de 2023 la delegación provincial de Desarrollo sostenible concedió la aprobación y autorización de construcción del proyecto de repotenciación de este transformador (expediente 13240100059), que se sustituirá próximamente por un transformador nuevo de 15 MVA, para lo que UFD solicitará la correspondiente autorización de explotación.

1.2. Objeto

Con objeto de atender la demanda de energía eléctrica en condiciones de calidad, UFD proyecta la ampliación de potencia instalada en la subestación Abenójar, mediante un nuevo transformador T-IV 132/45kV de 30 MVA de nueva fabricación.

El objeto del presente Proyecto Técnico Administrativo es establecer y justificar a la Administración pública competente todos los aspectos constructivos referentes a la actuación de ampliación de potencia de la subestación Abenójar, para la obtención de la correspondiente autorización administrativa de construcción.

1.3. Situación y emplazamiento

La subestación Abenójar 132 kV está ubicada en el término municipal de Abenójar (Ciudad Real), en la CR-403, tal como se indica en el plano de situación y emplazamiento que se adjunta en el Documento Planos, en terrenos propiedad de UFD.

Las coordenadas del acceso a la subestación en el sistema Universal Transverse Mercator (UTM) referidas al Datum ETRS-89 son las siguientes:

PUNTO	X	Y
A	382.500 m	4.305.415 m
Huso	30	30



Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos de Máquinas y Motores Térmicos de la Mancha
5557 - Rafael Flores Ventura
21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 4/66

Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



Ilustración 1: Situación de la subestación Abenójar

La referencia catastral de la parcela de la subestación es 13001A066001290000PA.

1.4. Condiciones climáticas

- Temperatura ambiente máxima 40 °C
- Temperatura ambiente mínima -5 °C
- Velocidad máxima del viento 120 km/h
- Altitud sobre el nivel del mar ≤ 1000 m



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:

<http://www.coptima.com/verificador/>

Código: 7QHRLRX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023

00 - 5/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



1.5. Reglamentación y normativa

En este proyecto son de aplicación los siguientes Reglamentos:

- REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES TÉCNICAS Y GARANTÍAS DE SEGURIDAD EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN Y SUS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS ITC-RAT 01 A 23.

REAL DECRETO 337/2014, de 9-MAY, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, publicado en B.O.E de 9-JUN-14.

- REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN ("REBT") Y SUS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS ("ITC-BT").

- REAL DECRETO 842/2002, de 2-AGO, del Ministerio de Ciencia y Tecnología, publicado en B.O.E de 18-SEP-02.

- EXIGENCIAS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL ELÉCTRICO DESTINADO A SER UTILIZADO EN DETERMINADOS LÍMITES DE TENSIÓN.

- REAL DECRETO 187/2016, de 6-MAY, del Ministerio de Industria y Energía publicado en el BOE de 10-MAY-16.

- REGLAMENTO DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.

REAL DECRETO 513/2017, de 22-MAY, del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad publicado en el BOE de 12-JUN-17.

- REGLAMENTO DE EQUIPOS A PRESIÓN Y SUS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS.

REAL DECRETO 809/2021, de 21 de septiembre, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio publicado en el BOE de 11-OCT-21.

- NORMAS SUBSIDIARIAS DE ABENÓJAR.

- Decreto 34/2011, de 26 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Disciplina Urbanística del Texto Refundido de la Ley de Ordenación del Territorio y de la Actividad Urbanística.

- CTE

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación y posteriores modificaciones.



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:

<http://www.coptima.com/verificador/>

Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023

VISADO 7115/2023

00 - 6/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



Otras:

- Código Estructural (Real Decreto 470/2021, de 29 de junio).
- Real Decreto 997/2002, de 27 septiembre, por el que se aprueba la Norma de Construcción Sismorresistente Parte General y Edificación (NCSR-02).
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales (B.O.E. nº 269 de 10 de noviembre).
- Real Decreto 2267/2004 del 3 de diciembre, Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas.

En este proyecto son de aplicación las siguientes normas UNE:

GENERALES	
UNE-EN 60027-1:2009	Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte 1: Generalidades.
UNE-EN 60027-1:2009/A2:2009	Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte 1: Generalidades.
UNE-EN 60060-1:2012	Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 1: Definiciones generales y requisitos de ensayo.
UNE-EN 60060-2:2012	Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 2: Sistemas de medida.
UNE-EN 60060-3:2006	Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 3: Definiciones y requisitos para ensayos in situ.
UNE-EN 60060-3 CORR:2007	Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 3: Definiciones y requisitos para ensayos in situ.
UNE-EN IEC 60071-1:2020	Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas.
UNE-EN IEC 60071-2:2018	Coordinación de aislamiento. Parte 2: Guía de aplicación.
UNE-EN 60270:2002	Técnicas de ensayo en alta tensión. Medidas de las descargas parciales.
UNE-EN 60270:2002/A1:2016	Técnicas de ensayo en alta tensión. Medidas de las descargas parciales.
UNE 20509-1: 1985	Características de las líneas y aparata de alta tensión relativas a las perturbaciones radioeléctricas.
UNE 20509-2: 1990	Características de las líneas y aparata de alta tensión relativas a las perturbaciones radioeléctricas. Métodos de medida y procedimientos para establecer los límites.
UNE-EN 60168:1997	Ensayos de aisladores de apoyo, para interior y exterior, de cerámica o de vidrio, para instalaciones de tensión nominal superior a 1 000 V.
UNE-EN 60168/A1:1999	Ensayos de aisladores de apoyo, para interior y exterior, de cerámica o de vidrio, para instalaciones de tensión nominal superior a 1 kV.
UNE-EN 60168/A2:2001	Ensayos de aisladores de apoyo, para interior y exterior, de cerámica o de vidrio, para instalaciones de tensión nominal superior a 1 kV.
UNE 20509-3: 1990	Características de las líneas y aparata de alta tensión relativas a las perturbaciones radioeléctricas. Código práctico para minimizar la generación de ruido radioeléctrico.



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 7/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



UNE 48103:2014	Pinturas y barnices. Colores normalizados.
UNE-EN 62262:2002	Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
UNE-EN 60529:2018	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
UNE-EN 60529:2018/A1:2018	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
UNE-EN 60529:2018/A2:2018	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
UNE-EN 60529:2018/A2:2018/AC:2019	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
UNE-EN ISO 1461: 2010	Recubrimientos de galvanizado en caliente sobre piezas de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo.
UNE 23727:1990	Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en construcción.
UNE 36522:2018	Productos de acero. Perfiles en U normal (UPN) laminados en caliente. Dimensiones y masas.
UNE-EN 10025-1:2006	Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 1: Condiciones técnicas generales de suministro.
UNE-EN 10056-1:2017	Angulares de lados iguales y desiguales de acero estructural. Parte 1: Medidas.
UNE-EN 10056-2:1994	Angulares de lados iguales y desiguales de acero estructural. Parte 2: Tolerancias dimensionales y de forma.
UNE-EN 13501-1:2019	Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.
UNE 207020:2012 IN	Procedimiento para garantizar la protección de la salud y la seguridad de las personas en instalaciones eléctricas de ensayo y de medida de alta tensión.

APARAMENTA

UNE-EN 62271-1:2019	Aparamenta de alta tensión. Parte 1: Especificaciones comunes para aparamenta de corriente alterna.
---------------------	---

APARAMENTA BAJO ENVOLVENTE METÁLICA O AISLANTE

UNE-EN 62271-200:2012	Aparamenta de alta tensión. Parte 200: Aparamenta bajo envoltiente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV
UNE-EN 62271-200:2012/AC:2015	Aparamenta de alta tensión. Parte 200: Aparamenta bajo envoltiente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV
UNE-EN 62271-201:2015	Aparamenta de alta tensión. Parte 201: Aparamenta bajo envoltiente aislante de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
UNE-EN 62271-203:2013	Aparamenta de alta tensión. Parte 203: Aparamenta bajo envoltiente metálica con aislamiento gaseoso para tensiones asignadas superiores a 52 kV.



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:

<http://www.coptima.com/verificador/>

Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023

00 - 8/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



UNE-EN 60529:2018	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP)
UNE-EN 60529:2018/A1:2018	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
UNE-EN 60529:2018/A2:2018	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
UNE-EN 60529:2018/A2:2018/AC:2019-02	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
UNE-EN 50102:1996	Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
UNE-EN 50102 CORR:2002	Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (Código IP)
UNE-EN 50102/A1:1999	Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
UNE-EN 50102/A1 CORR:2002	Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).

TRANSFORMADORES DE POTENCIA

UNE-EN 60076-1:2013	Transformadores de potencia. Parte 1: Generalidades.
UNE-EN 60076-2:2013	Transformadores de potencia. Parte 2: Calentamiento de transformadores sumergidos en líquido.
UNE-EN 60076-3:2014	Transformadores de potencia. Parte 3: Niveles de aislamiento, ensayos dieléctricos y distancias de aislamiento en el aire.
UNE-EN 60076-3:2014/A1:2018	Transformadores de potencia. Parte 3: Niveles de aislamiento, ensayos dieléctricos y distancias de aislamiento en el aire.
UNE-EN 60076-5:2008	Transformadores de potencia. Parte 5: Aptitud para soportar cortocircuitos.

TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y DE PROTECCIÓN

UNE-EN 61869-1:2010	Transformadores de medida. Parte 1: Requisitos generales.
UNE-EN 61869-1:2010 ERRATUM 2011	Transformadores de medida. Parte 1: Requisitos generales.
UNE-EN 61869-2:2013	Transformadores de medida. Parte 2: Requisitos adicionales para los transformadores de intensidad.
UNE-EN 61869-3:2012	Transformadores de medida. Parte 3: Requisitos adicionales para los transformadores de tensión inductivos.

CABLES Y ACCESORIOS DE CONEXIÓN DE CABLES

UNE 211605:2022	Ensayo de envejecimiento climático de materiales de revestimiento de cables.
UNE-EN 60332-1-2:2005	Métodos de ensayo para cables eléctricos y cables de fibra óptica sometidos a condiciones de fuego. Parte 1-2: Ensayo de



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:

<http://www.coptima.com/verificador/>

Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023

00 - 9/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



CABLES Y ACCESORIOS DE CONEXIÓN DE CABLES	
	resistencia a la propagación vertical de la llama para un conductor individual aislado o cable. Procedimiento para llama premezclada de 1 kW.
UNE-EN 60228:2005	Conductores de cables aislados.
UNE 211002:2017	Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V con aislamiento termoplástico. Cables unipolares, no propagadores del incendio, con aislamiento termoplástico libre de halógenos, para instalaciones fijas.
UNE 21027-9:2017	Cables eléctricos de baja tensión. Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V (Uo/U). Cables unipolares sin cubierta, con aislamiento reticulado y con altas prestaciones respecto a la reacción al fuego, para instalaciones fijas.
UNE 211006:2010	Ensayos previos a la puesta en servicio de sistemas de cables eléctricos de alta tensión en corriente alterna.
UNE 211620:2020	Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV inclusive. Cables unipolares y unipolares reunidos con aislamiento de XLPE. Cables con pantalla de tubo de aluminio y cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 10E-6, 10E-7, 10E-8 y 10E-9).

1.6. Descripción general de las instalaciones existentes

La subestación Abenójar 132 kV consta actualmente de:

- Un parque de 132 kV simple barra convencional con equipos de intemperie compuesto por:
 - Dos posiciones de línea (101, 102).
 - Una posición de primario de transformador (103).
 - Una posición de medida de tensión de barras (100).
- Parque de 45 kV simple barra compuesto por equipos de intemperie, con:
 - Una posición de línea (504).
 - Una posiciones de secundario de transformador (503).
 - Dos posiciones de primario de transformador (507, 508).
 - una posición de medida de tensión de barras (500).
- Parque de 15kV simple barra compuesto por equipos de intemperie, con:
 - Cuatro posiciones de línea (701, 702, 704, 706).
 - Dos posiciones de secundario de transformador (703, 705).
 - Una posición de medida de tensión de barras.
 - Una posición de transformador de SSAA.
- Un transformador de potencia de 132/45kV de 30 MVA.
- Dos transformadores de potencia de 45/15kV de 5 MVA.
- Un transformador de SSAA, de relación 15/0,42 kV y 100 kVA a intemperie.



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 10/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



En el edificio “Caseta de relés” se encuentran los armarios de distribución de baja tensión, cuadro de baterías de 125 y 48Vcc y los armarios con los equipos de comunicaciones y de protecciones y telecontrol de la subestación.

1.7. Descripción general de los trabajos a realizar

Los trabajos a realizar responden al Esquema Eléctrico Unifilar que se adjunta en el Documento Planos.

La actuación a realizar consiste en la ampliación de potencia mediante el montaje de un nuevo transformador 132/45 kV de 30 MVA.

Se procederá a construir la nueva bancada, colocación del nuevo transformador y ejecución de la aparcamiento necesaria para realizar su conexión tanto al parque de 132 kV como al de 45 kV.

1.8. Características técnicas relevantes a efectos retributivos

Transformadores de potencia

AUTOTRANSFORMADORES A INTALAR	
Cantidad	1
Relación de transformación	132/45 kV
Potencia	30 MVA

Parque 132kV

Número de posiciones que se instalan	1
Número de calles reserva para ampliación futura	3
CARACTERÍSTICAS	
Tecnología	HIS
Instalación	INTEMPERIE
Configuración	SIMPLE BARRA

Parque 45kV

Número de posiciones que se instalan	1
Número de calles reserva para ampliación futura	5
CARACTERÍSTICAS	
Tecnología	HIS
Instalación	INTEMPERIE
Configuración	SIMPLE BARRA



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 11/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



1.9. Descripción de los equipos principales a instalar

1.9.1. Transformador de potencia

Se contempla la instalación de un transformador de potencia de las siguientes características:

Transformador de potencia trifásico 132/45kV 30MVA con grupo de conexión YNyn0. Permite regulación en carga en el lado de alta tensión. En baño de aceite. Dispone de sistema de refrigeración tipo ONAN mediante radiadores adosados a la cuba. Estará provisto de bornas convencionales tanto en 132kV como en 45kV.

1.9.2. Posición de 132kV

Se instalará una nueva posición de trafa. Los nuevos equipos a instalar en la nueva posición del parque de 132kV son:

- Posición de trafa T-IV
 - 1 MÓDULO HYPACT 145kV 2500A POS. TRANSFORMADOR GE
 - 3 AUTOVÁLVULA 132 kV VARISIL HTS 120 DISACE TRIDELTA
 - AISLADOR DE APOYO 132 kV

1.9.3. Posición de 45kV

Se instalará una nueva posición de trafa. Los nuevos equipos a instalar en la nueva posición del parque de 45kV son:

- Posición de trafa T-IV
 - 1 MÓDULO HIS PASS-72,5kV POS. TRANSFORMADOR
 - 1 TRANSFORMADOR DE TENSION INDUCTIVO UTB-52 46.000: v3/3x110: v3 V ARTECHE
 - 3 AUTOVÁLVULA 45 kV VARISIL HI-42 DISACE TRIDELTA
 - 3 AISLADOR DE APOYO 45 kV

1.9.4. Conexiones

Para las conexiones de alta tensión, se utilizará para las conexiones del lado de 45kV un cable por fase RHZ1-20L(S) 26/45 kV Cu 1x500mm²+H165 y se proyectará con tubo de cobre Ø60/54mm o equivalente comercial, con Cu 315mm² en la parte aérea hasta conectarse al embarrado de Cu 315mm².

Las conexiones del lado de 132 kV se realizarán mediante tubo de aluminio Ø63/51mm o equivalente comercial, con conductor CARDINAL AI 547,3 mm² hasta conectarse al embarrado de tubo de Al Ø120/105mm.



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 12/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



1.10. Servicios auxiliares

La subestación cuenta con todos los equipos auxiliares para alimentaciones de baja tensión, protección, telecontrol y telegestión:

- Baterías de 125 Vcc alcalinas con su cargador correspondiente.
- Baterías de 48 Vcc alcalinas con su cargador correspondiente, para telecontrol.
- Un transformador de servicios auxiliares 15/0,42 kV de 100kVA en el parque de 15kV.
- Un cuadro de Baja Tensión para distribución de corriente continua (48 Vcc y 125 Vcc) y corriente alterna (400/230 Vca).
- Armarios de telecontrol y comunicaciones.

1.11. Sistemas de protecciones, control, comunicaciones y medida

El sistema de protecciones está diseñado de forma que su configuración permita la detección rápida y eficaz de las diversas situaciones anómalas de tal forma que sea posible aislar la zona afectada del resto del sistema.

Los transformadores de potencia de 132kV disponen de protección diferencial y de protección de sobrecorriente de fases en alta tensión y baja tensión y de neutro, y las protecciones propias del transformador. El sistema incluye también relés de disparo y bloqueo, los equipos de fallo interruptor, de vigilancia de circuitos de disparo.

Se utilizan los convertidores y contadores de energía activa y reactiva para medida interna.

Los equipos de protección, mando y medida irán situados en armarios para servicio en intemperie que se situarán al lado de las correspondientes posiciones de 132 y de 45kV.

1.12. Sistema de cableado de Baja Tensión

Los conductores de baja tensión a utilizar serán de cobre de tensión asignada 0,6/1kV.

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables serán libres de halógenos y no producirán gases corrosivos.

Los elementos de conducción de cables serán "no propagadores de la llama".

La sección de los cables deberá ser uniforme en todo su recorrido y sin empalmes.

1.13. Red de tierras

La red de tierras subterránea existente en la subestación está realizada mediante una malla de cable de cobre desnudo de 95 mm² enterrado directamente a unos 80 cm de profundidad. Las uniones entre cables de tierra para formar la malla están realizadas mediante soldadura aluminotérmica, así como las uniones para conectar a tierra las derivaciones desde la malla hacia las distintas estructuras metálicas y aparatos.

Todos los elementos metálicos accesibles en la subestación, tales como el vallado, las puertas de acceso, las estructuras metálicas soporte, los armarios metálicos, la cuba de los transformadores, así como los neutros y terciarios de los mismos (en los casos en que aplique), las pantallas de los cables de potencia y el sistema de alumbrado y de tomas de corriente, están conectados a la red de puesta a tierra de la subestación.

Se unirán a la red general de tierra la cuba del transformador, la nueva aparamenta y las diferentes partes metálicas de las estructuras y soportes.

La ampliación de la subestación con el segundo transformador 132/45kV 30MVA no supone un incremento significativo de la intensidad de defecto da tierra, de manera que el electrodo de tierra de la subestación, de una extensión aproximada de 60x60m y 5x5m de cuadrícula, ha de considerarse válido.



