



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**PROYECTO DE INSTALACIÓN
FOTOVOLTAICA EN MODO
AUTOCONSUMO, LÍNEA DE ALTA
TENSIÓN Y CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN PARA RIEGO OLIVAR**

Alumno: Iván Martínez Valverde

Tutor: David Vera Candeas

Depto.: Ingeniería Eléctrica

Junio, 2022

Resumen

El presente trabajo de fin de grado tiene como objetivo abastecer de agua a una finca olivar, la cual cuenta con un sondeo realizado antes de la ejecución de dicho proyecto. Para ello será necesario la utilización de una bomba sumergible de una potencia de 15kW. Para alimentar la bomba sumergible, se requerirá de la realización de una línea aérea de alta tensión, un centro de transformación intermedia y una instalación fotovoltaica.

La línea aérea de alta tensión y el centro de transformación englobarían los conocimientos aprendidos en la asignatura de "Instalaciones eléctricas de alta tensión". Los cálculos de esta parte del proyecto se han realizado con el programa Dmelect, el cual se mostró en dicha asignatura.

La instalación fotovoltaica englobaría los conocimientos aprendidos en la asignatura "Generación de energía eléctrica con energías renovables". Los cálculos de dicha instalación se han realizado a mano. En esta parte, también se tendrán que realizar cálculos de baja tensión, los cuales también se han realizado a mano.

Índice

1. MEMORIA DESCRIPTIVA	8
1.1. Alcance y objetivos del proyecto	9
1.2. Emplazamiento	9
1.3. Normativa aplicada	11
1.4. Recursos y herramientas aplicadas	12
1.5. Descripción del proyecto y sus características	12
1.5.1. Instalación solar fotovoltaica	12
1.5.1.1. Paneles fotovoltaicos	12
1.5.1.2. Estructura	15
1.5.1.3. Bomba sumergible	16
1.5.1.4. Inversor.....	17
1.5.1.5. Cableado corriente continua.....	18
1.5.1.6. Canalizaciones de corriente continua	19
1.5.2. Instalación baja tensión.....	19
1.5.2.1. Cableado de corriente alterna.....	19
1.5.2.2. Canalizaciones de corriente alterna	20
1.5.2.3. Puesta a tierra	21
1.5.2.4. Protecciones	22
1.5.2.5. Cuadros de protecciones	22
1.5.3. Línea aérea de alta tensión	23
1.5.3.1. Apoyos de la línea	24
1.5.3.2. Crucetas	24
1.5.3.3. Cimentación	25
1.5.3.4. Distancias mínimas de seguridad	26
1.5.3.5. Cadena de aisladores.....	26
1.5.3.6. Amortiguadores.....	28
1.5.3.7. Puesta a tierra	28
1.5.3.8. Protecciones	29
1.5.4. Centro de transformación	30
1.5.4.1. Aparamenta alta tensión	30
1.5.4.2. Aparamenta baja tensión	31
2. ANEXOS	32

2.1. Anexo 1. Cálculos instalación fotovoltaica	33
2.1.1. Necesidades de riego	33
2.1.2. Dimensionamiento de la bomba	35
2.1.3. Dimensionamiento instalación fotovoltaica	37
2.1.4. Distancia entre estructuras	39
2.1.5. Cálculo cimentación estructura.....	40
2.1.6. Sección conductores de corriente continua.....	44
2.2. Anexo 2. Diseño instalación baja tensión.....	46
2.2.1. Sección conductores de corriente alterna	46
2.2.2. Protecciones de la instalación	48
2.2.3. Puesta a tierra	50
2.3. Anexo 3. Cálculos instalación de alta tensión.....	51
2.3.1. Distancia de seguridad	51
2.3.1.1. Distancia de los conductores al terreno.....	51
2.3.1.2. Distancia de los conductores entre si.....	51
2.3.1.3. Distancia de los conductores al apoyo	52
2.3.2. Angulo de desviación de la cadena de suspensión	53
2.3.3. Tensiones y flechas en hipótesis reglamentarias	55
2.3.4. Tensiones y flechas de tendido	57
2.3.5. Cálculo de apoyos.....	59
2.3.6. Cálculo de cimentaciones.....	60
2.3.7. Cálculo de cadenas de aisladores.....	61
2.3.8. Flechas en hipótesis de tracción máxima.....	62
2.3.9. Cálculo eléctrico línea aérea	63
2.3.9.1. Obtención de los parámetros de línea	63
2.3.9.2. Densidad de corriente	65
2.3.9.3. Cálculo eléctrico línea corta	65
2.3.9.4. Potencia máxima a transportar	66
2.3.9.5. Caída de tensión	66
2.3.9.6. Pérdidas de potencia	66
2.3.10. Cálculo de puesta a tierra de apoyos	67
2.4. Anexo 4. Diseño centro de transformación	68
2.4.1. Intensidad en alta tensión	68
2.4.2. Intensidad en baja tensión	68
2.4.3. Cortocircuitos	69

2.4.3.1.	Cálculo de corrientes de cortocircuito	69
2.4.3.2.	Cortocircuito en el lado de alta tensión	70
2.4.3.3.	Cortocircuito en el lado de baja tensión	70
2.4.4.	Dimensionado del embarrado.....	70
2.4.4.1.	Comprobación por densidad de corriente	70
2.4.4.2.	Comprobación por solicitación electrodinámica.....	71
2.4.4.3.	Comprobación por solicitación térmica a cortocircuito.....	71
2.4.5.	Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra	72
2.4.5.1.	Diseño de la instalación de tierra	72
2.4.5.2.	Cálculo de la resistencia del sistema de tierra	73
2.4.5.3.	Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.....	75
2.4.5.4.	Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación	76
2.4.5.5.	Cálculo de las tensiones aplicadas	76
2.5.	Anexo 5. Estudio tecno-económico.....	78
2.6.	Anexo 6. Justificación de las soluciones adoptadas.....	87
2.6.1.	Conclusiones obtenidas del estudio tecno-económico.....	90
2.7.	Anexo 7. Hoja de características	93
3.	PLANOS.....	105
4.	PRESUPUESTO	113
5.	PLIEGO DE CONDICIONES	121
5.1.	Condiciones generales.....	122
5.1.1.	Técnico director de la obra.....	122
5.1.2.	Constructor o instalador	122
5.1.3.	Presencia del constructor o instalador de la obra	123
5.1.4.	Modificaciones de los documentos del proyecto	123
5.1.5.	Demanda contra las ordenes de la dirección facultativa	123
5.1.6.	Replanteo	123
5.1.7.	Comienzo de la obra.....	124
5.1.8.	Orden de los trabajos	124
5.1.9.	Facilidades para otros contratistas	124
5.1.10.	Ampliación del proyecto debido a causas de fuerza mayor	124
5.1.11.	Prorroga por causa de fuerza mayor.....	124
5.1.12.	Responsabilidades de la dirección facultativa en el retraso de la obra	125
5.1.13.	Condiciones generales de ejecución de los trabajos.....	125
5.1.14.	Documentación final de la obra	125

5.1.15.	Plazo de garantía	125
5.2.	Condiciones económicas	125
5.2.1.	Composición de los precios unitarios.....	125
5.2.2.	Importe de contrata	126
5.2.3.	Precios contradictorios.....	126
5.2.4.	Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas	126
5.2.5.	Revisión de los precios contratados.....	127
5.2.6.	Acopio de materiales.....	127
5.2.7.	Responsabilidad del constructor en el bajo rendimiento de los trabajadores	127
5.2.8.	Pagos	127
5.2.9.	Importe de la indemnización por retraso no justificado.....	127
5.2.10.	Unidades de obra defectuosas pero aceptables	127
5.2.11.	Seguro de las obras	128
5.3.	Condiciones técnicas de la línea de alta tensión	128
5.3.1.	Objeto y campo de aplicación	128
5.3.2.	Replanteo de apoyos.....	128
5.3.3.	Apertura de apoyos.....	128
5.3.4.	Transporte, acarreo y acopio a pie de apoyo.....	129
5.3.5.	Cimentaciones.....	129
5.3.6.	Armado e izado de apoyos.....	129
5.3.7.	Protección de las superficies metálicas.....	130
5.3.8.	Tendido, tensado y engrapado de los conductores	130
5.3.9.	Reposición del terreno	131
5.3.10.	Numeración de apoyos	131
5.3.11.	Tomas de tierra	131
5.4.	Condiciones técnicas centro de transformación.....	131
5.4.1.	Objeto y campo de aplicación	131
5.4.2.	Apoyo	132
5.4.3.	Transformador.....	132
5.4.4.	Cuadro de BT	132
5.4.5.	Interconexión Pararrayos-Trafo	132
5.4.6.	Pararrayos	132
5.4.7.	Interconexiones Trafo-Cuadro de BT	133
5.4.8.	Instalación de puesta a tierra.....	133
5.5.	Condiciones técnicas de la instalación fotovoltaica.....	133

5.5.1.	Objeto y campo de aplicación	133
5.5.2.	Sistemas generadores fotovoltaicos	133
5.5.3.	Estructura soporte.....	134
5.5.4.	Inversor	134
5.5.5.	Cableado.....	135
5.5.6.	Conexiones a red	135
5.5.7.	Medidas	135
5.5.8.	Protecciones	135
5.5.9.	Puesta a tierra instalación fotovoltaica.....	135
5.5.10.	Armónicos y compatibilidad electromagnética.....	136
5.5.11.	Medidas de seguridad	136
6.	ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	137
6.1.	Objeto.....	138
6.2.	Plan de seguridad y salud	138
6.3.	Obligaciones del director facultativo de la obra	138
6.4.	Libro de incidencias	139
6.5.	Paralizaciones en los trabajos.....	140
6.6.	Principios aplicables durante la ejecución de la obra	140
6.7.	Propuestas de medidas preventivas para reducir los riesgos laborales de la obra ...	141
6.7.1.	Protecciones personales	141
6.7.1.1.	Protecciones de la cabeza	141
6.7.1.2.	Protecciones de cuerpo.....	141
6.7.1.3.	Protecciones de la parte superior	142
6.7.2.	Trabajos realizados en las alturas	142
6.7.3.	Utilización de cortadora de discos	142
6.7.4.	Equipos de soldadura	142
6.7.5.	Trabajos realizados próximos a instalaciones eléctricas de alta tensión	142
6.7.6.	Trabajos con maniobras en aparatos de baja tensión	143
6.7.7.	Trabajos de apertura de zanjas	143
6.7.8.	Información útil para trabajos posteriores	143
7.	BIBLIOGRAFIA	144

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. Alcance y objetivos del proyecto

El presente proyecto tiene como objeto la unificación del riego de todas las parcelas de olivares del demandante del proyecto. Para cumplir con el objetivo del proyecto, se ha decidido instalar una bomba para el riego olivar de 15 kW. Para alimentar la bomba sumergible se llevará a cabo una instalación fotovoltaica en modo autoconsumo. No obstante, también tendremos que realizar el diseño de una línea de alta tensión de 20 kV para el transporte del excedente, con su correspondiente centro de transformación.

Por lo tanto, el proyecto constara principalmente de cuatro partes:

- Diseño y cálculo de la instalación fotovoltaica.
- Dimensionado de la instalación de baja tensión.
- Estudio y cálculo de la energía producida y autoconsumida.
- Cálculo y diseño de la línea de alta tensión y su centro de transformación, realizado con el programa Dmelect.

1.2. Emplazamiento

La finca en la cual se pretende unificar el riego, está situada en el paraje de “LA TAPIADILLA”, en el término municipal de La Carolina, provincia de Jaén. Dicha finca comprende las parcelas 79, 80, 55, 56 y la 57, del polígono 47 del término municipal de La Carolina. Aunque, la instalación solar fotovoltaica se ubicara en la parcela 81 de ese mismo polígono. Mientras que la línea de alta tensión atravesara la parcela 38, también situada en el mismo polígono.

La superficie de la finca es de 16,4 hectáreas, aunque solo 15 hectáreas de superficie están destinadas al riego olivar. En esa superficie se hayan 1300 olivos adultos.

En la siguiente imagen del catastro, se podrán observar las parcelas remarcadas que componen la ubicación del proyecto.

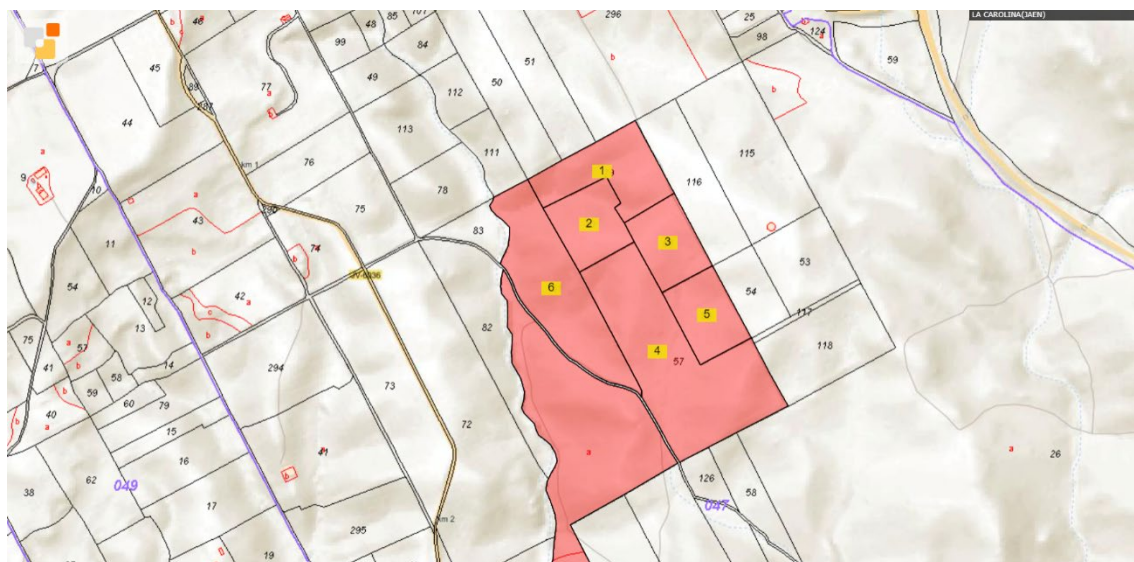


Ilustración 1. Mapa catastro

Las coordenadas de la finca son las siguientes:

Coordenadas Finca	
Latitud	Longitud
3.59354851º	38.26093948º

Tabla 1. Coordenadas de la finca

La finca dispone de un sondeo realizado en el año 2008, el cual tiene las siguientes características de captación:

- Profundidad: 120 m
- Diámetro de la perforación: 222 mm
- Entubado de PVC de 180 mm
- Nivel estático: 100 m

1.3. Normativa aplicada

Para la realización de este proyecto se han tenido en consideración las siguientes normativas:

- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Guía de la ITC-LAT 07: Líneas aéreas con conductores desnudos. Abril 2019
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- NR001, Especificaciones Particulares para instalaciones de e-distribución en Alta Tensión de $U_n \leq 36$ kV.
- NR102, Instalaciones privadas conectadas a la red de distribución Consumidores en Alta y Media Tensión.
- NBE-AE-88, Norma básica de la edificación "Acciones en la edificación".

1.4. Recursos y herramientas aplicadas

Para la realización del proyecto se han utilizado los siguientes programas:

- Climwat: Para obtener las precipitaciones mensuales de la zona.
- Google Earth Pro: Para obtener las coordenadas, el perfil de la línea de alta tensión y realización de planos.
- Dmelect: Para calcular y diseñar la línea de alta tensión.
- Autocad 2020: Para la realización de planos.
- EPLAN Electric P8 2.9: Para la realización de los esquemas eléctricos.
- Cype 2022: Para la realización del presupuesto.

1.5. Descripción del proyecto y sus características

1.5.1. Instalación solar fotovoltaica

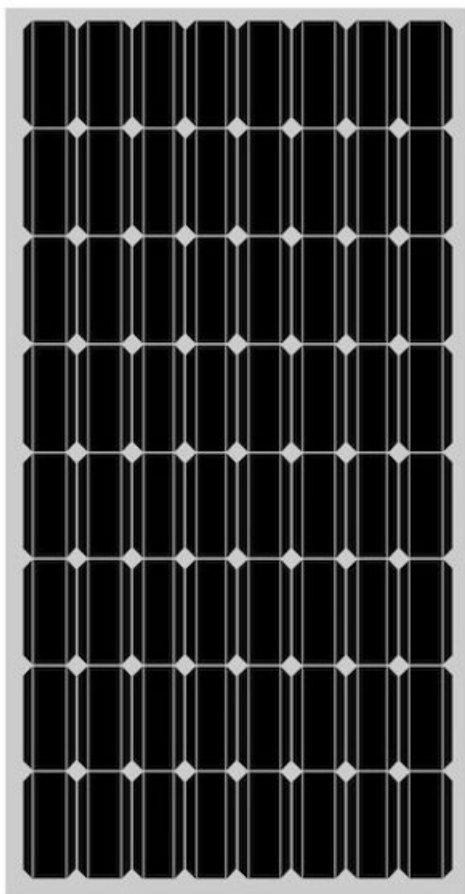
La instalación solar fotovoltaica tiene que cumplir con las necesidades energéticas que demande la bomba de riego. Por lo tanto, se tiene que producir la energía eléctrica necesaria para alimentar la bomba del sondeo. El excedente energético de los días que no se use la bomba, es decir, que no se riegue, será vendido a la compañía eléctrica. De esta manera, el precio de la factura eléctrica se verá reducido.

La instalación fotovoltaica constara de paneles fotovoltaicos, los cuales irán montados sobre una estructura. Dichos paneles, se conectarán al inversor, y el inversor a la red eléctrica. En este apartado, también se hablará de la bomba sumergible elegida para el riego, pese a que no pertenezca a la parte de fotovoltaica.

1.5.1.1. Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos tienen la función de transformar la radiación solar en electricidad, esta electricidad es en forma de corriente continua. Existen 2 tipos de paneles fotovoltaicos, los cuales presentan características distintas. Estos paneles fotovoltaicos son los monocristalinos y los policristalinos. Primero haremos un breve resumen de las características de cada panel, y después elegiremos el que más se adecue para nuestra instalación.

MONOCRISTALINO



POLICRISTALINO

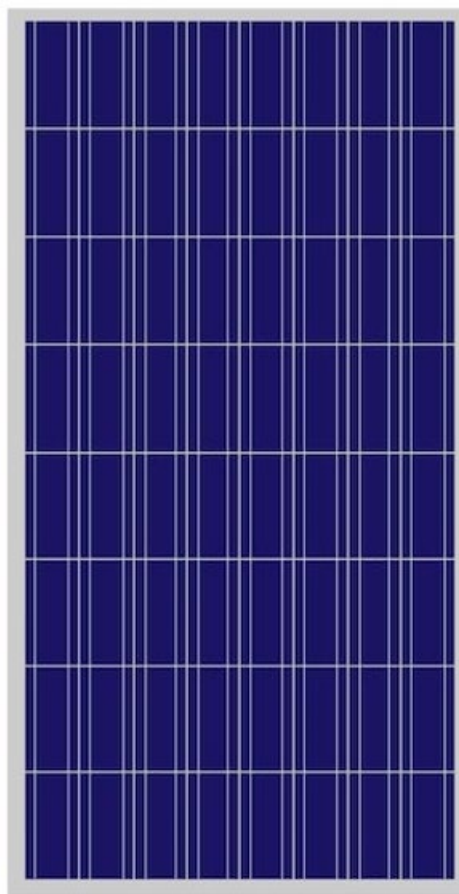


Ilustración 2. Panel monocristalino y policristalino

Además de la evidente diferencia visual que existen entre ambos paneles, como hemos podido comprobar en la ilustración anterior, también existe una diferencia económica. Los paneles policristalinos son más económicos que los monocristalinos, esto es debido a que la técnica de fabricación de los monocristalinos es más costosa que la de los policristalinos, es por ello, que cabe destacar que la eficiencia del monocristalino es significativamente mayor.

Otra diferencia a destacar es que el panel monocristalino funciona mejor en climas más fríos, ya que absorbe mejor la radiación solar, además de que en los de mayor temperatura tiende a sobrecalentarse más, lo que implica un menor rendimiento. Por otra parte, los paneles policristalinos les afecta en menor medida el sobrecalentamiento.

Una vez expuestas las características y diferencias de los tipos de paneles, para nuestro proyecto hemos decidido instalar paneles fotovoltaicos policristalinos. Nos hemos decantado por este tipo de panel porque, al necesitar un número elevado de paneles, y los policristalinos tienen un menor coste, reduciremos significativamente el presupuesto final. Además, como hemos mencionado antes, nuestra zona está sometida en verano a altas temperaturas, por lo que nos interesa que nos afecte en menor medida el sobrecalentamiento de los paneles fotovoltaicos.

