

Instalación de Evacuación de Energía Eléctrica de un Huerto Solar

Cabezas de San Juan

Sevilla

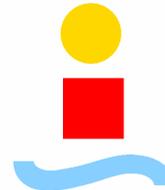
Proyecto

Documento 1: Memoria

UNIVERSIDAD DE SEVILLA



ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIEROS



Autor del Proyecto:

Jaime Gustavo Custodio Pérez
Diciembre de 2.008



*Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de
Huerto Solar*

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



DOCUMENTO 1: MEMORIA



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



0. DATOS IDENTIFICATIVOS

0.1. DATOS DEL PROYECTO

0.1.1. Título del Proyecto

Instalación de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar.

0.1.2. Situación y Emplazamiento

El CT y la línea de media tensión proyectados están ubicados en el término municipal de Las Cabezas de San Juan, provincia de Sevilla, entre los parajes denominados Los Barrancos y Las Liebreras.

Para más detalle ver plano N° 1 de situación.

0.2. BECA DE COLABORACIÓN

El proyecto está desarrollado en el ámbito de una beca en empresa líder en el sector, por lo que el huerto solar fotovoltaico y el presente proyecto serán llevados a ejecución.

El huerto solar en concreto se denomina RANCHO SERRANO LAS CABEZAS de 450 kW de potencia nominal y la evacuación de la energía eléctrica se realiza en el Punto de Acceso, ubicado en el apoyo n ° A 243712 de la línea de M.T 15 kV, denominada L/ GUAD_CABEZ DE SUBESTACIÓN PALACIOS (según referencia de Endesa Sevillana).



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



0.3. DATOS DEL AUTOR DEL TRABAJO

Jaime Gustavo Custodio Pérez, alumno de la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla y que realiza el presente proyecto gracias a una beca de colaboración en empresa líder en el sector.

0.4. DATOS DEL TUTOR DEL TRABAJO

D. Ángel Luís Trigo, profesor de la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla en el Departamento de Ingeniería Eléctrica.



**Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de
Huerto Solar**



Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto

ÍNDICE

0. DATOS IDENTIFICATIVOS.....	3
0.1. DATOS DEL PROYECTO.....	3
0.1.1. <i>Título del Proyecto</i>	3
0.1.2. <i>Situación y Emplazamiento</i>	3
0.2. BECA DE COLABORACIÓN.....	3
0.3. DATOS DEL AUTOR DEL TRABAJO.....	4
0.4. DATOS DEL TUTOR DEL TRABAJO.....	4
1. OBJETO.....	9
2. ALCANCE.....	9
3. REGLAMENTACIÓN APLICABLE.....	10
3.1. NORMAS GENERALES.....	10
3.2. NORMAS Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO DE LA APARAMENTA ELÉCTRICA.....	11
4. EMPLAZAMIENTO.....	12
4.1. RBD: Relación de Bienes y Derechos Afectados.....	12
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN.....	13
6. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	14
6.1. OBRA CIVIL: PFU-5/20.....	14
6.1.1. <i>Descripción</i>	14
6.1.2. <i>Envolvente</i>	15
6.1.3. <i>Placa piso</i>	16
6.1.4. <i>Accesos</i>	16
6.1.5. <i>Ventilación</i>	17
6.1.6. <i>Acabado</i>	17



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar



Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto

6.1.7. Calidad.....	17
6.1.8. Alumbrado	17
6.1.9. Cimentación.....	17
6.1.10. Características Detalladas	18
6.2. UNIDADES TRANSFORMADORAS.....	19
6.2.1. Transformador 1	19
6.2.2. Transformador 2	20
6.3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	20
6.3.1. Red de alimentación	20
6.3.2. Paramenta de Media Tensión	21
6.3.2.1. Celdas: CGMcosmos.....	21
6.3.2.1.1. Partes que la componen	22
6.3.2.1.2. Características descriptivas celdas.....	24
6.3.3. Paramenta de Baja Tensión.....	28
6.3.4. Características del Material Vario.....	28
6.3.4.1. Interconexiones de MT:	29
6.3.4.2. Interconexiones de BT:.....	29
6.3.4.3. Equipos de iluminación:.....	31
6.4. MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA	31
6.5. TELEMANDO.....	31
6.5.1. Objetivo.....	31
6.5.2. Tensiones Auxiliares.....	32
6.5.3. Motorizaciones.....	32
6.5.4. Armario de control.....	33
6.5.4.1. Conmutador local/distancia.	33
6.5.4.2. Unidad Terminal Remota.....	34
6.5.4.3. Equipos de telecomunicaciones	35
6.5.4.4. Detección Paso de Falta.....	35
6.6. PUESTA A TIERRA.	36
6.6.1. Tierra de protección	36
6.6.2. Tierra de servicio	36
6.7. INSTALACIONES SECUNDARIAS.	37



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar



Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto

6.7.1. Armario de primeros auxilios.....	37
6.7.2. Defensa de transformadores:.....	37
6.7.3. Medidas de seguridad.....	37
7. RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN.....	39
7.1. CANALIZACIÓN.....	39
7.2. ARQUETAS DE REGISTRO.....	40
7.3. CONDUCTOR.....	41
7.4. EMPLAMES.....	42
7.5. TÉRMINALES.....	43
7.6. TIERRAS.....	44
7.7. CONVERSIÓN SUBTERRÁNEO AÉREO.....	44
8. LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN.....	46
8.1. CONDUCTOR.....	46
8.2. AISLAMIENTO.....	47
8.3. HERRAJES.....	50
8.3.1. Cadena de amarre.....	51
8.3.2. Antivibradores.....	52
8.4. APOYOS.....	53
8.4.1. Protección de superficies.....	53
8.4.2. Dimensiones de los Apoyos.....	54
8.5. APOYO CONVERSIÓN SUBTERRÁNEO AÉREO.....	55
8.5.1. Autoválvulas.....	55
8.6. APOYO DE ENTRONQUE.....	57
8.6.1. Protección: Cortacircuito fusible.....	57
8.6.2. Seccionadores.....	58
8.7. HIPOTESIS DE CÁLCULO.....	59
8.7.1. Zona Reglamentaria.....	59
8.8. CIMENTACIONES.....	61
8.8.1. Cimentaciones monobloque,.....	61
8.9. CÁLCULO MECÁNICO.....	64
8.10. DISTANCIAS.....	66



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar



Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto

8.10.1. Distancias de los Conductores al Terreno.....	66
8.10.2. Distancia de los conductores entre sí.....	66
8.10.3. Distancias de los conductores a los apoyos.....	69
8.11. CRUZAMIENTOS.....	69
8.11.1. Ríos y canales	69
8.11.2. Líneas eléctricas y de telecomunicación	70
8.12. PARALELISMOS.....	70
8.13. PUESTA A TIERRA.....	71
8.13.1. Picas.....	71
8.13.2. Conexión del cable de tierra a los apoyos.....	72
8.14. NUMERACIÓN Y AVISOS DE PELIGRO.....	73
8.15. INFORMACIÓN RELATIVA A LA ADECUACIÓN Y CONDICIONES TECNICO-AMBIENTALES.....	73
8.15.1. MEDIDAS ANTIELECTROCUCIÓN.....	75
8.15.2. MEDIDAS ANTICOLISIÓN.....	77
9. PRESUPUESTO.....	79
10. CONCLUSIÓN.....	79



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



1. OBJETO

Este Proyecto tiene como objeto diseñar y justificar la instalación eléctrica destinada a evacuar la energía eléctrica generada por un Huerto Solar Fotovoltaico.

2. ALCANCE

La instalación eléctrica proyectada, destinada a evacuar la energía eléctrica generada por el Huerto Solar Fotovoltaico de 450 kW de potencia nominal, partirá del cuadro de Baja Tensión, situado en el centro de transformación, hasta llegar a la línea aérea de Media Tensión propiedad de Sevillana-Endesa (C.S.E.) en la que se realiza la evacuación según acuerdo con C.S.E.

Las instalaciones que se desarrollan en este proyecto son:

- Un centro de transformación en cuyo interior se albergarán dos trafos de 630 kVA de potencia cada uno, dos celdas de protección, dos celdas de línea, telecontrol y demás elementos necesarios.
- Una línea de media tensión de doble circuito de 15 kV (18/30kV a petición de C.S.E.), con tramos subterráneo y aéreo, haciendo entrada salida en el apoyo de entronque A 243712, cedido por C.S.E..



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



3. REGLAMENTACIÓN APLICABLE

3.1. NORMAS GENERALES

- R.D. 3151/1968 de 28 de Noviembre, por el que se aprueba el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.
- Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. (BOE núm. 288 de 1 de diciembre) e Instrucciones Técnicas Complementarias
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias. (R.D. 842/2002, de 2 de Agosto de 2002).
- R.D.- 1955/2000 por el que se regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministros y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Orden Ministerial del 10 de Marzo de 2.000 que modifica la I.T.C. MIE/RAT en Centrales, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Instrucción de 14 de Octubre de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, sobre la previsión de cargas eléctricas y coeficientes de simultaneidades en áreas de uso



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar



Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto

residencial y áreas de uso industrial.(BOJA nº 216, de 5 de noviembre 2004).

- Resolución de 23 de febrero de 2005, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas (BOJA nº 57 de 22 de Marzo de 2005).
- Normas particulares de la Compañía Suministradora de energía eléctrica.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

3.2. NORMAS Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO DE LA APARAMENTA ELÉCTRICA

- UNE 20 099, 20 104-1
- CEI 129, 265-1, 298
- UNE 20 100, 20 135, 21 081, 21 136, 21 139
- RU 6407 B
- CEI 56, 420, 694
- UNE 20 135, 20 801
- CEI 255, 801
- UNE 20 101
- UNE 21 428
- RU 5201D



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



4. EMPLAZAMIENTO

El CT y la línea de media tensión proyectados están ubicados en el término municipal de Las Cabezas de San Juan, provincia de Sevilla, entre los parajes denominados Los Barrancos y Las Liebreras.

4.1. RBD: Relación de Bienes y Derechos Afectados

El Centro de Transformación está emplazado en la parcela nº 12, del polígono 22. La Línea de Media Tensión discurre por las parcelas 12 y 7 del polígono 22, afectando del siguiente modo. Todo esto se encuentra documentado en el anexo de planos.

Relación de bienes y derechos afectados:

PARCELA	POLÍGONO	C.T (m ²)	ZANJA (ml)	SUPERFICIE AFECTADA m ²
12	22	8	118,4	65,7
7	22		Línea aérea	81,6
Arroyo			Línea aérea	1,8
Total			962,1	181,2



5. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

Este Proyecto consta de la instalación eléctrica destinada a evacuar la energía eléctrica generada por el Huerto Solar Fotovoltaico RANCHO SERRANO LAS CABEZAS de 450 kW de potencia nominal.

La evacuación se realiza en el Punto de Acceso, ubicado en el apoyo n^o A243712 de la línea de M.T 15 kV, denominada L/ GUAD_CABEZ DE SUBESTACIÓN PALACIOS (según referencia de Endesa Sevillana).

Para ello se proyecta la instalación de:

1) Un centro de transformación prefabricado PFU-5/20. Este centro albergará en su interior toda la paramenta necesaria para transformar la tensión de 400V a 15kV:

- Dos unidades transformadoras de 630 kVA cada uno (uno de ellos de reserva), refrigerados en aceite.
- Dos celdas de protección, destinadas a la protección de las unidades transformadoras.
- Dos celdas de línea.
- Telecontrol.
- Otros elementos necesarios, como luminarias, botiquín de primeros auxilios, elementos para maniobra...

2) Una red subterránea de MT con una longitud de 118,4 metros, formada por dos circuitos. Cada circuito estará formado por una terna de conductores de RHZ-1 18/30 kV de 3x240 mm² en aluminio, enterrado en zanja bajo tubo de PE de 200 mm de diámetro y una profundidad mínima de 1,10 m. desde el Centro de transformación al poste de apoyo n^o 1; en el que sucede la conversión de subterránea a aérea. Se instalará un tubo de reserva.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



3) Una línea aérea de media tensión de 569,6 m. de longitud de doble circuito de 15 kV (18/30 kV), de apoyos metálicos y conductor LA-110, haciendo entrada salida en el apoyo de entronque A 243712, cedido por C.S.E.

6. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El Centro de Transformación, consta de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos. Se instalará un CT de potencia el doble a evacuar. Si la potencia a evacuar es de 450 kW. se instala en el C.T. un trafo de 630 kVA suficiente para evacuar esta potencia y otro trafo de reserva de igual potencia.

Desde el CT se realizara la conexión a la línea L/GUA_CABEZ DE SUBESTACION PALACIOS de 15 kV., con entrada y salida en esta en anillo.

Para el diseño de este Centro de Transformación se han tenido en cuenta todas las normativas anteriormente indicadas.

6.1. OBRA CIVIL: PFU-5/20

6.1.1. Descripción

Los Centros de Transformación PFU, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), constan de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparamenta de MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



CT prefabricado PFU.

6.1.2. Envolverte

La envolvente de estos centros es de hormigón armado vibrado. Se compone de dos partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm². Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kΩ respecto de la tierra de la envolvente.

Las cubiertas están formadas por piezas de hormigón con inserciones en la parte superior para su manipulación.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los orificios de paso para los cables de MT y BT. Estos orificios están semi-perforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semi-perforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

El espacio para el transformador, diseñado para alojar el volumen de líquido refrigerante de un eventual derrame, dispone de dos perfiles en forma de "U", que se pueden deslizar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

6.1.3. Placa piso

Sobre la placa base y a una altura de unos 400 mm se sitúa la placa piso, que se sustenta en una serie de apoyos sobre la placa base y en el interior de las paredes, permitiendo el paso de cables de MT y BT a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

6.1.4. Accesos

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso de peatones, las puertas del transformador (ambas con apertura de 180º) y las rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso disponen de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento para evitar aperturas intempestivas de las mismas del Centro de Transformación. Para ello se utiliza una cerradura de diseño ORMAZABAL que anclan las puertas en dos puntos, uno en la parte superior y otro en la parte inferior.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



6.1.5. Ventilación.

Las rejillas de ventilación natural están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Transformación. Se complementa cada rejilla interiormente con una malla mosquitera.

6.1.6. Acabado

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en el perímetro de la cubierta o techo, puertas y rejillas de ventilación.

Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

6.1.7. Calidad

Estos edificios prefabricados han sido acreditados con el Certificado de Calidad UNESA de acuerdo a la RU 1303A.

6.1.8. Alumbrado

El equipo va provisto de alumbrado conectado y gobernado desde el cuadro de BT, el cual dispone de un interruptor para realizar dicho cometido.

6.1.9. Cimentación

Para la ubicación de los Centros de Transformación PFU es necesaria una excavación, cuyas dimensiones variarán en función de la solución adoptada para la



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)



Proyecto

red de tierras, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de 100 mm de espesor. Las características de la excavación vienen dadas en el punto 5.1.10 de características detalladas.

La ubicación se realizará en un terreno que sea capaz de soportar una presión de 1 kg/cm², de tal manera que los edificios o instalaciones anejas al CT y situadas en su entorno no modifiquen las condiciones de funcionamiento del edificio prefabricado.

6.1.10. Características Detalladas

Nº de transformadores:	2
Tipo de ventilación:	Doble
Puertas de acceso peatón:	1puerta

El índice de protección presentado por el edificio es:

- Edificio prefabricado: IP 23.
- Rejillas: IP 33.

Las sobrecargas admisibles son:

- Sobrecarga de nieve: 250 kg/m².
- Sobrecarga de viento: 100 kg/m² (144 km/h).
- Sobrecarga en el piso: 400 kg/m².

Dimensiones exteriores:

Longitud:	6080 mm
Fondo:	2380 mm
Altura:	3045 mm
Altura vista:	2585 mm



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)



Proyecto

Peso: 17000 kg

Dimensiones interiores:

Longitud: 5900 mm

Fondo: 2200 mm

Altura: 2355 mm

Dimensiones de la excavación:

Longitud: 6880 mm

Fondo: 3180 mm

Profundidad: 560 mm

6.2. UNIDADES TRANSFORMADORAS

6.2.1. Transformador 1

Transformador trifásico de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca COTRADIS, con neutro accesible en el primario, de potencia 630 kVA. y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 400 V y tensión secundaria 15 / 20 kV.





Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



6.2.2. Transformador 2

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca COTRADIS, con neutro accesible en el secundario, de potencia 630 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 400 V y tensión secundaria 15 / 20 kV.

Ambos transformadores son iguales:

Potencia unitaria de cada transformador y potencia total en kVA.

- Potencia del transformador 1: 630 kVA.
- Potencia del transformador 2: 630 kVA.
- Potencia total del CT : 1.260 kVA.

Tipo de transformador

- Refrigeración del transformador 1: aceite
- Refrigeración del transformador 2: aceite

6.3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

6.3.1. Red de alimentación

La red de la cual se alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 400 V, nivel de aislamiento según la MIE-RAT 12, y una frecuencia de 50 Hz.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



La potencia de cortocircuito en el lado de media tensión, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 500 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 19,2 kA. eficaces.

6.3.2. Paramenta de Media Tensión

Características generales de los tipos de paramenta empleados en la instalación.

6.3.2.1. Celdas: CGMcosmos

Las celdas CGMcosmos forman un sistema de equipos modulares de reducidas dimensiones para MT, con aislamiento y corte en gas, cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos de unión patentados por ORMAZABAL y denominados ORMALINK, consiguiendo una conexión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc.).





Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



6.3.2.1.1. Partes que la componen

Las partes que componen estas celdas son:

Base y frente

La base soporta todos los elementos que integran la celda. La rigidez mecánica de la chapa y su galvanizado garantizan la indeformabilidad y resistencia a la corrosión de esta base. La altura y diseño de esta base permite el paso de cables entre celdas sin necesidad de foso (para la altura de 1740 mm), y facilita la conexión de los cables frontales de acometida.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda, los accesos a los accionamientos del mando y el sistema de alarma sonora de puesta a tierra. En la parte inferior se encuentra el dispositivo de señalización de presencia de tensión y el panel de acceso a los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

Lleva además un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

Cuba

La cuba, fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles, y el gas se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,15 bar (salvo para celdas especiales). El sellado de la cuba



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante más de 30 años, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno, permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, cables o la paramenta del Centro de Transformación.

En su interior se encuentran todas las partes activas de la celda (embarrados, interruptor-seccionador, puesta a tierra, tubos portafusible)

Interruptor / Seccionador / Seccionador de puesta a tierra

El interruptor disponible en el sistema CGMcosmos tiene tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra.

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).

Mando

Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual.

Conexión de cables

La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



Enclavamientos

La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGMcosmos es que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

6.3.2.1.2. Características descriptivas celdas

Protección Transformadores: CGMcosmos-P Protección fusibles

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda CGMcosmos-P de protección con fusibles, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar



Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto

Características eléctricas:

Tensión asignada:	24 kV
Intensidad asignada en el embarrado:	400 A
Intensidad asignada en la derivación:	200 A
Intensidad fusibles:	3x63 A
Intensidad de corta duración (1 s), eficaz:	25 kA
Intensidad de corta duración (1 s), cresta:	62,5 kA
Nivel de aislamiento:	
• Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases:	50 kV
• Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta):	125 kV
Capacidad de cierre (cresta):	62,5 kA
Capacidad de corte:	
• Corriente principalmente activa:	400 A

Características físicas:

Ancho:	470 mm
Fondo:	735 mm
Alto:	1740 mm
Peso:	140 kg

Otras características constructivas:

Mando posición con fusibles:	manual tipo BR
Combinación interruptor-fusibles:	combinados



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



Celdas E/S1, E/S2, PT1: CGMcosmos-2LP

Celda compacta con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por varias posiciones con las siguientes características:

La celda CGMcosmos 2LP está constituida por tres funciones: dos de línea o interruptor en carga y una de protección con fusibles, que comparten la cuba de gas y el embarrado.

Las posiciones de línea, incorporan en su interior una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

La posición de protección con fusibles incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador igual al antes descrito, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados con ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

Características eléctricas:

Tensión asignada:	24 kV
Intensidad asignada en el embarrado:	400 A



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar



Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto

Intensidad asignada en las entradas/salidas:	400 A
Intensidad asignada en la derivación:	200 A
Intensidad de corta duración (1 s), eficaz:	25 kA
Intensidad de corta duración (1 s), cresta:	62,5 kA
Nivel de aislamiento:	
• Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases:	50 kV
• Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta):	125 kV
Capacidad de cierre (cresta):	62,5 kA
Capacidad de corte:	
• Corriente principalmente activa:	400 A

Características físicas:

Ancho:	1190 mm
Fondo:	735 mm
Alto:	1740 mm
Peso:	290 kg

Otras características constructivas

Mando interruptor 1:	manual tipo B
Mando interruptor 2:	manual tipo B
• Mando posición con fusibles:	manual tipo BR
• Intensidad fusibles:	3x63 A
• Regulación en el primario:	+/-2,5%, +/-5%, +7,5%
• Tensión de cortocircuito (Ecc):	4%
• Grupo de conexión:	Dyn11
• Protección incorporada al transformador:	Sin protección propia
Mando interruptor:	motorizado tipo BM



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



6.3.3. Paramenta de Baja Tensión

En el interior del centro de transformación se encuentran los Cuadros de BT, que tienen como misión la protección de la línea de B.T. que entra al mismo procedente del campo solar. Además realizan la separación en distintas ramas de entrada, por medio de fusibles.

Es objeto de otro proyecto, como se ha descrito en apartados anteriores. No obstante, al preverse su ubicación en el Centro de Transformación, se estima que tendrá unas dimensiones similares a las siguientes:

- Anchura: 580 mm
- Altura: 1690 mm
- Fondo: 290 mm

Los cuadros de baja tensión deben cumplir con la Norma ENDESA FNZ001, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 6700040 y 6700380, admitirán cuatro salidas y un módulo de ampliación, y estarán provistos de fusibles de uso general aptos para la intensidad nominal de las líneas que alimentan y que deberán cumplir con lo especificado en la Norma ENDESA>NNL011.

El elemento de corte de cada línea, será unipolar, con poder de corte de 400A (tamaño 2). La salida para servicios propios del centro tendrá además protección diferencial.

6.3.4. Características del Material Vario

El material vario del Centro de Transformación es aquel que, aunque forma parte del conjunto del mismo, no se ha descrito en las características del equipo ni en las características de la paramenta.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



6.3.4.1. Interconexiones de MT:

La unión de la protección del transformador al aparato correspondiente se hará con cables de aislamiento de polietileno reticulado 18/30 kV. con una sección en Aluminio de 150 mm², que cumplirá con la Norma Endesa DND001. Por tanto:

Puentes MT Transformador 1:

Los cables de MT que unen la unidad transformadora con la celda de protección serán unipolares del tipo RHZ-1 18/30 kV. de 3x150mm² Al.

La terminación al transformador es EUROMOLD de 24 kV del tipo cono difusor y modelo OTK.

En el otro extremo, en la celda, es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable recta y modelo K-152.

Puentes MT Transformador 2:

Los cables de MT que unen la unidad transformadora con la celda de protección serán unipolares del tipo RHZ-1 18/30 kV. de 3x150mm² Al.

La terminación al transformador es EUROMOLD de 24 kV del tipo cono difusor y modelo OTK.

En el otro extremo, en la celda, es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable recta y modelo K-152.

6.3.4.2. Interconexiones de BT:

EL puente de BT está constituido por los cables de baja tensión utilizados para la conexión entre el transformador y el cuadro de baja tensión.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



La unión se realizará mediante cables aislados unipolares de aluminio, del tipo RV 0,6/1 kV, que se ajustarán a lo especificado en la Norma Endesa CNL001.