Industriales de Málaga
Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura
21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 13/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



Como se ve en las tablas siguientes, los valores de las intensidades de cortocircuito con el segundo transformador 132/45kV acoplado al transformador actual, aumentan pero en ningún caso superan los 5,37kA.

Los valores de cortocircuito actualmente en barras AT de Abenójar, en explotación habitual, son:

Nombre	Nombre	Tensión (kV)	Cortocircuito trifásico		Cortocircuito Monofásico	
			Icc (A)	Ángulo (º)	Icc (A)	Ángulo (º)
5000	ABENÓJAR	132	3889,4	-77,04	3196,0	-81,69
56100	ABENÓJAR	45	2864,8	-87,84	3787,4	-88,7

Con la segunda máquina 132/45kV 30MVA en la subestación de Abenójar, tendremos:

Nombre	Nombre	Tensión (kV)	Cortocircuito trifásico		Cortocircuito Monofásico	
			Icc (A)	Ángulo (º)	Icc (A)	Ángulo (º)
5000	ABENÓJAR	132	3933,4	-77,8	3422,9	-82,55
56100	ABENÓJAR	45	4269,0	-87,71	5369,4	-88,79

En todo caso, tras la ampliación se realizarán las comprobaciones y verificaciones precisas "in situ" y se realizarán los cambios que sean necesarios, en su caso, para cumplir con la Instrucción Técnica Complementarios ITC-R-13 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión, incluyendo las mediciones reglamentarias de las tensiones de paso y contacto.

1.14. Obra civil

Comprenderá todos aquellos trabajos y ejecución de obras que sean precisos para la recepción y posterior montaje de equipos destinados a la subestación, así como de todos los sistemas complementarios que se integrarán en la misma:

- Demoliciones
- Movimiento de tierras
- Construcción de nueva bancada y de un muro cortafuegos
- Ejecución de cimentaciones para nueva aparamenta de alta tensión
- Ejecución de canalizaciones eléctricas y arquetas asociadas
- Ejecución de canalizaciones de drenajes y arquetas asociadas
- Dispositivo de contención de derrames y pozo filtrante
- Ampliación de la malla de tierras existentes, mediante cable de cobre enterrado

Todas las actividades de obra civil se describen en detalle en el documento de obra civil anexo, que se tramitará para la obtención de la correspondiente licencia de obra municipal.

1.15. Otros sistemas y medidas correctoras

1.15.1. Aspectos medioambientales

Con el objeto de conseguir una mayor protección ambiental se introducirán en el proyecto algunas condiciones de manera que se minimice la afección de la subestación:

- Todos los desperdicios, escombros, tierras de desecho, etc., generados durante la instalación, se gestionarán de acuerdo con su naturaleza. En caso de generarse residuos de aceite, estos serán tratados como residuos peligrosos por gestor autorizado.



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:

<http://www.coptima.com/verificador/>

Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023

VISADO 7115/2023

00 - 14/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



- Se tomarán las medidas preventivas necesarias durante la ejecución de la obra para reducir al máximo las emisiones de ruidos y contaminantes a la atmósfera, especialmente la emisión de polvo.

1.15.2. Protección contra incendios

Los transformadores de potencia son los únicos elementos de la instalación que contienen material inflamable y con carga de fuego a considerar, pues contienen aceite aislante, el cual puede ser considerado un líquido de peligrosidad baja, al ser su punto de inflamación superior a 61°C, cuando la norma UNE 21-320, parte V, fija un punto de inflamación para los aceites aislantes superior a 140°C.

Para los transformadores se cumplen las directivas del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación que, para instalaciones de exterior (ITC-RAT 15), indica:

- Que se instalen dispositivos de protección rápida que corten la alimentación de todos los arrollamientos del transformador. Para ello se montan interruptores automáticos de potencia en todos los devanados que alimentan de energía eléctrica. Estos son actuados por protecciones digitales de última generación (diferencial y sobreintensidad), consiguiendo al final el corte rápido de la alimentación al transformador.

Se eligen las distancias suficientes para evitar la propagación de fuego a instalaciones próximas.

- Se cuenta con un muro cortafuegos entre el nuevo transformador y el existente.
- Se monta el transformador sobre bancada de hormigón con foso de recogida de aceite, provisto en su parte superior de una rejilla metálica, sobre la que se dispone una capa de grava de unos 20 cm de espesor, para permitir el paso del aceite y provocar el apagado del mismo antes de ser conducido y recogido en un depósito colector, de volumen adecuado para recoger la totalidad del aceite del transformador con mayor cantidad de aceite.

No se considera necesaria la instalación de dispositivos fijos de extinción, aunque se prevé la existencia junto a los trafos de potencia de un extintor móvil de carro de polvo ABC polivalente de eficacia 21A-113B-C.

1.15.3. Ruidos

Los únicos elementos que producen ruido en la subestación proyectada son los transformadores de potencia.

El nivel máximo admisible de presión acústica depende del tipo de zona en la que se ubique la subestación y variará entre 40 dBA (zonas con equipamiento sanitario) y 55 dBA (zonas industriales), de acuerdo al Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003 del Ruido, con fecha 17 de noviembre. La subestación se encuentra próxima a zonas de uso residencial y zonas verdes. Por lo tanto, no se debe sobrepasar los 45 dBA como valor más restrictivo de inmisión de ruido.

En el Anexo II: Estudio de ruidos se incluyen los cálculos efectuados.

1.15.4. Campos electromagnéticos

Los equipos eléctricos que conforman la subestación, al igual que cualquier otro equipo o aparato que funcione con energía eléctrica, generan campos eléctricos y magnéticos, cuya intensidad depende de la frecuencia, la intensidad y la tensión.

Los campos eléctricos y magnéticos que se producen a bajas frecuencias, como la frecuencia industrial de 50 Hz a la que funciona el sistema eléctrico español, tienen como principal característica que no se acoplan ni se propagan como una onda, sino que desaparecen a corta distancia de la fuente que lo genera.

La ampliación de potencia de la subestación estará diseñada según el Reglamento de Instalaciones de Alta Tensión en virtud de lo establecido en el Real Decreto 337/2014, como indica el apartado 3.15 de la ITC-RAT 15 "Limitación de los campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión" para que no se supere en el exterior de la instalación el valor establecido en el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el



Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 15/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

Este Real Decreto recoge los criterios de la Recomendación del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea de 12 de julio de 1999. Según el Anexo II "Límites de exposición a las emisiones radioeléctricas" del Real Decreto 1066/2001, para frecuencias de 50Hz, el máximo campo electromagnético permitido es de 100 μ T.

En el documento "Planos" se incluye una simulación de campos magnéticos de frecuencia industrial generados por la subestación tras la ampliación objeto de este proyecto con el fin de obtener y conocer la magnitud en las condiciones de carga más desfavorables.

Aun considerando que los cálculos de campos magnéticos están hechos en la situación de carga máxima y que la suma de los campos se realiza escalarmente, se observa en el plano que los valores de campo magnético en el perímetro de la subestación no superan en ningún caso los valores máximos permitidos marcados por el Real Decreto 1066/2001.

1.16. Seguridad y salud

Como anexo a este proyecto se recogen las medidas a contemplar como parte del Estudio de Seguridad y Salud, en cumplimiento del R.D. 1.627/1997 de 24 de octubre.



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023

VISADO 7115/2023

00 - 16/66

Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>

Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

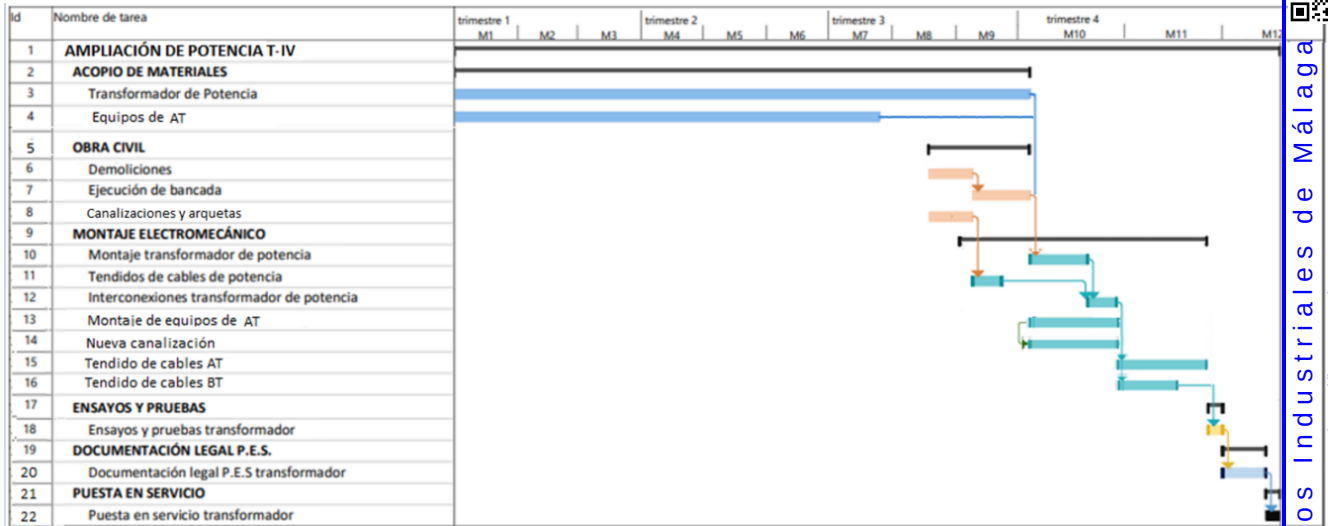
Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



1.17. Planificación

El plazo de ejecución de la ampliación de la subestación que se prevé es de DOCE MESES en sintonía con la planificación que se indica a continuación:



Estos plazos empezarán a contar en el lanzamiento de la obra, una vez obtenidos todos los permisos, licencias y autorizaciones necesarias.

1.18. Presupuesto

El presente presupuesto importa la referida cantidad de **UN MILLON DOCIENTOS TREINTA Y DOS MIL DOCIENTOS TREINTA Y UN EUROS CON VEININUEVE CENTIMOS DE EURO (1.232.231,29 €).**

CÓRDOBA, JUNIO DE 2023
EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
RAFAEL FLORES VENTURA
COLEGIADO Nº 5.557



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:

<http://www.coptima.com/verificador/>

Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023

VISADO 7115/2023

00 - 17/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



2. Documentos planos

2.1. Lista de planos

Plano	Título
31574I00011	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
31574I00012	ESQUEMA ELÉCTRICO UNIFILAR
31574I00013	DISPOSICIÓN DE EQUIPOS. PLANTA GENERAL
31574I00014	DISPOSICION DE EQUIPOS. SECCIONES
31574I00015	RED DE PUESTA A TIERRA
31574I00016	CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS



Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLRX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 18/66

5557 - Rafael Flores Ventura



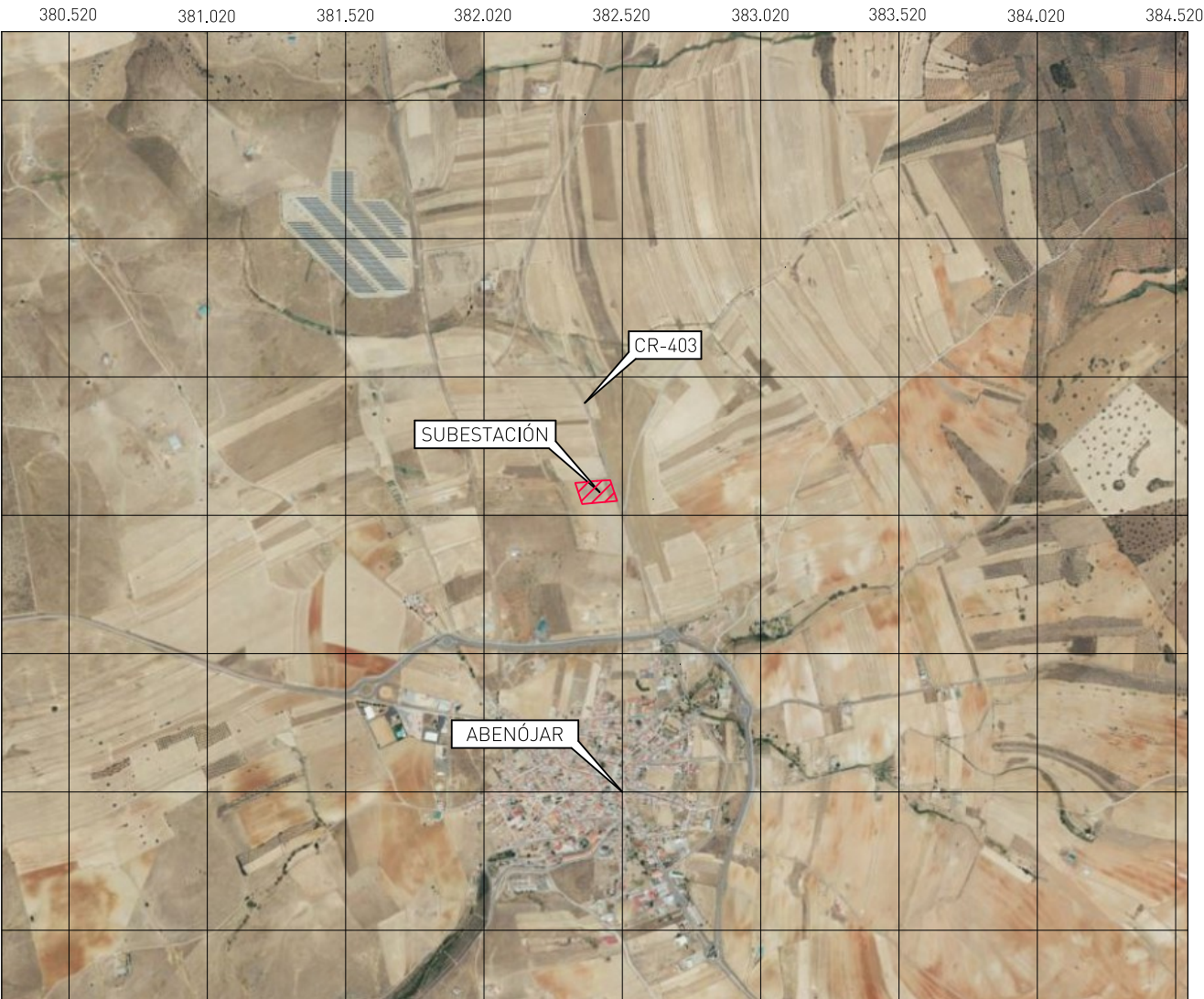
CAD: 317420011 - SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.DWG 16/06/2023 9:44 AM

UD928122079010

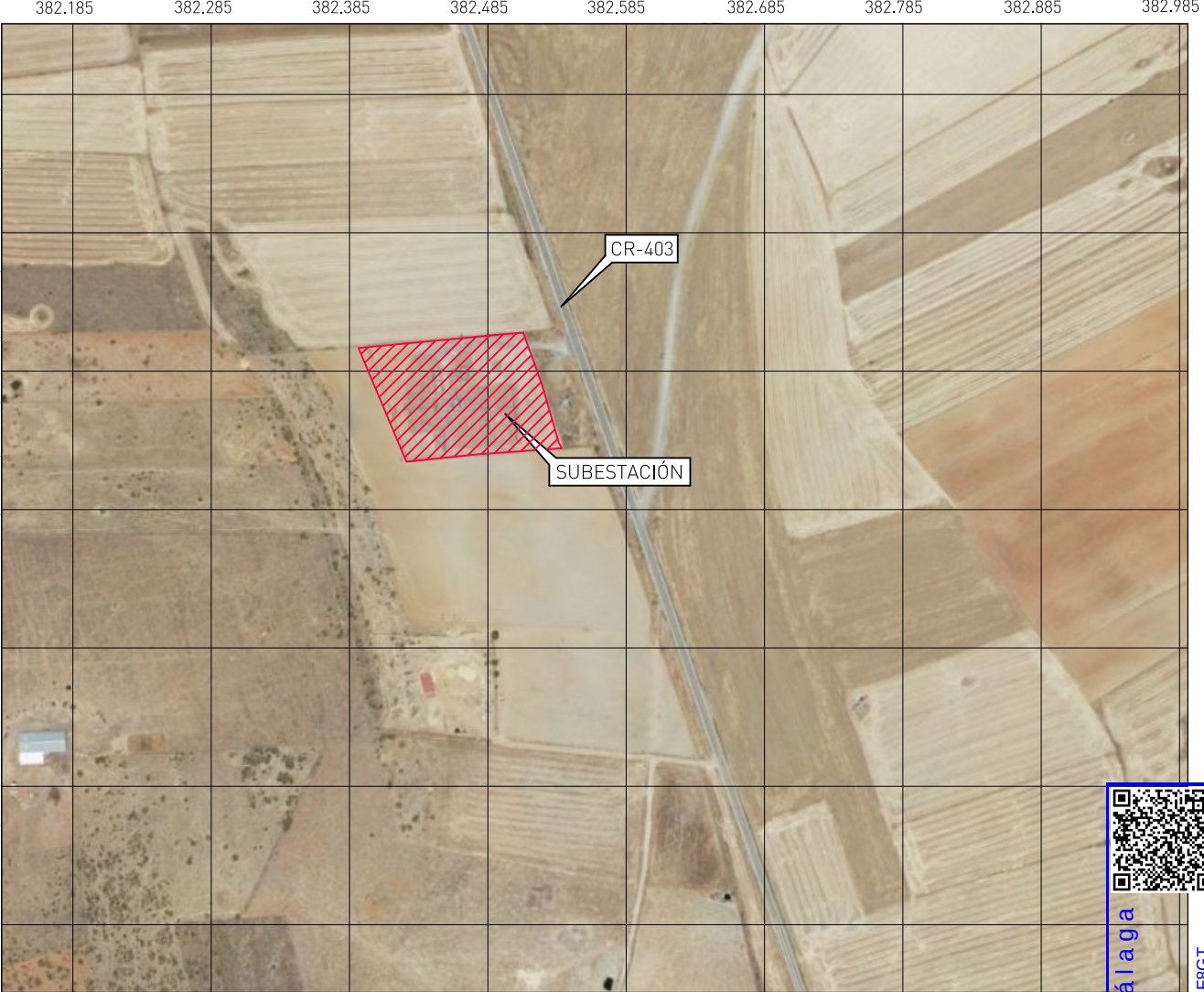
ABE



EMPLAZAMIENTO
ESCALA 1:400



SITUACIÓN
ESCALA 1:25,000



UBICACIÓN
ESCALA 1:5,000

COORDENADAS UTM (ETRS89, HUSO 30)		
PUNTO	X	Y
A	382.500	4.305.415

COORDENADAS DEL ACCESO  REFERIDAS AL SISTEMA UNIVERSAL
TRANSVERSE MERCATOR (UTM - ETRS89)