En concreto el panel que hemos decidido utilizar para la instalación, es de la empresa española Atersa, el modelo es A-335P GS, el cual presenta las siguientes características:

Características técnicas:

- Potencia máxima: 335 Wp
- Tensión punto de máxima potencia: 38,2 V
- Corriente punto de máxima potencia: 8,77 A
- Tensión de circuito abierto: 46,1 V
- Corriente de cortocircuito: 9,38 A
- Eficiencia: 17,26 %

Características Físicas:

- Dimensiones (mm): 1656x992x40
- Peso (kg): 20,9
- Tipo de célula Policristalina: 156,75x156,75 mm
- Células en serie: 72 (6x12)
- Cristal delantero: Cristal templado de 3,2mm
- Marco de aluminio anodizado
- Caja de conexiones IP68
- Cables Cable solar 4 mm², 1200 mm

1.5.1.2. Estructura

La estructura que se tiene que utilizar para este proyecto, tiene que ser una estructura de suelo debido a que nuestra instalación no dispone de tejado, por lo que los paneles fotovoltaicos irán montados sobre la estructura. Debido a que utilizaremos un número elevado de paneles, lo más interesante de cara al punto de vista económico, será utilizar una estructura la cual pueda soportar el mayor número de paneles fotovoltaicos posibles.

La estructura que finalmente se utilizará, será el modelo 31V12, del fabricante Sunfer. La cual permite la instalación de 12 paneles para cada estructura. Está fabricada con aleación de aluminio de alta resistencia, mientras que la tornillería y los accesorios están realizados en acero inoxidable. La inclinación de la estructura es de 30° , aunque bajo pedido se podrían realizar con otra inclinación, pero para nuestro proyecto con esa inclinación bastara. El anclaje al suelo, se realizará mediante hormigón.

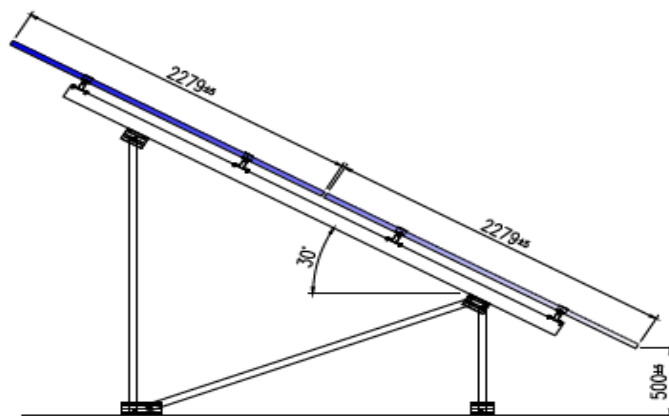


Ilustración 3. Estructura

Otras características reseñables de esta estructura, son las siguientes:

- Módulos de 2000x1000 mm
- Resistencia a vientos de 130 km/h
- Módulos con espesor: 33-50 mm
- Perfilería EN AW 6005A T6
- Tornillería A2-70

1.5.1.3. Bomba sumergible

Para bombear el agua del sondeo para el riego, será necesario la utilización de una bomba. En nuestro caso, según el dimensionamiento realizado en el anexo de cálculos, necesitaremos una bomba de 15 kW de potencia. Es por ello, que vamos a utilizar la bomba sumergible del fabricante Ideal, cuyo modelo es STI02118.

El funcionamiento de la bomba sumergible, es el de una bomba centrífuga. El agua entraría dentro de la bomba, y los impulsores expulsarían el agua hacia afuera debido a la acción centrífuga, provocando que el agua suba. Los impulsores están conectados a un eje, y este eje es accionado por el motor de inducción que posee la bomba.

La bomba sumergible se puede dividir en dos partes. Por una parte, tendríamos la parte hidráulica, y por la otra, el motor eléctrico sumergible. El cuerpo hidráulico estaría formado por el cuerpo de aspiración, el cuerpo de impulsión y una serie de cuerpos difusores y rodets multicanal cerrados tipo axial. Esta serie difusores y rodets, estarían entubados por una camisa de acero inoxidable que aporta a la bomba una gran resistencia. Por otro lado, la parte del motor eléctrico, tendría un grado de protección IP-68, soportando así el empuje axial de la bomba. También cabe mencionar que, aunque el fabricante realice bombas a 50 Hz Y 60 Hz, debido a que nuestro proyecto se situara en España, la bomba que se ha utilizado es de 50Hz.

La ilustración 4, representa un dibujo acotado de la bomba sumergible seleccionada.

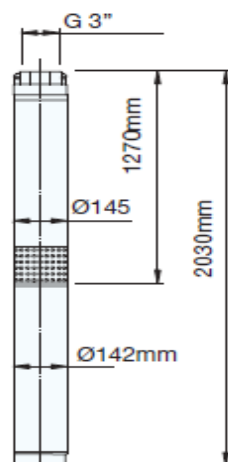


Ilustración 4. Bomba sumergible

1.5.1.4. Inversor

El inversor tiene la función de convertir la corriente continua obtenida de los paneles fotovoltaicos, en corriente alterna. Cabe mencionar que el inversor no podrá superar los 100 kW de potencia pico ya que, según el Real Decreto 244/2019, una instalación en modo autoconsumo con excedentes no podrá superar dicha potencia pico.

Por lo que, para el presente proyecto, se ha decidido instalar el inversor red trifásico de 20 kW del fabricante Fronius, modelo Symo 20-3-M. Este inversor únicamente tiene como aplicación en instalaciones fotovoltaicas de conexiones a red. Dispone de un sistema de inyección a la red cero, esto haría que disminuyese la energía convertida por el inversor en caso de que la energía que se esté demandando sea muy baja, con el objetivo de no verter electricidad a la red. Esto no tiene sentido en nuestro proyecto, puesto que el objetivo de nuestro proyecto es vender el excedente eléctrico a la compañía eléctrica.

Los equipamientos de seguridad que dispone el inversor son protecciones de corriente continua contra polaridad inversa, seccionadores de corriente continua y medición de aislamiento de corriente continua.

Las características, tanto técnicas como eléctricas, son las siguientes:

Características:

- Número de seguidores MPP: 2
- Máxima corriente de entrada: 33 A
- Rango de tensión de entrada CC: 420 – 800 V
- Potencia nominal CA: 20 kW
- Rango de frecuencia: 50 o 60 Hz.
- Tipo de protección: IP66
- Máximo rendimiento: 97,9%
- Peso: 43,4 kg
- Dimensiones: 725 x 510 x 225 mm

Los inversores de Fronius que sean de conexión a red, precisan de un Smart Meter. El Fronius Smart Meter, es un contador de energía bidireccional, cuya función es optimizar la energía del autoconsumo, además de controlar los diferentes flujos de energía y de registrar las curvas de consumo. Dicho contador, estará instalado en el cuadro eléctrico de baja tensión.

En la ilustración 5, podemos ver un esquema en donde se puede apreciar en qué parte de la instalación se instalaría tanto el inversor como el Smart Meter:



Ilustración 5. Esquema inversor y Smart Meter

1.5.1.5. Cableado corriente continua

El cableado de corriente continua, se ha seleccionado tomando como referencia el pliego de condiciones en instalaciones conectadas a red del IDAE. Dicho pliego de condiciones dicta lo siguiente:

- El cableado deberá de ser de cobre.
- El aislamiento mínimo del cable debe ser de clase 2, además de un grado de protección mínimo IP65.
- El positivo y el negativo de las células fotovoltaicas deberán de ir separados.
- Para evitar sobrecalentamientos, la caída de tensión no deberá de exceder los 1,5%.
- Para que el cable no esté sometido a esfuerzos de ningún tipo y de este modo no se produzca ninguna rotura, el cable ha de ser lo suficientemente largo.
- La tensión asignada del cableado deberá de ser de 1,8Kv.
- Dicho cableado deberá indicar la marca, la designación, la sección y la tensión asignada.

Por lo tanto, se ha seleccionado para el cableado el modelo H1Z2Z2-K, de la marca TEXCSU. Por otro lado, las interconexiones entre módulos se realizarán mediante conectores MC4.

El código de colores del cableado estándar para las instalaciones fotovoltaicas es el siguiente:

- Rojo para el terminal positivo
- Negro para el terminal negativo
- Amarillo y verde para la toma de tierra

1.5.1.6. Canalizaciones de corriente continua

Las canalizaciones de corriente continua discurrirán en canales empotrados en el suelo, desde el generador fotovoltaico hasta el inversor. Según la ITC-BT-19, se trata del tipo de instalación B1.

1.5.2. Instalación baja tensión

La instalación de baja tensión abarcaría desde el inversor hasta el contador de empresa distribuidora. Por ello, este apartado constaría del cableado de corriente alterna como de su canalización y puesta a tierra.

También describiremos las protecciones de la instalación, tanto de corriente alterna como de corriente continua, además de los distintos cuadros de protecciones donde se situarán ambas protecciones.

1.5.2.1. Cableado de corriente alterna

El cableado de corriente alterna, seguirá las normativas acordes con el Reglamento Electrotécnico de Baja tensión. En concreto, se utilizarán las instrucciones técnicas complementarias siguientes:

- Para el dimensionado se seguirán las directrices de cálculo que dictan la ITC-BT-19, como se podrá comprobar en el anexo de cálculos.
- La tensión asignada de los cables, no podrá ser inferior a 0,6/1 kV, según dicta la ITC-BT-20.
- La caída de tensión entre el inversor y la conexión a la red eléctrica no puede superar el 1,5%, según dicta la ITC-BT-40.

El cableado utilizado será tipo RZ1-K, en concreto para nuestra instalación, se utilizará el cable de la marca General Cable, gama Exzhellent.

1.5.2.2. Canalizaciones de corriente alterna

Las canalizaciones de corriente alterna discurrirán desde el inversor hasta el cuadro de protecciones, e irán empotradas en tubo sobre pared. Se tendrá que cumplir la normativa que recoge el REBT, en concreto la ITC-BT-21, la cual recoge en las dos tablas siguientes, las características que debe tener la instalación y el diámetro de los tubos.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60°C
Resistencia al curvado	1-2	Rígido/curvable
Propiedades eléctricas	1-2	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1 \text{ mm}$
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 2. Características mínimas para tubos en canalizaciones superficiales

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

Tabla 3. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y sección de los conductores

1.5.2.3. Puesta a tierra

La puesta a tierra, seguirá las normativas acordes con el Reglamento Electrotécnico de Baja tensión, en concreto la ITC-BT-18. Tomaremos dos normas de dicha instrucción técnica.

- La resistencia de la red de tierras general no superara los 37Ω , ya que no disponemos de pararrayos.
- Para calcular la sección mínima de los conductores utilizaremos la tabla 2 de la ITC-BT-18, la cual se mostrará en la tabla 4.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm^2)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm^2)
$S \leq 16$ $16 < S \leq 35$ $S > 35$	S (*) 16 $S/2$
(*) Con un mínimo de: 2,5 mm^2 si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica 4 mm^2 si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica	

Tabla 4. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase

De dicha tabla obtenemos que la sección mínima de conductores deberá de ser de 4 mm^2 para la conexión de marcos, partes metálicas, módulos y estructuras.

También debemos de tener en cuenta el Real Decreto 1699/2011, en concreto el artículo 15.

El artículo 15 está compuesto por tres puntos:

- No se deberá de modificar la puesta a tierra de la empresa distribuidora.
- La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre las instalaciones generadoras y la red de distribución.
- Las masas de la instalación fotovoltaica deberán de estar conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora.

1.5.2.4. Protecciones

La instalación estará protegida en cabecera mediante un interruptor diferencial y un interruptor magnetotérmico. En este apartado, aunque estemos en la parte de corriente alterna, también se mencionara las protecciones de corriente continua. En el caso de nuestra instalación, cada string estará protegido con un fusible.

En la siguiente tabla se podrán ver las protecciones utilizadas.

Elemento	Fabricante	Modelo	Cantidad
Cartucho fusible	Schneider	DF2CN10	x5
Porta fusibles	Schneider	DF101	x1
Interruptor diferencial	Schneider	A9R84440	x1
Magnetotérmico	Schneider	A9F78440	x1
Interruptor diferencial	Schneider	A9Q11340	x1
Magnetotérmico	Schneider	A9F93332	x1

Tabla 5. Protecciones

1.5.2.5. Cuadros de protecciones

En nuestra instalación dispondrá de tres cuadros de protecciones.

- Para proteger la bomba sumergible, se ha optado por la instalación de un cuadro de protecciones prefabricado del fabricante Fanox, el modelo en cuestión se trata del CBS-20/P de 400V. El cual contara con protecciones para sobrecarga, cortocircuito, falta y desequilibrio de base, además de contar con arrancador suave para evitar problemas que se puedan producir con el golpe de ariete.
- El cuadro eléctrico donde se encontrarán las protecciones de corriente continua, los fusibles, será un cuadro del fabricante Schneider, modelo Mini Kaedra de 6 módulos.
- El cuadro donde se encontrarán las protecciones de corriente alterna para el inversor, será un cuadro del fabricante Schneider, modelo Mini Kaedra de 8 módulos.
- El cuadro eléctrico donde se encontrarán las protecciones de corriente alterna, es decir, el interruptor diferencial, interruptor magnetotérmico y el Fronius Smart meter. Será un cuadro del fabricante Schneider, modelo Mini Kaedra de 12 módulos.

1.5.3. Línea aérea de alta tensión

La línea del presente proyecto se trata de una línea privada aérea de 20 kV de tensión nominal, por lo que se trata de una línea de tercera categoría, esto se debe a que su tensión nominal es menor de 30 kV, según dicta el RLAT. La zona donde se sitúa el proyecto sería la denominada zona B, ya que nos encontraríamos a una altitud superior a 500 m.

La longitud total de la línea sería de 408,7 m, compuesta por 3 vanos. La línea comenzaría con un entronque situado en las coordenadas siguientes:

Coordenadas Entronque	
Latitud	Longitud
38,254327	-3,593809

Tabla 6. Coordenadas del entronque

Finalizaría con un centro de transformación intemperie de 50 kVA, que se conectara a nuestra instalación de baja tensión.

Se proyectará la línea con cable de Aluminio-Acero 47-AL1/8- ST1A, con las características que a continuación se citan:

Conductor 47-AL1/8- ST1A (54,6 mm²):

- Denominación: 47-AL1/8-ST1A (LA-56)
- Sección: 54.6 mm²
- Diámetro: 9.45 mm
- Carga de Rotura: 1640 daN
- Módulo de elasticidad: 7900 daN/mm²
- Coeficiente de dilatación lineal: $19.1 \cdot 10^{-6}$.
- Peso propio: 0.185 daN/m

1.5.3.1. Apoyos de la línea

Los apoyos elegidos para la línea aérea serán del fabricante español Jovir. Se utilizarán apoyos de celosía, el diseño de estos apoyos cumple con las dimensiones y esfuerzos contemplados en la norma UNE 207017.

Dependiendo de la función del apoyo en la línea y su posición, clasificaremos los apoyos de nuestro proyecto de la siguiente forma:

- Apoyo 1: Apoyo de alienación en suspensión.
- Apoyo 2: Apoyo de alienación en suspensión.
- Apoyo 3: Apoyo de fin de línea con C.T.

En la siguiente tabla, se mostrará, además de la función, la designación del apoyo a modo de resumen.

N.º de apoyo	Función	Designación
1	AL-SU	C-500-16
2	AL-SU	C-500-18
3	FL	C-2000-14

Tabla 7. Designación de apoyos

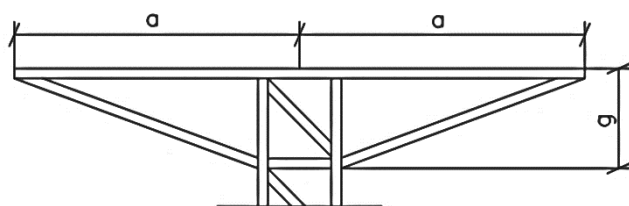
1.5.3.2. Crucetas

Las crucetas que se utilizarán en el proyecto, serán para los dos primeros apoyos, de tipo tresbolillo atirantado, y para el apoyo de fin de línea, será del tipo horizontal atirantado. Se han utilizado las crucetas del mismo fabricante que el de los apoyos, Jovir. En la tabla 8 se mostrará la designación del fabricante de las crucetas elegidas.

N.º de apoyo	Función	Modelo cruceta
1	AL-SU	CL-C20
2	AL-SU	CL-C20
3	FL	CL-A4

Tabla 8. Modelos de crucetas

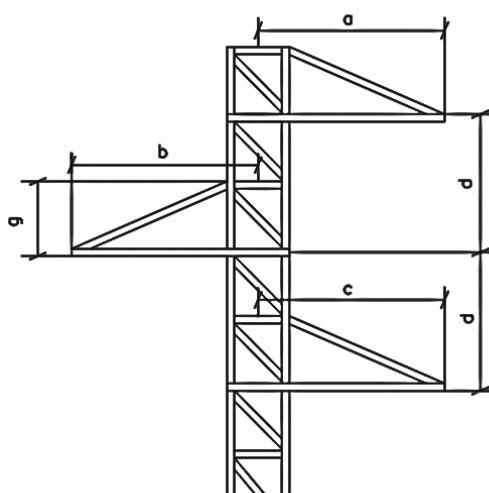
En las ilustraciones 6 y 7, se mostrará un esquema de las crucetas y las distancia entre conductores que tienen las crucetas elegidas. Estas distancias cumplen con las distancias mínimas entre conductores, que se especificaran en el apartado de cálculos.



APOYOS	a(m)	g(m)
4	2	0.6

Montaje Horizontal Atirantado

Ilustración 6. Cruceta horizontal atirantado



APOYOS	a(m)	b(m)	c(m)	d(m)	g(m)
2	1.5	1.5	1.75	1.2	0.6
3	1.5	1.5	1.75	1.2	0.6

Montaje Tresbolillo Atirantado

Ilustración 7. Cruceta tresbolillo atirantado

1.5.3.3. Cimentación

Las cimentaciones elegidas para el proyecto serán del tipo monobloque. Este tipo de cimentación está formada por un solo cimiento de hormigón en masa. Se han supuesto unas condiciones de terrenos normales.

Este tipo de cimentaciones requiere de las siguientes condiciones:

- Geometría prismática y sección cuadrada.
- El ángulo máximo de giro del cimiento, será ($\text{tg } \alpha = 0,01$).
- Se construirá sobre el macizo una peana en forma piramidal, cuya función será hacer de vierteaguas, con una pendiente del 5%.

En la ilustración 8, podemos ver cuáles serían la altura y la anchura de la cimentación para cada apoyo.

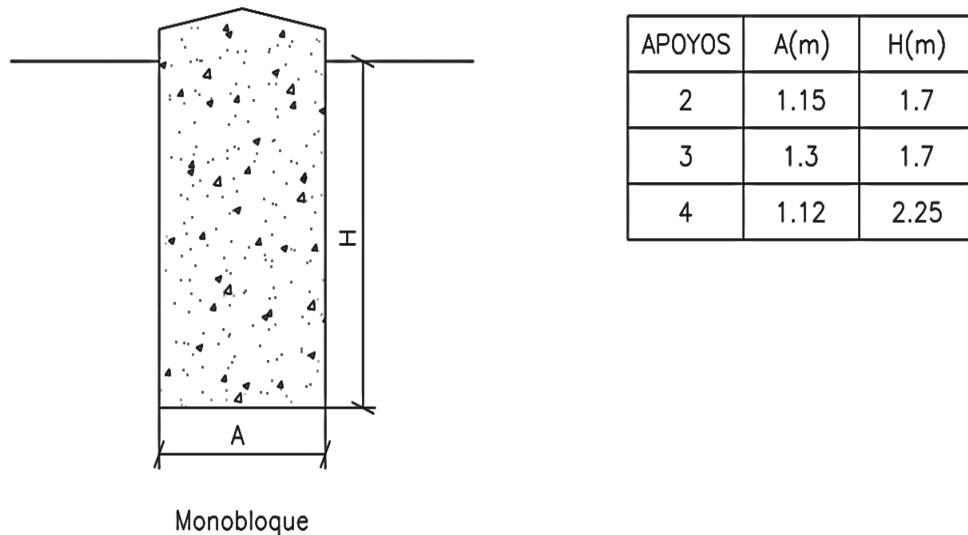


Ilustración 8. Cimentación monobloque

1.5.3.4. Distancias mínimas de seguridad

Debido a que no existe ningún cruzamiento en nuestra línea aérea, tan solo se ha tenido en cuenta una distancia mínima de los conductores al terreno de 6 metros.

1.5.3.5. Cadena de aisladores

La cadena de aisladores tiene la función de sujetar mecánicamente a los conductores, manteniéndolos aislados de tierra y de otros conductores. Es por ello, que al principal esfuerzo al que están sometidos estos aisladores, es al esfuerzo de tracción.

Dentro de los dos tipos de cadenas de aisladores que existen principalmente, cadenas de amarre y cadenas de suspensión, el más adecuado para nuestro proyecto es la utilización de cadenas de suspensión. Esto es debido a que nuestros apoyos son de alineación. En la ilustración 9, se mostrará un esquema de la composición de una cadena de suspensión.