Las características de los puentes en función de las potencias son las siguientes:

POTENCIA TRAFO (kVA)	Nº y SECCIÓN DE CONDUCTORES	
	B2	
	FASE	NEUTRO
1.000	3x4x240 mm ²	2x240 mm ²
630	3x3x240 mm ²	2x240 mm ²
400	3x2x240 mm ²	1x240 mm ²
250	3x1x240 mm ²	1x240 mm ²
160	3x1x150 mm ²	1x150 mm ²
≤100	3x1x150 mm ²	1x150 mm ²

Por tanto:

Puentes BT - Transformador 1:

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 1x240 Al (Etileno-Propileno) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xfase + 2xneutro.

Puentes BT - Transformador 2:

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 1x240 Al (Etileno-Propileno) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xfase + 2xneutro.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



6.3.4.3. Equipos de iluminación:

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros, con al menos un nivel medio de iluminación de 150 lux. Se instalarán como mínimo dos puntos de luz.

Se situarán de manera que pueda efectuarse la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos de tensión.

Los interruptores del alumbrado estarán situados en la proximidad de las puertas de acceso con un piloto que indique su presencia.

Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.

6.4. MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

No se efectúa medida de energía en MT. La medida de la energía se realiza en baja tensión antes de llegar al centro de transformación, por lo que no será objeto de este proyecto.

6.5. TELEMANDO.

6.5.1. Objetivo.

El telemando del centro tendrá como finalidad la monitorización remota del estado de los elementos de maniobra (normalmente interruptores-seccionadores), actuación remota sobre dichos estados, y monitorización de una serie de alarmas preestablecidas (fallo de batería, telemando local/distancia, etc.).



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



6.5.2. Tensiones Auxiliares.

La alimentación de los sistemas de control, protección telecontrol y comunicación propia de los CT de Endesa, estará compuesta por una batería de acumuladores y un cargador de corriente monofásico siendo sus tensiones de funcionamiento:

- Cargador de batería alimentación monofásica a 230V 50 Hz $\pm 10\%$.
- Batería: tensión nominal 48 Vcc y opcionalmente 125 Vcc para los centros que así lo requieran, para suministro a motorización y a convertidor.
- Convertidor: transforma la tensión de 48 Vcc a 12 Vcc, para suministro a UMPC, radio y módem GSM/RTC.

6.5.3. Motorizaciones

Para poder maniobrar de forma remota los interruptores-seccionadores del CT, las celdas deberán estar motorizadas, o bien las celdas dispondrán de dicha motorización, o bien será posible la colocación de un kit de motorización que permita la conversión de un mando tipo manual a uno motorizado.

Las características de los motores serán las siguientes:

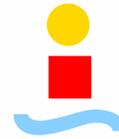
- Tensión de suministro: 48 Vcc.
- El mando motor incluirá contactos auxiliares libres (2NC + 2NA).
- Tiempo de activación máximo de accionamiento: 6 s.
- Contactos auxiliares de puesta a tierra.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



6.5.4. Armario de control

Cada CT estará provisto de un armario de control, en el cual se ubicarán los equipos de telemando:

- Unidad Terminal Remota (en adelante RTU)
- Equipos de telecomunicaciones:
 - UMPC (Universal Multi-Point Controller).
 - Dependiendo del medio de comunicación usado:
 - Radio.
 - Módem GSM.
 - Módem RTC.

El armario dispondrá de una placa identificativa con los siguientes datos:

- Modelo de RTU.
- Nombre del centro (CT nombre).
- Fecha de fabricación.
- N° de referencia del fabricante.

6.5.4.1. Conmutador local/distancia.

En la puerta del armario estará instalado un conmutador de dos posiciones (Local/Distancia).

En la posición Local, se inhabilitará el control a distancia de los elementos de maniobra, y además uno de los bloques de contactos del conmutador cortará la alimentación a los mandos.



6.5.4.2. Unidad Terminal Remota

La RTU estará diseñada para realizar de forma óptima las funciones del sistema de telemando a instalar en el CT, y cumplirá, entre otras particularidades, con las especificaciones de la norma PNC001 de Endesa.

Implementará el protocolo de comunicación estándar CEI-60870.5.101 según el perfil del Grupo Endesa, para llevar a cabo la comunicación con el Centro de Control (en adelante CC), y hacer posible el telemando del CT.

La comunicación entre la RTU y el CC, se producirá a demanda de éste en los casos siguientes:

- Llamada por arranque o iniciación.
- Llamada periódica de rutina para comprobación.
- Llamada por iniciativa del operador, para actualización de datos o ejecución de comandos.
- Llamada para la ejecución de rutinas de diagnóstico.
- Por interrogación desde el CC cuando se funcione por este procedimiento.

La RTU estará formada por un conjunto fácilmente reemplazable que le permita ser ubicada dentro del armario de control. Para ello, incorporará unas piezas de sujeción para su anclaje en fondo de panel. Será alimentada a 18 Vcc, tomándose esta alimentación de la batería instalada en el CDT.

Cada RTU dispondrá de dos claves de acceso correspondientes a dos perfiles y atributos del usuario:

- Nivel 1 de acceso: para visualización de la información de la RTU.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



- Nivel 2 de acceso: para programación y configuración de la RTU.

6.5.4.3. Equipos de telecomunicaciones

Los equipos de telecomunicaciones deberán estar ubicados, en general, en la parte superior del armario de control instalado en el CT.

La red de comunicaciones entre el CC y el CT constará de las siguientes subredes:

- Red de conmutación de datos en tiempo real: Red Trame, compuesta por Nodos Trame.
- Red de acceso: desde la RTU hasta el Nodo Trame más cercano (last mille)

Esta última milla podrá ser implementada mediante diferentes tecnologías, según su adecuación a la ubicación del CT (radio, GSM, RTC).

6.5.4.4. Detección Paso de Falta.

Las celdas de función de línea, podrán llevar incorporado un equipo de Detección de Paso de Falta (DPF). En las posiciones de acople o de interruptor automático, que ya dispone de una protección específica, este equipo no es necesario.

El DPF dispondrá de las funciones de sobreintensidad de fase y de sobreintensidad homopolar. Sus componentes estarán completamente integrados en la celda, y completamente realizado el cableado de alimentación auxiliar y entre los captadores y el DPF. Estará montado en un lugar visible y accesible para su manipulación y comprobaciones necesarias.



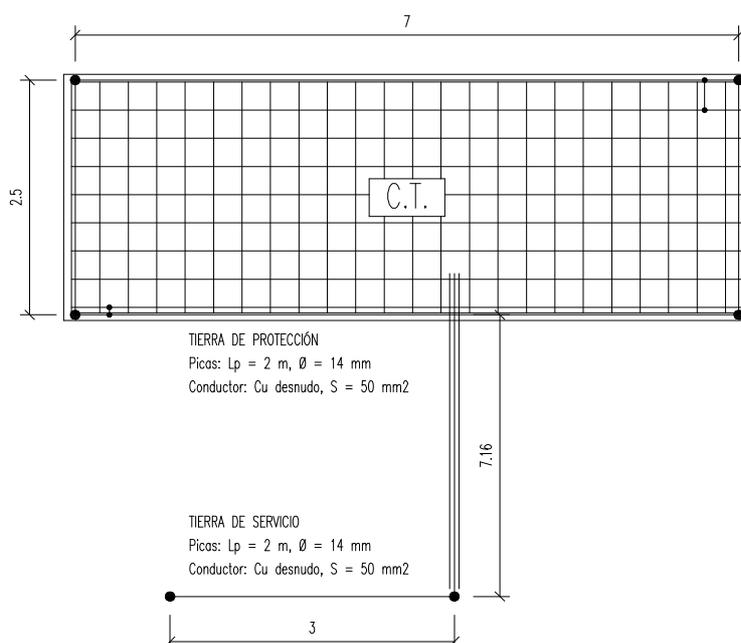
6.6. PUESTA A TIERRA.

6.6.1. Tierra de protección

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc., así como la armadura del edificio (cuando éste es prefabricado, como es el caso). No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior

6.6.2. Tierra de servicio

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.





6.7. INSTALACIONES SECUNDARIAS.

6.7.1. Armario de primeros auxilios

El Centro de Transformación cuenta con un armario de primeros auxilios.

6.7.2. Defensa de transformadores:

A efectos de seguridad, cuando el edificio del CT no esté provisto de tabique separador de salas o que el transformador no esté dotado de bornas aisladas de alta tensión y en baja tensión, será preciso instalar una pantalla que impida el contacto accidental con las partes en tensión, para cumplir lo indicado en el MIE-RAT14.

Defensa de Transformador 1:

Protección metálica para defensa del transformador instalada según planos adjuntos. Las pantallas de protección al ser metálicas serán conectadas a tierra.

Defensa de Transformador 2:

Protección metálica para defensa del transformador instalada según planos adjuntos. Las pantallas de protección al ser metálicas serán conectadas a tierra.

6.7.3. Medidas de seguridad

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar



Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto

1. No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.
2. Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.
3. Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.
4. Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.
5. El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de MT y BT. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

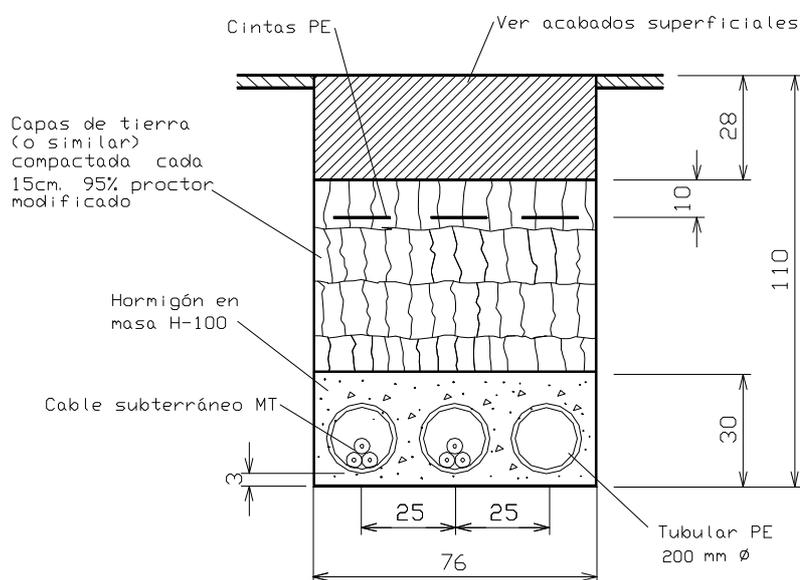


7. RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

Se tiene previsto en el presente proyecto la instalación de una red subterránea de MT formada por dos circuitos, cada uno de ellos compuesto por una terna de conductores de aluminio de 240 mm² de 15 kV (18/30 kV), bajo tubo de PE de 200mm de diámetro en zanjas desde el Centro de transformación al poste de apoyo nº1; en el que sucede la conversión de subterránea a aérea.

7.1. CANALIZACIÓN

La canalización subterránea estará constituida por 3 tubos de PE de 200 mm de diámetro. Se instalará un solo circuito en el interior de cada tubo, siendo uno de ellos de reserva. Todos ellos irán enterrados a una profundidad mínima de 1,10 m.



Los tubos se colocarán sobre una solera de limpieza de unos 0,06 m de espesor de hormigón en masa de 100 kg/m³, sobre la que se depositará los tubos



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



dispuestos según planos. A continuación se colocará otra capa de hormigón HM-100, con un espesor de 0,08 m. por encima de los tubos y envolviéndolos completamente.

Posteriormente se hace el relleno de la zanja con capas de tierra (el mismo de la excavación o similar) compactada cada 15 cm., 95% proctor, para evitar falsos asentamientos. Todas las capas cubrirán la anchura total de la zanja, y por último se colocará en su parte superior una capa de hormigón de unos 25 cm con la posterior reposición del pavimento existente en todo su trazado

Por encima de los tubos y a una profundidad de unos 30-40 cm (en las capas de tierra compactadas) se situará una cinta de aviso o señalización para que en el caso de posteriores excavaciones se encuentren éstos y nos indiquen que debajo de ella existe un conductor eléctrico.

La anchura de la zanja será tal que entre los cables y los laterales de sus paredes se mantenga una distancia de 0.10 metros.