1	25/05/23	ECO	ECO	JMMI	RMB	PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO
EDIC	FECHA	DD	TP	RVS	APR	EDITADO PARA



TÍTULO PROYECTO:
**SUBESTACIÓN ABENÓJAR 132 kV
AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA**

TÍTULO PLANO:
SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

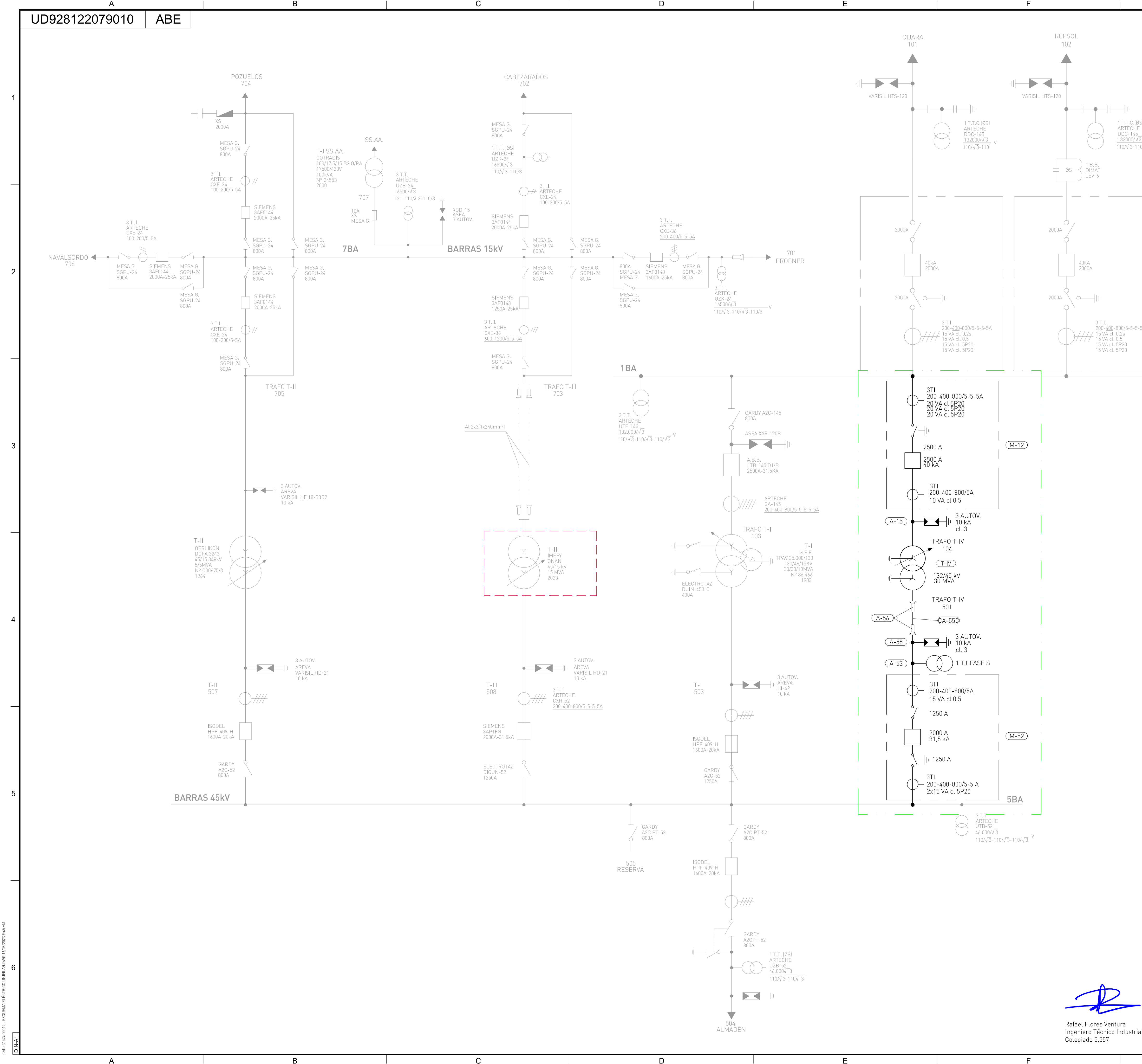
ESCALA:
INDICADAS



Doc. Cliente: UD928122079010
Plano:
31574100011

Collegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga
Puede verificar este documento en:
5567 - Rafael Flores Ventura
Código: TQHLR34XWZFWJCKNGSFGST
Visto: 00 - 19/06/23


Rafael Flores Ventura
Ingeniero Técnico Industrial
Colegiado 5.557



RELACION DE LA NUEVA APARAMENTA A INSTALAR			
POS.	CANT.	DENOMINACION	FABRICANTE
TRANSFORMADORES			
T-IV	1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 132/45 kV 30 MVA YNyn0	KONCAR
APARAMENTA 132 kV			
M-12	1	MÓDULO HYPACT 145kV 2500A POS. TRANSFORMADOR	GE
A-15	3	AUTOVÁLVULA 132 kV VARISIL HTS 120	DISACE TRIDELTA
APARAMENTA 45 kV			
M-52	1	MÓDULO HIS PASS-72,5kV POS. TRANSFORMADOR	HITACHI / ABB
A-53	1	TRANSFORMADOR DE TENSION INDUCTIVO UTB-52 46.000/√3/3x110/√3 V	ARTECHE
A-55	3	AUTOVÁLVULA 45 kV VARISIL HI-42	DISACE TRIDELTA
A-56	6	TERMINAL POLIMÉRICO DE EXTERIOR FLEXIBLE PARA CABLE CA-55C	-
CONDUCTORES			
CA-55C	-	CABLE RHZ1-20(LIS) 26/45 kV Cu 3(1x500mm²)+H145	-

- NOTAS.-
- LA ZONA RECUADRADA CORRESPONDE A LA AMPLIACION A REALIZAR
- LA ZONA RECUADRADA CORRESPONDE A LA ACTUACION 92812106/9012 PROYECTADA PARA 2023, CONSISTENTE EN LA EN LA SUSTITUCIÓN DEL TRAFO T-III 45/15 kV

1	25/05/23	ECO	ECO	JMMI	RMB	PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO			
EDIC	FECHA	DD	TP	RVS	APR	EDITADO PARA			

TÍTULO PROYECTO:

SUBESTACIÓN ABENÓJAR 132 kV
AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA

TÍTULO PLANO:

ESQUEMA ELÉCTRICO UNIFILAR

ESCALA:

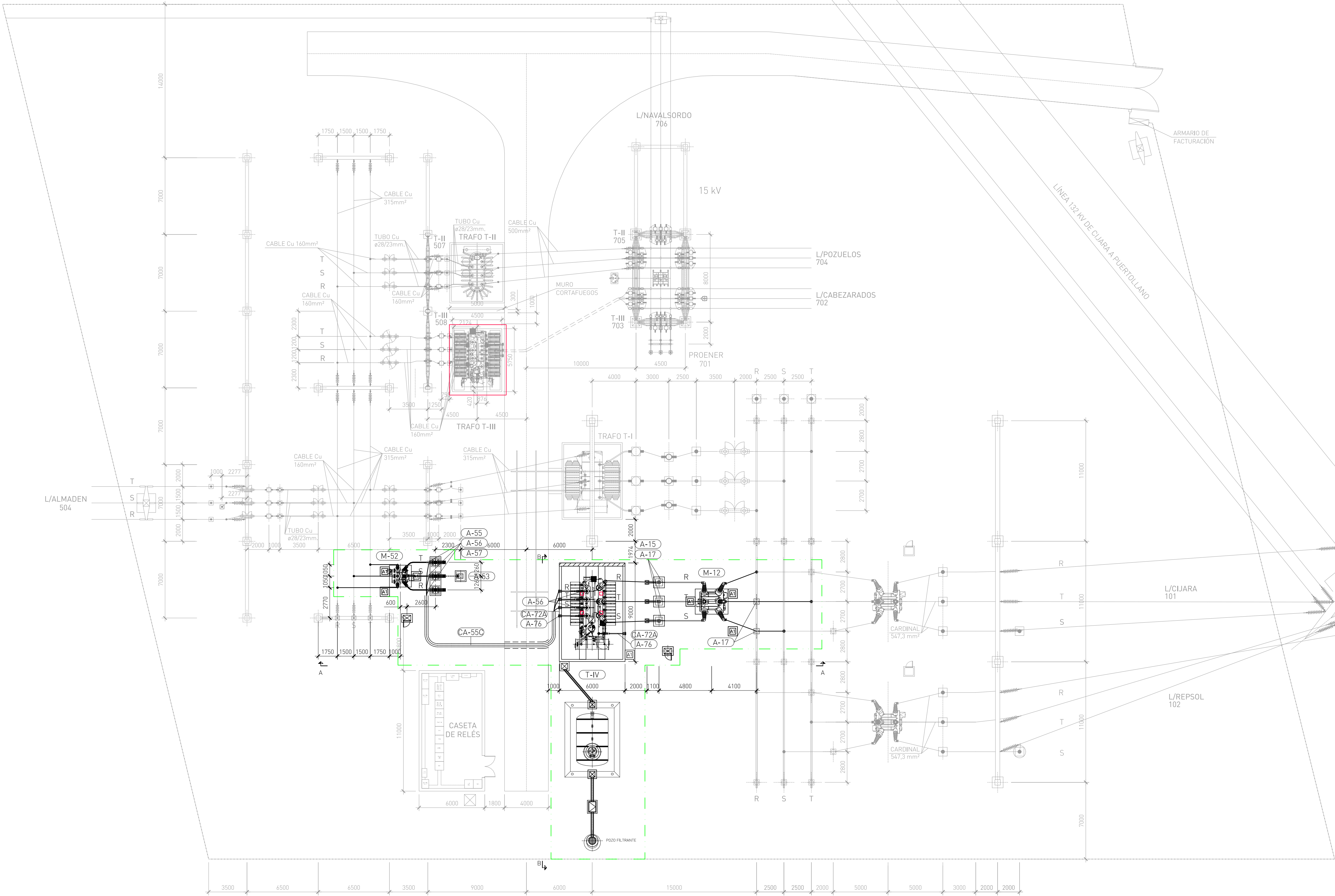
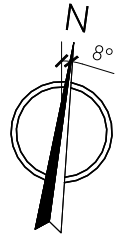
S/E

Doc. Cliente: UD928122079010
Plano: 31574100012

HOJA 01 SIGUE

UD928122079010

ABE



RELACION DE LA NUEVA APARAMENTA A INSTALAR

POS.	CANT.	DENOMINACION	FABRICANTE
TRANSFORMADORES			
T-IV	1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 132/45 kV 30 MVA YNyn0	KONCAR
APARAMENTA 132 kV			
M-12	1	MÓDULO HYPACT 145kV 2500A POS. TRANSFORMADOR	GE
A-15	3	AUTOVÁLVULA 132 kV VARISIL HTS 120	DISACE TRIDELTA
A-17	5	AISLADOR DE APOYO 132 kV	-
APARAMENTA 45 kV			
M-52	1	MÓDULO HIS PASS-72,5kV POS. TRANSFORMADOR	HITACHI / ABB
A-53	1	TRANSFORMADOR DE TENSION INDUCTIVO UTB-52 46.000√3/3x110√3 V	ARTECHE
A-55	3	AUTOVÁLVULA 45 kV VARISIL HI-42	DISACE TRIDELTA
A-56	6	TERMINAL POLIMÉRICO DE EXTERIOR FLEXIBLE PARA CABLE CA-55C	-
A-57	3	AISLADOR DE APOYO 45 kV	-
APARAMENTA 15 kV			
A-76	2	TERMINAL POLIMÉRICO DE EXTERIOR FLEXIBLE PARA CABLE CA-72A	-
CONDUCTORES			
CA-55C	-	CABLE RHZ1-20(LS) 26/45 kV Cu 3(1x500mm²)+H165	-
CA-72A	-	CABLE RHZ1-20(LS) 12/20 kV Al 3(1x240mm²)+H16	-

NOTAS.-

[] LA ZONA RECUADRADA CORRESPONDE A LA AMPLIACION A REALIZAR

[] LA ZONA RECUADRADA CORRESPONDE A LA ACTUACION 928121069012 PROYECTADA PARA 2023, CONSISTE EN LA SUSTITUCIÓN DEL TRAFIO T-III 45/15 kV

1	20/04/23	ECO	ECO	LDR	LDR	INFORMACIÓN Y COMENTARIOS
EDIC	FECHA	DD	TP	RVS	APR	EDITADO PARA

TITULO PROYECTO:

SUBESTACIÓN ABENÓJAR 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA

TITULO PLANO:

DISPOSICIÓN DE EQUIPOS

PLANTA GENERAL

ESCALA:

1:200

Doc. Cliente: UD928122079010

Plano:

31574100013

HOJA 01 SIGUE

Rafael Flores Ventura
Ingeniero Técnico Industrial
Colegiado 5.557

Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:

5557 - Rafael Flores Ventura

Código: TQHELPK4WZEWJCKNGSFRGT

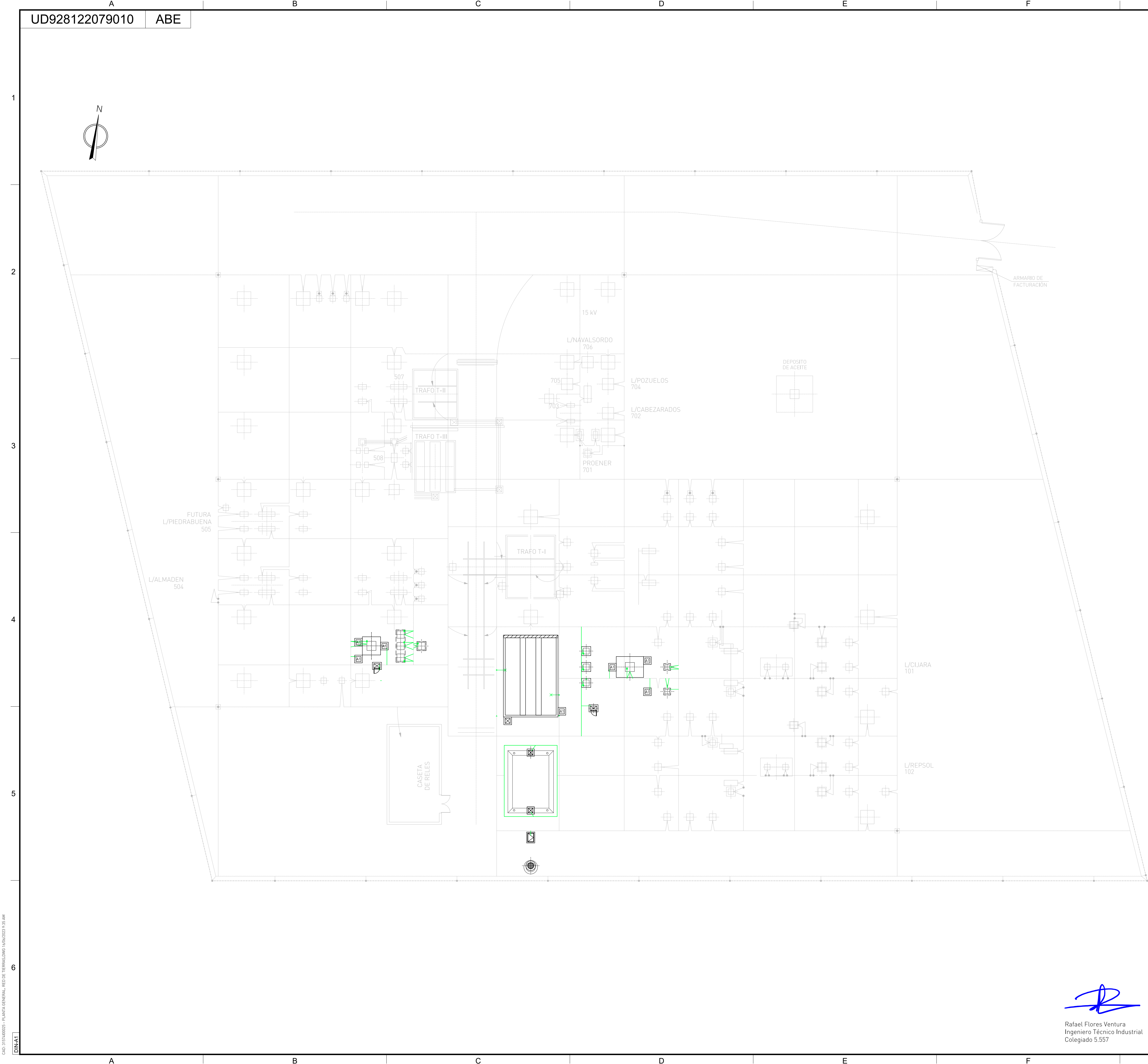


LA ZONA RECUADRADA CORRESPONDE A LA AMPLIACIÓN Y/O MODIFICACIÓN A REALIZAR

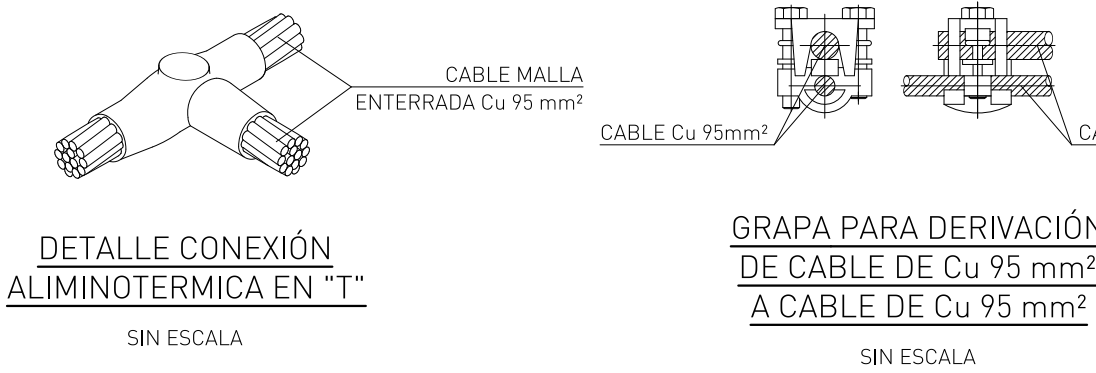
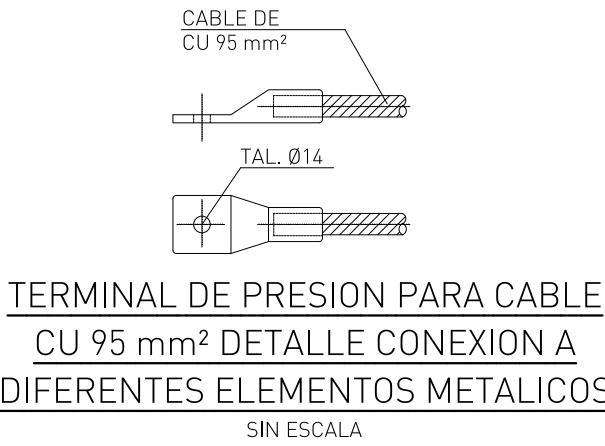
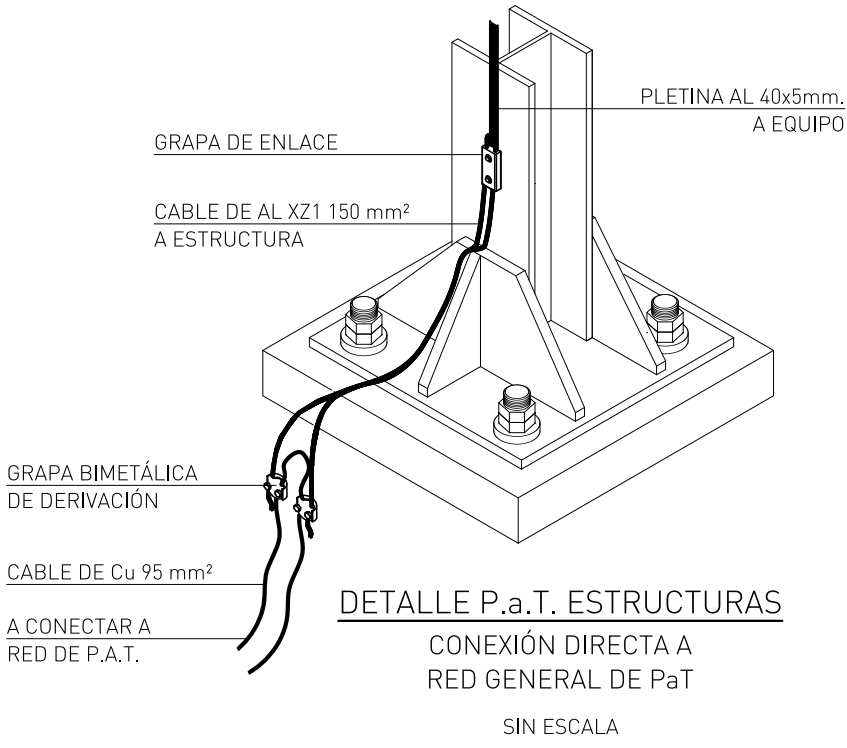
		
TÍTULO PROYECTO: SUBESTACIÓN ABENÓJAR 132 kV AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA		
TÍTULO PLANO: DISPOSICIÓN DE EQUIPOS SECCIONES		ESCALA: 1:60
		Doc. Cliente: UD928122079010 Plano: 31574100014 HOJA 01 SIGUE --

TÍTULO PLANO:	DISPOSICIÓN DE EQUIPOS SECCIONES	ESCALA:	1:60
---------------	-------------------------------------	---------	------

 	Doc. Cliente: UD928122079010
	Plano: 31574100014
	HOJA 01 SIGUE --



SIMBOLOGIA Y RELACIÓN DE MATERIALES		
SÍMBOLO	CANT.	DENOMINACIÓN
	-	CABLE DESNUDO Cu 95 mm² ENTERRADO A 0,8 m (EXISTENTE)
	-	CABLE DESNUDO Cu 95 mm² (NUEVO A INSTALAR)
	11	CONEXION DE PASO CABLE DE AL XZ1 150 mm² A ESTRUCTURA METALICA
	2	CONEXION DE PASO DE CABLE DE AL XZ1 150 mm² PARA CONEXION A CUBA TRANSFORMADOR
	11	CONEXIÓN CABLE CU 95 mm² A ARMADURA DE CIMENTACIÓN
	9	CONEXIÓN P.a.T. A TAPA DE CHAPA ESTRIADA DE ARQUETA



1	25/05/23	ECO	ECO	JMMI	RMB	PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO
EDIC	FECHA	DD	TP	RVS	APR	EDITADO PARA

TÍTULO PROYECTO:
SUBESTACIÓN ABENÓJAR 132 kV
AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA

TÍTULO PLANO:
PLANTA GENERAL
RED DE TIERRAS

ESCALA:
1:200

Doc. Cliente: UD928122079010
Plano: 31574100015
HOJA 01 **SIGUE** --



	21/06/2023 VISA 00 7115/2023 00 - 41068	5557 - Rafael Flores Ventura - -	Puede verificar este documento en: http://www.copliima.com/verificador/ Código: 7QHRLRX4WNZRWJ8CKNGNSFRGT	
	Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga			

Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



3. Documento Pliego de condiciones técnicas

3.1. Generalidades

El siguiente documento abarca las prescripciones correspondientes a los materiales, aparatos y equipos a instalar en la subestación Abenójar, en el municipio de Abenójar (Ciudad Real).

Todos los equipos que se instalarán en la subestación cumplirán con las características reflejadas en las correspondientes Especificaciones de Materiales de UFD.

3.2. Relación de equipos y materiales

- Transformador de potencia 132/45 kV 30 MVA
- Módulo HYPACT 145kV 2500A pos. Transformador
- Autoválvula 132 kV Varisil HTS 120
- Aislador de apoyo 132 k
- Módulo HIS PASS-72,5kV pos. Transformador
- Transformador de tensión inductivo UTB-52
- Autoválvula 45 kV Varisil HI-42
- Aislador de apoyo 45 kV
- Conductores y accesorios 45kV
- Cables de mando y control

3.3. Características principales

Todos los equipos que se instalarán en la subestación cumplen con las características reflejadas en las correspondientes Especificaciones de Materiales de UFD.

Los equipos para la instalación, tanto en el parque de 132kV como en el de 45kV, son del tipo módulo híbrido de exterior, con aislamiento en hexafluoruro de azufre que incluyen: la armadura, los equipos de mando, protecciones y telecontrol.

El transformador de potencia es del tipo exterior, con aislamiento en baño de aceite, con refrigeración ONAN mediante radiadores adosados a la cuba, dispone de bornas convencionales en 132 kV y en 45kV, y permite la regulación en carga en el lado de alta tensión.

3.4. Transformador de potencia 132/45 kV 30 MVA

El nuevo transformador estará proyectado e instalado según lo previsto en las especificaciones técnicas de UFD.

La máquina será de tipo robusto y capaz de resistir los más violentos cortocircuitos. El centro de gravedad, tanto con aceite como sin él, estará situado de manera tal que la máquina tenga un buen grado de estabilidad. Es por ello que el transformador se apoya sobre pivotes.

El funcionamiento de las máquinas será silencioso y libre de vibraciones, cualesquiera que sean las condiciones de carga, con tensión nominal + 12 % y frecuencia nominal (50 Hz) + 5 %.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	
Nivel de tensión primaria	132 kV
Frecuencia (Hz)	50
Potencia asignada en servicio continuo	
Arrollamiento primario (MVA)	30
Arrollamiento secundario (MVA)	30



Collegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WZNZRWJ36CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura
21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 25/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	
Tensión asignada en vacío	
Arrollamiento primario (kV)	132±10x1,584%
Arrollamiento secundario (kV)	46
Tensión máxima servicio (kV)	
Alta	145
Baja	52
Número de posiciones en servicio	21
Número de posiciones totales	23
Grupo de conexión	YNyn0
Refrigeración	ONAN

Todos los valores indicados para las clases de aislamiento corresponderán a las Normas CEI.

El transformador funcionará con potencia nominal por un período de tiempo ilimitado sin exceder los siguientes límites de sobretemperatura con respecto a una temperatura ambiente de 40 °C.

- 60 °C en el aceite.
- 65 °C en los arrollamientos.

La potencia nominal se mantendrá dentro de los límites de sobretemperatura establecidos en todo el campo de regulación de la tensión prevista.

La refrigeración del transformador es por ventilación natural mediante radiadores adosados a la cuba.

La regulación en carga es a potencia y flujo constante en todas sus tomas y se realiza desde el arrollamiento de AT.

Las bornas de línea y neutro son de tipo convencional.

3.4.1.1. Núcleo

El núcleo será de chapas de acero al silicio de grano orientado, laminadas en frío, de bajas pérdidas específicas y elevada permeabilidad, de la mejor calidad y de tipo anti envejecimiento.

Las chapas estarán exentas de impurezas y convenientemente recocidas después de haber sido cortadas en las debidas dimensiones.

Las chapas serán perfectamente aplanadas y aisladas con procedimientos especiales que garanticen la conservación de las características aislantes en el tiempo y al calor.

Las chapas magnéticas se montarán de manera tal que existan en el núcleo amplios conductos de enfriamiento para eliminar puntos calientes y que se obtengan una distribución uniforme y simétrica del campo magnético.

Las columnas estarán fuertemente prensadas por medio de bloqueos y pernos pasantes adecuadamente aislados.

Las culatas estarán bloqueadas por medio de perfiles de acero y sistemas de tirantes y pernos aislados.

Todas las estructuras de bloqueo garantizarán una adecuada resistencia mecánica, evitarán deslizamientos de las chapas durante el transporte, el ejercicio y en condiciones de cortocircuito, y reducirán al mínimo las vibraciones bajo toda condición de operación.

Toda la estructura de sujeción estará realizada de modo que se reduzcan al mínimo las corrientes parásitas.

El núcleo estará conectado rígidamente a tierra para evitar acumulaciones de cargas electrostáticas.

Por diseño, se minimizan al máximo las vibraciones de la máquina una vez puesta en servicio bajo cualquier condición de operación.

La conexión a tierra del núcleo magnético y del yugo del transformador, con objeto de evitar acumulaciones de cargas electrostáticas, es accesible desde el exterior mediante borna pasatapas de tensión máxima de material



Colectividad de Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:

<http://www.coptima.com/verificador/>

Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023

VISADO 7115/2023

00 - 26/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



mínima de 1 kV. El sistema permite tanto la conexión equipotencial a la tapa del transformador, como la posibilidad de conexión externa a la red de tierras general de la subestación destino. Dicha unión equipotencial es fácilmente retirable para pruebas.

3.4.1.2. Arrollamientos

Los arrollamientos serán de conductores de cobre electrolítico, exentos de impurezas, aislados con papel, y en cuanto sea posible, sin soldaduras.

El aislamiento y las capacidades serán convenientemente repartidos en los arrollamientos a fin de evitar puntos débiles en el aislamiento mismo y conseguir así una distribución de tensión sensiblemente líneas bajo sobretensiones a impulso.

Todas las juntas por donde pasa corriente serán efectuadas con soldadura autógena o con plata.

Los terminales de los arrollamientos y las derivaciones intermedias serán bloqueadas rígidamente de modo que se evite cualquier inconveniente causado por las vibraciones.

Los arrollamientos, los cilindros aislantes y la estructura de soporte estarán diseñadas de modo que permitan una amplia circulación del medio de refrigerante y eviten la formación de puntos calientes, soportando además sin deformaciones las máximas solicitaciones mecánicas, ya sean permanentes como transitorias debidas a cortocircuito.

Los materiales empleados son insolubles y químicamente inactivos en baño de aceite caliente, utilizando soportes aislantes de "pressboard" ó madera laminada.

Las bobinas y el núcleo, completamente ensamblados, han sido secados al vacío e inmediatamente después impregnados de aceite dieléctrico para asegurar así la eliminación de humedad y aire de los materiales aislantes.

El conjunto núcleo - arrollamientos se fijará en la caja, de modo que se eviten deslizamientos durante desplazamientos del transformador.

3.4.1.3. Cuba

La cuba será de chapa soldada y reforzada con perfiles de acero. Será de tipo autoclave para permitir el tratamiento del transformador al vacío (valor de la presión absoluta de 60 mm de mercurio) y sin sufrir deformaciones permanentes a una sobrepresión de 1 Kg/cm², aplicada al transformador lleno de aceite.

La cuba formará un cuerpo único, no subdivisible, al cual se atornillará la tapa. Las juntas de las chapas serán prueba de aceite caliente.

En el interior de la caja se preverán las necesarias guías para mantener el núcleo, con sus arrollamientos, en la justa dirección al ser introducido o extraído.

Entre el núcleo arrollado y el fondo de la caja se habilitará un espacio suficiente para recoger los sedimentos.

Para garantizar la protección mecánica de la cuba, incluido defecto interno, se emplean válvulas de sobrepresión en número adecuado, con un mínimo de dos contactos de actuación para señalización de alarma. Asimismo el transformador incorpora un sistema deflector de material metálico con canalización de aceite hacia el fondo del transformador en el caso de actuación de las válvulas de alivio de protección de la cuba. Además la cuba será provista de las siguientes válvulas y grifos:

- Válvula de seguridad.
- Válvulas para el tratamiento del aceite.
- Válvulas para tomas de muestras en la parte alta, media y baja de la caja.
- Válvulas para independizar los radiadores de la cuba.



Industria de Máquinas y Herramientas S.A.
Puede verificar este documento en:
<http://www.copitima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura
21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 27/66

Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos de Máquinas y Herramientas

Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



La tapa de la cuba se ha diseñado de manera que se eviten depósitos de agua sobre la superficie externa y posibilita que las burbujas de gas y aire se dirijan hacia el relé Buchholz. Para garantizar la seguridad de las personas y evitar caídas, se sitúan sobre la tapa los puntos adecuados de sujeción.

Las conexiones mecánicas estarán provistas de empaquetaduras a prueba de gas y de aceite caliente. Dispondrán de suficiente número de pernos o de tornillos, convenientemente distanciados, de manera que asegure una presión uniforme en las empaquetaduras.

Las empaquetaduras soportarán, sin sufrir desperfectos, tanto la sobrepresión como el grado de vacío previsto para el transformador.

La cuba irá provista de cáncamos para levantar la máquina totalmente llena de aceite, y se equipará con patas y posee un mínimo dos terminales para su puesta a tierra, ubicados en dos extremos opuestos de la parte inferior de la misma, y preparados para conductor de cobre de sección de hasta 185 mm². La grapa suministrada permite asimismo la conexión de cable de tierra en forma de bucle.

3.4.1.4. Aceite y su correspondiente equipo

- **Aceite**

Los transformadores dispondrán de una capacidad de aceite suficiente para llenar la cuba, el depósito de expansión, los radiadores y, donde fuere necesario, los aisladores pasantes.

El aceite aislante será mineral de tipo nafténico o parafínico, de primera calidad, especialmente refinado para el uso como medio aislante y de enfriamiento de los transformadores. En su composición química no contendrá sustancias inhibidoras. Tampoco contiene sustancias pasivantes.

El aceite tendrá características conforme a las Normas.

- **Indicador del nivel de aceite**

Los transformadores irán provistos de indicador del nivel de aceite del tipo cuadrante y con contactos eléctricos. Irá montado en un extremo del depósito de expansión y en posición fácilmente visible desde el suelo y accesible aun cuando la máquina esté funcionando.

- **Termómetros y termostatos**

Los transformadores estarán provistos de termómetro con contactos eléctricos para medir la temperatura del aceite en su punto más caliente.

Dicho termómetro se leerá fácilmente desde el suelo y será accesible aún en tensión.

El transformador dispondrá de termostatos para detectar la temperatura del aceite en los puntos más calientes.

- **Depósito de expansión del aceite**

Los transformadores estarán equipados con depósito de expansión montado sobre la tapa. El depósito será de chapa soldada y será del tipo apto para tratamiento a vacío (presión absoluta de 60 mm de mercurio).

La capacidad del depósito de expansión permitirá la compensación del aceite y el trasiego de la cantidad necesaria para permitir el desmontaje de los aisladores pasantes.

En la tubería de conexión entre el tanque de expansión y la caja está previsto un tramo desmontable para el montaje del relé Buchholz que irá provisto de válvulas a uno y otro lado.

Tiene dos secciones, una para cuba y otra para el cambiador de tomas en carga, siendo idénticos los requisitos en cuanto a accesorios por sección independiente se refiere.

Cada recinto independiente en el depósito conservador, dispone de un desecador de aire con silicagel; uno para el depósito de la cuba y otro para el depósito del cambiador de tomas. Ambos incorporan mirilla de cristal alargada que permite ver todo su contenido y están situados a una altitud conveniente sobre el nivel del suelo, a no más de 1,5 m.



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos de Máquinas y Motores Térmicos de Málaga
Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT
5557 - Rafael Flores Ventura
21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 28/66

Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



- **Relé Buchholz**

El transformador dispone de un relé Buchholz para cuba. Éste es antisísmico, con un contacto de alarma y de disparo.

Está perfectamente nivelado. La tubería de unión dispone de una pendiente no menor de 8% para facilitar el flujo de gas hacia el depósito conservador, con los diámetros mínimos de acuerdo a la capacidad del transformador. La tubería parte del punto más alto donde está presente aceite. Entre la cuba y el relé Buchholz se dispone de un carrete elástico.

El transformador posee toma de muestras de gases y aceite para cada relé Buchholz instalado, a altura de hombre y a través de vaso de cristal. Tiene instaladas dos válvulas que permitan el aislamiento del vaso de cristal para permitir que éste se pueda retirar fácilmente.

- **Tratamiento de aceite**

Antes de la puesta en servicio el aceite será tratado con un grupo centrífugo autoclave.

3.4.1.5. Equipo regulador de tensión

El transformador debe estar equipado con conmutadores de tensión bajo carga con enclavamiento adecuado para evitar operaciones falsas o intempestivas. En particular, se debe evitar que el pasar de un escalón a otro escalón adyacente, el conmutador se pare en posición intermedia y que una conmutación una vez iniciada, no se finalice.

El motor y control del conmutador bajo carga debe ser instalado en un armario estanco, fijado a la caja del transformador. El equipo para el mando a distancia debe ser instalado en los paneles situados en el edificio de la subestación.

El aceite del conmutador bajo carga debe ser igual al del transformador y debe estar contenido en una cuba completamente separada de la cuba de la máquina.

Dicha cuba debe ser provista de depósito de expansión y en la tubería de conexión entre el depósito y el conmutador, debe estar previsto un tramo desmontable para la aplicación del relé Buchholz.