Item	Cantidad	Descripción
1	1	Grillete
2	1	Eslabón-Rótula
3	1	Órbita-Ojal
4	1	Grapa de Suspensión Armada

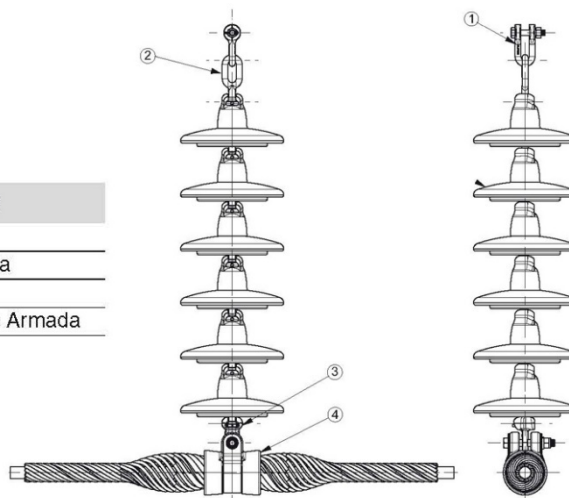


Ilustración 9. Cadena de suspensión

Dentro de la composición de la cadena de suspensión está el elemento principal que es el aislador. Para nuestro proyecto se ha decidido utilizar el aislador de vidrio U40B, del fabricante LaGranjaInsulatos. Las características son las siguientes:

Características físicas:

- Carga mínima de rotura mecánica: 40 kN
- Paso: 110 mm
- Diámetro: 175 mm
- Línea de fuga: 190 mm
- Unión normalizada IEC-60120: 11

Características eléctricas:

- Tensión soportada en seco: 50 kV
- Tensión soportada bajo lluvia: 32 kV

1.5.3.6. Amortiguadores

Los amortiguadores sirven para prevenir los fenómenos vibratorios (EDS). Los fenómenos vibratorios son producidos por la vibración eólica, además en caso de conductores de haz, también pueden ser producidos por la vibración del subvano. Estos fenómenos pueden desgastar tanto los herrajes y los aisladores, como incluso los dañar elementos de apoyo.

Según dicta la ITC-LAT-07, apartado 3.2.2, para una tracción a temperatura de 15°, no puede superar el 15% de la carga de rotura. En caso de que se supere, habría que proceder a instalar amortiguadores.

En el caso del presente proyecto, no sería necesario el uso de amortiguadores, puesto que la EDS calculada con el programa Dmelect, es de aproximadamente el 9%, por lo que no se instalaran dichos amortiguadores.

1.5.3.7. Puesta a tierra

Para la realización de la puesta a tierra de los apoyos del presente proyecto, se ha establecido como apoyos no frecuentes, tanto el apoyo 1 como el apoyo 2. Esta clasificación, se he tenido en cuenta usando la ITC-LAT-07.

Se ha optado por una configuración en hilera compuesta por 4 picas de 2 metros cada una, separadas entre sí por 3 metros. Enterradas a una profundidad de 0,5 metros. Dicha configuración estará justificada en el anexo de cálculos. En la ilustración 10, se podrá ver visualmente la configuración anteriormente descrita.

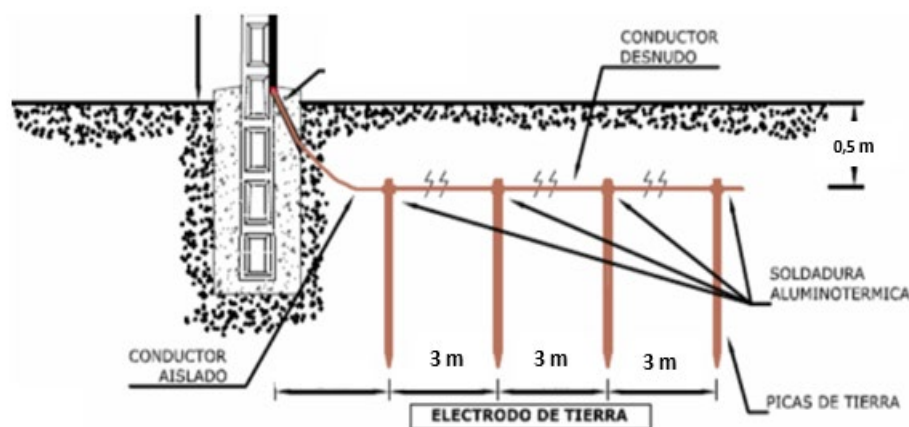


Ilustración 10. Configuración 5/32 UNESA

1.5.3.8. Protecciones

Acorde con las especificaciones particulares de E- Distribución, se deberá instalar un dispositivo de seccionamiento entre el punto de entronque y el primer apoyo de la línea. Este dispositivo de seccionamiento, según dicta documento de Endesa NRZ102, deberá pertenecer a la compañía distribuidora. El esquema que nos aporta la compañía distribuidora sería el que se muestra en la ilustración 11.

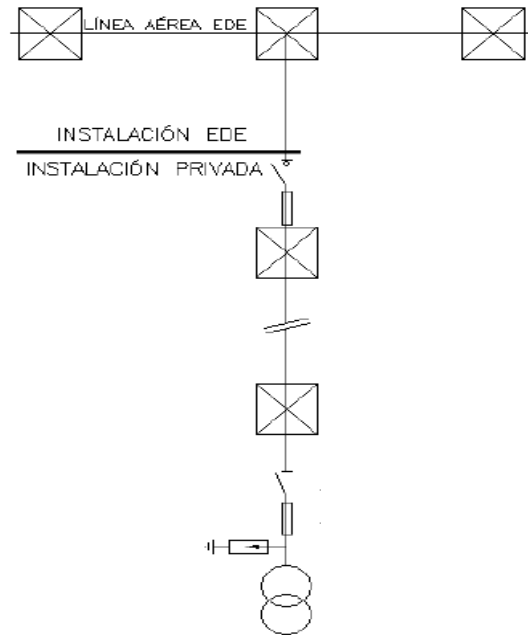


Ilustración 11. Esquema línea aérea privada con centro de transformación intemperie

También para el presente proyecto se deberá tener en cuenta la protección de la avifauna. Se deberán tener en consideración las siguientes distancias de seguridad que dicta el documento de Especificaciones Particulares de Endesa NRZ001, las cuales son las siguientes:

- La distancia entre la semicruceta inferior y el conductor superior es mayor de 1,5 m en la configuración tresbolillo.
- Las distancias mínimas de seguridad entre la cruceta y la grapa serán de 0,6 m para cadenas de suspensión.
- También se deberá aislar los puentes de unión entre los elementos de tensión.
- La apartamenta, que se ha mencionado antes y que se describirá en la sección del centro de transformación, deberá mantener siempre las partes en tensión por debajo de la cruceta.

1.5.4. Centro de transformación

El centro de transformación del presente proyecto será intemperie, el cual estará instalado sobre apoyo. La potencia del centro de transformación será de 50 kVA, ya que es la potencia que más se ajusta a nuestro proyecto. La tensión compuesta del primario será de 25 kV, mientras que la del secundario será una tensión de 400/230 V.

Toda la aparamenta que se mencionara a continuación, es la aparamenta que establece E-Distribución, la compañía distribuidora competente a la comunidad autónoma de Andalucía.

1.5.4.1. Aparamenta alta tensión

La aparamenta de alta tensión, estará constituida por:

- a) Autoválvulas pararrayos, este elemento protegerá contra las sobretensiones que se puedan llegar a producir. Acorde con las especificaciones particulares de la compañía distribuidora, el pararrayos debe tener una intensidad de descarga de 10 kA. La conexión entra la línea y el pararrayos se realizarán con el mismo cable que el utilizado en la línea.
- b) Seccionadores con fusibles de expulsión tipo XS "Cut out", este elemento protegerá contra las sobreintensidades que se puedan llegar a producir. Se instalarán sobre el propio centro de transformación, previo acuerdo con E-Distribución. Se ha podido instalar este tipo de fusibles y no los de tipo APR, porque la intensidad de cortocircuito es menor de 8kA.

La instalación de estos seccionadores se debe, a que permiten realizar funciones de maniobra y protección. También se ha de tener en cuenta, que tienen que ser visibles y dispongan de fácil accesibilidad. Acorde con las especificaciones particulares de la compañía distribuidora, se ha de utilizar fusibles de calibre 6.

- c) El transformador ha de ser trifásico reductor, con neutro accesible en el secundario y refrigeración natural en aceite. El transformador ha de cumplir la recomendación de UNESA-5.204-A y las especificadas por la compañía distribuidora. La plataforma donde se colocará el transformador, deberá mantener una distancia mínima con el suelo de 6 metros.

1.5.4.2. Aparamenta baja tensión

Para la aparamenta de baja tensión, se ha de instalar un cuadro de distribución. Dicho cuadro deberá de proporcionar un grado de protección IP439, tanto aislante como autoextinguible. La salida del cuadro estará formada por:

- 4 bases c/c.
- 1 cuchilla de neutro.
- 3 cartuchos fusibles de alto poder de ruptura.

La conexión entre dicho cuadro y el transformador, se realizará mediante cableados en haz de 0,6/1 kV, de aluminio aislados, recubierto con polietileno reticulado y sujetado mediante abrazaderas.

La salida de baja tensión se realizará mediante canalización subterránea, están serán mediante conductores de aluminio aislado, con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de PVC.

2. ANEXOS

2.1. Anexo 1. Cálculos instalación fotovoltaica

2.1.1. Necesidades de riego

Para obtener el volumen anual de agua necesaria para riego de olivar, multiplicaremos la superficie a regar, por la dotación usual de $1.500 \text{ m}^3 / \text{ha y año}$, establecida por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, obteniendo:

$$V = 15 \text{ ha} \cdot 1500 \frac{\text{m}^3}{\text{ha año}} = 22500 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} \quad (1)$$

Para realizar los cálculos, se ha tenido en cuenta las recomendaciones de la IFAPA (Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera), las cuales mencionan que se debe considerar un caudal nominal de 16 l/h por olivo. El suministro se producirá mediante dos goteros para olivo, proporcionando los dos el caudal de 16 l/h mencionado antes. También se ha establecido en 10 horas la duración del riego.

Para obtener las necesidades de riego por mes, se ha procedido a obtener con el programa Climwat las precipitaciones por mes en la provincia de Jaén. Las cuales se mostrarán en la tabla 9.

Mes	Precipitación	Prec.efec (mm)
Enero	70	62,2
Febrero	77	67,5
Marzo	99	83,3
Abril	66	59
Mayo	49	45,2
Junio	14	13,7
Julio	5	5
Agosto	4	4
Septiembre	29	27,7
Octubre	51	46,8
Noviembre	57	51,8
Diciembre	73	64,5
Total	594	530,7

Tabla 9. Precipitación mensual

Como podemos comprobar, los meses más lluviosos, observando la precipitación efectiva, serían los meses de diciembre hasta marzo. En estos meses no se hará uso del riego. Aunque, realmente lo que dictaminará el uso o no del riego será el propietario de la finca, dependiendo de las condiciones climatológicas de cada año. Pero para hacer el estudio se necesita realizar una distribución de los días de riego.

Lo que haremos será multiplicar el caudal, 16 l/h, por las horas de riego, 10 h, con esto obtendríamos los litros que recibe cada olivo cada vez que se hace uso del riego. Si multiplicamos este valor por los olivos que posee la finca, 1300 olivos, obtenemos la cantidad de litros que usamos cada vez que se hace uso del riego. Si dividimos este valor, entre el volumen de riego, obtendríamos los días de riego. Se ha de tener en cuenta que el volumen de riego cada mes no es igual, puesto que se ha de tener en consideración las precipitaciones. Por ello se han distribuido de la siguiente forma, como se puede observar en la tabla 10.

Mes	Días del mes	V riego (m3/mes)	Días de riego
Enero	31	0	0
Febrero	28	0	0
Marzo	31	0	0
Abril	30	1125	5
Mayo	31	2250	11
Junio	30	3375	16
Julio	31	4500	22
Agosto	31	4500	22
Septiembre	30	3375	16
Octubre	31	2250	11
Noviembre	30	1125	5
Diciembre	31	0	0
		22500	108

Tabla 10. Distribución mensual de los días de riego

2.1.2. Dimensionamiento de la bomba

Para obtener el caudal que debe suministrar la bomba, será el caudal máximo instantáneo. Teniendo en cuenta las consideraciones del anterior apartado, podemos obtener este caudal a través de la siguiente expresión:

$$C = \frac{16 \frac{L}{h \cdot \text{olivo}} \cdot 1300 \text{ olivos}}{3600 \frac{s}{h}} = 5,78 \frac{L}{s} \quad (2)$$

También se necesitará la altura manométrica, la cual la obtendremos a través de la siguiente expresión:

$$H_T = h_i + h_c + d + p_g + p_p + p_{a+t} + p_{f+a} \quad (3)$$

Donde:

H_T	Altura manométrica total
h_i	Profundidad de ubicación de la bomba
h_c	Pérdidas de carga por la columna de impulsión
d	Desnivel
p_g	Altura manométrica debido a la presión de la red
p_p	Pérdidas de carga de la red principal
p_{a+t}	Pérdidas de carga en la red secundaria y terciaria
p_{f+a}	Pérdidas de carga por filtros y accesorios

Con lo que obtenemos:

$$H_T = 105 \text{ m} + 6 \text{ m} + 10 \text{ m} + 15 \text{ m} + 5 \text{ m} + 5 \text{ m} + 7 \text{ m} = 153 \text{ m} \quad (4)$$

Una vez obtenida la altura manométrica, podemos obtener la potencia de la bomba, la cual se calculará a través de la siguiente expresión, la cual se ha obtenido del fabricante Ideal, “Datos Técnicos De Hidráulica Bombas”.

$$P(\text{cv}) = \frac{Q \cdot H_t \cdot \gamma}{75 \cdot \eta} \quad (5)$$

Donde:

Q	Caudal (L/s)
H_T	Altura manométrica (m)
γ	Peso específico del agua (kg/dm^3)
η	Rendimiento mecánico del motor

Con lo que obtenemos:

$$P(\text{cv}) = \frac{5,78 \frac{\text{L}}{\text{s}} \cdot 153 \text{ m} \cdot 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}}{75 \cdot 0,6} = 19,65 \text{ cv} \quad (6)$$

Se ha seleccionado una bomba de 20 HP, del fabricante “Bombas Ideal”. El modelo seleccionado ha sido el STI02118. En la siguiente grafica proporcionada por el fabricante, se podrá comprobar como este modelo es adecuado para nuestra instalación.

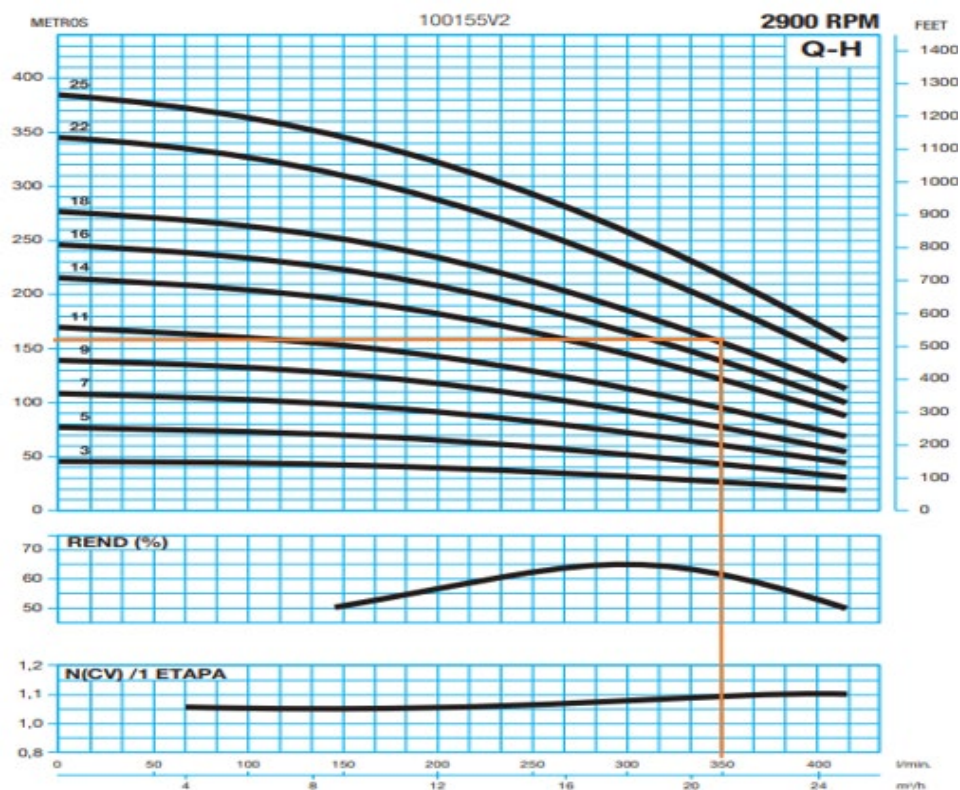


Ilustración 12. Gráfica bomba STI02118

Primero tendremos que pasar nuestro caudal a L/min, por lo cual nuestro caudal pasaría a ser 346,8 L/min. Partiremos desde la parte de debajo de la gráfica, y de color naranja dibujaremos una línea hasta llegar a la curva del modelo de la bomba seleccionado. Una vez en ese punto, se dibujará otra línea hacia la izquierda hasta llegar al eje, también de color naranja. Como se puede comprobar, el punto donde corta al eje es mayor de 153 m, por lo que la bomba seleccionada cumpliría.

2.1.3. Dimensionamiento instalación fotovoltaica

Para dimensionar la instalación correctamente, se ha realizado un balance de energías. Este balance de energías se ha realizado, teniendo en cuenta los días al mes que se utilizara el motor, con una duración de 10 horas. Para obtener cual sería el dimensionamiento correcto, se ha realizado el balance de energías para distintas potencias de inversores. Partiendo de una potencia para el inversor de 15 kW llegando hasta 25 kW. Se ha omitido la energía producida en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, puesto que en esos meses no se hará uso del motor. Para obtener una visión más grafica del balance de energías, se ha utilizado una gráfica como se podrá ver a continuación.

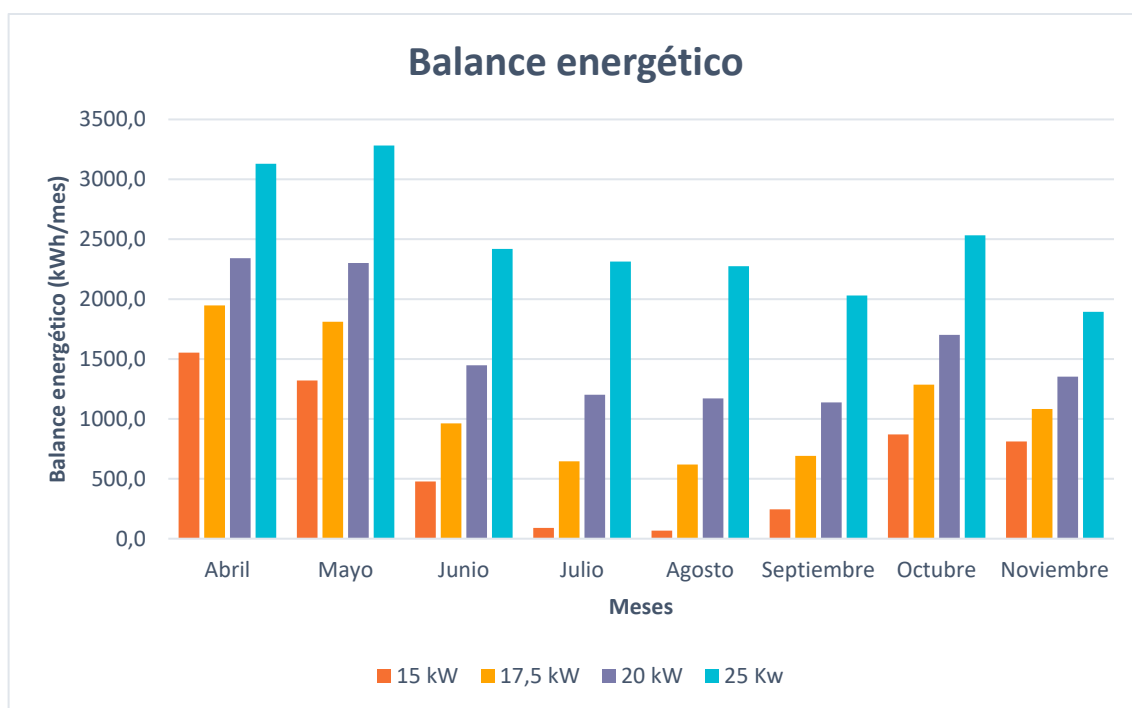


Ilustración 13. Grafica balance energético

Finalmente, se ha seleccionado una potencia de 20 kW para el inversor. Se ha seleccionado esta potencia ya que es la más optima, ya que se necesitará obtener excedente energético en los meses de verano, ya que en estos meses se hará más uso de la bomba. Si escogiésemos como potencia del inversor 17,5 kW, el excedente en los

meses de verano, sería menor. Mientras que si eligiéramos como potencia 25 kW, la instalación se dimensionaría en exceso.

Este balance de energías, no contempla la energía autoconsumida, ni la importada, ni la exportada, por lo tanto, no es exacto. Solo se pretende obtener una estimación para dimensionar la instalación. El estudio energético más exhaustivo se ha realizado en el anexo 5.