Los tubos serán de color rojo y llevarán marcado de forma indeleble a intervalos regulares el nombre o marca del fabricante, designación nº del lote ó las dos últimas cifras del año de fabricación y Norma UNE EN 50.086.

7.2. ARQUETAS DE REGISTRO

Será necesaria la instalación de arquetas tipo A-1 en todos los cambios de dirección de los tubos y en alineaciones superiores a 40 metros, de forma que esta sea la distancia máxima entre arquetas. Se colocará además una arquetas de tipo A-2 a la salida del centro de transformación.

Los marcos y tapas para arquetas serán las normalizadas por la CSE, con marcos y tapas de fundición.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar



Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto

Serán arquetas cerradas por su parte superior al mismo nivel del terreno, con tapas de hormigón armado con parrilla de hierro redondo de 6 mm. de diámetro, soportada por un marco de hierro de LPN de dimensiones 625x725x54 mm. para arquetas tipo A-1 y 1.250x725x54 mm para arquetas tipo A-2, según planos adjuntos.

7.3. CONDUCTOR.

Se utilizará conductor unipolar de campo radial aislado con polietileno reticulado (XLPE), formando un terno dentro del tubo de canalización y por consiguiente los tres conductores en íntimo contacto. Este conductor se ajustará a las prescripciones de la Norma UNE 21.123 y de la Recomendación UNESA 3.305.

Tendrá una longitud de 118 m y sus características especiales son:

Tipo	Unipolar de campo radial.
Denominación UNESA	RHZ1 18/30 kV.
Sección nominal	240 mm ² .
Serie de tensión	18/30kV.
Tensión más elevada	36 kV
Tensión Ensayo a 50 Hz	70 kV
Tensión Ensayo Onda Tipo Rayo	170 kV
Intensidad admisible enterrado a 25 °C	415 A.
Intensidad admisible al aire a 40 °C	435 A.
Limite Térmico en Conductor (250°, 1s)	22,3 kA
Limite Térmico en Pantalla (160°, 1s)	2,9 kA
Aislamiento XLPE.	8,0 mm espesor
Cubierta Color Rojo	2 mm. espesor
Diámetro Aparente Conductor	17,8 – 19,2 mm.
Radio mínimo de curvatura	620 mm.
Resto Características	S/ Norma GE DND001



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



El cable deberá llevar grabada, de forma indeleble y fácilmente legible cada 30 cm., la designación completa del cable, nombre del fabricante y las dos últimas cifras del año de fabricación, tal y como se indica en la recomendación UNESA 3.305

7.4. EMPLAMES

Los empalmes y terminales de los conductores de las líneas subterráneas se efectuarán por medio de kits para la reconstrucción del aislante, con unos difusores del campo eléctrico y reconstrucción de continuidad, y no se pueda perforar el cable por un aumento del gradiente del campo eléctrico en el final del conductor.

Estos kits de empalmes estarán constituidos por un manguito de unión de pantalla que permite realizar la continuidad de la pantalla metálica, sin debilitamiento de sección ni producción de vacíos superficiales.

Los empalmes deberán estar diseñados y realizados para una eventual inmersión en el agua.

El empalme unipolar para cable de aislamiento seco 1x240 mm² aluminio serie 18/30 KV deberá tener según normas estas características técnicas:

Tensión nominal	18/30 Kv
Tensión Máxima	36 kV
Tensión de ensayo a 50 Hz (1 min)	72 kV
Tensión de ensayo onda tipo rayo	170 kA
Intensidad máxima	415 A
Límite térmico (T=160°C, 1seg)	21kA
Límite dinámico	50 kA

Se adoptarán empalmes, de aplicación en frío, tipo ELASPEED de la casa PIRELLI ó similares.



El empalme unipolar, debidamente embalado en cajas, deberá ir acompañado de las "Instrucciones de Montaje".

7.5. TÉRMINALES

Los terminales serán de tipo interior para la conexión en el centro de transformación.

Estos terminales estarán formados por una borna terminal (pieza metálica que permite conectar el conductor de un cable a otro elemento), un conjunto de aletas aislantes (para aumentar la longitud de la línea de fuga), el repartidor lineal de tensión (dispositivo con materiales de alta permisividad y generalmente de resistividad variable situado al final de la pantalla sobre el aislamiento del cable de alta tensión para mantener el campo eléctrico dentro de los límites aceptables en el terminal) y el protector de la toma de tierra y la propia toma de tierra.

Los terminales unipolares de interior para cable de aislamiento seco de sección $1 \times 240 \text{ mm}^2$ de Al, serie 18/30 KV deberán tener como mínimo estas características técnicas:

Tensión Nominal	18/30 kV.
Tensión Máxima	36 kV
Tensión de ensayo a 50 Hz (1 min)	72 kV.
Tensión de ensayo onda tipo rayo	170 kV.
Intensidad máxima admisible	415 A
Límite térmico (T=160°C, 1seg)	21 kA
Límite dinámico	50 kA
Línea de fuga	$\geq 720 \text{ mm}$

Se adoptarán terminales unipolares de interior tipo TMF-I de la casa PIRELLI ó similares.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



La cubierta de los terminales de exterior será resistente a la intemperie. El engastado de las piezas metálicas se efectuará mediante compresión por punzonamiento profundo escalonado.

Los terminales y empalmes deberán sellar totalmente tanto el cable como el conductor.

La instalación de empalmes y terminales deben realizarse siguiendo las instrucciones y normas del fabricante.

Deberán seguir lo marcado en la Recomendación UNESA 3.311 y en la norma UNE 21.115.

7.6. TIERRAS

Se conectará en cortocircuito y a tierra las pantallas del conductor subterráneo, uniéndolas mediante trenza flexible de cobre de 35 mm² de sección, a la tierra general de herrajes del centro de transformación.

7.7. CONVERSIÓN SUBTERRÁNEO AÉREO.

La conversión se produce en el apoyo nº 1 de la línea aérea de M.T. objeto del presente proyecto. En los casos en que una línea pasa a ser de subterránea a aérea se deben tomar las siguientes consideraciones:

- La conexión del cable subterráneo con la línea aérea será siempre seccionable.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)



Proyecto

- En el tramo de subida hasta la línea aérea, el cable subterráneo deberá ir protegido dentro de un tubo o de bandeja cerrada de acero galvanizado o de material aislante con un grado de protección contra daños mecánicos no inferior a IK10. Sobresaldrá 2,5 m por encima del nivel del terreno. Su diámetro será como mínimo 1,5 veces el diámetro aparente del terno de cables unipolares. Las dimensiones de la bandeja serán de 4,5x1,5 veces el diámetro de un cable unipolar.
- Se instalarán protecciones contra sobretensiones mediante pararrayos. Los terminales de tierra de éstos se conectarán directamente a las pantallas metálicas de los cables y entre sí, mediante una conexión lo más corta posible y sin curvas pronunciadas.

Se realiza la evacuación de acuerdo con la CSE, en la línea de su propiedad. LA-56 D/C de 15 kV, en la que se instalarán seccionadores unipolares de M.T. de 400A. según Normas particulares de CSE.

Toda esta paramenta pertenece a la línea aérea de M.T. por lo que pasaremos a describirla en dicho apartado.



8. LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN

Se tiene previsto en el presente proyecto la instalación de una red aérea de MT de 15 kV (18/30 kV) que discurre desde el apoyo nº 1 proyectado; donde la línea pasa de subterránea a aérea, al poste de entronque de la línea aérea de media tensión existente, denominada el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde evacuará la energía eléctrica generada por la Planta Solar **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

El presente Proyecto contempla el diseño para de los apoyos, conductor, herrajes, cadenas de aisladores, etc... para una tensión de 20 kV, pues en un futuro cercano, la Compañía Suministradora tiene previsto aumentar su capacidad a este último valor.

Los materiales que se adoptarán corresponderán a los de la Norma de la C.S.E. o similares homologados por la misma.

8.1. CONDUCTOR

El conductor que contempla este proyecto es de aluminio-acero galvanizado de 116,2 mm² de sección, según norma UNE 21.018 (alambre de aluminio-alumoxed para conductores de líneas aéreas) y cuyas características principales son:

Designación UNE	LA – 110
Sección de aluminio, mm ²	94,2
Sección total, mm ²	116,2
Equivalencia en cobre, mm ²	60
Composición	30 + 7
Diámetro de los alambres, mm	2
Diámetro aparente, mm	14
Carga mínima de rotura, daN	4.310



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)



Proyecto

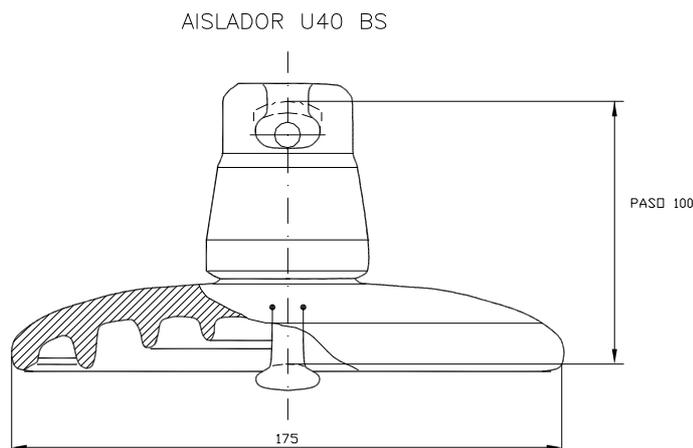
Módulo de elasticidad, daN/mm ²	8000
Coefficiente de dilatación lineal, °C ⁻¹ 10 ⁻⁶	17,8
Masa aproximada, daN/m	0,433
Resistencia eléctrica a 20°C, Ω/km	0,306

8.2. AISLAMIENTO

El RLAT define el nivel de aislamiento como las tensiones soportadas bajo lluvia durante un minuto, para el ensayo a frecuencia industrial (50 Hz), y por las tensiones soportadas con onda de impulso de 1,2/50 microsegundos para el ensayo de choque.

En justificación de la instrucción MIE-RAT-12, el nivel de aislamiento del material empleado en Media Tensión corresponderá al grupo A, ya que la tensión estudiada es de 15 kV. (1 kV < GRUPO A < 52 kV.)

A tenor de lo que determina el apartado 1 de la MIE-RAT-04, para una tensión normalizada de 15 kV., le corresponde una tensión más elevada para el material de 24 kV.



Los aisladores utilizados en la línea aérea serán de vidrio formado por tres aisladores U40BS según Clase IEC-305. Las partes metálicas de los aisladores estarán protegidas adecuadamente contra la acción corrosiva de la atmósfera.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



El aislamiento de toda la instalación aérea será de 24 kV., las cadenas de amarre serán de material Polimérico a base de goma de silicona (AN 070 YB 20 G N2), de la marca Andel o similar, con las siguientes características:

- Núcleo resistente dieléctrico, transmite los esfuerzos mecánicos producidos por los conductores y proporciona el necesario aislamiento eléctrico.
- Revestimiento dieléctrico hidrófugo alrededor del núcleo que comprende también las aletas de igual o diferente diámetro, protegiendo el núcleo de los agentes exteriores proporcionándole estanqueidad, le impedirá la formación de una película continua de agua. Proporciona la línea de fuga necesaria para obtener el aislamiento superficial requerido.
- Acoplamientos de extremos solidarios con el núcleo, transmiten los esfuerzos mecánicos del conductor a un extremo del núcleo y del otro extremo del núcleo al apoyo. La conexión al núcleo se realizará mediante compresión radial, de tal forma que se obtenga una distribución uniforme de la carga mecánica alrededor de la superficie del núcleo.
- Las cadenas de aisladores compuestos están constituidas además por los herrajes y grapas necesarias para completarlas (Grillete, rotula y grapas de amarre/suspensión), presentarán las siguientes características:



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



Dichos aisladores tienen las siguientes características:

 AISLADOR U40BS 	
Bulón (diámetro)	11 mm
Tensión Ensayo a 50 Hz (Seco)	55 kV
Tensión Ensayo a 50 Hz (Lluvia)	36 kV
Tensión de Perforación en Aceite (Eficaz)	110 kV
Tensión Ensayo Onda Tipo Rayo	74 kV
Línea de Fuga	185 mm
Carga Rotura Electromecánica	≥ 4.000 daN
Esfuerzo Permanente	≥ 1.600 daN
Peso Neto Aprox.	1,65 Kg
Resto Características	Norma GE AND008

Según los resultados de E.D.F. en zonas de polución fuerte debe instalarse aislamiento con línea de fuga la cual viene dada por la fórmula, según la norma CEI 815:

$$L_f = 1,06 \cdot U_m \cdot A$$

Siendo para la presente línea:

$$U_m = 24 \text{ kV} \quad (\text{para las líneas de } 20 \text{ kV}).$$

$$A = 1,83 \quad (\text{zona de polución normal}).$$

Por tanto:

$$L_f = 1,06 \cdot 24 \cdot 1,83 = 46,55 \text{ cm} < 55,5 \text{ cm} \quad (\text{Línea de fuga } 3 \text{ aisladores})$$



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



Con las cadenas de aisladores previstas se sobrepasan estos valores así como los niveles de aislamiento determinados por el R.L.A.T. en cuanto a tensión de choque y frecuencia industrial.