3.5. Parque de 132kV

3.5.1. Parque de 132kV

Los módulos híbridos de 132 kV serán blindados para instalación intemperie, conteniendo la aparamenta de alta tensión aislada en gas hexafluoruro de azufre, y un panel de baja tensión para operación y señalización local. Sus correspondientes dispositivos de protecciones y medida se instalarán en un armario específico para cada módulo.

Las características principales de los módulos son las siguientes:

MODULO 132 kV	
Frecuencia (Hz)	50
Tensión de servicio (kV)	132
Tensión nominal (kV)	145
Tensión nominal a frecuencia industrial 60 s (kV)	
A tierra y entre polos	275
A través de la distancia de aislamiento	315
Tensión nominal a impulso tipo rayo (kVcresta)	
A tierra y entre polos	650
A través de la distancia de aislamiento	750



Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 29/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



Intensidad nominal (A)	2.500
Intensidad nominal de corta duración (kA)	31,5
Duración del cortocircuito (s)	1
Intensidad admisible asignada dinámica (kA)	80

El tipo de encapsulamiento es monofásico. Las envolventes son de aleación de aluminio resistente a la corrosión y la polución, están conectadas permanentemente a tierra, son capaces de resistir las presiones normales y transitorias sometidas en servicio de manera que asegure su estanqueidad, esto es:

- 0,1 s para corrientes de 31,5 kA con sólo actuación del dispositivo de descarga de presión.
- 0,3 s para corrientes de 31,5 kA siendo permisible la perforación de la envolvente pero no la fragmentación de la misma.

La apareamiento está dividida en compartimentos de manera que se minimizarán los efectos producidos por un arco dentro de uno de ellos y manteniéndose las condiciones normales de funcionamiento en el resto de los compartimentos.

Cada recinto independiente cuenta con su correspondiente dispositivo de vigilancia continua y automática de la densidad del gas (manodensostatos) con compensación de la temperatura. También dispone, por cada compartimento, de las válvulas precisas para el vaciado y carga de gas.

Las dimensiones de los módulos serán:

DIMENSIONES	mm
Anchura	4.059
Profundidad	3.079
Altura	4.587

El módulo híbrido se montará sobre una estructura metálica común realizada mediante perfiles normalizados de acero galvanizado AE-275-D. Sobre la misma se montarán los siguientes componentes:

- Un juego de bushing de tipo polimérico, fabricado en goma de silicona sobre un cuerpo de vidrio, para la conexión al lado de la línea o transformador mediante conductor o tubo de aluminio.
- Un juego de barras generales y las derivaciones a los juegos de bushing.
- Seis transformadores de intensidad.
- Un interruptor automático tripolar de corte en SF6.
- Dos seccionadores tripolares combinados para el seccionamiento de barras. El del lado de barras con tres posiciones: abierto, cerrado y puesta a tierra para mantenimiento y el del lado de línea con dos posiciones: abierto y cerrado.
- Un juego de bushing de tipo polimérico, fabricado en goma de silicona sobre un cuerpo de vidrio, para la conexión al lado de las barras mediante conductor o tubo de aluminio.

El mando de los elementos se efectuará a tres niveles diferentes:

- "Telecontrol" desde las unidades SOAL y SCADA.
- "Mando Eléctrico Local" desde los paneles de mando situados en los armarios de protecciones de cada uno de los módulos.
- "Mando Manual" de socorro desde cada del equipo.



Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 30/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



3.5.1.1. Interruptor

Los interruptores son de corte en gas SF6 y aislamiento en el mismo gas. Las características principales se indican a continuación:

INTERRUPTOR	
Tensión nominal (kV)	132
Frecuencia nominal (Hz)	50
Tipo de interruptor	Tripolar
Tipo de accionamiento	Resorte
Corte	en SF6
Intensidad nominal (A)	2.500
Poder de corte nominal(kA)	31,5
Intensidad nominal de cierre 2,5 lcc (kAcresta)	80
Factor del primer polo	1,6
Secuencia de maniobras	0-0,3 s –CO – 60 s – CO
Duración máxima del arco al 100% del poder de corte (s)	1

Los interruptores estarán diseñados de forma que funcionando en servicio continuo y a su intensidad nominal, los calentamientos sobre la temperatura ambiente de las diferentes partes del interruptor no excederán los valores máximos indicados en el apartado 4.4 de la norma UNE-EN 60694.

Los interruptores estarán diseñados de forma que en posición CERRADO sean capaces de soportar sin daño una intensidad de paso durante 1 s de valor igual al poder de corte nominal en cortocircuito. Asimismo, serán capaces de soportar sin daño en posición CERRADO un valor de cresta de intensidad igual al poder de cierre nominal en cortocircuito especificado.

Los interruptores serán capaces de cortar defectos de línea (defecto kilométrico) según las condiciones indicadas en la norma UNE-EN 62271-100.

Los interruptores se construirán de tal forma que no puedan variar su estado de ABIERTO o CERRADO por efectos de esfuerzos ajenos o accidentales extraños, debiendo llevar el debido enclavamiento de forma que sean imposibles maniobras “no autorizadas”.

El interruptor incluyendo sus elementos de maniobra realizará la secuencia de maniobras asignada según se establece en el apartado 4.104 de la norma UN-EN 62271-100, para toda temperatura ambiente de su clase, tal como se define en el capítulo 2 de la norma UNE-EN 60694.

En lo relativo al poder de corte y poder de cierre asignados de corrientes capacitivas del interruptor serán de aplicación las consideraciones establecidas en el apartado 4.107 de la norma UNE-EN 62271-100, siendo el funcionamiento de recebado durante los ensayos de corte de corrientes capacitivas, clase C2.

El tiempo de corte máximo determinado durante las secuencias de ensayo indicadas en la norma UNE-EN 62271-100 no excederá en ningún caso el tiempo de corte asignado, maniobrando el interruptor con la tensión y la frecuencia de alimentación auxiliar a sus valores asignados, y con el valor asignado de la presión de alimentación y a la temperatura ambiente de 20°C ± 5°C.

Cada interruptor tripolar estará formado por tres polos, constituidos cada uno de ellos por uno o varios elementos de corte conectados eléctricamente en serie, acoplados mecánicamente entre sí. El sistema de corte de las cámaras del interruptor será hexafluoruro de azufre.

Los mecanismos de accionamiento del interruptor realizarán una maniobra completa de cierre y apertura cuando se deje de actuar sobre el elemento iniciador de la orden de cierre antes de que se haya iniciado la maniobra.

En cualquier caso, el interruptor será capaz de efectuar un número de maniobras tales que garantice que, al menos, se considere de clase M1 en las condiciones establecidas en el apartado 4.110 de la norma UNE-EN



Puede verificar este documento en:

<http://www.coptima.com/verificador/>

Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023

VISADO 7115/2023

00 - 31/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



62271-100, habiendo sido el fabricante quien establezca el número de maniobras previstas para su interruptor en dichas condiciones.

La diferencia máxima entre los instantes de entrada en contacto en el cierre, de cara al funcionamiento simultáneo de los polos, no excederá un cuarto de periodo de la frecuencia asignada. Del mismo modo, la diferencia máxima entre los instantes de máxima separación de los contactos en la apertura no excederá de un sexto de ciclo de la frecuencia asignada. Si un polo posee varios elementos de corte conectados en serie, la diferencia máxima entre el instante de separación de los contactos de los elementos de corte en serie no excederá de un octavo de ciclo de la frecuencia asignada. Cuando se trate de un interruptor con polos separados, este requisito será siempre aplicable cuando los polos maniobren en las mismas condiciones.

El suministrador garantizará que en todo momento queda asegurado el grado de simultaneidad requerida en las maniobras de cierre y apertura tripolar.

Los mandos de interruptor serán de disparo libre, permitiendo el disparo automático del interruptor aun cuando se esté dando orden de cierre e impidiendo la repetición de la maniobra de cierre, "bombeo", aun cuando se mantenga dicha orden. No se instalarán relés "antibombeo" en el circuito de disparo.

La orden de cierre del interruptor quedará bloqueada cuando éste se encuentre cerrado. No será posible efectuar el cierre del interruptor a menos que los resortes de cierre estén totalmente tensados.

Con el interruptor cerrado y sin tensión auxiliar el accionamiento dispondrá de suficiente energía almacenada como para poder realizar siempre la maniobra de apertura.

El interruptor estará preparado para la supervisión de los circuitos de disparo en las dos posiciones.

El mecanismo de accionamiento del interruptor será del tipo de acumulación de energía mediante resortes tensados con motor eléctrico de corriente continua. Dichos resortes llevarán una envolvente de protección para las personas en caso de rotura.

El mecanismo permitirá efectuar el cierre lento del interruptor a efectos de mantenimiento.

El órgano de accionamiento estará provisto de un mecanismo para la maniobra de cierre y de un resorte para la maniobra de disparo, disponiendo de una bobina de cierre y de dos bobinas de disparo independientes y de bajo consumo, con alimentaciones independientes desde el regletero.

El mecanismo de accionamiento, así como los elementos de control estarán alojados en un armario de mando. Los elementos internos del accionamiento serán totalmente accesibles y para ello el armario irá provisto con las puertas necesarias.

3.5.2. Autoválvulas

Los pararrayos del tipo autoválvula serán unipolares, instalados en cada fase de las posiciones de protección de línea y de transformador entre fase y tierra e irán equipados con contadores de descargas.

La envolvente externa estará realizada en goma a base de silicona ensamblada sobre la envolvente de los discos. Ésta estará compuesta por fibra de vidrio y resinas epoxy. El sellado del conjunto deberá garantizar una estanqueidad perfecta.

El cuerpo estará formado por uno o más elementos, cada uno constituido esencialmente por una serie de elementos de resistencia no lineal, dispuestos en el interior de un aislador de porcelana.

Las uniones entre varios elementos serán efectuadas mediante bridas y bulones. Los elementos de iguales características serán intercambiables entre sí.

Cada elemento estará provisto de dispositivo para la expulsión del arco al exterior, si la presión en el interior del pararrayos se eleva peligrosamente, y de placa indicadora de acero inoxidable.

Cada polo se suministrará completo de tapa y base metálica, bornas, placa indicadora de acero inoxidable y anillo de guarda. Debe ser previsto para fijarlo, mediante bulones, a la estructura de apoyo.



Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 32/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



El diseño de las autoválvulas será tal que en ningún caso provoque la ruptura explosiva de la envolvente ante un fallo (según UNE-EN 60099-4), siendo capaz de aliviar las sobrepresiones internas asociadas a una corriente de falta de 40 kArms durante una falta de duración mínima 0,2 s.

Las características principales se muestran en la siguiente tabla:

Los pararrayos del tipo autoválvula deben ser unipolares, instalados entre fase y tierra.

AUTOVÁLVULA 132 kV	
Frecuencia nominal (Hz)	50
Tensión de servicio (kV)	132
Tensión más elevada del material (kV)	145
Conexión	Fase -Tierra
Factor de puesta a tierra	1,4
Duración de la falta a tierra (s)	1
Nivel de aislamiento de los equipos (BIL) (kV)	650
Material de la envolvente	Goma de silicona
Clase de descarga de línea	3
Corriente de descarga nominal (kAcresta)	10
Tensión máxima residual de descarga para intensidades de forma de onda 8/20 μ s 10.000 A (kV)	320

3.5.2.1. Base y cuerpo

El cuerpo debe estar formado por una serie de elementos de resistencia no lineal, dispuestos en el interior de un aislador de tipo polimérico en el caso de las de alta tensión.

El aislador debe estar provisto de dispositivo para la expulsión del arco al exterior, si la presión en el interior del pararrayos se eleva peligrosamente y deben ir equipados de placa indicadora de acero inoxidable.

Cada polo debe suministrarse completo, con tapa, base metálica y bornas. Debe estar provisto para fijarse, mediante bulones, a la estructura de apoyo.

3.5.2.2. Accesorios

Los pararrayos de 132 kV estarán equipados con dispositivos para la determinación del número de descargas y su correspondiente base aislante. Este dispositivo se instalará a una altura fácilmente inspeccionable y será del tipo estanco.

3.5.3. Aisladores de apoyo

Los aisladores de apoyo 132 kV tendrán las características que se indican en la siguiente tabla:

AISLADORES 132 kV	
Tensión más elevada del material (kV)	145
Nivel de aislamiento a frecuencia industrial (kV)	275
Nivel de aislamiento a impulso tipo rayo (kVcr)	650
Resistencia a flexión (kN)	8
Resistencia a torsión (kN)	4
Nivel de aislamiento mínimo (mm/kV)	25
Material del aislamiento	porcelana
Material de base y cabeza	fundición



Puede verificar este documento en:

<http://www.coptima.com/verificador/>

Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023

VISADO 7115/2023

00 - 33/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



3.6. Parque de 45kV

3.6.1. Módulo híbrido HIS

Los módulos híbridos de 45 kV serán blindados para instalación intemperie, conteniendo la aparamenta de tensión aislada en gas hexafluoruro de azufre, y un panel de baja tensión para operación y señalización local. Sus correspondientes dispositivos de protecciones y medida se instalarán en un armario específico para cada módulo.

Las características eléctricas principales de los módulos son las siguientes:

MÓDULO HÍBRIDO DE 45 kV	
Frecuencia (Hz)	50
Tensión de servicio (kV)	45
Tensión nominal (kV)	72,5
Tensión nominal a frecuencia industrial 60 s (kV)	140
Tensión nominal a impulso tipo rayo (kVcresta)	325
Intensidad nominal (A)	2.000
Intensidad nominal de corta duración (kA)	31,5
Duración del cortocircuito (s)	1

El tipo de encapsulamiento es monofásico. Las envolventes son de aleación de aluminio resistente a la corrosión y la polución, están conectadas permanentemente a tierra, son capaces de resistir las presiones normales y transitorias sometidas en servicio de manera que asegure su estanqueidad, esto es:

- 0,1 s para corrientes de 31,5 kA con sólo actuación del dispositivo de descarga de presión.
- 0,3 s para corrientes de 31,5 kA siendo permisible la perforación de la envolvente pero no la fragmentación de la misma.

La aparamenta está dividida en compartimentos de manera que se minimizarán los efectos producidos por un fallo dentro de uno de ellos y manteniéndose las condiciones normales de funcionamiento en el resto de los compartimentos.

Cada recinto independiente cuenta con su correspondiente dispositivo de vigilancia continua y automática de la densidad del gas (manodensostatos) con compensación de la temperatura. También dispone, por cada compartimento, de las válvulas precisas para el vaciado y carga de gas.

Las dimensiones de los módulos serán:

DIMENSIONES	mm
Anchura	2.165
Profundidad	3.079
Altura	4.587



Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga
5557 - Rafael Flores Ventura
21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 34/66

Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



El módulo híbrido se montará sobre una estructura metálica común realizada mediante perfiles normalizados de acero galvanizado AE-275-D. Sobre la misma se montarán los siguientes componentes:

- Un juego de bushing de tipo polimérico, fabricado en goma de silicona sobre un cuerpo de vidrio, para la conexión al lado de la línea o transformador mediante conductor o tubo de aluminio.
- Un juego de barras generales y las derivaciones a los juegos de bushing.
- Seis transformadores de intensidad.
- Un interruptor automático tripolar de corte en SF6.
- Dos seccionadores tripolares combinados para el seccionamiento de barras. El del lado de barras con tres posiciones: abierto, cerrado y puesta a tierra para mantenimiento y el del lado de línea con dos posiciones: abierto y cerrado.
- Un juego de bushing de tipo polimérico, fabricado en goma de silicona sobre un cuerpo de vidrio, para la conexión al lado de las barras mediante conductor o tubo de aluminio.

El mando de los elementos se efectuará a tres niveles diferentes:

- "Telecontrol" desde las unidades SOAL y SCADA.
- "Mando Eléctrico Local" desde los paneles de mando situados en los armarios de protecciones de cada uno de los módulos.
- "Mando Manual" de socorro desde cada del equipo.

3.6.1.1. Transformador de Tensión

El transformador de tensión instalado en 45 kV es de tipo inductivo en barras, con refrigeración natural y completamente herméticos. La envolvente externa está fabricada en porcelana marrón esmaltada.

El transformador para todas las instalaciones de intemperie, y con independencia del nivel de tensión de aislamiento, serán del tipo de baño en aceite con aislamiento interior a base de papel impregnado en aceite y totalmente herméticos.

Las características principales se muestran en la siguiente tabla:



Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023

VISADO 7115/2023

00 - 35/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



TRANSFORMADOR DE Tensión DE 45 kV	
Instalación	Exterior
Tipo de aislamiento Exterior Interior	Resina Resina
Frecuencia nominal (Hz)	50
Tensión más elevada para el material (kV)	52
Nivel de aislamiento y tensiones de ensayo Frecuencia industrial (60 s) (kVeficaz) Impulso tipo rayo (kVcresta) Frecuencia industrial (60 s) por los arrollamientos secundarios (kV)	95 250 3
Factor de tensión asignada continuo	1,2
Factor de tensión asignada temporal (30 s)	1,5

Las relaciones de transformación, así como las potencias y clases de precisión, son las siguientes:

	Relación	Potencia y clase	Uso
Inductivo	46.000/ $\sqrt{3}$ /3·110/ $\sqrt{3}$ V	30 VA cl. 0,2	Medida
	46.000/ $\sqrt{3}$ /3·110/ $\sqrt{3}$ V	30 VA cl. 0,5	Medida
	46.000/ $\sqrt{3}$ /3·110/ $\sqrt{3}$ V	50 VA cl. 3P	Protección

3.6.1.2. Base y cuerpo

La base es de fundición y vendrá prevista para ser fijada en la estructura soporte. Además, asegura una perfecta estanqueidad del aceite, por juntas adecuadas resistentes al mismo en caliente. La tapa metálica superior, fijada al cuerpo aislador, incluye terminales para la conexión con el conductor, y dispositivo para compensar la variación de presión del aceite.

3.6.1.3. Núcleo y devanado

El núcleo está formado por chapas magnéticas de bajas pérdidas específicas.

Las chapas están exentas de rebabas y fuertemente prensadas para asegurar una adecuada resistencia mecánica del núcleo.

Los devanados, de tipo concéntrico, están dispuestos de modo que se obtenga durante sobretensiones de cualquier naturaleza una distribución uniforme y lineal de la tensión a lo largo del devanado, evitando valores altos del gradiente de tensión.

3.6.1.4. Accesorios

El transformador de tensión cuenta con los accesorios para considerarlo completo y en condiciones de funcionamiento.

La placa esquema indicará las características principales del transformador, el diagrama de conexión y la polaridad de los terminales, y estará fijada de manera inamovible al transformador.



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 36/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



3.6.2. Autoválvulas

Los pararrayos del tipo autoválvula serán unipolares, instalados en cada fase de las posiciones de protección de la línea y de transformador entre fase y tierra e irán equipados con contadores de descargas.