Una vez se ha obtenido la potencia más óptima para el inversor, necesitaremos calcular la potencia del generador fotovoltaico. Se realizará con la siguiente expresión, teniendo en cuenta una potencia pico de cada panel de 335 W:

$$P_{GF} = \frac{P_{inv}}{\eta_{módulo} \cdot \eta_{inv}} \quad (7)$$

Donde:

P_{GF}	Potencia del generador fotovoltaico (W)
P_{inv}	Potencia del inversor (W)
$\eta_{módulo}$	Rendimiento modulo fotovoltaico
η_{inv}	Rendimiento inversor

Con lo que obtenemos:

$$P_{GF} = \frac{20000 \text{ W}}{0,85 \cdot 0,978} \approx 24000 \text{ W} \quad (8)$$

Para determinar el número de paneles utilizaremos la siguiente expresión:

$$N_{paneles} = \frac{P_{GF}}{P_{pico \text{ panel}}} + 1 = \frac{24000 \text{ W}}{335 \text{ W}} + 1 = 72 \text{ paneles} \quad (9)$$

Y finalmente, para obtener el número de paneles máximo que podemos colocar en serie, utilizaremos esta otra expresión:

$$N_{\text{max serie}} = \frac{V_{N \text{ inversor}}}{V_{OC \text{ panel}}} \quad (10)$$

Donde:

$N_{\text{max serie}}$ Número de paneles en serie

$V_{N \text{ inv}}$ Tensión nominal inversor (V)

V_{OC} Tensión circuito abierto (V)

Antes de sustituir, tenemos que tener en cuenta el rango de tensión del inversor. En el caso de nuestro modelo es de 420 - 800 V. Mientras que la tensión de la tensión de circuito abierto de nuestro panel fotovoltaico es de 46,1 V.

Con lo que obtenemos:

$$N_{\text{max serie}} = \frac{800 \text{ V}}{46,1 \text{ V}} = 17 \text{ paneles} \quad (11)$$

Por lo tanto, necesitaríamos 2 string de 15 paneles cada uno, y otros 3 string de 14 paneles cada uno. Con esto, nuestra instalación llegaría a los 72 paneles necesarios para que nuestra instalación sea optima.

2.1.4. Distancia entre estructuras

Para evitar producir sombras entre los paneles, y por ello, que experimentemos un menor rendimiento de la instalación, en este apartado se calculara la distancia la distancia que hay que dejar entre las estructuras.

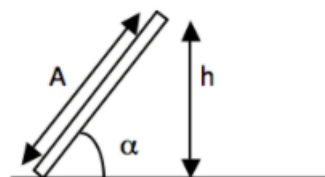


Ilustración 14. Esquema simplificado inclinación del panel fotovoltaico

Primero determinaremos la altura vertical de la estructura (h), a través de la siguiente expresión:

$$h = A \cdot \sin \alpha = 4 \text{ m} \cdot \sin(30^\circ) = 2 \text{ m} \quad (12)$$

Se tomará 4 metros de longitud de paneles, puesto que cada panel tiene una longitud de 2 metros y su disposición será contigua. Además, la estructura tiene una inclinación de 30°.

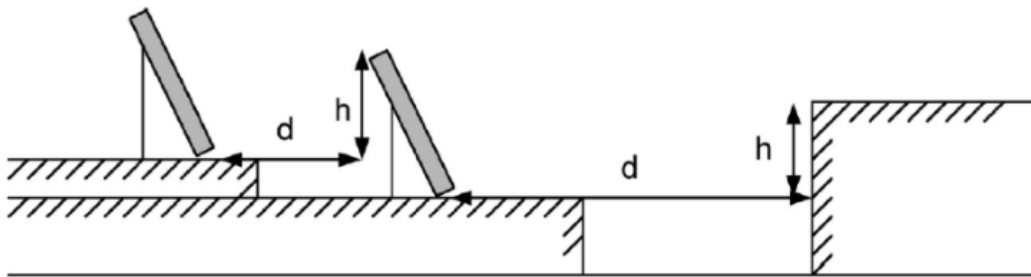


Ilustración 15. Esquema distancia entre estructuras

Para calcular la distancia óptima entre paneles (d), se realizará a través de la siguiente expresión:

$$d = \frac{h}{\tan(61 - \text{latitud})} = \frac{2 \text{ m}}{\tan(61^\circ - 38,25^\circ)} = 4,76 \text{ m} \quad (13)$$

Por lo tanto, la distancia entre paneles, deberá ser de 4,76 metros.

2.1.5. Cálculo cimentación estructura

Para el cálculo de la cimentación de la estructura, hemos de suponer la situación más desfavorable de las situaciones climatológicas que pueden intervenir, por ello necesitaremos obtener la presión dinámica del viento. La presión dinámica del viento dependerá de la altura de la estructura, por ello haremos uso del código técnico de la edificación NBE-AE-88, en concreto, la tabla 5.1 de dicha normativa.

Tabla 5.1 Presión dinámica del viento				
Altura de coronación del edificio sobre el terreno en m, cuando la situación topográfica es		Velocidad del viento v		Presión dinámica w
Normal	Expuesta	m/s	km/h	kg/m ²
De 0 a 10	—	28	102	50
De 11 a 30	—	34	125	75
De 31 a 100	De 0 a 30	40	144	100
Mayor de 100	De 31 a 100	45	161	125
—	Mayor de 100	49	176	150

Tabla 11. Presión dinámica del viento

Dicha tabla nos indica que la para una altura no superior a 10 metros, como sería la de nuestro presente proyecto. La presión dinámica del viento sería de 50 kg/m².

Para calcular la fuerza del viento haremos uso de la siguiente expresión:

$$f_v = w \cdot S \cdot \sin\alpha \quad (14)$$

Donde:

w Presión dinámica (kg/m²).

S Superficie del conjunto de paneles por estructura (m²).

$\sin\alpha$ Angulo de inclinación modulo.

$$S = 12 \cdot 2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 24 \text{ m}^2 \quad (15)$$

De lo cual obtenemos:

$$f_v = 50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 24 \text{ m}^2 \cdot \sin(30^\circ) = 600 \text{ kp} = 5,88 \text{ kN} \quad (16)$$

Esta fuerza que hemos calculado, sería la fuerza máxima que podría soportar la estructura.

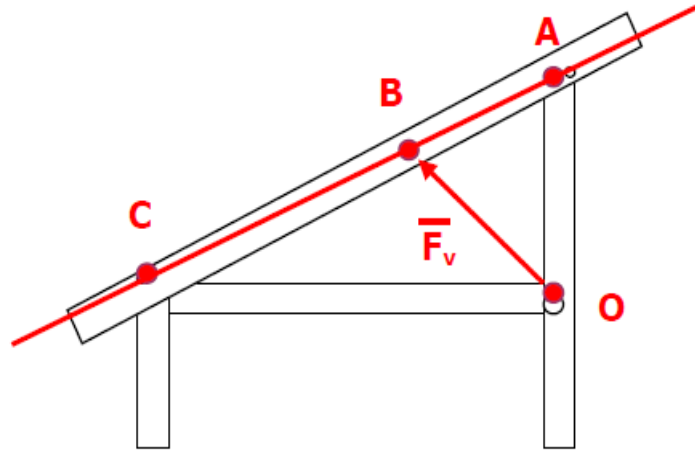


Ilustración 16. Diagrama estructura 1

En el diagrama de la estructura mostrado anteriormente podemos ver tres puntos. Sobre el punto A se generaría un momento opuesto al generado en el punto C. Mientras que el punto B, se situaría en mitad de la estructura, que sería donde se concentraría principalmente la fuerza del viento. Una vez conocidos los puntos, realizaremos momentos de los puntos A y C, sobre B.

$$M_A = f_v \cdot d_{AB} = 5,88 \text{ kN} \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 4 \text{ m}\right) = 7,84 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (17)$$

$$M_C = f_v \cdot d_{CB} = 5,88 \text{ kN} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot 4 \text{ m}\right) = 15,68 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (18)$$

Por lo tanto, el momento máximo aplicado, sería de 15,68 kN·m. Aunque se aplicara un coeficiente del 20%, por si se produjese un viento mayor a los supuestos. Es decir, nos quedaría un momento máximo de 18,8 kN·m.

Para calcular el peso de las cimentaciones, utilizaremos el siguiente diagrama:

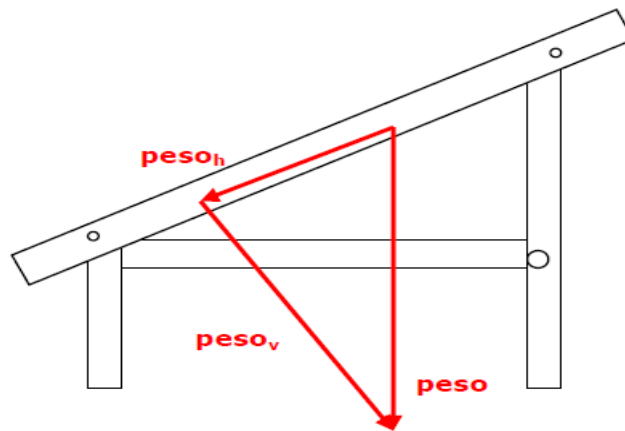


Ilustración 17. Diagrama estructura 2

Al poseer 2 apoyos, cada apoyo ha de soportar 9,4 kN. Para calcular el peso horizontal, utilizaremos la siguiente expresión:

$$\text{peso}_h = \frac{M_{\text{máx}}}{d_{AB}} = \frac{9,4 \text{ kN} \cdot \text{m}}{\frac{1}{3} \cdot 4 \text{ m}} = 7 \text{ kN} \quad (19)$$

$$\text{peso} = \frac{\text{peso}_h}{\cos \alpha} = \frac{7 \text{ kN}}{\cos 30^\circ} = 8 \text{ kN} \quad (20)$$

Para dimensionar la cimentación, se procederá a calcular el volumen necesario de hormigón:

$$V = \frac{\text{peso}}{\rho} = \frac{\frac{8 \text{ kN}}{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}{2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,32 \text{ m}^3 \quad (21)$$

Se requerirán 0,32 m³ de volumen de hormigón para el anclaje de cada apoyo.

2.1.6. Sección conductores de corriente continua

Para calcular la sección del cableado de corriente continua, el cual abarca desde los paneles fotovoltaico hasta el inversor, se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- El cable será de cobre.
- El tipo de instalación será B1.
- La temperatura de servicio del conductor será de 90°C.
- La caída de tensión máxima es de 1,5%, según dicta la ITC-BT-40.

El tipo de conductor que se utilizará en la instalación será RZ1-K con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).

El cálculo de sección se realizará mediante dos criterios diferentes, eligiéndose la sección para la instalación que dictamine el criterio más desfavorable.

Criterio intensidad máxima:

Le aplicaremos un coeficiente del 10% a la intensidad para dimensionarla correctamente.

$$I_{\max} = I_{SC} \cdot 1,1 = 9,38 \text{ A} \cdot 1,1 = 10,32 \text{ A} \quad (22)$$

De la tabla 1 de la ITC-BT19, obtendremos la sección máxima para las condiciones dadas.

$$I_{\max} = 21 \text{ A} \rightarrow S_{\min} = 1,5 \text{ mm}^2 \quad (23)$$

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
B		Conductores aislados en tubos ²⁾ en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
B2		Cables multiconductores en tubos ²⁾ en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ¹⁾					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
E		Cables multiconductores al aire libre ³⁾ . Distancia a la pared no inferior a 0,3D ³⁾						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁴⁾ . Distancia a la pared no inferior a D ⁵⁾						3x PVC				3x XLPE o EPR ¹⁾		
G		Cables unipolares separados mínimo D ¹⁾									3x PVC ¹⁾		3x XLPE o EPR	
			mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre			1,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	38	21	24	-
			2,5	20	21	23	24	27	30	-	44	29	33	-
			4	25	27	30	32	36	37	-	60	38	45	-
			6	34	37	40	44	50	52	-	80	49	57	-
			10	45	49	54	59	66	70	-	106	68	76	-
			16	59	64	70	77	84	88	96	116	91	105	-
			25	77	86	96	104	110	119	131	144	116	123	166
			35	94	103	117	125	133	145	159	175	144	154	206
			50			149	160	171	188	202	224	175	188	250
			70			180	194	207	230	245	271	224	244	321
			95			208	225	240	267	284	314	271	296	391
			120			236	260	278	310	338	363	314	348	455
			150			268	297	317	354	386	415	363	404	525
			185			315	350	374	419	455	490	415	464	601
			240			360	404	423	484	524	565	490	552	711
			300									640	821	

Tabla 12. Intensidad máxima admisible para conductor de corriente continua

Criterio de caída de tensión:

La fórmula de sección mínima la aplicaremos para cada string para obtener cual sería la sección más adecuada, debido a que cada string tiene distintas longitudes, dicha formula tiene la siguiente expresión:

$$S_{\min} = \frac{2 \cdot L \cdot I_{\max}}{\sigma \cdot \Delta U} \quad (24)$$

Donde:

L Longitud de la línea (m).

I_{máx.} Intensidad máxima de los paneles (A).

σ Conductividad del conductor (S·m/mm²).

ΔU Caída de tensión máxima permitida en la línea (V).

La conductividad del cobre a 90° que se ha tomado ha sido de 44 S·m/mm².

Línea	Paneles en serie	Longitud (m)	Intensidad máxima con cof. (A)	Sección mínima calculada (mm ²)	Sección mínima normalizada (mm ²)
String 1	15	71	11,725	3,65	4
String 2	14	70	11,725	3,85	4
String 3	14	68	11,725	3,74	4
String 4	14	66	11,725	3,63	4
String 5	15	75	11,725	3,85	4

Tabla 13. Resumen de las secciones de los strings

La sección normalizada seleccionada para el cableado de corriente continua ha sido de 4 mm².

2.2. Anexo 2. Diseño instalación baja tensión

2.2.1. Sección conductores de corriente alterna

El tramo de corriente alterna discurre desde el inversor hasta del cuadro de protecciones, aunque también este apartado contempla el tramo al embarrado. Para realizar los cálculos de este apartado se ha de tener en consideración las siguientes características:

- La intensidad de los conductores tiene que ser $1,25 \cdot I_{inv}$, según la ITC-BT-40.
- Los conductores irán en canales tipo B2.
- La temperatura de servicio del conductor será de 90°C.
- La caída de tensión máxima es de 1,5%, según dicta la ITC-BT-40.

El tipo de conductor que se utilizará en la instalación será tripolar con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).

El cálculo de sección se realizará mediante dos criterios diferentes, eligiéndose la sección para la instalación que dictamine el criterio más desfavorable.

Criterio intensidad máxima:

$$I_{\max} = I_{\text{inv}} \cdot 1,25 = 28,9 \text{ A} \cdot 1,25 = 36 \text{ A} \quad (25)$$

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
B		Conductores aislados en tubos ⁹⁾ en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
B2		Cables multiconductores en tubos ⁹⁾ en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ¹⁾				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
E		Cables multiconductores al aire libre ⁴⁾ . Distancia a la pared no inferior a 0,3D ⁵⁾					3x PVC		2x XLPE o EPR	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁴⁾ . Distancia a la pared no inferior a D ⁵⁾						3x PVC			3x XLPE o EPR ¹⁾			
G		Cables unipolares separados mínimo D ¹⁾								3x PVC ¹⁾		3x XLPE o EPR ¹⁾		
			mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre			1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
			2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
			4	20	21	23	24	27	28	-	34	38	45	-
			6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
			10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
			16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
			25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
			35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
			50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
			70				149	160	171	188	202	224	244	321
			95				180	194	207	230	245	271	296	391
			120				208	225	240	267	284	314	348	455
			150				236	260	278	310	338	363	404	525
			185				268	297	317	354	386	415	464	601
			240				315	350	374	419	455	490	552	711
			300				360	404	423	484	524	565	640	821

Tabla 14. Intensidad máxima admisible para conductor de corriente alterna

$$I_{\max} = 37 \text{ A} \rightarrow S_{\min} = 6 \text{ mm}^2 \quad (26)$$

Criterio de caída de tensión:

La fórmula de la caída de tensión para calcular la sección mínima del cableado de corriente alterna, es la siguiente:

$$S_{\min} = \frac{2 \cdot L \cdot I_{\max}}{\sigma \cdot \Delta U} = \frac{2 \cdot 2 \text{ m} \cdot 36 \text{ A}}{44 \frac{\text{S} \cdot \text{m}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{400 \text{ V} \cdot 1,5}{100}} = 0,5 \text{ mm}^2 \quad (27)$$

Por lo cual, la sección normalizada seleccionada para el cableado de corriente continua ha sido de 6 mm², según el criterio de intensidad máxima.

2.2.2. Protecciones de la instalación

Para calcular las protecciones más adecuados para nuestra instalación, utilizaremos la ITC-BT-22, de dicha instrucción técnica utilizaremos las siguientes expresiones.

Para comprobar que los fusibles y los magnetotérmicos protegen contra sobrecargas, se tiene que cumplir:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad (28)$$

$$I_F \leq 1,45 \cdot I_Z \quad (29)$$

Donde:

I_B	Intensidad de cálculo del circuito (A).
I_N	Intensidad nominal o calibre del interruptor (A).
I_Z	Intensidad máxima admisible del conductor (A).
I_F	Intensidad que garantiza el funcionamiento efectivo de la protección (A).

Para comprobar que los magnetotérmicos protegen contra cortocircuitos, se tiene que cumplir:

$$I_{cc \text{ máx}} \leq \text{Poder de corte} \quad (30)$$

$$I_{\text{Fusión}}(5s) \leq I_{cc \text{ mín}} \quad (31)$$

$I_{cc \text{ máx.}}$ Intensidad cortocircuito máxima (A).

$I_{cc \text{ mín.}}$ Intensidad cortocircuito mínima (A).

Para cada tramo de la instalación, las protecciones serán distintas:

- Tramo de los strings a la caja de conexiones de strings: en este tramo se han instalado fusibles unipolares de 15 A, que cumple las condiciones mencionadas anteriormente:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad (32)$$

$$9,38 \text{ A} \leq 10 \text{ A} \leq 38 \text{ A} \quad (33)$$

$$I_F \leq 1,45 \cdot I_Z \quad (34)$$

$$1,9 \cdot 9,38 \text{ A} \leq 1,45 \cdot 38 \text{ A} \quad (35)$$

Al cumplir las dos condiciones, se colocarán 5 fusibles de 10 A con curva gG, uno para string.

- Tramo entre la caja de conexiones de los strings y las protecciones de corriente alterna:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad (36)$$

$$28,9 \text{ A} \leq 32 \text{ A} \leq 54 \text{ A} \quad (37)$$

Se instalará por lo tanto un magnetotérmico de 3 polos y 32 A, y un diferencial de 40 A y 30 mA.

- La caja de protecciones general:

Debido a la corta distancia entre el inversor y el cuadro general de protecciones, se ha supuesto una $I_{cc \text{ min}}$ y una $I_{cc \text{ max}}$ de 5 kA. A continuación, haremos las comprobaciones descritas anteriormente.

$$5 \text{ kA} \leq \text{Poder de corte} \quad (38)$$

$$I_{\text{Fusión}}(5s) \leq 5 \text{ kA} \quad (39)$$

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad (40)$$

$$36 \text{ A} \leq 40 \text{ A} \leq 54 \text{ A} \quad (41)$$

Las protecciones utilizadas cumplirán con las condiciones descritas, por ello se ha seleccionado un interruptor diferencial tetrapolar de 40 A con una sensibilidad de 300 mA y un magnetotérmico tetrapolar de 40 A.

2.2.3. Puesta a tierra

Para el cálculo de la puesta a tierra, tendremos que tener en consideración las siguientes normativas:

- La tensión de contacto no supere los 50 V, según dicta la ITC-BT-18.
- La resistencia a tierra de los edificios sin pararrayos debe de ser menos de 37 Ω , según dicta la ITC-BT-26.
- Se ha tomado una resistividad del terreno es 200 $\Omega \cdot m$.

Para obtener que configuración se adapta mejor a nuestra instalación, realizaremos el siguiente cálculo:

$$K_r = \frac{R_t}{\rho} = \frac{37 \Omega}{200 \Omega \cdot m} < 0,74 \quad (42)$$

Una vez obtenido el valor de k_r , se ha seleccionado un electrodo de 2 x 2 metros con picas de 2 metros de longitud.

También se calculará cual deber ser la distancia mínima que debe haber entre la puesta a tierra del centro de transformación y la puesta a tierra de la instalación de baja tensión. Según dicta la ITC-BT-18, para calcular dicha distancia se utilizará la siguiente formula:

$$D = \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot U} \quad (43)$$

Donde:

D	Distancia entre electrodos (m)
ρ	Resistividad media del terreno ($\Omega \cdot m$).
I_d	Intensidad de defecto a tierra (A).
U	Tensión sistemas de distribución (V).

Con lo que obtenemos:

$$D = \frac{200 \, \Omega \cdot \text{m} \cdot 300 \, \text{A}}{2 \cdot \pi \cdot 1000 \, \text{V}} = 9,54 \, \text{m} \quad (44)$$

La distancia entre la puesta a tierra del centro de transformación y la puesta a tierra de la instalación de baja tensión, es de 9,54 metros.