Los aisladores son del tipo caperuza y vástago para acoplamiento a los herrajes de la cadena.

8.3. HERRAJES

Se consideran bajo esta denominación todos los elementos necesarios para la fijación de los aisladores al apoyo y a los conductores, los de fijación del cable compuesto de tierra-fibra óptica a la torre, los elementos de protección eléctrica de los aisladores y finalmente los accesorios del conductor, como antivibradores, etc.

Se tendrá en cuenta en su utilización su comportamiento frente al efecto corona y serán fundamentalmente de hierro forjado, protegido de la oxidación mediante galvanizado a fuego, siendo así, inalterables a la acción corrosiva de la atmósfera.

Todos los bulones serán siempre con tuerca, arandela y pasador, estando comprendido el juego entre éstos y sus taladros entre 1 y 1,5 mm. El juego axial entre piezas estará comprendido entre 1 y 2,5 mm.

Se tendrán en cuenta las disposiciones de los taladros y los gruesos de chapas y casquillos de cogida de las cadenas para que éstas queden posicionadas adecuadamente.

Las grapas de amarre tendrán como mínimo una carga de rotura que no sea inferior al 90% de la del cable correspondiente.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



Todas las características métricas, constructivas, de ensayo, etc. de los herrajes serán las indicadas en las normas siguientes:

- UNE 21.006 (Herrajes para las líneas eléctricas. Nomenclatura, características generales y ensayos).
- UNE 21.009.-Medidas de acoplamiento para rótula y alojamiento.
- UNE 21.126 (Dispositivos de enclavamiento para las uniones entre los elementos de las cadenas de aisladores mediante rótula y alojamiento de rótula. Dimensiones y ensayos).
- UNE 207.009 (Herrajes y elementos de fijación y empalme para líneas eléctricas aéreas de alta tensión).

8.3.1. Cadena de amarre

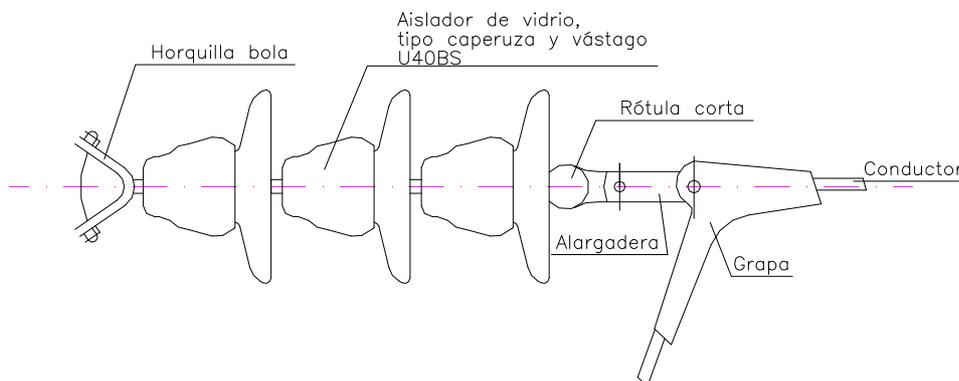
Todos los apoyos utilizados serán en amarre, y estarán formados por los siguientes elementos:

DENOMINACION	NI	CANT.	MATERIAL	DESG.
AISLADOR DE CADENA	48.10.01	3	VIDRIO	U40BS
GRAPA DE AMARRE A COMPRESION	58.80.00	1	ALEACION AL	GAC
ROTULA CORTA N16	52.54.62	1	ACERO	R16/20
ANILLA BOLA N16	52.54.00	1	ACERO	AB16
GRILLETE NORMAL N16	52.51.21	2	ACERO	GN16

El esquema del montaje es el siguiente:



Proyecto



Debiendo tener el grillete de unión de la cadena a la torre una carga de rotura de 36.000 kg, carga de rotura de la grapa 12.000 kg y carga de rotura del resto de la cadena 24.000 kg.

8.3.2. Antivibradores

Sirven para proteger a los conductores de los efectos perjudiciales que pueden producir los fenómenos de vibración eólica a causa de los vientos de componente transversal a la línea y velocidades comprendidas entre 1 y 10 m/s.

La flexión dinámica del conductor o cable de tierra sujeto a la vibración puede producir roturas prematuras por fatiga de sus alambres con la siguiente pérdida de conductividad y resistencia mecánica.

La intensidad de este fenómeno depende de las características del conductor, de su estado tensional y de las características del viento.

En vanos inferiores a 550 metros, será suficiente instalar, en conductores y cable de tierra, un antivibrador por vano, y en vanos superiores a 550 metros se instalarán dos antivibradores por vano y cable, situados a una separación de la grapa



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



que la determinará el fabricante. En nuestro caso todos los vanos son inferiores a 550m.

8.4. APOYOS

Los apoyos a instalar serán metálicos formados por perfiles angulares, con acero AE-275 (A42b) para las diagonales y AE-355 (A52d) para los montantes, según la norma UNE 36080.8R, siendo su anchura mínima 45 mm y su espesor mínimo 4 mm.

Los tornillos empleados serán de calidad 5.6. La composición de la materia prima, la designación y las propiedades mecánicas cumple la norma DIN-267, hoja 3. Las dimensiones de los tornillos y las longitudes de aprietes se ajustan a las indicadas en la Norma DIN-7990, con la correspondiente arandela de 8 mm, según norma DIN-7989.

Las tuercas hexagonales se ajustarán a la norma DIN-555.

Para determinar el número y diámetro de los tornillos a emplear en cada unión se usarán las fórmulas adecuadas a la sollicitación a que estén sometidas las barras. También podrán utilizarse uniones soldadas.

8.4.1. Protección de superficies

Todos los apoyos tendrán protección de superficie por zincado a fuego. El galvanizado se hará de acuerdo con la norma UNE-21.006 (Herrajes para las líneas eléctricas. Nomenclatura, características generales y ensayos). Según la citada norma, la cantidad mínima de zinc será de 5 gramos por decímetro cuadrado de superficie galvanizada.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



La superficie presentará una galvanización lisa adherente, uniforme, sin discontinuidad y sin manchas.

8.4.2. Dimensiones de los Apoyos

Los apoyos serán los adecuados para los tenses del conductor y en función de las necesidades de cada ubicación se colocarán los de la empresa ANDEL o similares de otros fabricantes. Estos apoyos serán los normalizados por CSE.

La altura útil en cada uno de los puntos del reparto se adaptará para conseguir las distancias reglamentarias al terreno.

En función de las necesidades de cada ubicación se colocarán los siguientes tipos:

Nº APOYO	ZONA	FUNCIÓN
1	A	FINAL DE LINEA
2	A	AMARRE-ANGULO
3	A	AMARRE-ANGULO
4	A	AMARRE-FINAL DE LÍNEA
A243709	A	EXISTENTE CSE (APOYO DE ENTRONQUE)

Serán apoyos R.U.A.: Apoyo atornillado según RU 6704^a.

En el documento de cálculos se adjunta la tabla que muestra las dimensiones, modelos, volumen de excavación y volumen de hormigonado de cada uno de los apoyos.

La hipótesis de carga de estos apoyos está indicada en el anexo de cálculos.



8.5. APOYO CONVERSIÓN SUBTERRÁNEO AÉREO.

La conversión se produce en el apoyo nº 1 de la línea aérea de M.T. objeto del presente proyecto. En los casos en que una línea pasa a ser de subterránea a aérea se deben tomar las siguientes consideraciones:

- La conexión del cable subterráneo con la línea aérea será siempre seccionable.
- En el tramo de subida hasta la línea aérea, el cable subterráneo deberá ir protegido dentro de un tubo o de bandeja cerrada de acero galvanizado o de material aislante con un grado de protección contra daños mecánicos no inferior a IK10. Sobresaldrá 2,5 m por encima del nivel del terreno. Su diámetro será como mínimo 1,5 veces el diámetro aparente del terno de cables unipolares. Las dimensiones de la bandeja serán de 4,5x1,5 veces el diámetro de un cable unipolar.
- Se instalarán protecciones contra sobretensiones mediante pararrayos. Los terminales de tierra de éstos se conectarán directamente a las pantallas metálicas de los cables y entre sí, mediante una conexión lo más corta posible y sin curvas pronunciadas.

8.5.1. Autoválvulas

Se instalarán pararrayos autoválvulas en el apoyo de la conversión de aéreo-subterránea para proteger los cables subterráneos contra sobrecargas.

Los pararrayos se instalarán lo más cerca posible del elemento a proteger, sin intercalar ningún elemento de seccionamiento.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



La conexión de la línea al pararrayos, se hará mediante conductor desnudo de las mismas características que el de la línea. Dicha conexión será lo más corta posible evitando en su trazado las curvas pronunciadas.

Los pararrayos cumplirán lo indicado en la Recomendación UNESA 6.505 A.

La toma de tierra de los pararrayos será independiente de la del apoyo.

De acuerdo con la MIE-RAT-09, se dispondrá para la protección contra sobretensiones de 6 pararrayos autovalvulares de óxido de zinc de la serie 24 kV. y de 10 kA. de poder de descarga.

Los bornes de tierra de estas autoválvulas se unirán a la toma de tierra de acuerdo con lo establecido en la MIE-RAT-13 (art. 7.1. Descargadores de sobretensiones). Su recorrido deberá ser el mínimo posible y sin cambios bruscos de dirección, se empleará para su puesta a tierra conductor de cobre de sección $S=50\text{mm}^2$, con aislamiento en polietileno reticulado a 0,6/1 kV., bajo tubo de acero de $D=16\text{ mm}$.

Deberán presentar las siguientes características técnicas:

PARARRAYOS POM/20/10	SEGÚN ETU-6505
Corriente nominal de descarga.	10 kA.
Tensión asignada (Ur)	24 kV.
Tensión máxima de servicio continuo (Uc)	19,5 kV.
Tensión residual:	$\leq 70\text{ kV}$.
Línea de fuga:	$\geq 763\text{ mm}$.
Envolvente	Polimérica
Peso Aproximado	4 kg



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



Los pararrayos deberán de disponer de una trenza de cobre de puesta a tierra flexible de 500 mm., de longitud.

8.6. APOYO DE ENTRONQUE.

En el arranque de la derivación se instalará un dispositivo de seccionamiento que la aisle de la línea principal. Se situará en el primer apoyo de la derivación que sea de fácil acceso.

Las derivaciones estarán protegidas desde la cabecera de la línea.