La envolvente externa estará realizada en goma a base de silicona ensamblada sobre la envolvente de los dispositivos. Ésta estará compuesta por fibra de vidrio y resinas epoxy. El sellado del conjunto deberá garantizar una estanqueidad perfecta.

El cuerpo estará formado por uno o más elementos, cada uno constituido esencialmente por una serie de elementos de resistencia no lineal, dispuestos en el interior de un aislador de porcelana.

Las uniones entre varios elementos serán efectuadas mediante bridas y bulones. Los elementos de iguales características serán intercambiables entre sí.

Cada elemento estará provisto de dispositivo para la expulsión del arco al exterior, si la presión en el interior de los pararrayos se eleva peligrosamente, y de placa indicadora de acero inoxidable.

Cada polo se suministrará completo de tapa y base metálica, bornas, placa indicadora de acero inoxidable y anillo de guarda. Debe ser previsto para fijarlo, mediante bulones, a la estructura de apoyo.

El diseño de las autoválvulas será tal que en ningún caso provoque la ruptura explosiva de la envolvente ante un fallo (según UNE-EN 60099-4), siendo capaz de aliviar las sobrepresiones internas asociadas a una corriente de falta de 40 kArms durante una falta de duración mínima 0,2 s.

Las características principales se muestran en la siguiente tabla:

AUTOVÁLVULA DE 45 kV	
Frecuencia nominal (Hz)	42
Tensión de servicio (kV)	34
Tensión más elevada del material (kV)	52
Conexión	Fase -Tierra
Factor de puesta a tierra	1,4
Duración de la falta a tierra (s)	1
Nivel de aislamiento de los equipos (BIL) (kV)	250
Material de la envolvente	Goma de silicona
Clase de descarga de línea	2
Corriente de descarga nominal (kAcresta)	10
Tensión máxima residual de descarga para intensidades de forma de onda 8/20 μ s 10.000 A (kV)	114.2



Industrias de Málaga
Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos
5557 - Rafael Flores Ventura
21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 37/66

Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



3.6.2.1. Base y cuerpo

El cuerpo debe estar formado por una serie de elementos de resistencia no lineal, dispuestos en el interior del aislador de tipo polimérico en el caso de las de alta tensión.

El aislador debe estar provisto de dispositivo para la expulsión del arco al exterior, si la presión en el interior de los pararrayos se eleva peligrosamente y deben ir equipados de placa indicadora de acero inoxidable.

Cada polo debe suministrarse completo, con tapa, base metálica y bornas. Debe estar provisto para fijarse, mediante bulones, a la estructura de apoyo.

3.6.2.2. Accesorios

Los pararrayos de 45 kV estarán equipados con dispositivos para la determinación del número de descargas y su correspondiente base aislante. Este dispositivo se instalará a una altura fácilmente inspeccionable y será del tipo estanco.

3.6.3. Aisladores de apoyo

Los aisladores de apoyo 45 kV tendrán las características que se indican en la siguiente tabla:

AISLADOR DE 45 kV	
Tensión más elevada del material (kV)	52
Nivel de aislamiento a frecuencia industrial (kV)	95
Nivel de aislamiento a impulso tipo rayo (kVcr)	250
Resistencia a flexión (kN)	4
Resistencia a torsión (kN)	1.8
Nivel de aislamiento mínimo (mm/kV)	25
Material del aislamiento	porcelana
Material de base y cabeza	fundición

3.7. Cables de potencia

3.7.1. Cable de 45 kV

Los cables de 45 kV serán unipolares aislados secos para instalación subterránea, con aislamiento de polietileno reticulado, pantalla de hilos de cobre y cubierta de poliolefina con doble obturación lineal, no propagadora de llama.

Los cables de 45 kV para primarios de protección de transformador de potencia tendrán las siguientes características:



Copias Oficiales de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 38/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



CABLE RHZ1-2OL(S) 26/45 kV Cu 500 mm ² + H165		
Tensión asignada (kV)	26/45	 Puede verificar este documento en: http://www.coptima.com/verificador/ Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT
Tensión máxima de servicio (kV)	52	
Frecuencia (Hz)	50	
Nivel aislamiento a impulso tipo rayo (kV _{cresta})	250	
Nivel aislamiento de la cubierta a impulso tipo rayo (kV _{cresta})	22,5	
Tensión soportada frecuencia industrial 30 min. (kV)	65	
Sección (mm ²)	500	
Material	Cobre	
Diámetro del conductor (mm)	26,3	
Diámetro sobre el aislamiento (mm)	40,8	
Diámetro sobre la pantalla (mm)	47,5	
Diámetro exterior (mm)	55,8	
Espesor de la cubierta exterior (mm)	3,0	
Espesor del aislamiento (mm)	7,0	
Material de la pantalla	cobre	
Sección de la pantalla (mm ²)	165	
Peso (Kg/m)	7,70	
Radio de curvatura (final/instalación) (m)	0,893/1,116	
Resistencia máxima del conductor c.a. a 20 °C (Ω/km)	0,0366	
Capacidad (μF/km)	0,433	

3.7.2. Cables de MT

Los cables de MT serán unipolares aislados secos para instalación subterránea, con aislamiento de polietileno reticulado, pantalla de hilos de cobre y cubierta de poliolefina con doble obturación lineal, no propagadora de llama. Estarán dimensionados para la potencia de la instalación según normalización de UFD.

Los cables de MT para neutro de protección de transformador de potencia tendrán las siguientes características:

CABLE RHZ1-2OL(S) 12/20 kV Al 240 mm ² + H16		
Tensión asignada (kV)	12/20	Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros de Sevilla 21/06/2023 VISADO 7115/2023 00 - 39/66
Tensión máxima de servicio (kV)	52	
Frecuencia (Hz)	50	
Nivel aislamiento a impulso tipo rayo (kV _{cresta})	125	
Intensidad de cortocircuito admisible para 1s (I _{ccmax})	25	
Diámetro del conductor (mm)	26,3	
Diámetro sobre el aislamiento (mm)	30,5	
Diámetro sobre la pantalla (mm)	32,9	
Diámetro exterior (mm)	42,4	
Espesor de la cubierta exterior (mm)	3,0	
Espesor del aislamiento (mm)	5,5	
Material de la pantalla	cobre	
Sección de la pantalla (mm ²)	16	
Peso (kg/m)	1,85	
Radio de curvatura (final/instalación) (m)	0,64/0,89	
Resistencia máxima del conductor c.c. a 20 °C/ c.a. a 90 °C (Ω/km)	0,125/0,160	
Coeficiente de autoinducción (mH/km)	0,376	
Capacidad (μF/km)	0,307	

Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



3.8. Cableado de Baja Tensión, Mando y Control

Los conductores de baja tensión, mando y control deben cumplir con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, así como con las ITC que le sean de aplicación del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión.

Los conductores de baja tensión a utilizar serán de cobre de tensión asignada 0,6/1 kV.

Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios.

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los elementos de conducción de cables serán “no propagadores de la llama”.

La sección de los cables deberá ser uniforme en todo su recorrido y sin empalmes.

Para el cálculo de la sección de los cables se tendrá en cuenta, tanto la máxima caída de tensión permitida, como la intensidad máxima admisible.

La intensidad máxima admisible a considerar será la fijada en la UNE 20.460-5-523 con los factores de corrección correspondientes a cada tipo de montaje.

Para la sección del conductor neutro se tendrán en cuenta el máximo desequilibrio que puede preverse, las corrientes armónicas y su comportamiento, en función de las protecciones establecidas ante las sobrecargas y cortocircuitos que pudieran presentarse.

Se indican a continuación las principales características dimensionales y parámetros eléctricos:

CARACTERÍSTICAS CABLEADO DE BAJA TENSIÓN	
Material de conductores	Cobre
Tensión nominal	0,6/1 kV
Material de aislamiento	Material termoestable cero halógenos
Características frente al fuego	Libre de halógenos, retardante del fuego, no opacidad de humos, no gases corrosivos.



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 40/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



El cableado de telecontrol y comunicaciones tiene las siguientes características técnicas:

CARACTERÍSTICAS CABLEADO DE CONTROL Y TELECOMUNICACIONES	
Conexiones	RS232-RS485
Composición	S-FTP 4x2x AWG 24/1 FRNC DE BAJAS PÉRDIDAS
Diámetro de conductores	0,5-0,6 mm
Material de conductores	Cobre
Formato de los pares	Trenzados
1ª Pantalla	Aluminio
2ª Pantalla	Cobre trenzado
Cubierta	Libre de halógenos, retardante del fuego, no opacidad de humos, no gases corrosivos.
Impedancia	100 Ohmios a 100 MHz
Resistencia máxima	185 Ohm/km
Capacidad entre conductores	< 50 nF/km
Rango de temperatura	-20 °C a 60 °C

Seguridad y salud

Medidas de seguridad y salud, incluyendo equipos de protección individual para todo el personal durante todo el periodo de obra, así como las medidas de protección colectiva y a terceros necesarias según la normativa vigente. Se presenta en documento aparte del Estudio de Seguridad y Salud.

Control de calidad y ensayos

Control de calidad, incluyendo ensayos necesarios según normativa vigente.

Gestión de residuos

Se presenta en documento aparte el Estudio de Gestión de Residuos.

CÓRDOBA, JUNIO DE 2023
EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
RAFAEL FLORES VENTURA
COLEGIADO Nº 5.557



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 41/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



4. Documento Presupuesto

4.1. Presupuestos parciales

OBRA: SUBESTACIÓN ABENÓJAR 132 kV – AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA

MUNICIPIO: ABENÓJAR (CIUDAD REAL)

4.1.1. Capítulo I: Maquinaria y equipamiento eléctrico

Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Precio Total (€)
Transformador de potencia			
Transformador 132/45 kV 30 MVA	1	723.500,00	723.500,00
Aparamenta 132 kV			
Modulo híbrido posición trafo (primario) GE tipo HYPACT	1	122.250,00	122.250,00
Autoválvula DISACE (TRIDELTA) tipo VARISIL HTS 120	3	570	1.710,00
Aislador rígido tipo C8-650	5	420	2.100,00
Aparamenta 45kV			
Módulo híbrido posición línea ABB tipo PASS	1	143.355,00	143.355,00
Transformador de tensión ARTECHE tipo UTB-52 con relación de transformación 46.000: $\sqrt{3}/3 \times 110$: $\sqrt{3}$ V, 30VA cl.0,2, 30 VA cl.0,5, 50 VA cl.3P	1	2.730,00	2.730,00
Autoválvulas DISACE TRIDELTA tipo VARISIL HI-42	3	290,00	870,00
Aislador rígido tipo C4-250	3	88,00	264,00
Terminal polimérico para exterior de cable RHZ1-2OL (S) 26/45 kV Cu (1x500 mm ²) + H165	6	650	3.900,00
Cable RHZ1-2OL (S) 26/45 kV Cu (1x500 mm ²) + H165	90	52	4.680,00
Terminación de exterior para cable RHZ1-2OL (S) 12/12 kV Al (1x240 mm ²) + H16	2	21	42,00
Cable RHZ1-2OL (S) 12/12 kV Al (1x240 mm ²) + H16	10	6,00	60,00
TOTAL			1.005.461,00

4.1.2. Capítulo II: Montaje de maquinaria y equipamiento eléctrico

Descripción	PrecioTotal (€)
Mano de obra de montaje y materiales y medios auxiliares incluyendo conductores, material de puesta a tierra, cables de baja tensión y pequeño material. Incluye recepción, traslado y montaje del nuevo Trafo T-IV y la aparamenta.	70.000,00
Pruebas funcionales, de protecciones y de telecontrol y de telemedida. Puesta en servicio	15.000,00
TOTAL MONTAJE	85.000,00



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 42/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



4.1.3. Capítulo III: Obra civil

DESCRIPCIÓN	PRECIO (€)
Demoliciones	454,00
Movimiento de tierras	3.378,00
Construcción de nueva bancada y de un muro cortafuegos	65.000,00
Ejecución de cimentaciones para nueva apartamentada de alta tensión	18.602,00
Ejecución de canalizaciones eléctricas y arquetas asociadas.	6.231,00
Ejecución de canalizaciones de drenajes y arquetas asociadas	1.704,00
Dispositivo de contención de derrames y pozo filtrante	25.356,91
Ampliación de la malla de tierras existentes, mediante cable de cobre enterrado	879,00
Control de calidad	1.217,00
Gestión de residuos	565,02
TOTAL OBRA CIVIL	123.386,93

4.1.4. Capítulo III: Estudio de Seguridad y Salud

Descripción	PrecioTotal (€)
Aplicación del Estudio de Seguridad y Salud	18.384,37
TOTAL SEGURIDAD Y SALUD	18.384,37

4.2. Presupuesto general

Capítulo	Total (€)
Capítulo 1. Maquinaria y equipamiento eléctrico	1.005.461,00
Capítulo 2. Montaje de maquinaria y equipamiento eléctrico	85.000,00
Capítulo 3. Obra Civil	123.386,93
Capítulo 4. Estudio de seguridad y Salud	18.384,37
TOTAL	1.232.231,29

El presente presupuesto importa la referida cantidad de **UN MILLON DOCIENTOS TREINTA Y DOS MIL DOCIENTOS TREINTA Y UN EUROS CON VEININUEVE CENTIMOS DE EURO (1.232.231,29 €)**.

CÓRDOBA, JUNIO DE 2023
EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
RAFAEL FLORES VENTURA
COLEGIADO Nº 5.557



Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 43/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



ANEXO I: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD



Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WZNZRWJ6CKNGNSF8GT



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga
21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 44/66
5557 - Rafael Flores Ventura

Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Según se establece en el R.D. 1627/1997 de 24 de octubre, el proyecto específico incorporará un estudio de seguridad y salud en los proyectos en que se den algunos de los supuestos siguientes:

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.759€.
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables empleándose en algún momento a más de 10 trabajadores simultáneamente.
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

Puesto que se da alguno de los supuestos anteriormente especificados, se ha elaborado un Estudio de Seguridad y Salud para esta obra, que se presenta como Anexo a este Proyecto.

CÓRDOBA, JUNIO DE 2023
EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
RAFAEL FLORES VENTURA
COLEGIADO Nº 5.557



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 45/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TECNICOS INDUSTRIALES DE MALAGA

CERTIFICADO JUSTIFICATIVO DE EXISTENCIA DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

D. RAFAEL FLORES VENTURA INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL COLEGIADO Nº. 5.557 DEL
COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TECNICOS INDUSTRIALES DE MALAGA

CERTIFICA:

Que el Estudio de Seguridad y Salud de la obra Subestación Abenójar 132 kV. Ampliación de potencia T-IV 132/45 kV 30 MVA sita en municipio de Abenójar, provincia de Ciudad Real y cuyo titular es UFD DISTRIBUCIÓN ELECTRICIDAD, S.A., ha sido realizado por D. Rafael Flores Ventura y visado por el Colegio Profesional de Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga con el número 7055/2023 y con fecha 20/06/2023; estando recogidas en su totalidad las instalaciones proyectadas en este Proyecto Técnico realizado por mi persona, y no necesitando por tanto la realización de un nuevo Estudio de Seguridad y Salud según el Real Decreto 1627/1997, ya que se adjunta este certificado justificativo a este Proyecto.

Y para que conste y surta efecto donde convenga, se extiende el presente certificado en Málaga, a fecha 20/06/2023.

(Visado del Colegio Oficial)



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura
21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 46/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



ANEXO II: ESTUDIO DE RUIDOS



Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLRX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 47/66

5557 - Rafael Flores Ventura

Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



1. Objetivo

El presente anexo tiene como objetivo evaluar la repercusión que en el entorno exterior de la subestación tendrá su funcionamiento, tomando como datos de partida los niveles de la presión acústica garantizada por el fabricante de los transformadores.

A continuación se realizarán los cálculos con los tres transformadores que contiene la subestación Abenójar, siendo este el caso más desfavorable desde el punto de vista de ruido.

En consecuencia, el nivel de presión acústica real de los transformadores de potencia en ningún caso superará el valor adoptado en cálculos.

2. Normativa

2.1. Normativa Europea

- Directiva 2002/49/CE sobre Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental, cuyos objetivos pueden agruparse en tres grandes bloques.

2.2. Normativa estatal

- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido (BOE núm. 276, de 18 de noviembre de 2003).
- Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

3. Definición del Escenario Acústico

3.1. Encuadre General. Localización

La subestación en estudio se localizará en el término municipal de Abenójar (Ciudad Real), en la CR-403. Se trata de una subestación eléctrica de transformación en intemperie, concebida para su funcionamiento por telecontrol. Las coordenadas del acceso principal de la subestación son: X= 382.500, Y= 4.305.415 (Sistema de coordenadas UTM - ETRS 89, Huso 30).

La instalación consta de un parque de 132 kV compuesto por equipos intemperie, un parque de 45 kV intemperie y un parque de 15 kV intemperie. Adicionalmente la subestación cuenta con un transformador de potencia de 132/45 kV y dos transformadores de 45/15 kV (uno de los cuales será reemplazado en el presente proyecto).