2.3. Anexo 3. Cálculos instalación de alta tensión

2.3.1. Distancia de seguridad

2.3.1.1. Distancia de los conductores al terreno

La distancia mínima de los conductores al terreno se calcula mediante la siguiente formula.

$$dst_{des} = D_{add} + D_{el} = 5,3 + 0,22 = 5,52 \, \text{m} \, (\text{mínimo } 6\text{m}) \quad (45)$$

Donde:

D_{add} Distancia de aislamiento adicional

D_{el} Distancia mínima de aislamiento en el aire especificada

2.3.1.2. Distancia de los conductores entre si

La distancia de los conductores entre sí D debe ser como mínimo:

$$D_{des} = k \cdot \sqrt{F + L} + k' \cdot D_{pp} \quad (46)$$

Donde:

K	Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento
L	Longitud cadena de suspensión (m) (cadena de amarre L=0)
F	Flecha máxima (m)
Dpp	Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada

a) Apoyo 2

$$D_{des} = 0,65 \cdot \sqrt{5,31 + 0,51} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,76 \text{ m} \quad (47)$$

b) Apoyo 3

$$D_{des} = 0,65 \cdot \sqrt{5,31 + 0,51} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,76 \text{ m} \quad (48)$$

c) Apoyo 4

$$D_{des} = 0,65 \cdot \sqrt{4,59 + 0} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,58 \text{ m} \quad (49)$$

2.3.1.3. Distancia de los conductores al apoyo

La distancia mínima de los conductores al apoyo d_{sa} será de:

$$d_{sa} = Del = 0,22 \text{ m (mínimo 0,2 m)} \quad (50)$$

$d_{sa} = 0,22 \text{ m.}$

Donde:

Del	Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada
-----	---

2.3.2. Angulo de desviación de la cadena de suspensión

La acción del viento sobre los conductores, puede producir que la distancia entre el conductor y el apoyo, lo que haría que no se cumpliesen las medidas de distancias mínimas descritas anteriormente. Por ello, para que no se produzca el ángulo máximo de desviación de la cadena α no podrá superar el ángulo β . Para calculara dichos valores, aplicaremos la siguiente expresión.

$$\operatorname{tg}(\gamma) = \frac{P_v + \frac{E_{ca}}{2}}{P_{-X^{\circ}C + \frac{V}{2}} + \frac{P_{ca}}{2}} = \frac{E_{tv}}{P_t} \quad (51)$$

Donde:

Tg	Tangente del ángulo que forma la cadena de suspensión con la vertical.
Pv	Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre el conductor (120 km/h) (daN).
Eca	Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre la cadena de aisladores y herrajes (120 km/h) (daN).
$P_{-X^{\circ}C + V/2}$	Peso total del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de una Tª X (-10 °C en zona B) con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).
Pca	Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).
Rav	Resultante de ángulo en las condiciones de -10 °C en zona B con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

En el caso que el ángulo de la cadena " γ " fuese mayor que el ángulo permitido " μ ", se colocara un contrapeso:

$$G = \frac{E_{tv}}{\operatorname{tg}\mu - P_t} \quad (52)$$

Apoyos con cadenas de suspensión

a) Apoyo 2

$$\operatorname{tg}(\gamma) = \frac{35,49 + \frac{2,02}{2}}{30,79 + \frac{5,01}{2}} = 1,1 \quad (53)$$

$$\gamma = 47,63^\circ$$

$$\mu = 64,45^\circ$$

b) Apoyo 3

$$\operatorname{tg}(\gamma) = \frac{46,59 + \frac{2,02}{2}}{31,35 + \frac{5,01}{2}} = 1,41 \quad (54)$$

$$\gamma = 54,57^\circ$$

$$\mu = 64,45^\circ$$

2.3.3. Tensiones y flechas en hipótesis reglamentarias

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Tensión Máxima						
					-5°C+V Toh(daN)	-10°C+V Toh(daN)	-15°C+H Toh(daN)	-15°C+H+V Toh(daN)	-15°C+V Toh(daN)	-20°C+H Toh(daN)	-20°C+H+V Toh(daN)
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	80	1,68	151,54		451,5	541,1				
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	170	-4,57	151,54		451,5	541,1				
3-4	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	158	-5,19	151,54		451,5	541,1				

Tabla 15. Hipótesis de tensión máxima

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Flecha Máxima						Hipótesis Flecha Mínima		
					15°C+V		50°C		0°C+H		-5°C F(m)	-15°C F(m)	-20°C F(m)
					Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)			
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	80	1,68	151,54	407,9	1,17	126	1,17	510,9	1,16		0,8	
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	170	-4,57	151,54	407,9	5,29	126	5,31	510,9	5,23		3,61	
3-4	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	158	-5,19	151,54	407,9	4,57	126	4,59	510,9	4,52		3,12	

Tabla 16. Hipótesis de flecha máxima y de flecha mínima

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Cálculo Apoyos					Desviación Cadenas Aisladores		
					-5°C+V Th(daN)	-10°C+V Th(daN)	-15°C+H Th(daN)	-15°C+V Th(daN)	-20°C+H Th(daN)	-5°C+V/2 Th(daN)	-10°C+V/2 Th(daN)	-15°C+V/2 Th(daN)
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	80	1,68	151,54		451,5	541,1				290,8	
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	170	-4,57	151,54		451,5	541,1				290,8	
3-4	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	158	-5,19	151,54		451,5	541,1				290,8	

Tabla 17. Hipótesis de cálculo de apoyos y desviación cadenas de aisladores

2.3.4. Tensiones y flechas de tendido

Vano	Conductor	Long. (m)	Desni. (m)	V.Reg. (m)	-20°C		-15°C		-10°C		-5°C		0°C	
					T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	80	1,68	151,54			185,1	0,8	177,9	0,83	171,4	0,86	165,4	0,9
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	170	-4,57	151,54			185,1	3,61	177,9	3,76	171,4	3,9	165,4	4,04
3-4	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	158	-5,19	151,54			185,1	3,12	177,9	3,25	171,4	3,37	165,4	3,49

Tabla 18. Tensiones y flechas de tendido 1

Vano	Conductor	Long. (m)	Desni. (m)	V.Reg. (m)	5°C		10°C		15°C		20°C		25°C	
					T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	80	1,68	151,54	160	0,93	155	0,96	150,3	0,98	146,1	1,01	142,1	1,04
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	170	-4,57	151,54	160	4,18	155	4,32	150,3	4,45	146,1	4,58	142,1	4,71
3-4	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	158	-5,19	151,54	160	3,61	155	3,73	150,3	3,84	146,1	3,96	142,1	4,07

Tabla 19. Tensiones y flechas de tendido 2

Vano	Conductor	Long. (m)	Desni. (m)	V.Reg. (m)	30°C		35°C		40°C		45°C		50°C		EDS
					T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	80	1,68	151,54	138,5	1,07	135,1	1,1	131,9	1,12	128,9	1,15	126	1,17	9,17
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	170	-4,57	151,54	138,5	4,83	135,1	4,96	131,9	5,08	128,9	5,19	126	5,31	9,17
3-4	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	158	-5,19	151,54	138,5	4,18	135,1	4,28	131,9	4,39	128,9	4,49	126	4,59	9,17

Tabla 20. Tensiones y flechas de tendido 3

2.3.5. Cálculo de apoyos

Apoyo	Tipo	Angulo Relativo gr.sex.	Hipótesis 1ª (Viento) (-5:A/-10:B/-15:C)°C+V				Hipótesis 2ª (Hielo) (-15:B/-20:C)°C+H			
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)
2	Alin. Susp.		104,7	189,4			370,4			
3	Alin. Susp.		108,8	251			388,9			
4	Fin Línea CTI		45,1	146,8	1.354,6		136,9		1.623,2	

Tabla 21. Cálculo de apoyos: hipótesis de viento y hielo

Apoyo	Tipo	Angulo Relativo gr.sex.	Hipótesis 3ª (Desequilibrio de tracciones) (-5:A)°C+V (-15:B/-20:C)°C+H				Hipótesis 4ª (Rotura de conductores) (-5:A)°C+V (-15:B/-20:C)°C+H				Dist.Lt (m)	Dist.Min. Cond. (m)
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)		
2	Alin. Susp.		370,4		109,2							1,76
3	Alin. Susp.		388,9		111,7							1,76
4	Fin Línea CTI						96,3			721,4	1,5	1,58

Tabla 22. Cálculo de apoyos: hipótesis de desequilibrio de tracciones y rotura de conductores

2.3.6. Cálculo de cimentaciones

Apoyo	Tipo	Esf.Util Punta (daN)	Alt.Libre Apoyo (m)	Mom.Producido por el conduc. (daN.m)	Esf.Vie. Apoyos (daN)	Alt.Vie. Apoyos (m)	Mom.Producido Viento Apoyos (daN.m)	Momento Total Fuerzas externas (daN.m)
2	A.lin, Susp.	500	14,55	7.275	377,5	6,58	2.485,7	9.760,7
3	A.lin, Susp.	500	16,55	8.275	466,8	7,38	3.445,8	11.720,8
4	Fin Línea CTI	2.000	12	24.000	354,6	5,54	1.963,5	25.963,5

Tabla 23. Cálculo de cimentaciones 1

Apoyo	Tipo	Ancho Cimen. A(m)	Alto Cimen. H(m)	MONOBLOQUE	
				Coefic. Comp. (daN/m ³)	Mom.Absorbido por la cimentac. (daN.m)
2	Alin. Susp.	1,15	1,7	10	16.194,56
3	Alin. Susp.	1,3	1,7	10	19.357,12
4	Fin Línea CTI	1,12	2,25	10	43.148,55

Tabla 24. Cálculo de cimentaciones 2

2.3.7. Cálculo de cadenas de aisladores

Apoyo	Tipo	Denom.	Qa (daN)	Diam. Aisl. (mm)	Llf (mm)	Long. Aisl. (m)	Peso Aisl. (daN)
2	Alin. Susp.	U40B	4.000	175	190	0,11	1,67
3	Alin. Susp.	U40B	4.000	175	190	0,11	1,67
4	Fin Línea CTI	U40B	4.000	175	190	0,11	1,67

Tabla 25. Cálculo cadenas de aisladores 1

Apoyo	Tipo	N.Cad.	Denom.	N.Ais.	Nia (cm/KV)	Lca (m)	L.Alarg. (m)	Pca (daN)	Eca (daN)	Pv+Pca (daN)	Csmv	Toh · ncf (daN)	Csmh
2	Alin. Susp.	3 C.Su.	U40B	3	1,7	0,51		5,01	4,04	123,47	32,4	71,01	56,33
3	Alin. Susp.	3 C.Su.	U40B	3	1,7	0,51		5,01	4,04	129,65	30,85	93,21	42,91
4	Fin Línea CTI	3 C.Am.	U40B	3	1,7	0,51		5,01	4,04	45,64	87,64	541,07	7,39

Tabla 26. Cálculo cadenas de aisladores 2

2.3.8. Flechas en hipótesis de tracción máxima

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Tensión Máxima						
					-5°C+V F(m)	-10°C+V F(m)	-15°C+H F(m)	-15°C+H+V F(m)	-15°C+V F(m)	-20°C+H F(m)	-20°C+H+V F(m)
1-2	LA-56 (47- AL1/8-ST1A)	80	1,68	151,54		1,06	1,09				
2-3	LA-56 (47- AL1/8-ST1A)	170	-4,57	151,54		4,78	4,94				
3-4	LA-56 (47- AL1/8-ST1A)	158	-5,19	151,54		4,13	4,26				

Tabla 27. Flechas en hipótesis de tracción máxima

2.3.9. Cálculo eléctrico línea aérea

La línea aérea del presente proyecto, sería una línea aérea trifásica de simple circuito, con un solo conductor por fase (simplex). Dicha línea tendría una longitud de 407 metros, enlazada a un centro de transformación intermedia de 50 kVA, con un $\cos \phi$ de 0,9 a 20 kV – 400/230V. El conductor instalado sería, 47-AL1/8- ST1A (LA-56).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Código	47-AL1/ 8-ST1A	
Código antiguo	LA-56	
Norma		
Formación (hilos de acero + hilos aluminio)	1x3,15 + 6x3,15	
Diámetro hilos de acero	mm	3,15
Diámetro alma de acero	mm	3,15
Diámetro hilos de aluminio	mm	3,15
Diámetro completo del conductor	mm	9,45
Sección alma de acero	mm ²	7,8
Sección aluminio	mm ²	46,8
Sección total conductor	mm ²	54,6
Peso Acero	kg/km	60,8
Peso Aluminio	kg/km	128,3
Peso Total Conductor	kg/km	189,1
Carga de ruptura Nominal	kN	16,4
Resistencia en corriente continua a 20°C (máx.)	Ω/km	0,6136

Tabla 28. Características técnicas del conductor 47-AL1/8-ST1A

2.3.9.1. Obtención de los parámetros de línea

$$R_1 = R_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot (\theta - 20)) \quad (55)$$

$$R_1 = 0,6136 \cdot (1 + 0,004032 \cdot (85 - 20)) = 0,774 \, \Omega/\text{km} \quad (56)$$

$$R_k = 0,774 \, \Omega/\text{km} \quad (57)$$

Cálculo distancia media geométrica:

Para calcular el valor de la distancia media geométrica, DMG, tendremos que aplicar la siguiente formula:

$$DMG = \sqrt[3]{D_1 \cdot D_2 \cdot D_3} \quad (58)$$

En la ilustración 18, podremos ver cuáles serían las distancias en la configuración de las crucetas de nuestro proyecto.

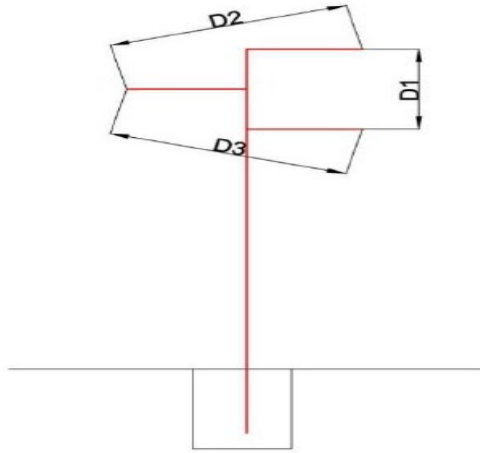


Ilustración 18. Distancias DMG para cruceta tresbolillo

$$D_1 = 2,4 \text{ m} \quad (59)$$

$$D_2 = \sqrt{(1,5 + 1,5)^2 + 1,2^2} = 3,231 \text{ m} \quad (60)$$

$$D_3 = \sqrt{(1,5 + 1,5)^2 + 1,2^2} = 3,231 \text{ m} \quad (61)$$

$$DMG = \sqrt[3]{D_1 \cdot D_2 \cdot D_3} = 2,926 \text{ m} \quad (62)$$

Otro valor que se necesitara es el radio medio geométrico, que se calculara a través de las siguientes expresiones:

$$r = \frac{d}{2} = \frac{9,45}{2} = 4,725 \text{ mm} \quad (63)$$

$$r' = r \cdot e^{\frac{-1}{4}} = 4,725 \cdot e^{\frac{-1}{4}} = 3,68 \text{ mm} \quad (64)$$

$$r' = RMG' \quad (65)$$

Cálculo reactancia:

$$L = 2 \cdot 10^{-4} \cdot \ln \frac{DMG}{RMG'} = 2 \cdot 10^{-4} \cdot \ln \frac{2926}{3,68} = 1,336 \cdot 10^{-3} \text{ H/km} \quad (66)$$

$$X_k = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 1,336 \cdot 10^{-3} = 0,4197 \Omega/\text{km} \quad (67)$$

2.3.9.2. Densidad de corriente

La sección del conductor LA 56, es la siguiente: $S=54,6 \text{ mm}^2$.

Formación (hilos aluminio + hilos acero) = 6+1

$K=0,937$

$$\text{Tabla 11 ITC – LAT 07} \rightarrow \delta_{54,6} = 3,8965 \text{ A/mm}^2 \quad (68)$$

$$\delta_{54,6} = 3,8965 \cdot 0,937 = 3,651 \text{ A/mm}^2 \quad (69)$$

$$I_{\text{max adm}} = \delta_{54,6} \cdot S = 3,651 \cdot 54,6 = 199,3 \text{ A} \quad (70)$$

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{50}{\sqrt{3} \cdot 20} = 1,44 \text{ A} \quad (71)$$

$$I_n < I_{\text{max,adm}} \rightarrow \text{Cumple} \quad (72)$$

2.3.9.3. Cálculo eléctrico línea corta

Para el cálculo eléctrico, utilizaremos el de la línea corta, ya que tiene una longitud menor de 50 km.

El esquema de la línea corta, es de la ilustración 19.

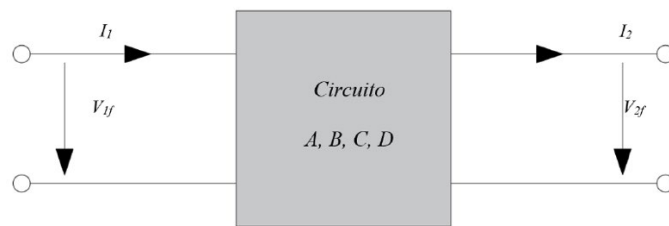


Ilustración 19. Esquema línea corta

Los parámetros de dicha línea, vendrán representados en la tabla 29.

LINEA PARAMETRO	CORTA
A	1
B	Z
C	0
D	1

Tabla 29. Parámetros de la línea corta

Para calcular la tensión y la intensidad al principio de la línea, tendremos que aplicar la siguiente expresión.

$$\begin{pmatrix} V_{1f} \\ I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} V_{2f} \\ I_2 \end{pmatrix} \quad (73)$$

$$R = 0,774 \, \Omega/\text{km} \cdot 0,4 \, \text{km} = 0,309 \, \Omega \quad (74)$$

$$X = 0,4197 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 0,4 \, \text{km} = 0,168 \, \Omega \quad (75)$$

$$Z = 0,309 + j0,168 \, \Omega \quad (76)$$

$$\begin{aligned} V_{1f} &= 1 \cdot 20000 + (0,309 + j0,168) \cdot 1,44 \angle -25,84^\circ \\ &= 20000,5 \angle 6,81^\circ \, \text{V} \end{aligned} \quad (77)$$

$$I_1 = 0 \cdot 20000 + (0,309 + j0,168) \cdot 1,44 \angle -25,84^\circ = 0,5 \angle 2,69^\circ \, \text{A} \quad (78)$$

2.3.9.4. Potencia máxima a transportar

$$P_{\max} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\max, \text{adm}} \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 20000 \cdot 199,3 \cdot 0,9 = 6,21 \text{ MW} \quad (79)$$

2.3.9.5. Caída de tensión

$$\Delta V_L = \frac{V_1 - V_2}{V_2} \cdot 100 = \frac{20000,5 - 20000}{20000} \cdot 100 = 0,0025\% \quad (80)$$

2.3.9.6. Pérdidas de potencia

$$\Delta P_{\%} = \frac{\Delta P}{P} \cdot 100 = \frac{3 \cdot 0,309^2 \cdot 0,5}{100000 \cdot 0,9} \cdot 100 = 0,0003\% \quad (81)$$

2.3.10. Cálculo de puesta a tierra de apoyos

El cálculo de la puesta a tierra se realizará como apoyos no frecuentados, ya que el único apoyo frecuentado sería del centro de transformación, y dicha puesta a tierra vendrá especificada en el apartado del diseño de centro de transformación.

Se deberá tener en cuenta la ITC-LAT-07, en concreto el apartado 7.3.4.3, el cual menciona que, si el tiempo de desconexión es menor de 1 segundo, no se necesitara garantizar los valores de tensión de contacto menores a los valores admisibles.

Aunque si será necesario garantizar que la resistencia de puesta a tierra tenga un valor que permita que las protecciones actúen. Por ello, realizaremos una configuración en hilera con una profundidad de 0,5 m, compuesta por 4 picas. El código de dicha configuración en el libro de tierras de UNESA, será 5/42.

NUMERO DE PICAS	RESISTENCIA K_r	TENSION DE PASO K_p	CODIGO DE LA CONFIGURACION
2	0,201	0,0392	5/22
3	0,135	0,0252	5/32
4	0,104	0,0184	5/42
6	0,073	0,0120	5/62
8	0,0572	0,00345	5/82

Tabla 30. Tabla del libro de puesta a tierra de UNESA

Una vez obtenidos los valores de k_r de la tabla 30, podemos calcular el valor de la resistencia de puesta a tierra.

$$R = K_r \cdot \rho = 0,104 \cdot 200 = 20,8 \, \Omega \quad (82)$$

Se ha considerado 20,8 Ω como un valor bajo para la resistencia de puesta a tierra.