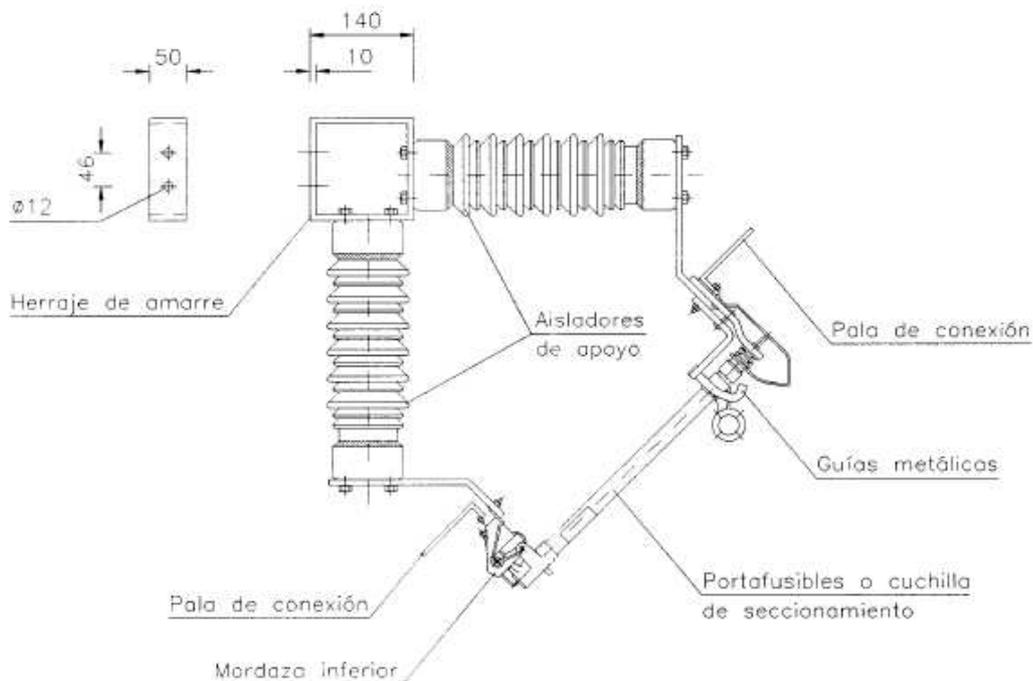
Se realiza por tanto la evacuación de acuerdo con la CSE, en la línea de su propiedad. LA-56 D/C de 15 kV, en la que se instalarán seccionadores unipolares de M.T. de 400A. según Normas particulares de CSE y cortacircuitos fusibles de APR en el primer apoyo de la derivación.

8.6.1. Protección: Cortacircuito fusible

Dispositivo de corte-protección, diseñado para ser utilizado, junto con seccionadores unipolares, en derivaciones de la red de MT como elemento de protección de corte unipolar, cuando se produce la fusión del elemento fusible.

Para derivaciones que alimenten a un solo transformador de hasta 250 kVA y estén situadas en puntos de la red donde la I_{cc} sea menor que 8 kA, podrán emplearse corta circuitos fusibles de expulsión. En los demás casos en que se empleen fusibles, éstos serán de alto poder de ruptura (APR).

Se utilizarán 6 cortacircuitos fusibles de APR con el siguiente montaje:

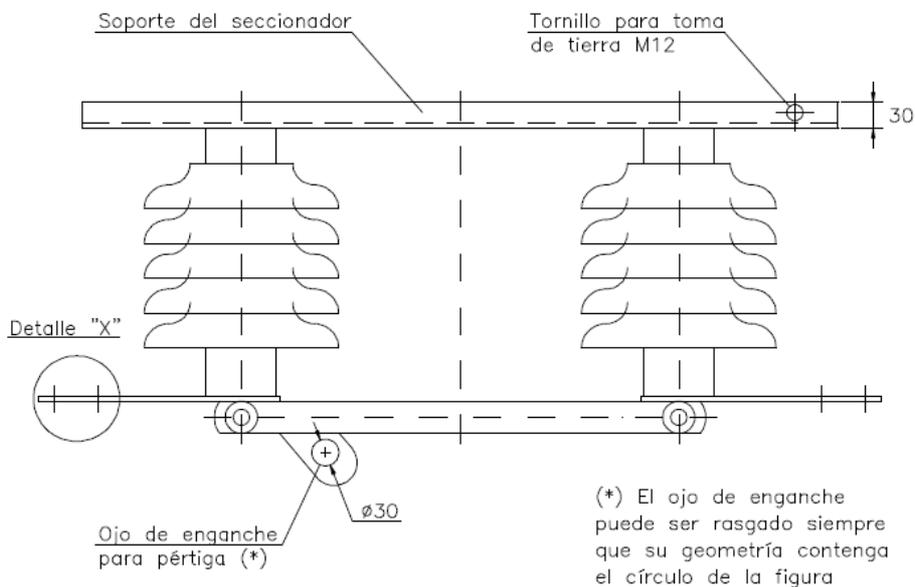


8.6.2. Seccionadores

Se utilizarán seccionadores unipolares de servicio exterior situados en el primer apoyo de la derivación con las siguientes características:

SECCIONADOR UNIPOLAR	
Tensión Asignada	24 kV
Intensidad Asignada	400 A.
Línea de Fuga Mínima	550 mm
Resto Características	Norma AND005

Se utilizarán 6 seccionadores unipolares tal y como se observa en la siguiente imagen:



8.7. HIPOTESIS DE CÁLCULO

Para la elección de cada apoyo se han tenido en cuenta la acción de carga y sobrecargas que recoge el R.L.A.T. combinadas en la forma y condiciones especificadas en el Apdo. 3 del Art. 30 del citado reglamento, que en función de la tensión de la línea se clasifica como de tercera categoría.

Según los Art. 32 y 33 del R.L.A.T., los apoyos que limitan con cruzamientos con carreteras nacionales y comarcales deberán cumplir condiciones de seguridad para la 1ª y 2ª hipótesis, (el coeficiente de seguridad valdrá 1,875 para la 1ª y 2ª hipótesis en seguridad reforzada).

8.7.1. Zona Reglamentaria

En razón de la altitud sobre el nivel del mar en la que se implantarán las instalaciones, se realizan los cálculos correspondientes a la zona A de las que



**Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de
Huerto Solar**

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



determina el Artículo 17 del vigente Reglamento Técnico de Líneas Aéreas de A.T.
(altitud < 500 m).

Tipo de apoyo	1ª Hipótesis (Viento) Cs = 1,5	3ª Hipótesis Desequilibrio de tracciones Cs = 1,2	4ª Hipótesis Rotura de conductores Cs = 1,2
Alineación	Cargas permanentes (artículo 15) Viento (art. 16) Temperatura, -5° C.	Cargas permanentes (art. 15) Desequilibrio de tracciones (ap. 1), art. 18. Temperatura, -5° C	Cargas permanentes (artículo 15) Rotura de conductores (ap. 1), art. 19. Temperatura, -5° C
Ángulo	Cargas permanentes (artículo 15) Viento (art. 16) Resultante de ángulo (art. 20) Temperatura, -5° C.	Cargas permanentes (artículo 15) Desequilibrio de tracciones (ap. 1), art. 18. Temperatura, -5° C	Cargas permanentes (artículo 15) Rotura de conductores (ap. 1), art. 19. Temperatura, -15° C
Anclaje	Cargas permanentes (artículo 15) Viento (art. 16) Temperatura, -5° C.	Cargas permanentes (artículo 15) Desequilibrio de tracciones (ap. 2), art. 18. Temperatura, -5° C	Cargas permanentes (artículo 16)) Rotura de conductores (ap. 2), art. 19. Temperatura, -5° C
Fin de línea	Cargas permanentes (artículo 15) Viento (art. 16) Desequilibrio de tracciones (ap. 3), art.18. Temperatura -5° C.		Cargas permanentes (artículo 16) Rotura de conductores (ap. 3), art. 19. Temperatura, -5° C

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se consideran estos además, sometidos a la acción del viento



8.8. CIMENTACIONES.

La cimentación de los apoyos será de hormigón de calidad H-20 y deberán cumplir lo especificado en la Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón en masa o armado EHE-98.

Se proyectarán las cimentaciones de los distintos apoyos de acuerdo con la naturaleza del terreno, cuyas características, caso de no realizar los ensayos adecuados, vendrán definidas por los valores reflejados en los documentos a continuación relacionados, de acuerdo con el tipo de cimentación y el método de cálculo empleado.

8.8.1. Cimentaciones monobloque,

Constituidas por un único bloque de hormigón en el que se empotrará la parte inferior del apoyo.

El método de cálculo empleado es el Sulzberger que confía la estabilidad de la cimentación a las reacciones horizontales y verticales del terreno.

El cálculo de este tipo de cimentación por este método considera que la cimentación gira sobre un eje situado a $2/3$ de su profundidad. El momento de vuelco solicitante viene dado por la expresión:

$$M_v = F_x \left(\frac{M_y}{M_x} + \frac{2}{3} t \right) \quad (\text{mt})$$

El momento estabilizador de la cimentación M_r debido a las reacciones de las paredes laterales y de la base, y a la masa de la propia cimentación del apoyo y de las cargas verticales, viene dado por:



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



$$Mr = \frac{a \cdot t^3}{36} \cdot kt \cdot \operatorname{tg} \alpha + P \cdot a \left(\frac{1}{2} - \frac{2}{3} \sqrt{\frac{P}{2 \cdot a^3 \cdot kt \cdot \operatorname{tg} \alpha}} \right) \quad (\text{mt})$$

Donde:

a: lado de la sección cuadrada del macizo, en m

t: profundidad del macizo en m

P: masa del macizo, apoyo y cargas verticales, en t

kt: coeficiente de compresibilidad del terreno a la profundidad t, en t/m³ kt = (k₂/2)t

k₂: Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 m de profundidad, en t/m³, para un terreno medio adoptamos el valor de k₂ = 10 daN/cm³

tg α: 0,01 ángulo máximo reglamentario del giro del macizo

El coeficiente de seguridad Cs de la cimentación, viene dado por el cociente entre el momento estabilizador y el momento de vuelco solicitante, que debe ser igual o superior a 1,5 para las hipótesis normales,

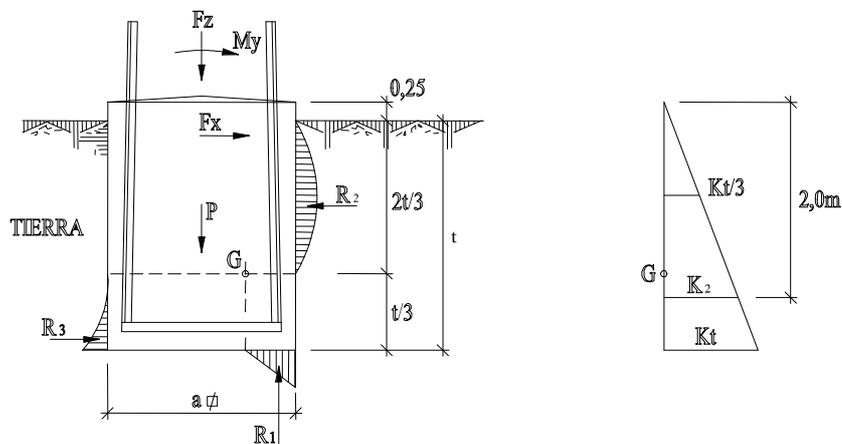
$$Cs = \frac{Mr}{Mv} \geq 1,50$$

Como fórmula simplificada y aproximada para el cálculo de la cimentación monobloque, indicamos lo siguiente:

$$Mr = a \cdot t (0,14 \cdot t^3 \cdot k_2 + 0,92 \cdot a^2) \quad (\text{mt})$$

En la que no está considerada la masa del apoyo y de las cargas verticales.

El esquema de la cimentación monobloque utilizada en los apoyos es el siguiente:



Cimentación monobloque en tierra

Los valores de los coeficientes empleados en este método son los indicados en el aptdo.4 del art.31 del RLAT.

No se admitirá un ángulo de la cimentación cuya tangente sea superior a 0,01 para alcanzar el equilibrio de las acciones que produzcan el máximo momento de vuelco.

Se comprobará el coeficiente de seguridad al vuelco, relación entre el momento estabilizador y el momento de vuelco, el cual no será inferior a los siguientes valores:

Hipótesis normal	1,5.
Hipótesis anormal	1,2.