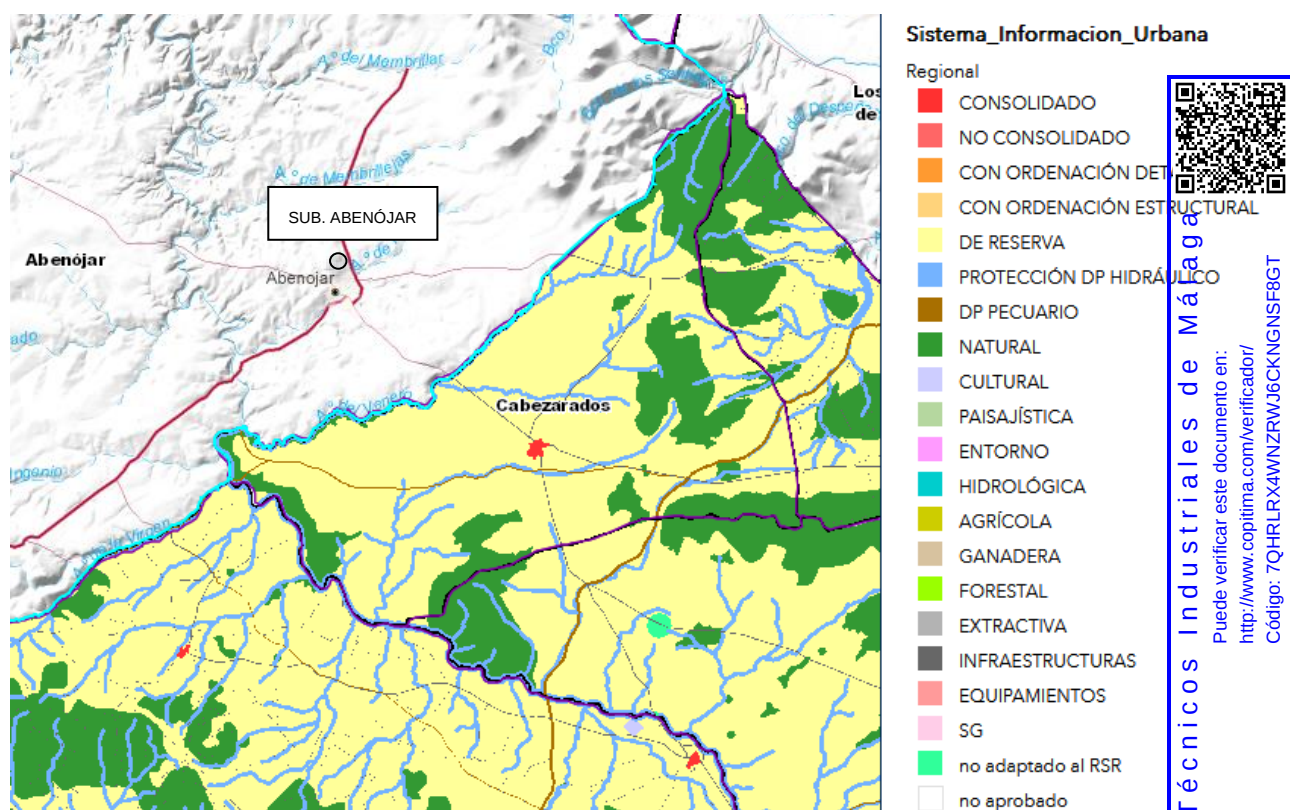
Como se puede apreciar en la siguiente imagen, la parcela de ocupación de la subestación se encuentra en el núcleo urbano de Abenójar. En sus cercanías existen viviendas que serán tenidas en cuenta en este análisis.



Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga
Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WZNZRWJ6CKNGNSF8GT
5557 - Rafael Flores Ventura
21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 48/66

Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



3.2. Fuentes de Ruido

Tal como se adelantó, el ruido procedente de la Subestación Abenójar será generado por el funcionamiento de los transformadores de potencia operativos una vez en funcionamiento la actuación proyectada.

En el caso de los transformadores instalados actualmente, no se cuenta con información al respecto, por lo que se toma la potencia sonora del documento técnico ES.00105.ESRE.EIC, Especificaciones Particulares para Instalaciones de Conexión. Subestaciones conectadas a Redes de Alta Tensión de Un > 20 kV (Lw = 75 dB(A)).

A continuación, se presenta un plano con la disposición de los equipos en la parcela que ocupa la subestación de Abenójar.



Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLRX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga
5557 - Rafael Flores Ventura
21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 49/66

Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA

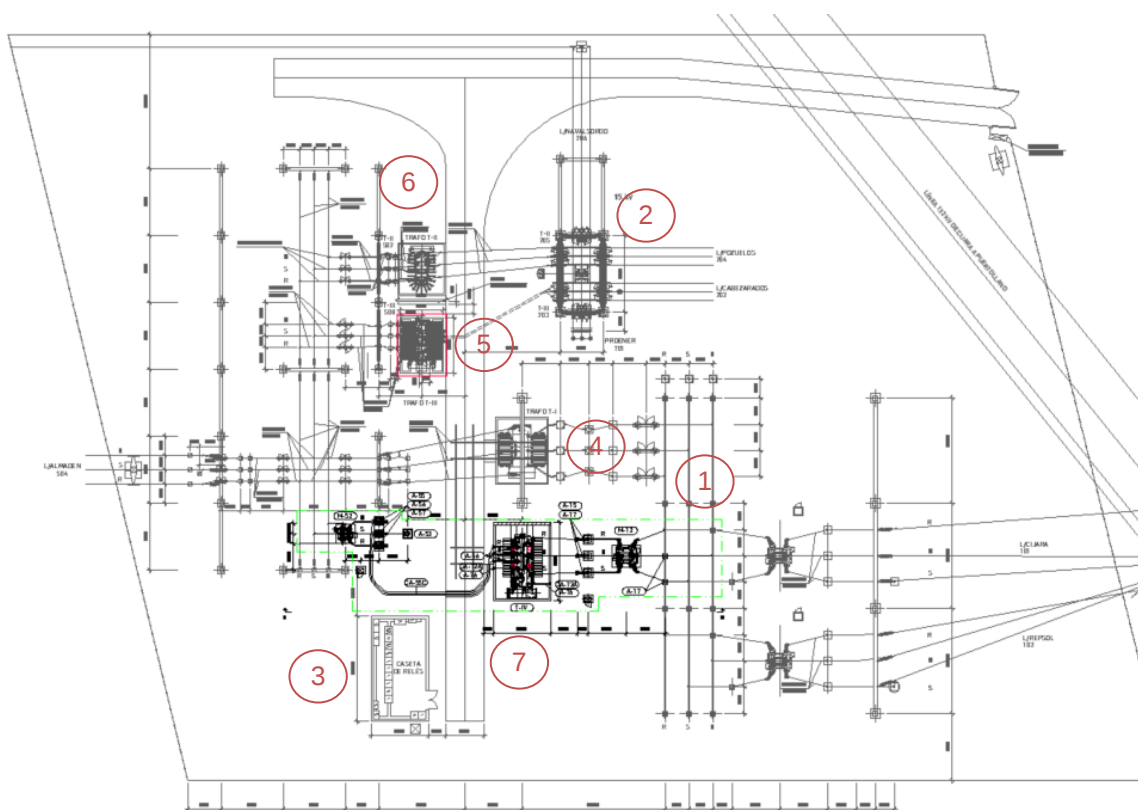


Ilustración 1. Planta general de la disposición de equipos de la subestación Abenójar

1. Parque intemperie 132 kV
2. Parque intemperie de 15 kV
3. Edificio de armarios
4. Transformador de potencia existente 132/45 kV
5. Nuevo transformador de potencia 45/15 kV (Proyecto en ejecución).
6. Transformador de potencia existente 45/15 kV.
7. Nuevo transformador de potencia 132/45kV.

3.3. Medio de propagación. Atenuaciones

Tanto la distancia entre fuente y receptor (atenuación por divergencia geométrica) como la interposición de obstáculos (atenuación por apantallamiento) minoran la intensidad de la señal sonora emitida. En este caso, únicamente se va a tener en consideración la atenuación por distancia, según la formulación que se aplica más adelante, ya que no existen barreras físicas que apantallen el ruido emitido por el transformador de potencia.

La Ordenanza de Protección contra la contaminación Acústica y Térmica (BOAM Núm. 6385 del 7 de marzo de 2011) en su artículo 15 establece los límites sonoros transmitidos al medio ambiente exterior.



Registro Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:

<http://www.coptima.com/verificador/>

Código: 7QHRLRX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023

00 - 50/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



4. Metodología

Para el cálculo de los niveles sonoros de inmisión debidos al funcionamiento del transformador de potencia, en la subestación de Abenójar de UFD se utiliza la siguiente formulación matemática:

1. Suma de los niveles acústicos de varias fuentes sonoras

$$L_{sum} = 10 \cdot \log \left(\sum_i 10^{L_i/10} \right)$$

Donde:

L_{sum} : Nivel de potencia sonora de las fuentes en conjunto, en dB.

L_i : Nivel de potencia sonora de la fuente, en dB.

2. Transformación del nivel de potencia sonora (L_w) a presión sonora (L_p)

$$L_p = L_w - 10,5 - 20 \cdot \log r$$

Donde:

L_w : Nivel de potencia sonora de la fuente, en dB.

L_p : Nivel de presión sonora en el punto considerado, en dB.

r : distancia entre la fuente sonora y el punto, en metros.

5. Resultados y discusión

Para estimar los niveles de inmisión en los límites de la parcela de ocupación de la subestación se ha aplicado la formulación matemática anteriormente expuesta efectuando el siguiente cálculo:

- Se calcula el nivel de potencia sonora acumulado de los transformadores en su conjunto.
- Se transforma el nivel de potencia sonora acumulado a presión sonora de la fuente principal de ruido; aplicando la ecuación (2), calculando la atenuación debida a la distancia a los receptores virtuales situados en los límites de parcela, estableciendo el valor del ruido de inmisión en los mismos.

Los receptores virtuales se sitúan en los límites norte, este, sur y oeste de la parcela, de forma tal que sean representativos del ruido de inmisión ocasionado por el funcionamiento del transformador de potencia, tal como se recoge en la siguiente figura.



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga
Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT
21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 51/66
5557 - Rafael Flores Ventura



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA

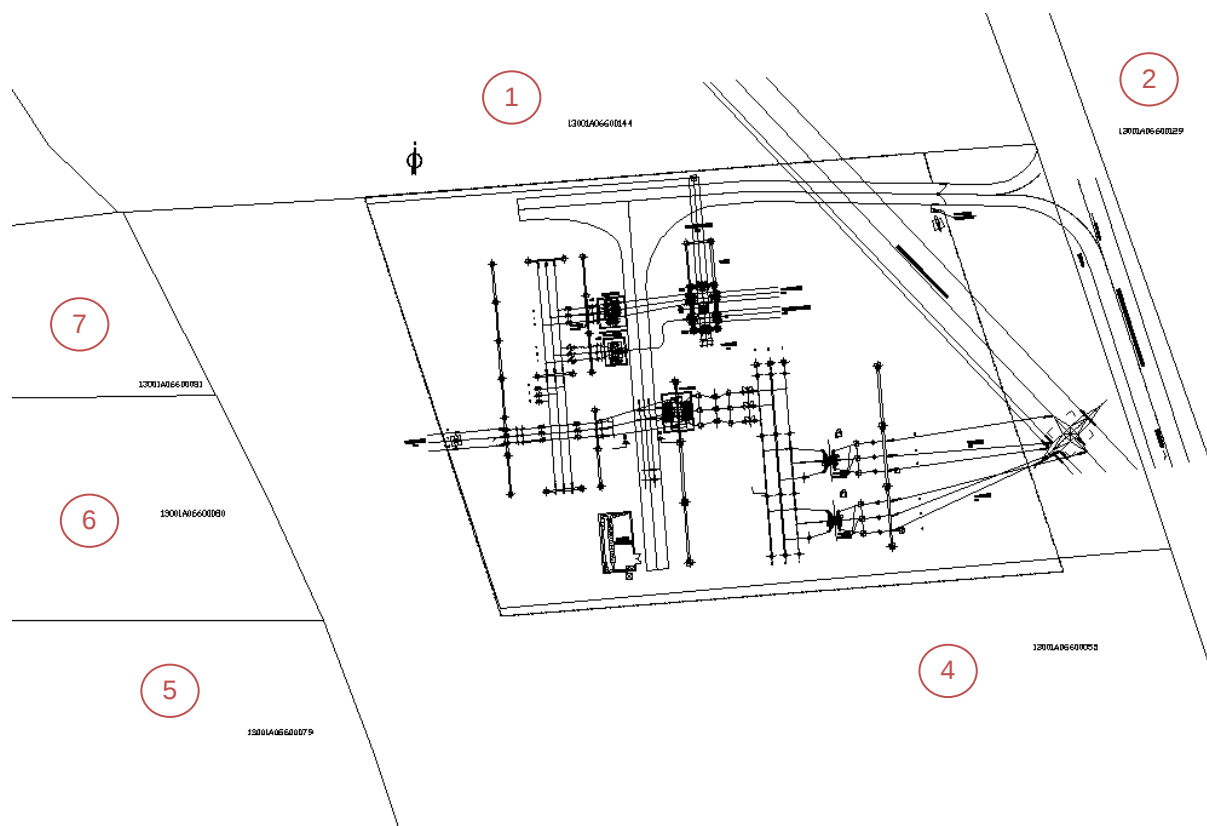


Ilustración 2. Distancias en planta general de la disposición de equipos de la subestación Abenójar

El cálculo de la potencia sonora acumulada de los transformadores de potencia se presenta en la siguiente ecuación:

$$L_{sum} = 10 \cdot \log (10^{75/10} + 10^{75/10} + 10^{75/10} + 10^{75/10}) = 81.02 \text{ dB}$$

Para calcular el nivel de presión sonora, ruido de inmisión, en los límites de parcela de la subestación de Abenójar se aplica la fórmula (2), en los receptores virtuales anteriormente descritos y se considera la distancia medida desde el centro geométrico de las fuentes de ruido (en este caso, el centro geométrico de los 3 transformadores):

Punto Receptor R	Distancia a la Fuente (m)	Índice de ruido, Ld, Le, Ln (dBA)
1	27	41.89
2	90	31.43
3	111	29.61
4	55	35.71
5	95	30.96
6	83	32.13
7	86	31.83

Puede verificar este documento en:
<http://www.copitula.com/verificador/>
Código: 7QHRLRX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 52/66

Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



Debido a que se trata de una instalación de funcionamiento en continuo, no se tiene en consideración la definición de periodos (día/ tarde/ noche) ya que el ruido generado por la instalación será igual en cualquiera de ellos.

Tal como se puede comprobar los valores de ruido calculados, no superan el valor límite de inmisión para el tipo de área acústica afectado a – Tipo III (Industrial) establecidos en la legislación de referencia (Real Decreto 1367/ 2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas), para los casos en los que la distancia a los receptores virtuales es menor a 90 metros. Aproximadamente, además, considerando que las zonas residenciales se encuentran a mas de 100 metros de distancia, se cumple el principio de protección a los receptores más sensibles. Por lo que, se justifica el cumplimiento del nivel de ruido en la zona acústica que aplicaría a la parcela donde se procedería a la modificación de los transformadores de la subestación proyectada. A continuación, se incorporan dichos valores.

Tipo de Área Acústica		Límite Según Periodo		
		Descriptor Empleado L_{kAeq5s}		
		DÍA	TARDE	NOCHE
e	I	50	50	40
a	II	55	55	45
d	III	60	60	50
c	IV	63	63	53
b	V	65	65	55

Tabla 1. Valores límite de inmisión de ruido aplicables a actividades según la legislación estatal (Real Decreto 1367/ 2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas).

<u>Denominación</u> <u>R.D:1367/2007</u>	<u>Denominación municipal</u>	<u>Uso</u>
e	Tipo I (Área de silencio)	Sanitario, docente y cultural que requieran una especial protección contra la contaminación acústica
a	Tipo II (Área levemente ruidosa)	Residencial
d	Tipo III (Área tolerablemente ruidosa)	Terciario distinto del contemplado en el c)
c	Tipo IV (Área ruidosa)	Terciario con predominio del uso del suelo recreativo o de espectáculos
b	Tipo V (Área especialmente ruidosa)	Industrial
f	Tipo VI	Sistemas Generales de Infraestructuras de Transporte u otros equipamientos públicos que lo reclamen
g	Tipo VII	Espacios naturales que requieran una protección especial contra la contaminación acústica

Tabla 2. Especificación zonal aplicable a los valores límite según la legislación estatal (Real Decreto 1367/ 2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas).



Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 53/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



Como última observación, se añaden los siguientes argumentos de carácter favorable:

- Se trabaja sobre la hipótesis más desfavorable; los transformadores emiten la potencia sonora máxima admitida por UFD en sus instrucciones técnicas, $L_w = 75 \text{ dB(A)}$, que transformada a presión sonora medida a 1m es de $64,5 \text{ dB(A)}$. Aunque en la actualidad los transformadores eléctricos de potencia emiten potencias sonoras muy inferiores a este límite, de manera que trabajamos sobre el caso más desfavorable improbable. Esto es particularmente así en este proyecto, en el que sustituimos un transformador muy antiguo y dotado de un conjunto de ventiladores para forzar la circulación de aire por los radiadores, por un transformador nuevo con ventilación natural (ONAN), sin bombas para el aceite ni ventiladores para el aire.
- Para el cálculo se presupone funcionamiento simultáneo de todos los transformadores, cuando en la explotación habitual estará en reserva uno de los transformadores de cada clase, es decir, uno de los 132/45kV y uno de los dos 45/15kV, que ahora se pueden cubrir el uno al otro.
- La bancada del nuevo transformador cuenta con un muro cortafuegos que también hace de amortiguador de ruido, no contemplado en el cálculo.

6. Conclusiones

Tras los cálculos efectuados, se puede comprobar que la operación luego de la repotenciación de la subestación objeto del proyecto no supone un incremento significativo en los niveles de ruido ambiente en el entorno de la misma, en virtud de que se incorpora un nuevo transformador, cuyos niveles máximos de ruido son los mismos para el nuevo transformador. Por otra parte, el nuevo transformador no incluye refrigeración por aire forzado, lo que implica que no lleva ventiladores en su sistema de refrigeración (mayor fuente de ruido del equipo).

El nivel de inmisión sonora en los límites de la parcela de la subestación de Abenójar, debido al ruido generado por el transformador de potencia, no supera teóricamente los 45 dB(A) , sin embargo, las zonas residenciales y transitadas fuera de la subestación se encuentran a más de 100 metros de distancia, lo cual atenúa los niveles de ruido producidos por valores inferiores al ruido generado por una conversación normal; 60 dB(A) .

Los cálculos realizados reflejan una aproximación matemática a la propagación del ruido generado en la subestación, por lo que se considera que el nivel de ruido real aportado por los transformadores de potencia en funcionamiento será inferior al calculado. Esto se debe a la inferencia con objetos en la propagación del ruido.

Los valores de ruido calculados en los límites de la parcela, propiedad de Unión Fenosa Distribución, donde se asienta la subestación a modificar cumplen los valores límite establecidos en la legislación de referencia para suelos de uso residencial.

CÓRDOBA, JUNIO DE 2023
EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
RAFAEL FLORES VENTURA
COLEGIADO Nº 5.557



Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga
5557 - Rafael Flores Ventura
21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 54/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



ANEXO III: ESTUDIO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS



Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 55/66

5557 - Rafael Flores Ventura

Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



1. Objetivo

El presente Anexo al Proyecto Oficial tiene por objeto estimar las emisiones de campo electromagnético exterior de la subestación, con el propósito de verificar el cumplimiento de los límites establecidos por la normativa vigente relativa al proyecto 'SUBESTACION ABENÓJAR 132 kV - AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA'.

2. Normativa

- El R.D. 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.
- El R.D. 1066/2001 de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.
- Norma UNE-CLC/TR 50453 IN de noviembre de 2008, "Evaluación de los campos electromagnéticos alrededor de los transformadores de potencia".