2.4. Anexo 4. Diseño centro de transformación

2.4.1. Intensidad en alta tensión

Para calcular la intensidad del transformador en el primario, utilizaremos la siguiente expresión.

$$I_p = \frac{S}{1,732 \cdot U_p} \quad (83)$$

Donde:

S Potencia del transformador (kVA)

U_p Tensión en el primario (kV)

I_p Intensidad en el primario (A)

Sustituyendo valores se obtiene:

Transformador	Potencia (kVA)	U_p (kV)	I_p (A)
	50	20	1,44

Tabla 31. Intensidad en alta tensión

2.4.2. Intensidad en baja tensión

Para calcular la intensidad del transformador en el secundario, utilizaremos la siguiente expresión.

$$I_s = \frac{S \cdot 1000}{1,732 \cdot U_s} \quad (84)$$

Donde:

S Potencia del transformador (kVA)

U_s Tensión en el secundario (V)

Is Intensidad en el secundario (A)

Sustituyendo valores se obtiene:

Transformador	Potencia (kVA)	Us (kV)	Ip (A)
	50	400	72,17

Tabla 32. Intensidad en baja tensión

2.4.3. Cortocircuitos

2.4.3.1. Cálculo de corrientes de cortocircuito

- Intensidad en el primario para cortocircuito en el lado de Alta Tensión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{1,732 \cdot U_p} \quad (85)$$

Donde:

S_{cc} Potencia de cortocircuito de la red (MVA)

U_p Tensión en el primario (kV)

I_{ccp} Intensidad de cortocircuito en el primario (kA)

- Intensidad en el secundario para cortocircuito en el lado de Baja Tensión (despreciando la impedancia de la red de Alta Tensión):

$$I_{ccs} = \frac{S_{cc} \cdot 100}{1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s} \quad (86)$$

Donde:

S	Potencia del transformador (kVA)
Ucc (%)	Tensión de cortocircuito en % del transformador.
Us	Tensión compuesta en carga en el secundario (V)
Iccs	Intensidad de cortocircuito en el secundario (kA)

2.4.3.2. Cortocircuito en el lado de alta tensión

Scc (MVA)	Up (kV)	Iccp (A)
250	20	7,22

Tabla 33. Cortocircuito en el lado de alta tensión

2.4.3.3. Cortocircuito en el lado de baja tensión

Transformador	Potencia (kVA)	Us (kV)	Ucc (%)	Iccs (%)
	50	400	72,17	1,8

Tabla 34. Cortocircuito en el lado de baja tensión

2.4.4. Dimensionado del embarrado

El embarrado presenta las siguientes características:

- Varilla de Cu semiduro f: 12 mm
- Sección: 113 mm²
- Iadm (40°C): 290 A

2.4.4.1. Comprobación por densidad de corriente

La densidad de corriente es:

$$d = \frac{1,44}{113} = 0,01 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} < 4,05 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \rightarrow \text{Cumple} \quad (87)$$

2.4.4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\frac{I_{ccp}^2 \cdot L^2}{60 \cdot d \cdot W} \quad (88)$$

Donde:

Smáx	Para cobre semiduro 2800 Kg / cm ²
Iccp	Intensidad permanente de cortocircuito trifásico (kA)
L	Separación entre apoyos (cm)
d	Separación entre fases (cm)
W	Módulo resistente de los conductores (cm ³)

Sustituyendo valores se obtiene:

$$I_{ccp} = 7.22 \text{ kA};$$

$$L = 80 \text{ cm};$$

$$d = 50 \text{ cm};$$

$$W = \frac{P \cdot f^3}{32} = \frac{P \cdot 1,2^3}{32} = 0,17 \text{ cm}^3 \quad (89)$$

$$\frac{7,22^2 \cdot 80^2}{60 \cdot 50 \cdot 0.17} = 655 \text{ Kg / cm}^2 < 2800 \text{ Kg / cm}^2 \quad (90)$$

2.4.4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{th} = a \cdot S \cdot \ddot{O}(DT / t) \quad (91)$$

Donde:

I_{th}	Intensidad eficaz (A)
a	13 para el Cu.
S	Sección del embarrado (mm^2)
DT	Incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.
T	Tiempo de duración del cortocircuito (s)

Sustituyendo valores se obtiene:

$$S = 113 \text{ mm}^2.$$

$$t = 1 \text{ s.}$$

$$I_{th} = 13 \cdot 113 \cdot \sqrt{(150 / 1)} = 17991.5 \text{ A} = 17.99 \text{ kA} > 7.22 \text{ kA} \quad (92)$$

2.4.5. Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra

2.4.5.1. Diseño de la instalación de tierra

Para el cálculo de la puesta a tierra del centro de transformación, se ha supuesto como apoyo frecuentado con calzado, tal y como dicta la ITC -LAT – 07.

TIERRA DE PROTECCIÓN

A las tierras de protección se deberán de conectar las partes metálicas que no estén en tensión regularmente, esto se realiza porque estas partes pueden estar en tensión por otro motivo.

TIERRA DE SERVICIO

El neutro de transformador y la tierra del secundario del transformador iran conectado a la tierra de servicio.

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., estas estarán unidas mediante un conductor desnudo de Cu de 50 mm² de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo no deberá ser superior a 37 Ω .

La conexión desde el centro de transformador hasta la primera pica irá conectada mediante cable de cobre de 50 mm². El conductor será de tensión nominal 0,6/1 kV aislado bajo tubo de plástico, el cual deberá tener una protección mínima de 7.

2.4.5.2. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Las características de la red de alimentación son:

- La tensión de servicio es 20000 V
- El nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión es 10000 V.
- Las características del terreno son:
 - ρ terreno ($\Omega \times m$): 200
 - ρ_H hormigón ($\Omega \times m$): 3000

TIERRA DE PROTECCIÓN

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d , U_E), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r \cdot \rho \text{ (}\Omega\text{)} \quad (93)$$

- Intensidad de defecto, I_d :

$$I_d = I_{d\text{máx}} \text{ (A)} \quad (94)$$

- Aumento del potencial de tierra, U_E :

$$U_E = R_t \cdot I_d \text{ (V)} \quad (95)$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 20-20/5/42.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 2x2.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 4.
- Longitud de las picas (m): 2.

Los parámetros característicos del electrodo son:

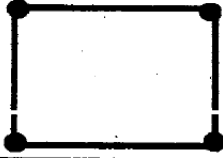
CONFIGURACION	L_p (m)	RESISTENCIA K_r	TENSION DE PASO K_p	TENSION DE CONTACTO EXT $K_c = K_{p(acc)}$	CODIGO DE LA CONFIGURACION
Sin picas	-	0.216	0.0485	0.1470	20-20/5/00
4 picas 	2	0.135	0.0335	0.0723	20-20/5/42
	4	0.101	0.0236	0.0467	20-20/5/44
	6	0.081	0.0181	0.0341	20-20/5/46
	8	0.069	0.0146	0.0267	20-20/5/48

Tabla 35. Características configuración 20-20/5/42

Sustituyendo valores se obtiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 200 = 27 \Omega \quad (96)$$

$$I_d = I_{d\max} = 300 \text{ A} \quad (97)$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 27 \cdot 300 = 8100 \text{ V} \quad (98)$$

TIERRA DE SERVICIO

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

NUMERO DE PICAS	RESISTENCIA K_r	TENSION DE PASO K_p	CODIGO DE LA CONFIGURACION
2	0,201	0,0392	5/22
3	0,135	0,0252	5/32

Tabla 36. Características configuración 5/32

Sustituyendo valores:

$$R_{t_{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 200 = 27\Omega \quad (99)$$

2.4.5.3. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación

La tensión de paso en el exterior viene dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno, acorde a la siguiente expresión:

$$U'_p = K_p \cdot r \cdot I_d = 0.0335 \cdot 200 \cdot 300 = 2010 \text{ V} \quad (98)$$

2.4.5.4. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

La tensión de paso de acceso máxima admisible viene dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno, acorde a la siguiente expresión:

$$U'p \text{ (acc)} = Kc \cdot \rho \cdot Id = 0.0723 \cdot 200 \cdot 300 = 4338 \text{ V} \quad (100)$$

2.4.5.5. Cálculo de las tensiones aplicadas

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$Up = 10 \cdot Uca \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot Rac + 6 \cdot \rho_s \cdot Cs}{1000}\right) \quad (101)$$

$$Up \text{ (acc)} = 10 \cdot Uca \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot Rac + 3 \cdot \rho_s \cdot Csr_H + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H}{1000}\right) \quad (102)$$

$$Cs = 1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho_s}}{2 \cdot h_s + 0,106}\right) \quad (103)$$

$$Cs = 1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho_h}}{2 \cdot h_h + 0,106}\right) \quad (104)$$

$$t = t' + t'' \quad (105)$$

Donde:

Up	Tensión de paso admisible en el exterior (V)
Up (acc)	Tensión en el acceso admisible (V)
Uca	Tensión de contacto aplicada admisible acorde a ITC-RAT 13 (Tabla 1).

Rac	Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc.
Cs	Coficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.
C _H	Coficiente reductor de la resistencia del hormigón.
h _s	Espesor de la capa superficial del terreno (m)
h _H	Espesor de la capa de hormigón (m)
ρ	Resistividad natural del terreno (Ω x m)
ρ _s	Resistividad superficial del suelo (Ω x m)
ρ _H	Resistividad del hormigón, 3000 Ω x m
t	Tiempo de duración de la falta (s)
t'	Tiempo de desconexión inicial (s)
t''	Tiempo de la segunda desconexión (s)

El tiempo de duración de la falta es:

- t' = 1 s.
- t = t' = 1 s.

Sustituyendo valores se obtiene:

$$U_p = 10 \cdot 107 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150 \cdot 1,12}{1000}\right) = 6424,2 \text{ V} \quad (106)$$

$$U_p (\text{acc}) = 10 \cdot 107 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 3 \cdot 150 \cdot 1,12 + 3 \cdot 3000 \cdot 0,68}{1000}\right) = 12403 \text{ V} \quad (107)$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{200}{150}}{2 \cdot 0,1 + 0,106}\right) = 1,12 \quad (108)$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{200}{3000}}{2 \cdot 0,1 + 0,106}\right) = 0,68 \quad (109)$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	2010 V	$\leq$	6424,2 V
Tensión de paso en el acceso	4338 V	$\leq$	12403,61 V

Tensión e intensidad de defecto

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	8100 V	$\leq$	10000 V
Intensidad de defecto	300 A	$>$	

2.5. Anexo 5. Estudio tecno-económico

En este apartado se realizará un estudio energético, obteniendo la energía que genera mensualmente la instalación fotovoltaica. Para realizar el estudio, necesitaremos obtener la irradiación. La irradiación es la energía solar recibida por unidad de superficie. La irradiación la obtendremos a través de la página web, PVGIS.

Además de la irradiación, otro valor interesante es la “hora solar pico”. Este valor es la cantidad de energía solar que se recibe por unidad de superficie. Se puede obtener multiplicando la irradiancia por el número de días del mes, y dividiéndolo entre 1000.

PVGIS no dispones de los datos de los últimos años, por lo que se han tenido que utilizar una media de los datos de 2016 hasta 2020, para nuestro estudio será suficiente, puesto que esto es una aproximación. En la tabla 37, podemos ver todos los datos que hemos mencionado anteriormente.

MES	DIAS	H (kWm/m ²) /mes						H (34°)	HSP
		2016	2017	2018	2019	2020	Media		
Enero	31	104,67	147,63	124,95	147,02	140,57	132,97	4122,01	4,12
Febrero	28	118,02	115,56	142,84	176,2	170,66	144,66	4050,37	4,05
Marzo	31	174,93	183,56	126,88	205,52	171,3	172,44	5345,58	5,35
Abril	30	176,42	204,18	170,84	163,75	160,77	175,19	5255,76	5,26
Mayo	31	187,61	212,93	194,37	222,62	203,26	204,16	6328,90	6,33
Junio	30	219,2	217,65	199,62	223,18	218,69	215,67	6470,04	6,47
Julio	31	227,53	232,35	239,5	226,24	231,21	231,37	7172,35	7,17
Agosto	31	235,24	221,24	232,09	232,36	227,88	229,76	7122,62	7,12
Septiembre	30	208,2	217,97	196,16	185,12	184,53	198,40	5951,88	5,95
Octubre	31	157,18	196,6	156,99	178,73	175,39	172,98	5362,32	5,36
Noviembre	30	121,72	153,62	102,67	90,12	133,02	120,23	3606,90	3,61
Diciembre	31	146,05	130,77	149,62	122,97	119,58	133,80	4147,74	4,15

Tabla 37. Media de irradiación por meses

Aunque, según dicta el Documento básico HE Ahorro de Energía en la sección HE 5, tenemos que tener en cuenta las pérdidas por orientación e inclinación de los paneles fotovoltaicos. Podemos obtener las pérdidas visualmente con la ilustración 20.

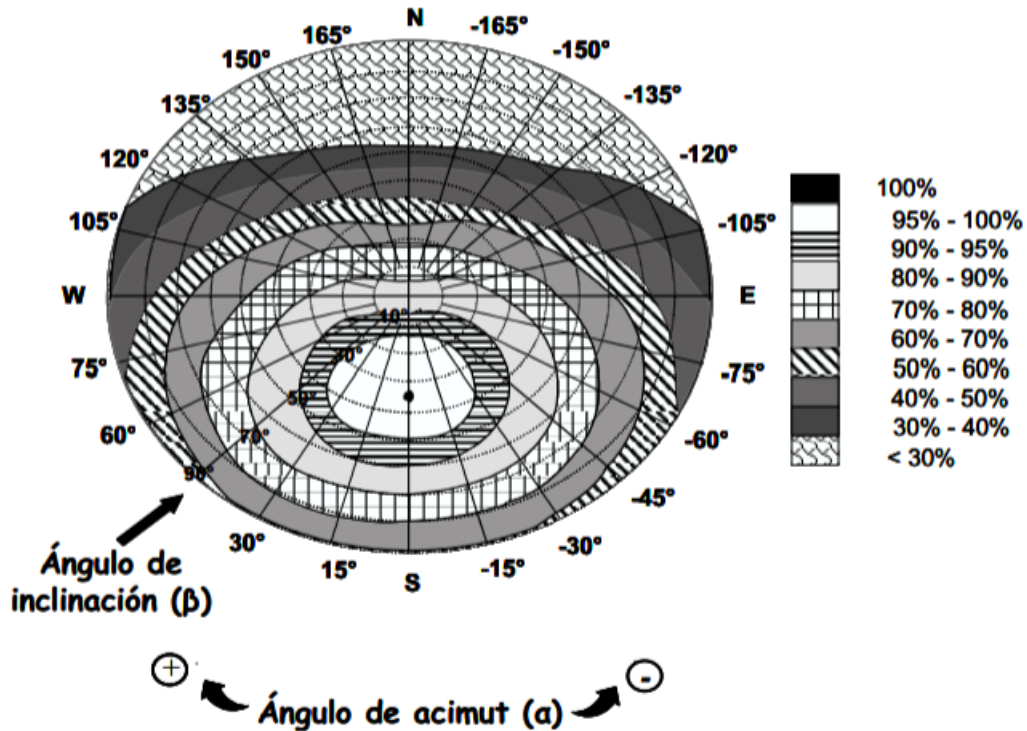


Ilustración 20. Pérdidas por orientación e inclinación

En nuestro caso, la orientación de la instalación será sur, lo que significa que el ángulo de acimut es 0. La inclinación de nuestra instalación es de 34°, 30° de la estructura y 4° del desnivel del terreno. Dicho esto, obtendríamos unas pérdidas de entre 0% y del 5%. Lo que sería un resultado muy óptimo, puesto que apenas habría pérdidas, lo que nos permitiría maximizar la energía solar que obtenida.

Pero como queremos obtener un valor numérico más exacto, utilizaremos la siguiente expresión:

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \phi + 10)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2] \quad (110)$$

Donde:

β	Inclinación paneles (34 °).
ϕ	Latitud (38, 25°).
α	Azimut (0°).

Según la formula anterior, las perdidas por orientación son aproximadamente del 1%, lo que implica un rendimiento del 99%.

No se han considerado perdidas por sombras, puesto que, en el apartado de anexo de cálculos, se calculó la distancia para que no se produjesen sombras entre los paneles. Además de las sombras, existen más factores que pueden afectar al rendimiento de la instalación, como puede ser la perdida de eficiencia por las altas temperaturas, las perdidas por suciedad, la eficiencia energética del inversor, etc. Por todo ello, se aplicará un coeficiente de perdidas, llamado performance ratio (PR), este coeficiente esta aceptado por el IDEEA y variará dependiendo del mes.

Mes	PR
Enero	0,851
Febrero	0,844
Marzo	0,801
Abril	0,802
Mayo	0,796
Junio	0,768
Julio	0,753
Agosto	0,757
Septiembre	0,769
Octubre	0,807
Noviembre	0,837
Diciembre	0,85

Tabla 38. Performance ratio mensual

Tomando en cuenta todos los factores que hemos mencionado antes, y utilizando la tabla anterior, obtendremos la energía producida por la instalación en la tabla 39.

Mes	Días	Potencia instalación (kW)	Irradiación	PR	Pérdidas inclinación	Potencia del inversor (kW)	HSP (h/día)	Ee (kWh/mes)
Enero	31	24	132,97	0,851	0,99	20,22	4,12	2583,73
Febrero	28	24	144,66	0,844	0,99	20,05	4,05	2274,27
Marzo	31	24	172,44	0,801	0,99	19,03	5,35	3153,81
Abril	30	24	175,19	0,802	0,99	19,06	5,26	3004,54
Mayo	31	24	204,16	0,796	0,99	18,91	6,33	3710,64
Junio	30	24	215,67	0,768	0,99	18,25	6,47	3541,90
Julio	31	24	231,37	0,753	0,99	17,89	7,17	3978,00
Agosto	31	24	229,76	0,757	0,99	17,99	7,12	3971,40
Septiembre	30	24	198,40	0,769	0,99	18,27	5,95	3262,48
Octubre	31	24	172,98	0,807	0,99	19,17	5,36	3187,38
Noviembre	30	24	120,23	0,837	0,99	19,89	3,61	2151,93
Diciembre	31	24	133,80	0,85	0,99	20,20	4,15	2596,80

Tabla 39. Energía eléctrica generada mensualmente

Aunque se genere esa energía mensual, no se hará uso de toda esa energía. Pero como nuestra instalación estará en modo autoconsumo, utilizaremos la energía que necesitemos para la bomba de riego, y los días que no se utilice el riego, podemos vender ese excedente energético para descontárnoslo de nuestra factura eléctrica.

Para explicar mejor que es el autoconsumo, se utilizara la ilustración 21, aunque no se trata de la gráfica de consumo de nuestra instalación. De color azul, tendríamos la energía eléctrica que demandamos de la red. Mientras que, de color naranja, tendríamos la curva producción fotovoltaica de la instalación. De color verde, tendríamos la energía autoconsumida, esta energía es la que nosotros demandaríamos de la red, pero al tener generación fotovoltaica, consumiríamos esa energía que nosotros hemos generado. Pero se genera más energía de la que se consume, es por ello que a esta energía se exporta a la red eléctrica, lo que se denomina excedente, en la gráfica sería la zona coloreada de rojo. Por este excedente la compañía comercializadora realiza un descuento en la factura eléctrica, aunque tal compensación no disminuiría la factura eléctrica a 0, puesto que la potencia contratada no se puede compensar. Y finalmente, quedaría la energía importada de la red, puesto que no a todas horas generaría electricidad la instalación, y habrá horas en las que se necesite hacer uso de la energía de red, en la gráfica sería la zona coloreada de color azul claro.

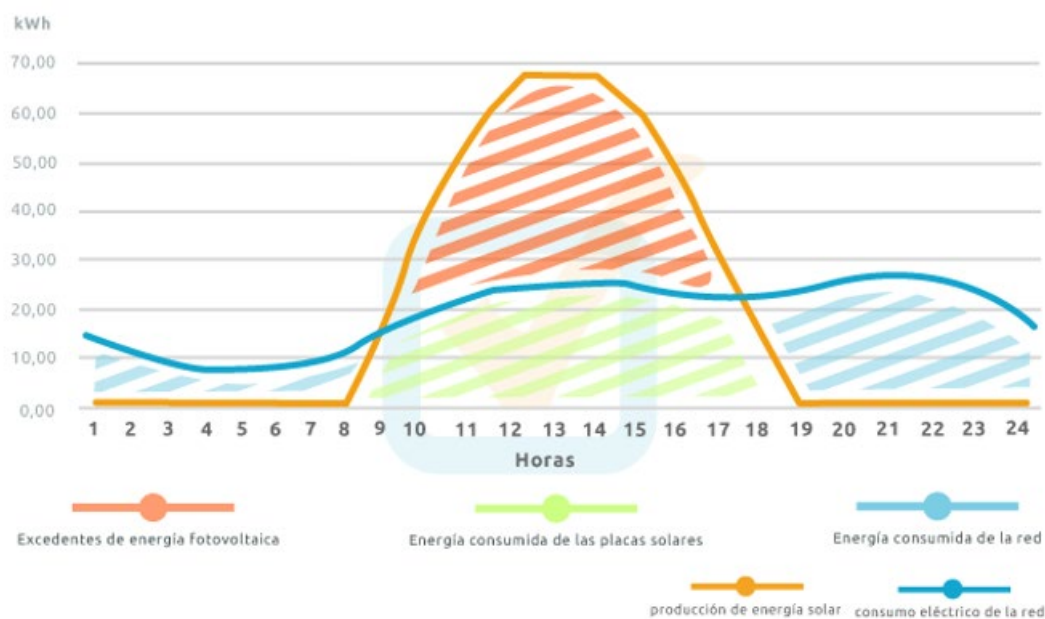


Ilustración 21. Gráfica autoconsumo

Una vez explicado el autoconsumo, a continuación, se mostrará la tabla 40, con los distintos valores explicados calculados para nuestra instalación fotovoltaica.

MES	Consumo de energía (kWh/mes)	Energía FV generada (kWh/mes)
Enero	0,0	2583,7
Febrero	0,0	2274,3
Marzo	0,0	3153,8
Abril	811,3	3004,5
Mayo	1622,6	3710,6
Junio	2433,9	3541,9
Julio	3245,2	3978,0
Agosto	3245,2	3971,4
Septiembre	2433,9	3262,5
Octubre	1622,6	3187,4
Noviembre	811,3	2151,9
Diciembre	0,0	2596,8
TOTAL	16225,96	37416,87

Tabla 40. Estudio energético

La energía fotovoltaica generada por la instalación, será toda exportada a la red, mientras que se importará todo consumo de energía. Esto se debe a que mientras que la instalación fotovoltaica este generando energía, esta energía se venderá a la red como excedente energético. Mientras que por la noche se regara importando electricidad de la red, aprovechando la hora valle en el mercado regulado, ya que sería el precio más económico de la electricidad.