Sobre estas cimentaciones se hará la correspondiente peana, con un vierteaguas de 5 cm. de altura.

Las diversas cimentaciones están indicadas en las tablas de los apoyos del documento nº 2 de Cálculos, indicándose los volúmenes de las mismas, tanto de



excavación como de hormigonado, habiéndose considerado para dimensionarlas un coeficiente de compresibilidad $CT=12$.

8.9. CÁLCULO MECÁNICO.

Para el cálculo de las flechas y tensiones del conductor se ha utilizado un programa de ordenador que resuelve la ecuación de cambio de condiciones en su forma exacta:

$$\frac{2 \cdot T_2}{P_2} \cdot \operatorname{senh} \frac{a \cdot P_2}{2 \cdot T_2} = \frac{2 \cdot T_1}{P_1} \cdot \operatorname{senh} \frac{a \cdot P_1}{2 \cdot T_1} \left[(1 + \alpha(\theta_1 - \theta_2)) + \frac{T_2 - T_1}{E \cdot S} \right]$$

Donde:

E	Módulo de elasticidad en Kg mm ⁻²
α	Coefficiente de dilatación lineal en °C ⁻¹ .
S	Sección del cable en mm ² .
A	Cano en m.
T1, T2	Tenses en Kg en los estados 1 y 2.
P1, P2	Pesos del cable en los estados 1 y 2 en kg m ⁻¹ .
θ_1, θ_2	Temperaturas del cable en los estados 1 y 2 en °C.

El programa calcula, por iteraciones, el valor T2, y se calcula la flecha “f”, en metros, según la siguiente ecuación:

$$f = \frac{T_2}{P_2} \left[\cosh \frac{a \cdot P_2}{2 \cdot T} - 1 \right]$$

Para el cálculo de las tablas se ha impuesto además dos condiciones que deben cumplirse simultáneamente:



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar



Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto

Zona A

Tenses máximos.

Conductor LA -110 1.380 kg.

Valor de E.D.S.

Conductor LA -110 15 %.

Los valores de E.D.S. son los recomendados para el sistema antivibratorio adoptado.

Las hipótesis de sobre carga para el cálculo de las tensiones y flechas del conductor serán las definidas por el reglamento de Línea Aéreas de A.T.

Para el cálculo de las tensiones y flechas reglamentarias se partirá de la hipótesis de $-5^{\circ}C+V$ para zona A .

La presión del viento sobre el conductor se calcula para la velocidad específica "V", de la forma siguiente: (Art. 16).

$P_v = 60 \text{ kg m}^{-2}$ Para $d < 16 \text{ mm}$.

Sobrecarga del viento 0,840 Kg / m.

El viento se supone horizontal y se compone vectorialmente con las cargas verticales consideradas en cada caso.

La carga de rotura del conductor **LA-110** es de 4.400 kg y la tracción máxima es de 1.380 kg que corresponde a la hipótesis de $-5^{\circ} + V$., y la hipótesis de $-15^{\circ}+H$, la relación:

$$\text{Carga de rotura / Tracción máxima} = 4.400 / 1.380 = 3,19$$

De acuerdo con lo indicado en el Art. 27.1.



8.10. DISTANCIAS.

8.10.1. Distancias de los Conductores al Terreno.

La altura mínima reglamentaria de los conductores al terreno, estando en su posición de máxima flecha vertical, ha de ser la resultante de aplicar la siguiente fórmula:

$$h = 5,3 + \frac{U}{150}$$

No menor de 6 metros, donde:

- h Altura mínima en metros.
- U Tensión de la línea en kV.

En la línea que nos ocupa se tiene $U = 15 \text{ kV}$ y por tanto:

$$h = 5,40m$$

Habiéndose adoptado una altura mínima de los conductores al terreno de 6 metros en todo su trazado. Finalmente resulta una altura mínima de:

$$h = 6,48m$$

8.10.2. Distancia de los conductores entre sí.

La distancia mínima reglamentaria entre los conductores de acuerdo con el Art. 25.2 del R.L.A.T. se establece según la fórmula:



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar



Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto

$$D = K \sqrt{F + L} + \frac{U}{150}$$

Siendo:

- D Distancia mínima en metros.
- K Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento y la categoría de la línea.
- F Flecha máxima en metros.
- L Longitud de la cadena de suspensión en metros.
- U Tensión de la línea en kV.

De la fórmula anterior despejando F obtendremos la flecha máxima admisible en función de la separación de conductores establecida.

$$F = \left[\frac{D - \frac{U}{150}}{K} \right]^2 - L$$

El valor de K viene dado por el ángulo de oscilación y la categoría de la línea. El ángulo de oscilación es el siguiente:

$$\alpha = \arctg \left(\frac{P_v}{p} \right)$$

En esta expresión:

- P_v Acción del viento sobre el conductor en kg · m.
- p Peso propio del conductor en kg/m.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



En este caso, según el tipo de conductor, tenemos:

Conductor LA- 110:

$$P_v = 0,84 \text{ Kgs/m}$$

$$P = 0,433 \text{ kgs/m.}$$

Por tanto:

$$\alpha = \arctg \left(\frac{0,840}{0,433} \right) = 62,73^\circ$$

Al tener un ángulo comprendido entre 40° y 65° , y al ser la línea de 3ª categoría, le corresponde un valor **K = 0,60**.

Distancia mínima entre conductores = 1,80 m.

Longitud de cadena de suspensión = 0.50 m.

K = 0,60.

Sustituyendo:

$$F = \left[\frac{1,80 - \frac{15}{150}}{0,60} \right]^2 - 0,5 = 7,52 \text{ m}$$

A partir de la tabla de flechas y tensiones adjunta se observa que no se alcanza estas flechas máximas en ningún vano, considerando las condiciones anteriores.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



8.10.3. Distancias de los conductores a los apoyos.

En el Art. 25.2 del R.L.A.T. se establece que la separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no debe de ser inferior a:

$$d = 0,1 + \frac{U}{150}$$

No menor de 0,2 metros. Para la tensión de 15 kV, resulta:

$$d = 0,1 + \frac{15}{150} = 0,2m$$

Habiéndose dimensionado las cadenas de todos los apoyos para una distancia mínima de 0,50 metros, que cumplirá las exigencias del Art. 25.2 del R.L.A.T. y de la normativa de la CSE.

8.11. CRUZAMIENTOS.

En los casos que a continuación se consideran, el vano de cruce y los apoyos que lo limitan, deberán cumplir las condiciones de seguridad reforzada impuestas en el Artº. 32 del Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión (D. 3151/68)

8.11.1. Ríos y canales

La altura mínima de los conductores sobre ríos y canales, ya sean navegables o no será:

$$G + 2,3 + \frac{U}{100} = 4,7 + 2,3 + \frac{15}{100} = 7,15 (m)$$



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



Con un valor mínimo de $G = 4,7$ m.

En nuestro caso la distancia proyectada con respecto a la superficie del agua del arroyo que cruza se cumple holgadamente como podemos apreciar en el plano de planta y perfil, manteniendo una distancia mínima de 20,59 m.

8.11.2. Líneas eléctricas y de telecomunicación

La mínima distancia vertical entre los conductores de ambas líneas, en las condiciones más desfavorables, no deberá ser inferior a:

$$1,5 + \frac{(U + I_1 + I_2)}{100} = 1,5 + \frac{(220 + 49.50 + 112.07)}{100} = 5.31 \text{ (m)}$$

Donde:

U tensión nominal en kV. de la línea superior.

I1 longitud en metros entre el punto de cruce y el apoyo mas próximo a la línea superior.

I2 longitud en metros entre el punto de cruce y el apoyo mas próximo a la línea inferior

En nuestro caso la distancia proyectada con respecto a la línea de A.T. con la que cruza se cumple holgadamente como podemos apreciar en el plano de planta y perfil, manteniendo siempre una distancia mínima de 15,08 m.

8.12. PARALELISMOS.

No existen paralelismos en el desvío proyectado



8.13. PUESTA A TIERRA.

Según se encuentra previsto en los artículo 6 y 12 del Reglamento todos los apoyos metálicos irán conectados a tierra mediante cable de cobre de 50 mm² de sección. El terminal inferior de estos cables se conectará a la toma de tierra constituida por electrodos de acero cobrizado de 2 m. de longitud, perfectamente enterrados.

Las tomas de tierra deberán ser de un material, diseño, dimensiones, colocación en el terreno y número apropiados para la naturaleza y condiciones del propio terreno, de modo que puedan garantizar una resistencia de difusión mínima en cada caso y de larga permanencia. Para apoyos situados en zonas frecuentadas, la resistencia no será superior a 20 ohmios y para los ubicados en zonas de pública concurrencia o que soporten aparatos de maniobra, aparte de cumplirse lo anterior, se instalará una toma de tierra en anillo cerrado, enterrado alrededor del empotramiento del apoyo, a un metro de distancia del macizo de la cimentación. Para conseguir lo dicho, las tomas se realizarán teniendo presente lo que al respecto se especifica en los Art.12.6 y 26 del R.L.A.T.

Para tal fin, la puesta a tierra se materializará por el procedimiento que se describe a continuación.

8.13.1. Picas.

Se dispondrán tantas picas como sean necesarias para obtener valores inferiores a 20 ohmios, conectadas entre sí en anillo con cable de cobre, y a su vez al apoyo, separadas, como mínimo a 5 metros.

El extremo superior de la pica quedará como mínimo a 0,8 metros por debajo de la superficie del terreno. A esta profundidad irán también los cables de conexión entre las picas y el apoyo. (ver plano de detalles).

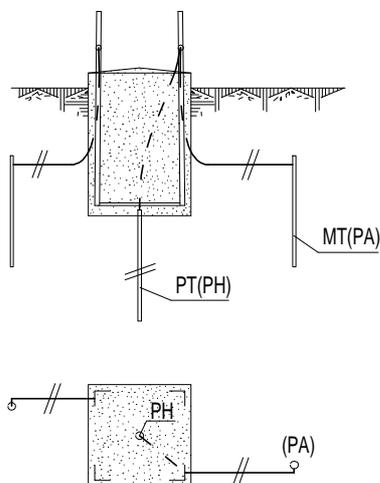


8.13.2. Conexión del cable de tierra a los apoyos.

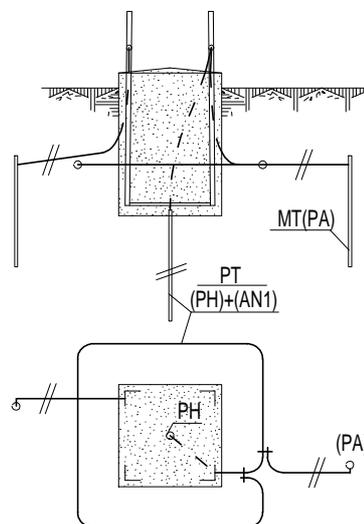
En todas las cadenas de amarre del cable de tierra, se instalará una pieza de conexión del cable a la estructura metálica del apoyo (Pagina siguiente):

Apoyos monobloques.

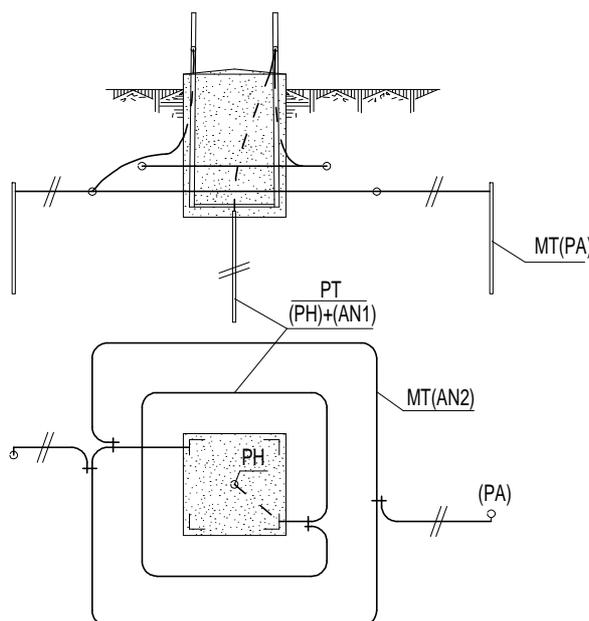
Esquema nº 1.13 - Toma de tierra en zona no frecuentada (N)



Esquema nº 1.14 - Toma de tierra en zona no frecuentada agrícola (A)



Esquema nº 1.15 - Toma de tierra en zonas frecuentadas (F), de pública concurrencia (PC) y apoyos de maniobra (AM)





8.14. NUMERACIÓN Y AVISOS DE PELIGRO.

De acuerdo con lo dispuesto en el Art.12.7 del R.L.A.T., los apoyos estarán debidamente numerados y provistos de un aviso de riesgo eléctrico consistente en dos placas triangulares fijadas a la torre de forma visible.