3. Justificación

Atendiendo a la publicación "Campos eléctricos y magnéticos de 50 Hz" elaborada por Unesa en 2001, los trabajadores de subestaciones de 220 kV se ven sometidos a campos magnéticos de 50 Hz con medias ponderadas en el tiempo 3,5 mT y valores máximos dentro de su jornada laboral de 8,4 mT.

Estos valores están muy alejados de los valores máximos a los que hace referencia la recomendación 1999/519/CEE elaborada por el Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea, relativa a la exposición del público general a campos electromagnéticos (0 Hz – 300 Hz), en la que se recomienda no exponerse a densidades de flujo superiores a 100 mT, por lo que se puede considerar que los valores de los campos magnéticos a día de hoy en las condiciones futuras no suponen un riesgo para la salud humana de la población o trabajadores en los alrededores de la infraestructura, más aún cuando se trata de una subestación de 132 kV.

El conjunto de la instalación está concebido para su funcionamiento por telecontrol, por lo cual no existe personal de servicio permanente en la subestación.

En el Proyecto Técnico Administrativo (PTA) se incluye un plano con el resultado de la simulación de campos magnéticos de frecuencia industrial generados por la subestación objeto de proyecto con el fin de obtener y conocer la magnitud en las condiciones de carga más desfavorables.

Tal como se comprueba en el citado plano, los valores máximos que toma el campo magnético son 100 μ T en las proximidades de las celdas de potencia, valores que disminuyen hasta 10 μ T en el cerramiento perimetral y hasta 1 μ T a 25 metros de dichas fuentes, valores muy alejados de los máximos permitidos (niveles de referencia) que marca el RD 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

Por tanto, aun considerando que los cálculos de campos magnéticos son elaborados en la situación de carga máxima, situación casi imposible en la operación real, y que la suma de los campos se realiza escalarmente, se puede concluir que los valores de campo magnético en el perímetro de la subestación no superan en ningún caso los valores máximos permitidos marcados por el Real Decreto 1066/2001 en su Anexo II. Se describe de forma simplificada la metodología usada para los cálculos que llevan a presentar los resultados que requiere para los proyectos el R.D. 337/2014 en lo que se refiere a límites de campos magnéticos.

Se toman las siguientes consideraciones:

- Se consideran exclusivamente los campos magnéticos de 50 Hz y que son resultado de la instalación eléctrica objeto del estudio.



Industriales de Málaga
Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT
Peritaje Ingenieros Técnicos
5557 - Rafael Flores Ventura
VISADO 7115/2023
00 - 56/66
Código de Verificación

Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



- Los valores de campo magnético se representarán a una altura de 1 m del suelo, que se considera como representativa para la altura de una persona.

- En la simulación se establece que las paredes, muros, carcasas o cualquier otra barrera o cerramiento provocan ninguna atenuación en el campo magnético emitido por la fuente.

- Debido al carácter variable de la carga de la subestación en las diferentes líneas, trafos y barrajes, se considerarán en la simulación los valores máximos posibles de corriente que admiten los materiales, superando siempre todas las posibles condiciones que pueden producirse en situaciones reales, con el objetivo de estimar la máxima intensidad de campo magnético.

- En el caso de sumar los campos de varios modelos, estos se sumarán de forma escalar (presuponiendo que tienen la misma dirección y sentido) con el objetivo de obtener el resultado más restrictivo de la suma vectorial.

- Por lo establecido en el punto anterior, el objetivo de este estudio es el demostrar que la intensidad de campo magnético máxima no se supera bajo ninguna circunstancia en ciertos puntos de la instalación. De ningún modo los resultados de este estudio se deberán identificar con los valores reales de campos derivados del funcionamiento normal de la instalación. Estos valores siempre serán inferiores y, en muchos casos, notablemente inferiores.

Creación de modelos: Dado el posible solape de los diferentes campos por diferentes equipos y buscando unos resultados que sean siempre más restrictivos, se ha subdividido la subestación en los siguientes modelos de simulación:

- Barras y sus posiciones convencionales de intemperie 132 kV.
- Barras y sus posiciones convencionales de intemperie 45 kV.
- Barras y sus posiciones convencionales de intemperie 15 kV.
- Transformadores de la subestación, cada uno un bloque. Se considera un transformador ficticio cuyos primario y secundario resultan ser una envolvente de los casos más desfavorables posibles que se presentan en el parque de trafos de UFD. Se ha simulado un transformador 132/45kV de 30 MVA, dos transformadores 45/15kV de 15MVA.
- Cables AT y MT, líneas y cables puentes transformadores.

La subdivisión de la subestación en modelos se ha realizado con el objetivo de poder modelizar de forma independiente el campo generado por cada tipo de equipo.

Con estos modelos, es posible modelizar el campo magnético generado por yuxtaposición situando los modelos en su ubicación y orientación en la instalación y, en aquellos puntos donde los campos se solapan, estimar el campo por agregación escalar.

Asignación de corrientes para la simulación de campos de cada modelo: El campo magnético generado en un equipo es directamente proporcional a la intensidad que conduce, y se puede calcular por la ley de Biot-Savart.

Por lo tanto, ante la necesidad de extrapolar niveles de campo con la intensidad, esta relación siempre será lineal.

Para cada caso se adopta el valor de intensidad de la tipología más desfavorable, imposible en la práctica:

- Posición GIS MT: Intensidad 2.000A por ambos embarrados, todas las posiciones.
- Posición GIS 45 kV: Intensidad 1.250A por el embarrado, todas las posiciones.
- Posición Intemperie 132 kV: Intensidad de 2.500A por el embarrado, todas las posiciones.
- Transformador: Intensidades 385A para el lado primario y 1.155A para el lado secundario.
- Canalización de línea AT: se emplea el resultado de la simulación de una zanja tipo de UFD, doble y simple circuito de 45kV con intensidad nominal 385A. También cables puentes de 5 transformadores, simulando con intensidad nominal 385A en AT (desfavorable, como comentado, porque es la intensidad correspondiente a 45kV, no a 132kV, que sería una tercera parte) y 1.155A en MT 15kV.



Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros de Málag
5557 - Rafael Flores Ventura
21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 57/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



Obtención de resultados: como se ha indicado anteriormente, los resultados se obtienen por suma escalar de campos por agregación de los diferentes modelos, con el objetivo de obtener el resultado más restrictivo.

Se trabaja sobre una hoja de cálculo a la que se traslada la disposición física de la subestación, considerando una retícula de paso 1 x 1 m. Se introducen en las celdas de la hoja que correspondan los valores de cada elemento modelizado, siguiendo las coordenadas de la retícula. Cada elemento modelizado está formado por una matriz de valores.

Se dispone de los informes elaborados por el Instituto de Tecnología Eléctrica (ITE) que justifican los cálculos y las simulaciones.

CÓRDOBA, JUNIO DE 2023
EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
RAFAEL FLORES VENTURA
COLEGIADO Nº 5.557



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:

<http://www.coptima.com/verificador/>

Código: 7QHRLRX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023

00 - 58/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



ANEXO IV: CUMPLIMIENTO DISTANCIA DE SEGURIDAD REGLAMENTARIAS



Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLRX4WVNZRWJ6CKNGNSF8GT

Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 59/66

5557 - Rafael Flores Ventura

-

-



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



1. Pasillos de servicio en instalaciones eléctricas de exterior

Se cumple lo dispuesto en el apartado 4.1. de la ITC-RAT 15 del REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES TÉCNICAS Y GARANTÍAS DE SEGURIDAD EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN.

A continuación se transcribe el texto de cada subapartado seguido de su justificación.

"4.1.1. Para la anchura de los pasillos de servicio es válido lo dicho en el apartado 6.1.1. de la ITC-RAT 14".

Se cumple lo dispuesto en el apartado 6.1. de la ITC-RAT 14 del REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES TÉCNICAS Y GARANTÍAS DE SEGURIDAD EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN.

A continuación se transcribe el texto de cada subapartado seguido de su justificación.

"6.1.1. La anchura de los pasillos de servicio tiene que ser suficiente para permitir la fácil maniobra e inspección de las instalaciones, así como el libre movimiento por los mismos de las personas y el transporte de los aparatos en las operaciones de montaje o revisión de los mismos".

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

- a) Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a un solo lado 1,0 m.
- b) Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a ambos lados 1,2 m.
- c) Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a un solo lado 0,8 m.
- d) Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a ambos lados 1,0 m.

En cualquier otro caso, la anchura de los pasillos de maniobra no será inferior a 1,0 m, y la de los pasillos de inspección a 0,8 m.

Los anteriores valores deberán ser totalmente libres, es decir, medidos entre las partes salientes que pudieran existir, tales como mando amovibles de aparatos, barandillas, etc. El ancho libre del pasillo será al menos de 0,5 m cuando las partes móviles o las puertas abiertas de los equipos, interfieran en la ruta hacia la salida".

Los detalles indicados en los planos del proyecto permiten ilustrar el cumplimiento de las dimensiones de pasillos de servicio.

CÓRDOBA, JUNIO DE 2023
EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
RAFAEL FLORES VENTURA
COLEGIADO Nº 5.557



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga
Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT
5557 - Rafael Flores Ventura
21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 60/66

Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



ANEXO V: CÁLCULO EMBARRADOS Y CONEXIONES



Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLRX4WVNZRWJ6CKNGNSF8GT



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 61/66

5557 - Rafael Flores Ventura

Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



1. DATOS DE PARTIDA

1.1. Datos generales

- Condiciones Climáticas:
 - Temperatura ambiente máxima 40 °C
 - Temperatura ambiente mínima -5 °C
 - Velocidad máxima del viento 120 km/h
 - Altitud sobre el nivel del mar ≤ 1000 m
- El nivel de contaminación de las instalaciones se considerará fuerte o menor, excluyendo el nivel muy fuerte.
- Se empleará de forma preferente el aluminio como material para los conductores desnudos, tanto para tubos (aleación 6063-T6) como para cables (reforzado opcionalmente con núcleo de acero), por motivos fundamentalmente económicos, si bien en el parque de 45kV se empleará tubo y conductor de cobre por homogeneidad con lo existente.
- Se empleará de forma preferente tubo en barras principales y en las conexiones entre la aparamenta (mayores intensidades admisibles, mayores longitudes de vano admisibles, ausencia de efecto corona).
- Se empleará cable en los pendolones, en los tendidos altos y en las conexiones de los transformadores de potencia (preferentemente, en este caso, para reducir esfuerzos sobre bornas).
- La tensión máxima de tendidos de cables será de 1000 kg/fase en 132 kV, con una flecha máxima menor que el 4% de la luz.
- La flecha máxima de los tubos debido a su propio peso será menor que 1/300 de la luz.
- En el caso de cables aislados se utilizará conductor de cobre normalizado por UFD para cables puentes en el lado de 45kV de los transformadores 132/45kV.

2. CÁLCULO DE CONDUCTORES

2.1. Cálculos eléctricos

2.1.1. Conductores 132 kV

Los datos y cálculos eléctricos que se exponen a continuación han sido determinados suponiendo los siguientes parámetros:

- Tensión de servicio (U): 132 kV.
- Frecuencia de red: 50 Hz.
- Resistividad eléctrica del aluminio: $0,0282 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.
- Resistividad eléctrica del cobre: $0,0172 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.
- Sección del conductor Al a instalar: 1075 mm² (tubo Al $\varnothing 63/51$ mm).
- Sección de conductor Al existente: 547,3 mm².
- Factor de potencia: 1.
- Potencia nominal en posición: 30 MW.



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:

<http://www.coptima.com/verificador/>

Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023

VISADO 7115/2023

00 - 62/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



- Intensidad máxima prevista

La intensidad máxima prevista en los conductores de 132 kV se calculará en función de la potencia solicitada la siguiente forma:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{30.000 (kW)}{\sqrt{3} \times 132 (kV)} = 131,22 A$$

Las conexiones del lado de 132 kV se realizarán mediante tubo de aluminio Ø63/51mm o equivalente comercial, con conductor CARDINAL Al 547,3 mm² hasta conectarse al embarrado de tubo de Al Ø120/105mm.

- Cardinal Al 547,3 mm²

Este conductor es el utilizado en el parque de 132kV, por lo ya esta justificado su utilización. Se comprobará que con el aumento de potencia sigue siendo valido.

Sus características son las siguientes:

CABLE LA-545 (CARDINAL)	
Sección (mm2)	
Aluminio	484,5
Acero	62,8
Total	547,3
Equivalencia en Cu (mm2)	305
Diámetro (mm)	
Alma	10,14
Total	30,42
Carga de rotura (Kg)	15150
Resistencia eléctrica a 20°C (Ohm/Km)	0,0596
Módulo de Elasticidad (Kg/mm2)	7000
Intensidad admisible (A)	935

La intensidad máxima admisible en el conductor se obtiene usando la tabla 11 del apartado 4.2.1 de la ITC 07, que establece las densidades de corriente máximas de los conductores en régimen permanente. En ella, se establece una densidad de corriente máxima para cada sección de conductor utilizado.



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ6CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 63/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



Tabla 11 del apartado 4.2.1 de la ITC-LAT 07

Sección nominal mm ²	Densidad de corriente A/mm ²		
	Cobre	Aluminio	Aleación de aluminio
10	8,75		
15	7,60	6,00	5,60
25	6,35	5,00	4,65
35	5,75	4,55	4,25
50	5,10	4,00	3,70
70	4,50	3,55	3,30
95	4,05	3,20	3,00
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	2,00
400	2,50	1,95	1,80
500	2,30	1,80	1,70
600	2,10	1,65	1,55

Siendo 1,80 A/mm² para el conductor Al 547,3 mm²

Por lo tanto, la intensidad máxima admisible según la RLAT será:

$$I_{Al_{max}} = \delta_{Al} \times Secc = 1,80 \times 547,3 = 985.14 A > 131,22 A$$

Se puede comprobar que la intensidad máxima admisible del conductor Cardinal AL 547,3 mm² es superior a prevista en la posición a instalar.

▪ Tubo Al Ø63/51 mm

La intensidad admisible en régimen permanente del tubo elegido Al Ø63/51 mm, según datos de fabricante, es de 1.787 A, con 35°C de temperatura ambiente y 85 °C de temperatura en el tubo.

Según DIN 43670, esta intensidad debe ser corregida con distintos factores. Así, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

$k_1 =$ 0,925 por la aleación elegida

$k_2 =$ 1,25 para temperatura final de 80 °C

$k_3 =$ 1 por ser tubo

$k_4 =$ 0,98 para instalación a menos de 1000 m.s.n.m.

Por lo tanto,

$$I_{max} = I_n \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 = 1.787 \cdot 0.925 \cdot 1.25 \cdot 1 \cdot 0.98 = 2.024,90A > 131,22A$$

Siendo muy superior a la máxima prevista.



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:

<http://www.coptima.com/verificador/>

Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023

VISADO 7115/2023

00 - 64/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



2.1.2. Conductores 45 kV

Los datos y cálculos eléctricos que se exponen a continuación han sido determinados suponiendo los siguientes parámetros:

- Tensión de servicio (U): 45 kV.
- Frecuencia de red: 50 Hz.
- Sección del conductor Cu a instalar: 537.21 mm² (tubo Cu Ø60/54 mm).
- Sección de conductor Cu existente: 315 mm².
- Potencia nominal en posición: 30 MW.

- Cable Cu 315 mm²

Este conductor es el utilizado en el parque de 45 kV, pero se dejará demostrado que sigue siendo válido con esta ampliación de potencia:

Según la potencia del transformador, la intensidad nominal considerada que se producirá el lado de 45 kV se da:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{30.000 \text{ (kW)}}{\sqrt{3} \times 45 \text{ (kV)}} = 384,9 \text{ A}$$

La intensidad máxima admisible en el conductor se obtiene usando la tabla 11 del apartado 4.2.1 de la ITC-LAT-07, que establece las densidades de corriente máximas de los conductores en régimen permanente. En ella, se establece una densidad de corriente máxima para cada sección de conductor utilizado, siendo 2,75 A/mm² para el conductor de Cu 315 mm².

$$I_{Al_{max}} = \delta_{Cu} \times Secc = 2,75 \times 315 = 866,25 \text{ A} > 384,9 \text{ A}$$

Por lo tanto se demuestra que el cable Cu 315mm² sigue siendo válido para el parque de 45kV.

- Cable RHZ1-20L(S) 26/45 kV Cu 3(1x500mm²)+H165

La intensidad máxima teórica del conductor elegido RHZ1-20L(S) 26/45 kV de cobre con 500 mm² de sección según los datos del fabricante es de 731 A. Este conductor se instalará en un vial de cables que discurrirá desde el transformador hasta el edificio donde se encuentran las celdas. Según las especificaciones del fabricante establece que la intensidad considerada que la temperatura en el suelo es 25°C y está 1,2 metros de profundidad.

Por lo tanto, se puede ver que la intensidad máxima teórica del conductor supera de sobra la intensidad prevista en la posición del parque de 45kV (731A > 348,9A).



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros de Técnicos Industriales de Málaga

Puede verificar este documento en:

<http://www.coptima.com/verificador/>

Código: 7QHRLFX4WZNZRWJ36CKNGNSF8GT

5557 - Rafael Flores Ventura

21/06/2023

VISADO 7115/2023

00 - 65/66



Subestación Abenójar 132 kV

AMPLIACIÓN DE POTENCIA T-IV 132/45 kV 30 MVA



- Tubo Cu Ø60/54

La intensidad admisible en régimen permanente del tubo elegido Cu Ø60/57 mm, según datos de fabricante, es de 1.390 A, con 35°C de temperatura ambiente y 65 °C de temperatura en el tubo.

Según DIN 43671, esta intensidad debe ser corregida con distintos factores. Así, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

$$k_1 = 0,925 \text{ por la aleación elegida}$$

$$k_2 = 1,25 \text{ para temperatura final de } 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$k_3 = 1 \text{ por ser tubo}$$

$$k_4 = 0,98 \text{ para instalación a menos de } 1000 \text{ m.s.n.m.}$$

Por lo tanto,

$$I_{max} = I_n \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 = 1.390 \cdot 0.925 \cdot 1.25 \cdot 1 \cdot 0.98 = 1575,04A > 348,9A$$

Siendo muy superior a la máxima prevista.

CÓRDOBA, JUNIO DE 2023
EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
RAFAEL FLORES VENTURA
COLEGIADO Nº 5.557



Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga
Puede verificar este documento en:
<http://www.coptima.com/verificador/>
Código: 7QHRLFX4WNZRWJ36CKNGNSF8GT
21/06/2023
VISADO 7115/2023
00 - 66/66
5557 - Rafael Flores Ventura