En la ilustración 22, podemos ver los distintos periodos de tarificación en el mercado regulado, y como el periodo valle coincide por la noche como hemos mencionado anteriormente.

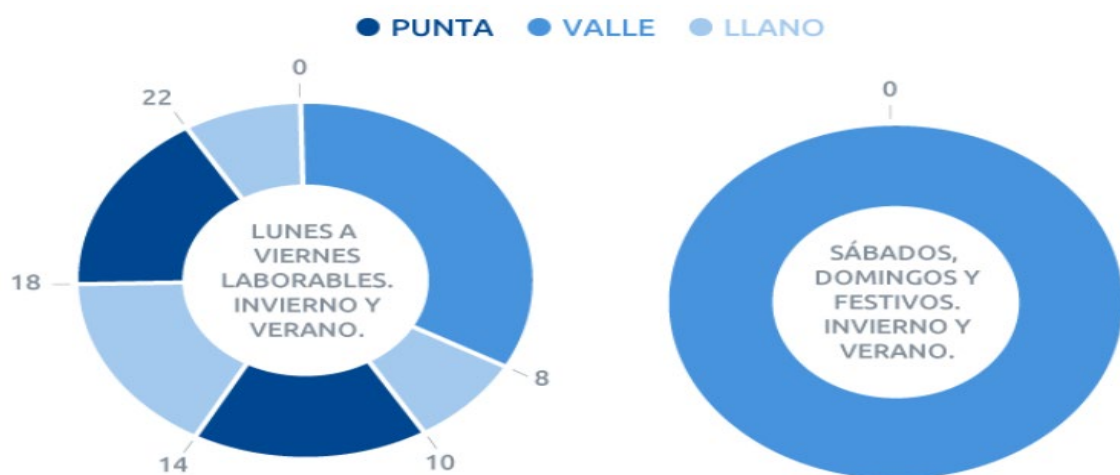


Ilustración 22. Periodificación energía 2.0 TD

En la tabla 41, podremos ver el PVPC en el año 2021, comparando en la hora valle con el precio medio, es decir, la media de la hora punta, llano y valle.

PVPC 2021		
Mes	Valle	Media
Enero	0,073925	0,126392
Febrero	0,039207	0,093901
Marzo	0,061931	0,11515
Abril	0,085844	0,135182
Mayo	0,087296	0,134761
Junio	0,104105	0,155761
Julio	0,114845	0,163164
Agosto	0,130956	0,179829
Septiembre	0,185003	0,223176
Octubre	0,247199	0,272282
Noviembre	0,235438	0,259130
Diciembre	0,287499	0,327405
Total	0,11815083	0,16058358

Tabla 41. PVPC 2021

Por lo tanto, para el estudio económico, utilizaremos un PVPV de 0,118 €/kWh. Para el precio del excedente, se ha utilizado en torno a 0,07 €/kWh. Estos valores solo servirían para facilitar los cálculos del estudio económico, puesto que, en el precio de la electricidad varia con el paso de los años, como por ejemplo en el año en el que nos situamos, 2022, en el cual el precio de la electricidad es bastante más elevado.

También ayudara a nuestra factura de la luz, la posibilidad de contratar dos periodos de potencia. Esto nos permitirá contratar 15 kW de potencia en las horas valle, ya que es cuando utilizaremos la bomba, y 2,3 kW el resto de horas. Esto nos permitirá reducir considerablemente el precio fijo de nuestra factura.

En la tabla 42, se mostrará la tabla del estudio económico realizado para los distintos meses.

Mes	Coste energía importada (€/mes)	Beneficio energía exportada (€/mes)	Balance neto (Compensación) €/mes	Precio termino variable factura (€/mes)
Enero	- €	180,9 €	- 180,9 €	- €
Febrero	- €	159,2 €	- 159,2 €	- €
Marzo	- €	220,8 €	- 220,8 €	- €
Abril	95,7 €	210,3 €	- 114,6 €	- €
Mayo	191,5 €	259,7 €	- 68,3 €	- €
Junio	287,2 €	247,9 €	39,3 €	39,3 €
Julio	382,9 €	278,5 €	104,5 €	104,5 €
Agosto	382,9 €	278,0 €	104,9 €	104,9 €
Septiembre	287,2 €	228,4 €	58,8 €	58,8 €
Octubre	191,5 €	223,1 €	- 31,7 €	- €
Noviembre	95,7 €	150,6 €	- 54,9 €	- €
Diciembre	- €	181,8 €	- 181,8 €	- €
ANUAL	1.914,66 €			307,50 €

Tabla 42. Estudio económico

Del estudio realizado anteriormente, se puede apreciar como el precio que se pagaría a la compañía eléctrica sin la instalación fotovoltaica, sería de 1.914,66 €, ya que sería el precio de la energía importada anualmente. Mientras que, si disponemos de la instalación fotovoltaica, el precio del término variable que se pagaría anualmente, sería de 307,50 €, ya que a este precio se le ha hecho la compensación del excedente energético.

En el siguiente anexo, comprobaremos si nuestra opción es la más viable desde el punto de vista económico, o bien si la solamente realizando la línea aérea, e importando electricidad de la red, sería más económico.

2.6. Anexo 6. Justificación de las soluciones adoptadas

En este apartado se realizará un pequeño estudio comparando las otras opciones para obtener energía que podríamos haber escogido para realizar nuestro proyecto, en lugar de la que se ha seleccionado. Estas opciones son las siguientes:

- Instalación generador gasolina
- Instalación línea aérea y centro de transformación
- Instalación fotovoltaica aislada.

La premisa es la misma, es decir, se necesitaría tener una potencia instalada mínima de 15 kW, que sería la potencia de la bomba sumergible. Y el análisis será a 25 años vista, ya que sería el tiempo de funcionamiento de la instalación elegida para el presente proyecto.

a) Instalación generador gasolina

Esta opción sería la menos recomendable medioambientalmente hablando, debido a las elevas emisiones de dióxido de carbono que emitiría. Pero tampoco es una buena propuesta desde el punto de vista económico, tal y como se mostrará a continuación.

El consumo de gasolina diario sería aproximadamente el siguiente:

$$0,48 \frac{\text{l}}{\text{kW} \cdot \text{h}} \cdot 15 \text{ kW} \cdot 10 \text{ h de funcionamiento} = 72 \text{ l de gasolina} \quad (111)$$

Como la bomba funcionaria 108 días, la gasolina necesaria anualmente seria la siguiente:

$$72 \frac{\text{l de gasolina}}{\text{dia}} \cdot 108 \text{ dias} = 7776 \text{ l} \quad (112)$$

Ahora bien, la tendencia del precio de la gasolina ha sido en aumento, pero para simplificar los cálculos se ha supuesto un precio medio de la gasolina de 1,9 €/l.

En la siguiente tabla se mostrará cual sería el precio total de la instalación teniendo en cuenta el precio del combustible en los próximos 25 años.

Elemento	Cant.	Precio	P. total
Generador eléctrico gasolina trifásico 15kW	1	4.212,00 €	4.212,00 €
Bomba sumergible	1	2.203,66 €	2.203,66 €
Gasolina utilizada en 25 años (L)	194400	1,90 €	369.360,00 €
Total			373.572,00 €

Tabla 43. Presupuesto instalación generador de gasolina

b) Instalación línea aérea y centro de transformación

En este apartado se ha contemplado solamente instalar la línea aérea y el centro de transformación, es decir, sin la instalación fotovoltaica de nuestro proyecto. De este modo se abaratará el presupuesto final, y nos permitirá obtener la electricidad necesaria, para hacer funcionar la bomba sumergible, de la red eléctrica.

Por lo tanto, utilizaremos el presupuesto calculado con el programa Cype, excluyendo la instalación fotovoltaica y la instalación de baja tensión. Se ha excluido la instalación de baja tensión porque, aunque sea necesaria, la instalación de baja tensión que nosotros hemos calculado contempla apartamente utilizada en la parte de fotovoltaica. Por lo tanto, se ha fijado en 2000 euros aproximadamente.

Para el cálculo de la electricidad anual, utilizaremos el precio de la electricidad sin autoconsumo, calculada en el estudio económico del anterior punto. Aunque solo sea una estimación, puesto que se fija un precio medio el cual no es real, ya que el precio de la electricidad variaría a lo largo de los años, será más que suficiente para este estudio.

Elemento	Cant.	Precio	P. total
Línea aérea	1	10.678,23 €	10.678,23 €
Centro de transformación	1	5.384,50 €	5.384,50 €
Instalación baja tensión	1	2.000,00 €	2.000,00 €
Bomba sumergible	1	2.203,66 €	2.203,66 €
Estimación electricidad demanda anual	25	1.914,66 €	47.866,50 €
Total			68.132,89 €

Tabla 44. Presupuesto de línea aérea y centro de transformación

c) Instalación fotovoltaica aislada

La última opción sería la instalación fotovoltaica aislada. Esta opción presenta la característica de que no se necesitaría la instalación de la línea aérea y el centro de transformación del punto anterior. Por lo tanto, al no depender de la red eléctrica, no se tendrá en cuenta el precio de la electricidad.

Pero en este tipo de instalación si precisara de instalar un embalse para almacenar el agua, para que esta forma cuando se requiera el uso de electricidad porque la instalación solar no produzca la suficiente electricidad, se utilice el depósito para regar por gravedad.

El número de placas fotovoltaicas variara con respecto al utilizado para nuestro proyecto, por lo tanto, utilizaremos la siguiente expresión para obtener cuanta potencia necesaria generar nuestras placas fotovoltaicas.

$$P_{p \min} = \frac{E_D \cdot G_{STD}}{H(\alpha, \beta) \cdot FS \cdot PR} = \frac{150000 \frac{Wh}{\text{día}} \cdot 1000 \frac{W}{m^2}}{7122,6 \frac{Wh}{m^2 \cdot \text{día}} \cdot 0,93 \cdot 0,6} = 37741,4 \text{ W} \quad (113)$$

Pero al valor obtenido le aplicaremos un coeficiente de seguridad que será 1,2.

$$P_{p \max} = 1,2 \cdot 37741,4 \text{ W} = 45289,73 \text{ W} \quad (114)$$

Si dividimos la potencia que necesitamos generar entre la potencia que genera cada panel fotovoltaico, obtendríamos el número de paneles.

$$N. \text{ paneles} = \frac{45289,73 \text{ W}}{335 \text{ W}} = 136 \text{ paneles} \quad (115)$$

Una vez obtenido el número de paneles podríamos ofrecer un presupuesto más ajustado a la realidad, aunque sea una estimación.

Elemento	Cant.	Precio	P. total
Paneles fotovoltaicos	136	137,94 €	18.759,84 €
Estructura	12	1.113,97 €	13.367,64 €
Inversor	1	4.700,00 €	4.700,00 €
Bomba sumergible	1	2.203,66 €	2.203,66 €
Cuadro eléctrico	1	650,00 €	2.000,00 €
Otras (excavación y cimentación, cableado, etc)	1	2.500,00 €	2.500,00 €
Almacenamiento agua	1	15.000,00 €	15.000,00 €

Total	58.531,14 €
--------------	--------------------

Tabla 45. Presupuesto instalación fotovoltaica aislada

2.6.1. Conclusiones obtenidas del estudio tecno-económico

A continuación, se mostrará el presupuesto de nuestra instalación, teniendo en cuenta el precio de la electricidad en los próximos 25 años.

Elemento	Cant.	Precio	P. total
Línea aérea	1	10.678,23 €	10.678,23 €
Centro de transformación	1	5.384,50 €	5.384,50 €
Instalación fotovoltaica	1	23.936,56 €	23.936,56 €
Instalación de baja tensión	1	4.164,30€	4.164,30€
Estimación electricidad demanda anual	25	307,50 €	7.687,50 €

Total	51.851,09 €
--------------	--------------------

Tabla 46. Presupuesto proyecto

Una vez descritas y presupuestadas todas las opciones, y habiendo presupuestado nuestro proyecto también, podemos decir que nuestra opción es la mejor desde el punto de vista económico, como se podrá comprobar en la ilustración 23.

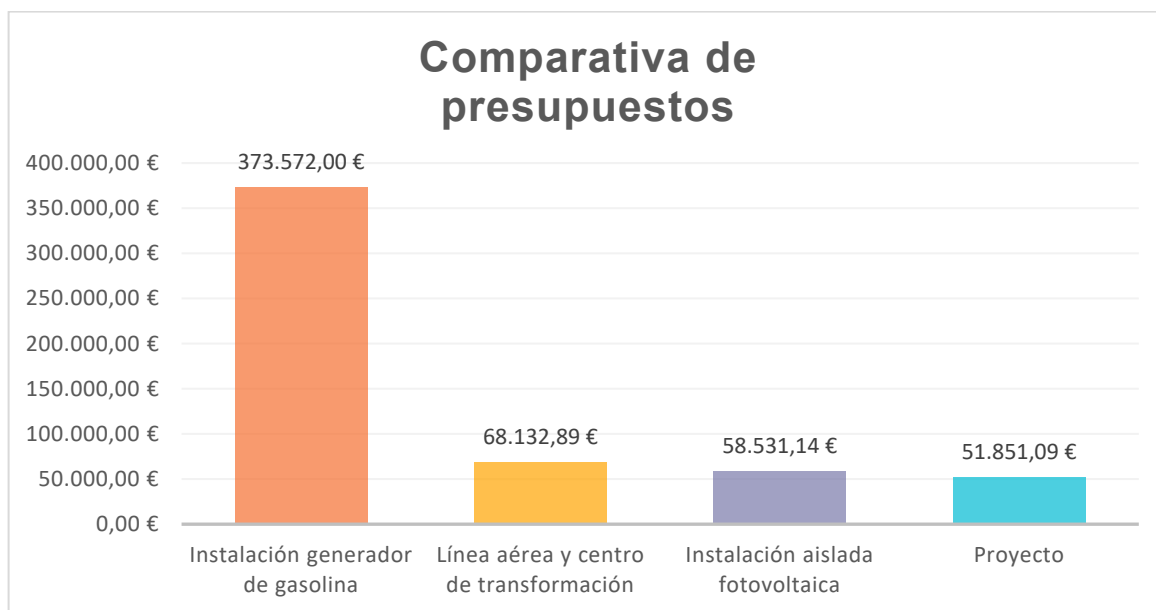


Ilustración 23. Comparativa presupuestos

Si comparamos nuestra instalación con el generador de gasolina podemos comentar que, pese a que la instalación del motor de gasolina sería menos costosa, una vez tenemos en cuenta el precio de la gasolina, y su tendencia al alza, hemos desechado esta opción.

La instalación de la línea aérea y el centro de transformación es una opción completamente válida, de hecho, es la que nosotros hemos elegido para nuestro proyecto. La diferencia es que nosotros hemos realizado también la instalación fotovoltaica, la cual nos permite abaratar considerablemente el precio de la factura de la luz, como se puede ver en los presupuestos finales a 25 años vista.

Finalmente, la última opción sería la instalación fotovoltaica aislada, la cual presenta la ventaja de no depender de la red eléctrica. Aunque a su vez, precisa también de la instalación de más paneles, lo cual implica más estructuras, y la creación de un embalse para regar por gravedad. Esto será necesario puesto que si se quiere regar a una hora en la cual no se genere la suficiente electricidad, se precisará el uso del agua almacenada en el embalse. Pero como se puede comprobar, la instalación de todos estos elementos implica un coste mayor, es por ello, que finalmente se ha decidido por la opción que conforma el presente proyecto.

Cabe mencionar que, desde el punto de vista medioambiental, la opción de fotovoltaica aislada, sería la más recomendable por su nula emisión de gases, y presenta una baja huella de carbono. En nuestra opción, cuando se utiliza la energía que generan las placas fotovoltaicas, nuestro proyecto también presentaría una nula emisión de gases. El problema surge cuando se requiere demandar electricidad de la red, ya que pese a que cada vez más, el sistema eléctrico español tiende a reducir su descarbonización, todavía se produce, es por ello que no podríamos decir que nuestro proyecto presenta nula emisión de gases. Por este motivo, para cumplir con el objetivo de reducir la descarbonización del sistema de generación eléctrico, es importante realizar proyectos que fomenten las energías renovables, como el presente proyecto.

2.7. Anexo 7. Hoja de características

→ www.atersa.com



 **ptimum**
nueva gama



Módulo solar fotovoltaico (72 células 6")

A-xxxP GS (320/325/330/335/340 W)

- **Optimice sus instalaciones.**
- **Alta eficiencia** del módulo y potencia de salida estable, basado en una tecnología de proceso innovadora.
- **Funcionamiento eléctrico excepcional** en condiciones de alta temperatura o baja irradiación.
- Facilidad de instalación gracias a un **diseño de ingeniería innovador.**
- **Riguroso control de calidad** que cumple con los más altos estándares internacionales.
- **Garantía, 10 años** contra defectos de fabricación y **25 años** en rendimiento.

Para una información más detallada de los términos de la garantía, consulte:
→ www.atersa.com

Módulos fotovoltaicos para el futuro




A-xxXP GS (ES) (xxx = potencia nominal)

Características eléctricas	A-320P GS	A-325P GS	A-330P GS	A-335P GS	A-340P GS
Potencia Máxima (P _{max})	320 W	325 W	330 W	335 W	340 W
Tensión Máxima Potencia (V _{mp})	37.65 V	37.80 V	37.95 V	38.20 V	38.50 V
Corriente Máxima Potencia (I _{mp})	8.50 A	8.60 A	8.70 A	8.77 A	8.84 A
Tensión de Circuito Abierto (V _{oc})	45.35 V	45.45 V	45.55 V	46.10 V	46.40 V
Corriente en Cortocircuito (I _{sc})	9.10 A	9.20 A	9.30 A	9.38 A	9.45 A
Eficiencia del Módulo (%)	16.49	16.75	17.01	17.26	17.52
Tolerancia de Potencia (W)	0/+5				
Máxima Serie de Fusibles (A)	15				
Máxima Tensión del Sistema	DC 1000 V (IEC)				
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)	45.0±2				

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m², espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.
Tolerancias medida STC: ±3% (P_{mp}); ±10% (I_{sc}, V_{oc}, I_{mp}, V_{mp}).

Especificaciones mecánicas

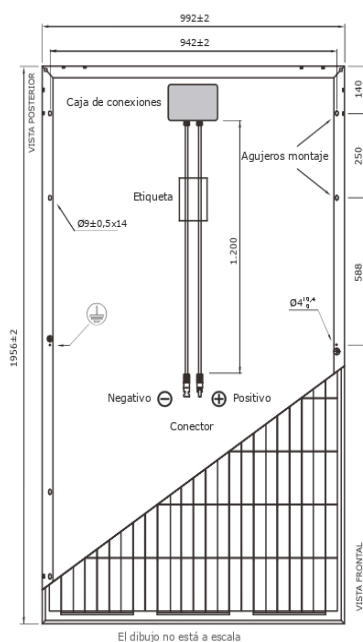
Dimensiones (± 2.0 mm.)	1956x992x40 mm.
Peso (± 0.5 kg.)	20.9 kg
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	2400 Pa (**)
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa
Máx. impacto granizo (diámetro/velocidad)	25 mm / 23 m/s

(**) 5400 Pa con marco de 45 mm.

Materiales de construcción

Cubierta frontal (material/tipo/espesor) (*)	Cristal templado/grado PV/3.2 mm.
Células (cantidad/tipo/dimensiones)	72 células (6x12)/Policristalina/156.75 x 156.75 mm.
Marco (material/color)	Aleación de aluminio anodizado/plata
Caja de conexiones (protección/nº diodos)	IP68/3 diodos
Cable (longitud/sección) / Conector	1.200mm./ 4 mm² / Compatible MC4 IP67

(*) Con capa anti-reflectante

Vista genérica construcción módulo


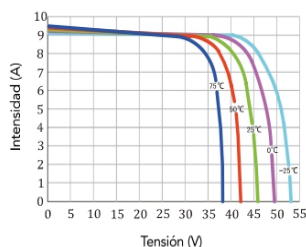
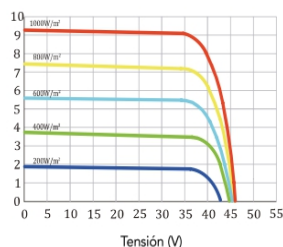
El dibujo no está a escala

Características de temperatura

Coef. Temp. de I _{sc} (TK I _{sc})	0.08558% /°C
Coef. Temp. de V _{oc} (TK V _{oc})	-0.29506% /°C
Coef. Temp. de P _{max} (TK P _{max})	-0.38001% /°C
Temperatura de Funcionamiento	-40 a +85 °C

Embalaje

Módulos/palé	26 pzas
Palés/contenedor 40' HQ	24 palés
Módulos/contenedor 40' HQ	624 pzas
Palés/contenedor 20'	9 palés
Módulos/contenedor 20'	234 pzas

Temperatura Varía (A-325P GS)

Irradiación Varía (A-325P GS)


NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.