8.15. INFORMACIÓN RELATIVA A LA ADECUACIÓN Y CONDICIONES TECNICO-AMBIENTALES

Los datos expuestos en la presente memoria, en unión de los documentos que se acompañan, creemos serán elementos suficientes para poder formar juicio de la instalación proyectada y servir de base para la aprobación de su proyecto de ejecución y desarrollo.

El objeto del presente apartado es describir el establecimiento de las condiciones técnico-ambientales exigibles a una instalación eléctrica de alta tensión, como es el caso que nos ocupa.



La necesidad del mismo viene dada por el Decreto 178/2006, de 10 de octubre (BOJA num. 209), por el que se establecen normas de protección de la avifauna para las instalaciones eléctricas de alta tensión.

Las necesidades de energía para el consumo humano son cada vez mayores debido a la evolución y crecimiento de los procesos industriales. Es por esto, por lo que ha sido imprescindible el aumento de la capacidad de transporte de energía. Los tendidos eléctricos son totalmente necesarios para la distribución de energía desde su



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



origen de producción hasta los centros de transformación y posteriormente a los propios consumidores. En contrapartida, y por la proximidad de algunas de ellas, sobre todo las de distribución, han de ser tenidos en cuenta determinados efectos derivados de las mismas, como el impacto medioambiental.

Estas líneas de distribución y transporte transcurren a menudo por espacios naturales donde existe un alto índice de avifauna. Va a existir por tanto una conexión entre la aves, los tendidos y los apoyos al utilizarlos como oteaderos (puntos elevados sobre el terreno que permiten un gran radio de observación), plataformas de nidificación y lugares de reposo, debido fundamentalmente a que son unos perfectos sustitutos de los árboles, cuyo número ha disminuido considerablemente en la actualidad.

Hemos de tomar en consideración a su vez, los numerosos problemas que conllevan la electrocución y colisión de la avifauna, provocando numerosos cortes eléctricos para poder realizar el mantenimiento y reparación de los tendidos. Estos cortes en el suministro perjudican en gran medida al objeto de nuestra línea, que es evacuar la energía producida en el parque fotovoltaico, provocando pérdidas económicas importantes.

Existen dos tipos fundamentales de accidentes que provocan la mortandad de las aves:

A.- ELECTROCUCIÓN

B.- COLISIÓN

La **electrocución** de un ave en un tendido se produce por contacto directo de la misma con dos conductores o, con un conductor y derivación a tierra de la corriente a través del poste metálico, dejando en el ave unas marcas características del paso de corriente. Es un accidente de proporciones importantes. Es especialmente frecuente en aves de mediana- gran envergadura que usualmente se posan en los apoyos. El tamaño del ave en relación al tipo y dimensión del apoyo se ha revelado como un



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



factor determinante del riesgo de electrocución, ya que hace posible o imposibilita el contacto del animal con dos conductores o conductor y poste simultáneamente.

El accidente por **colisión** se produce cuando las aves en vuelo no son capaces de evitar los cables y chocan contra ellos. Se producen en su mayoría contra el cable de tierra en las líneas de alta tensión. Según parece, en condiciones de baja visibilidad, la mayor parte de las aves detectan los conductores a poca distancia e intentan evitarlos volando por encima, encontrándose entonces con el cable de tierra de sección mucho menor y, por tanto, mucho menos visible. Aunque el problema de colisión no es selectivo, determinadas características biológicas o corporales como el peso, envergadura, contribuyen a aumentar el riesgo de accidentes.

8.15.1. MEDIDAS ANTIELECTROCUCIÓN

Según el Decreto 178/2006 la línea eléctrica proyectada cumplirá con las siguientes medidas antielectrocución:

- La línea se construirá con cadenas de aisladores suspendidos, evitándose la disposición horizontal de los mismos, excepto apoyos de ángulo, anclaje y fin de línea.
- Los apoyos con puentes, seccionadores, fusibles, transformadores, de derivación, anclaje, fin de línea, se diseñarán de forma que no se sobrepase con elementos en tensión las crucetas no auxiliares de los apoyos, En su defecto se procederá al aislamiento de los puentes de unión entre los elementos en tensión mediante dispositivos de probada eficacia.
- La unión entre los apoyos y los transformadores o seccionadores situados en tierra, que se encuentren dentro de casetillas de obra o valladas se hará con cable seco o trenzado.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar



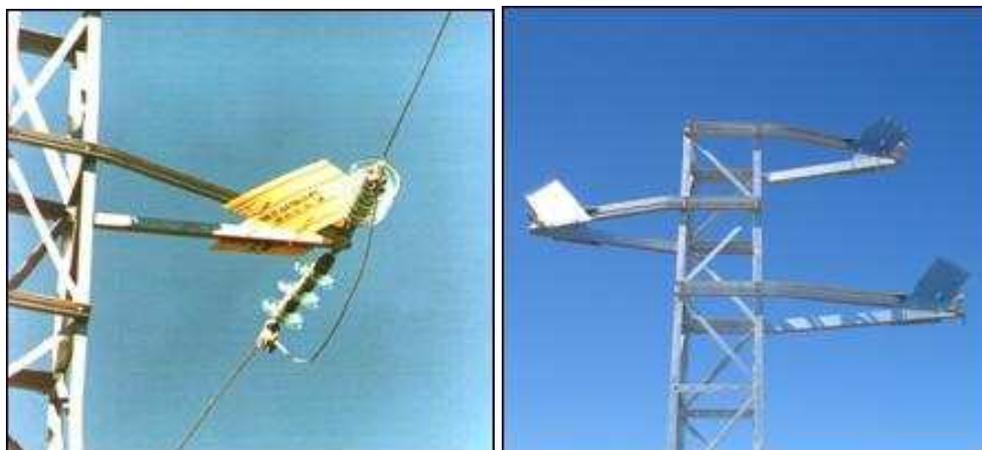
Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto

- Los apoyos de alineación tendrán que cumplir las siguientes distancias mínimas accesible de seguridad: entre la zona de posada y elementos de tensión la distancia de seguridad será de 0,75 m, y entre conductores de 1,5 m.
- En el caso de armado de tresbolillo, la distancia entre la cruceta inferior y el conductor superior del mismo lado o del correspondiente puente flojo no será inferior a 1,5 metros.
- Los apoyos de anclaje, ángulo, derivación, fin de línea y, en general, aquellos con cadena de aisladores horizontal, tendrán una distancia mínima accesible de seguridad entre la zona de posada y los elementos en tensión de 1 metro.
- Se instalarán preferentemente apoyos de tresbolillo.

Los elementos instalados que ayudarán a evitar este riesgo son:

- Placas Antiposada: La instalación de esta medida disuasoria consiste en la colocación de placas antiposada de PVC o acero por encima de los aisladores, con el fin de dificultar la posada de las aves cerca de los conductores.





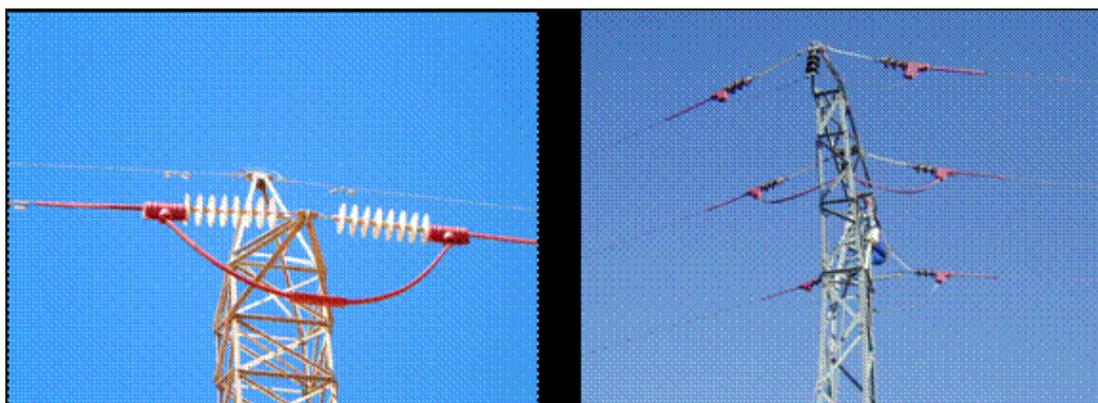
Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)



Proyecto

- Kit de Aislamiento Cadenas de Aisladores: Los Kit de aislamiento protegen del contacto entre las zonas conductoras con las crucetas con unas piezas preformadas y mediante cinta según los dibujos y fotografías que se presentan a continuación. Es un kit diseñado especialmente para aislar las zonas de contacto de aves en los apoyos con sistema de amarre. Es un sencillo sistema de aislar cable, la grapa y el puente con piezas y otros materiales como el MLVC o la cinta hasta 72 kV.



8.15.2. MEDIDAS ANTICOLISIÓN

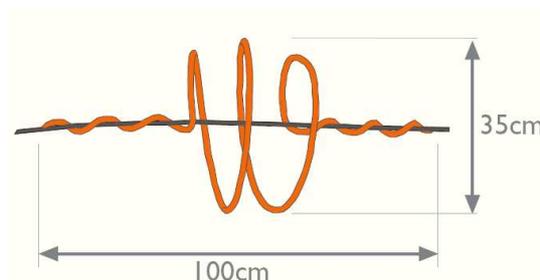
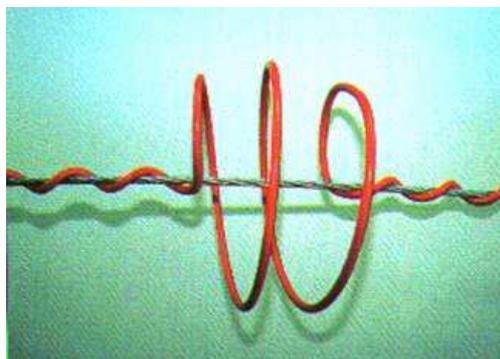
Las espirales son accesorios de PVC, serán por tanto ligeros y exentos a la corrosión. Debido a su forma geométrica, ofrecen poca resistencia al viento y, debido al agarre firme sobre el conductor que se instala, no deslizan sobre el conductor con las vibraciones que se producen. Las espirales se fabrican cableadas a derecha para cualquier tipo de conductor. Es por esto, por lo que el sentido del cableado deberá ser el mismo que el de capa externa del conductor sobre el que vaya aplicado. La separación será de 10 metros dispuestos alternadamente entre los dos conductores superiores.



Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de Huerto Solar

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto





**Proyecto de Evacuación de Energía Eléctrica de
Huerto Solar**

Cabezas de San Juan (Sevilla)

Proyecto



9. PRESUPUESTO

El Presupuesto de Ejecución Material asciende a **“NOVENTA Y SEIS MIL OCHOCIENTOS SETENTA EUROS Y VEINTIÚN CÉNTIMOS” (96.870,21 €)**

10. CONCLUSIÓN

Con todo lo expuesto en la presente memoria, más la información incluida en los Cálculos, Planos, Pliego de Condiciones, Presupuesto y Estudios del Proyecto, se cree queda suficientemente aclarado el alcance y finalidad de la presente actuación, por lo que se somete a su aprobación.

Sevilla, diciembre de 2008

Autor del Proyecto:

Jaime Gustavo Custodio Pérez

Escuela Superior de Ingenieros Industriales