FRONIUS SYMO

/ Máxima flexibilidad para las aplicaciones del futuro

/ Tecnología
SnapInverter/ Comunicación
de datos integrada/ Diseño
SuperFlex/ Seguimiento
inteligente GMPP/ Smart Grid
Ready

/ Inyección cero

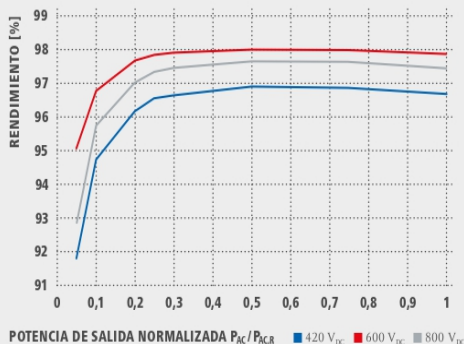


/ Con un rango de potencia nominal entre 3,0 y 20,0 kW, el Fronius Symo es el inversor trifásico sin transformador para todo tipo de instalaciones. Gracias a su flexible diseño, el Fronius Symo es perfecto para instalaciones en superficies irregulares o para tejados con varias orientaciones. La conexión a Internet a través de WLAN o Ethernet y la facilidad de integración de componentes de otros fabricantes hacen del Fronius Symo uno de los inversores con mayor flexibilidad en comunicaciones en el mercado. El inversor Fronius Symo puede completarse de manera opcional con un Fronius Smart Meter, que es un equipo que envía la información más completa al sistema de monitorización, consiguiendo además, que el inversor no incluya energía a la red eléctrica.

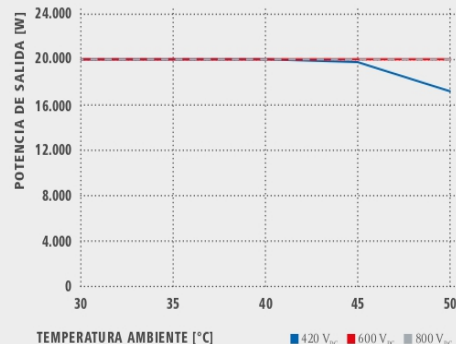
DATOS DE ENTRADA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx.\ 1} / I_{dc\ máx.\ 2}$)	27 A / 16,5 A ¹⁾			33 A / 27 A	
Máxima corriente de entrada total utilizada ($I_{dc\ máx.\ 1} + I_{dc\ máx.\ 2}$)	43,5 A			51,0 A	
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ / MPP ₂)	40,5 A / 24,8 A			49,5 A / 40,5 A	
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$)	200 V				
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)	200 V				
Tensión de entrada nominal ($U_{dc\ N}$)	600 V				
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)	1.000 V				
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)	270 - 800 V	320 - 800 V		370 - 800 V	420 - 800 V
Número de seguidores MPP	2				
Número de entradas CC	3+3				
Máxima salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	15,0 kW _{peak}	18,8 kW _{peak}	22,5 kW _{peak}	26,3 kW _{peak}	30,0 kW _{peak}
DATOS DE SALIDA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Potencia nominal CA ($P_{AC\ N}$)	10.000 W	12.500 W	15.000 W	17.500 W	20.000 W
Máxima potencia de salida	10.000 VA	12.500 VA	15.000 VA	17.500 VA	20.000 VA
Máxima corriente de salida ($I_{ac\ máx.}$)	14,4 A	18,0 A	21,7 A	25,3 A	28,9 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)				
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Coefficiente de distorsión no lineal	1,8 %	2,0 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %
Factor de potencia ($\cos \varphi_{AC\ N}$)	0 - 1 ind. / cap.				
DATOS GENERALES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	725 x 510 x 225 mm				
Peso	34,8 kg		43,4 kg		
Tipo de protección	IP 66				
Clase de protección	1				
Categoría de sobretensión (CC / CA) ²⁾	1 + 2 / 3				
Consumo nocturno	< 1 W				
Concepto de inversor	Sin Transformador				
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada				
Instalación	Instalación interior y exterior				
Margen de temperatura ambiente	-40 - +60 °C				
Humedad de aire admisible	0 - 100 %				
Máxima altitud	2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)				
Tecnología de conexión CC	6 x CC+ y 6 x CC bornes roscados 2,5 - 16 mm ²				
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²				
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097				

¹⁾ 14,0 A para tensiones < 420 V²⁾ De acuerdo con IEC 62109-1. Disponible rail DIN opcional para tipo 1 + 2 y tipo 2 de protección de sobretensión.Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 20.0-3-M



REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 20.0-3-M



DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

RENDIMIENTO	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Máximo rendimiento	98,0 %				
Rendimiento europeo (η_{EU})	97,4 %	97,6 %	97,8 %	97,8 %	97,9 %
η con 5 % $P_{AC,R}^{1)}$	87,9 / 92,5 / 89,2 %	88,7 / 93,1 / 90,1 %	91,2 / 94,8 / 92,3 %	91,6 / 95,0 / 92,7 %	91,9 / 95,2 / 93,0 %
η con 10 % $P_{AC,R}^{1)}$	91,2 / 94,9 / 92,8 %	92,9 / 96,1 / 94,6 %	93,4 / 96,0 / 94,4 %	94,0 / 96,4 / 95,0 %	94,8 / 96,9 / 95,8 %
η con 20 % $P_{AC,R}^{1)}$	94,6 / 97,1 / 96,1 %	95,4 / 97,3 / 96,6 %	95,9 / 97,4 / 96,7 %	96,1 / 97,6 / 96,9 %	96,3 / 97,8 / 97,1 %
η con 25 % $P_{AC,R}^{1)}$	95,4 / 97,3 / 96,6 %	95,6 / 97,6 / 97,0 %	96,2 / 97,6 / 97,0 %	96,4 / 97,8 / 97,2 %	96,7 / 97,9 / 97,4 %
η con 30 % $P_{AC,R}^{1)}$	95,6 / 97,5 / 96,9 %	95,9 / 97,7 / 97,2 %	96,5 / 97,8 / 97,3 %	96,6 / 97,9 / 97,4 %	96,8 / 98,0 / 97,6 %
η con 50 % $P_{AC,R}^{1)}$	96,3 / 97,9 / 97,4 %	96,4 / 98,0 / 97,5 %	96,9 / 98,1 / 97,7 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %
η con 75 % $P_{AC,R}^{1)}$	96,5 / 98,0 / 97,6 %	96,5 / 98,0 / 97,6 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %
η con 100 % $P_{AC,R}^{1)}$	96,5 / 98,0 / 97,6 %	96,5 / 97,8 / 97,6 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %	96,9 / 98,1 / 97,6 %	96,8 / 98,0 / 97,6 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %				
EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Medición del aislamiento CC	Sí				
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia				
Seccionador CC	Sí				
Protección contra polaridad inversa	Sí				
INTERFACES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)				
6 inputs digitales y 4 outputs digitales	Interface receptor del control de onda				
USB (Conector A) ²⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB				
2 conectores RJ 45 (RS422) ²⁾	Fronius Solar Net				
Salida de aviso ²⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)				
Datalogger y Servidor web	Incluido				
Input externo ²⁾	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión				
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador				

¹⁾ η con $U_{mpp \min} / U_{dc,r} / U_{mpp \max}$. ²⁾ También disponible en la versión light.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 1.000 patentes concedidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite www.fronius.com

v04 Nov 2014 ES

Fronius España S.L.U.
Parque Empresarial LA CARPETANIA
Miguel Faraday 2
28906 Getafe (Madrid)
España
Teléfono +34 91 649 60 40
Fax +34 91 649 60 44
pv-sales-spain@fronius.com
www.fronius.es

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
Teléfono +43 7242 241-0
Fax +43 7242 241-953940
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

Todos los derechos reservados. Copyright © 2011 Fronius™. Todos los derechos reservados. No podemos garantizar la exactitud de todos los datos a pesar de su cuidadosa edición, declinamos por ello cualquier responsabilidad. Texto e imágenes según el estado técnico en el momento de la impresión. Sujeto a modificaciones.

M.06.0092.ES v01 Oct 2016

BOMBA TIPO: RADIAL
TEMP. MAX. LIQUIDO: 30°
MAX. ARENA: 50 gr/m³
SENTIDO ROT.: ANTIHORARIO
VALV. RET.: INCORPORADA

PUMP TYPE: RADIAL
MAXI. TEMP. LIQUID: 30°
SAND MAX.: 50 gr/m³
ROTATION: C.C.W.
CHECK VAL.: BUILT-IN

POMPE TYPE: RADIALE
TEMP. MAX. LIQUIDE: 30°
MAX. SABLE: 50 gr/m³
SENS. ROT.: ANTIHORAIRE
CLAPET RET.: INCORPORÉ

Tablas de selección / Selection charts / Tables de selection

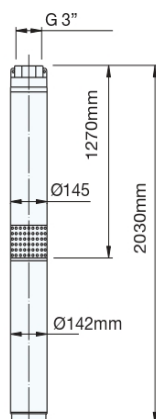
Tipo Type	Motor - Moteur		l/min. m³/h	Caudal - Capacity - Debit					
	KW	HP		0	233	266	300	333	416
STI 0,21 - 3	3	4	m.c.a.	0	14	16	18	20	25
STI 0,21 - 5	4	5,5		46	37	34	31	28	19
STI 0,21 - 7	5,5	7,5		77	61	56	51	46	31
STI 0,21 - 9	7,5	10		108	85	79	72	65	44
STI 0,21 - 11	9,2	12,5		138	110	101	92	84	56
STI 0,21 - 14	11	15		169	133	124	113	102	69
STI 0,21 - 16	13	17,5		216	170	157	145	130	88
STI 0,21 - 18	15	20		246	195	180	165	149	100
STI 0,21 - 22	18,5	25		277	219	202	185	167	113
STI 0,21 - 25	22	30		345	269	247	226	204	138
				384	303	281	258	232	157

Dimensiones / Dimensions / Dimensions

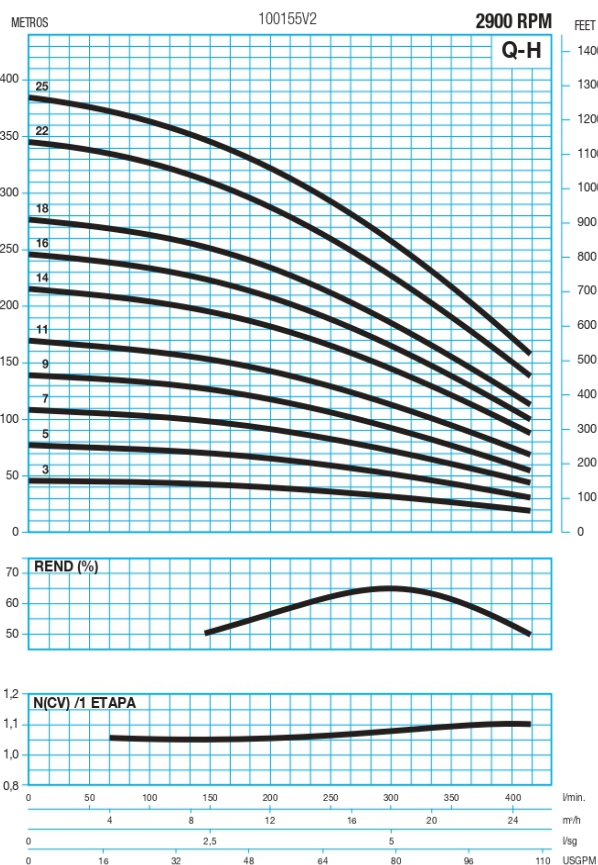
Materiales tipo A
Impulsor: Noryl
Difusor: Noryl
Eje: Acero inox.
Camisa: Acero inox.

Material type A
Impeller: Noryl
Diffuser: Noryl
Shaft: St. steel
Shell: St. steel

Materiaux type A
Roue: Noryl
Diffuseur: Noryl
Arbre: Acier inox.
Chemise: Acier inox.



Tipo Type	Motor - Moteur		D mm	A mm	L mm	Peso Weight Poids (kg)
	KW	HP				
STI 0,21-3	3	4	95	535	953	26,8
STI 0,21-5	4	5,5	95	630	1098	30,3
STI 0,21-7	5,5	7,5	95	720	1258	34,5
STI 0,21-9	7,5	10	142	815	1415	58,5
STI 0,21-11	9,2	12,5	142	905	1505	62,8
STI 0,21-14	11	15	142	1045	1745	67,7
STI 0,21-16	13	17,5	142	1135	1835	72,5
STI 0,21-18	15	20	142	1270	2030	77,1
STI 0,21-22	18,5	25	142	1624	2454	94,1
STI 0,21-25	22	30	142	1764	2654	101



15

ISO 9906-II

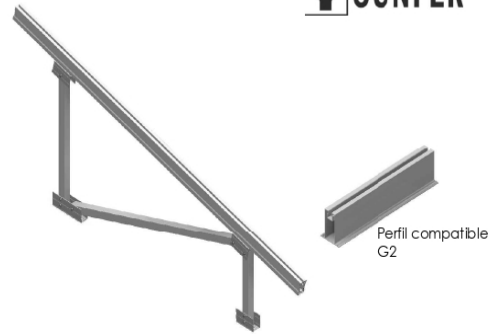
R1-03/21

Ficha técnica

Soporte inclinado para terreno para 2 filas de módulos

31V

SUNFER



- Soporte inclinado de 2 filas de módulos para terreno.
- Anclaje a hormigón.
- Disposición de los módulos: Vertical.
- Inclinación estándar 30°.
- Inclinaciones disponibles bajo pedido: 5°-10°-15°-20°-25°-35°
- Altura libre en punto más desfavorable 500 mm.
- Válido para espesores de módulos de 30 hasta 45 mm.
- Kits disponibles de 4 hasta 12 módulos.
- Tornillería de anclaje no incluida.

Viento: Hasta 150 Km/h (Ver documento de velocidades del viento)
Materiales: Perfilera de aluminio EN AW 6005A T6
Tornillería de acero inoxidable A2-70
Comprobar el buen estado y la capacidad portante del terreno antes de cualquier instalación.

Para módulos de hasta 2279x1150 - Sistema Kit

2279x1150



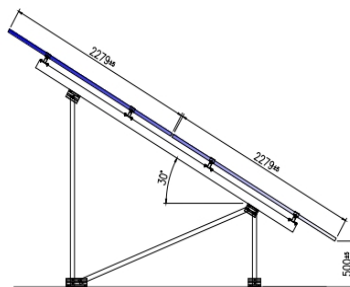
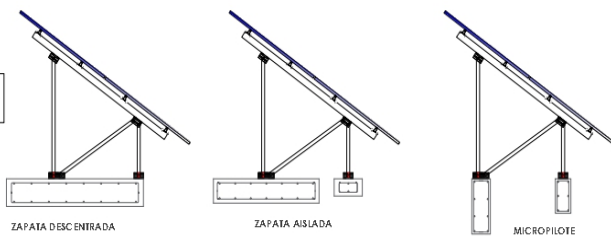
Carga de nieve: 40 kg/m²

NOTA:

Debido a las tolerancias del producto NO colocar los anclajes en la losa de hormigón antes de tener montado el pórtico. Una vez ensamblado el pórtico, marcar los agujeros de anclaje y perforar la losa para colocar los anclajes.

Se recomienda realizar un estudio geotécnico del terreno

Ejemplos de cimentaciones



Tornillería de anclaje hasta M10

Par de apriete:
Tornillo Presor 7 Nm
Tornillo M8 Hexagonal 20 Nm
Tornillo M10 Hexagonal 40 Nm
Tornillo M6.3 Hexagonal 10 Nm

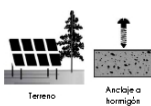
Herramientas necesarias:



Seguridad:



Reservado el derecho a efectuar modificaciones. Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.



100% Reciclable
Marcado ES19/86524 CE

R1-04/21

Velocidades de viento

Soporte inclinado para terreno para 2 filas de módulos

31V
Sistema kit

SUNFER



- **Cargas de viento:** Según túnel del viento en modelo computacional CFD
- **Cálculo estructural:** Modelo computacional comprobado mediante EUROCÓDIGO 9 "PROYECTO ESTRUCTURAS DE ALUMINIO"

 Cuadro de velocidades máx. admisibles de viento						
Tamaño del módulo 	4	6	8	10	12	nº de módulos
2279x1150	150	150	110	150	130	Velocidad de viento km/h

Tabla 1 - Velocidades máximas de viento admisibles.

- Para garantizar la resistencia a la velocidad máxima de diseño se deberán utilizar anclajes adecuados y utilizar el lastre indicado por el fabricante para cada situación.

Reservado el derecho a efectuar modificaciones. Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.

Para cumplir con las velocidades máximas admisibles de viento especificadas en la tabla 1, se deberán respetar todas las instrucciones indicadas en los planos de montaje.
Se debe comprobar que los puntos de anclaje para los módulos son compatibles con las especificaciones del fabricante.

Marcado
ES19/86524 

TECSUN

H1Z2Z2-K

Tensión asignada: 1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kV_{ac} máx.) - 1,5/1,5 kV_{dc} (1,8/1,8 kV_{dc} máx.)
 Norma diseño: EN 50618; IEC 62930
 Designación genérica: H1Z2Z2-K



CARACTERÍSTICAS Y ENSAYOS



NO PROPAGACIÓN
DE LA LLAMA
EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2
NFC 32070-C2



NO PROPAGACIÓN
DEL INCENDIO
EN 50305-9



LIBRE DE HALÓGENOS
EN 50525-1



BAJA OPACIDAD
DE HUMOS
EN 61034-2
IEC 61034-2



REDUCIDA EMISIÓN
DE GASES TÓXICOS
EN 50305 (ITC < 3)



RESISTENCIA
A LA ABSORCIÓN
DEL AGUA (ADB)



RESISTENCIA
AL FRÍO



CABLE FLEXIBLE



RESISTENCIA
A LOS RAYOS
ULTRAVIOLETA



RESISTENCIA
A LOS AGENTES
QUÍMICOS



RESISTENCIA
AL OZONO



RESISTENCIA
AL CALOR
HÚMEDO



RESISTENCIA
A LAS GRASAS
Y ACEITES



RESISTENCIA
A LOS GOLPES



RESISTENCIA
A LA ABRASIÓN



APTO PARA
ENTERRAR
DIRECTAMENTE



DESCÁRGATE
la DoP (Declaración de
Prestaciones) en este código QR:
<https://es.prysmiangroup.com/DoP>



Nº DoP 1007351



ENSAYOS ADICIONALES CABLE TECSUN - H1Z2Z2-K

Vida estimada	30 años
Certificación	TUV
Servicios móviles	SI
Apto para instalación directamente enterrado	SI
Doble aislamiento (clase II)	SI
Tª máxima de conductor (20 000 h)	120 °C 20 000 h
Resistencia al ozono	IEC 62930 Tab. 3 según IEC 60811-403, EN 506 18 Tab. 2 según EN 50396 tipo de prueba B
Resistencia a los rayos UVA	IEC 62930 Anexo E; EN 50618 Anexo E; Resistencia a la tracción y elongación a la rotura después de 720 h (360 ciclos) de exposición a los rayos UVA según EN 50289-4-17 (Método A)
Resistencia a la absorción agua	DNI EN 60811-402
Protección contra el agua	AD8 (sumersión permanente)
Resistencia a aceites minerales	EN 60811-2-1; 24 h; 100 °C
Resistencia a ácidos y bases	IEC 62930 y EN 50618 Anexo B 7 días, 23 °C N-ácido oxálico, N-hidróxido sódico (según IEC 60811-404; EN 60811-404)
Resistencia al amoníaco	Ensayo especial de Prysmian: 30 días en atmósfera saturada de amoníaco
Prueba de contracción	IEC 62930 Tab 2 según IEC 60811-503; EN 50618 Tab 2 según EN 60811-503 (máxima contra 2%)
Resistencia al calor húmedo	IEC 62930 Tab 2 y EN 50618 Tab 2 1000h a 90 °C y 85% de humedad para IEC 60068-2-78, EN- 60068-2-78
Respetuoso con el medioambiente	Directiva RoHS 2011/65/EU de la Unión Europea
Penetración dinámica	IEC 62930 Anexo D; EN 50618 Anexo D
Doblado a baja temperatura	Doblado y alargamiento a -40 °C según IEC 62930 Tab.2 según IEC 60811-504 y -505 y EN 50618 Tab.2 según EN 60811-1-4 y EN 60811-504 y -505
Resistencia al impacto en frío	Resistencia al impacto a -40 °C según IEC 62930 Anexo C según IEC 60811-506 y EN 50618 Anexo C según EN 60811-506
Presión a temperatura elevada	< 50% según EN 60811-508
Dureza Prysmian	Test interno Prysmian: Tipo A: 85 según DIN EN ISO 868
Resistencia a la abrasión	Ensayo especial Prysmian DIN ISO 4649 contrapapel abrasivo. • Cubierta contra cubierta. • Cubierta contra met. • Cubierta contra plásticos
Durabilidad del marcado	IEC 62930; EN 50396

- Temperatura de servicio: -40 °C, +90 °C (120 °C, por 20 000 h).
 - Tensión continua de diseño: 1,5/1,5 kV.
 - Tensión continua máxima: 1,8/1,8 kV.
 - Tensión alterna de diseño: 1/1 kV.
 - Tensión alterna máxima: 1,2/1,2 kV.
 - Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 6,5 kV.
 - Ensayo de tensión continua durante 5 min: 15 kV.
- Radio mínimo de curvatura estático (posición final instalado):
 3D (D ≤ 12 mm) y 4D > 12 mm). (D = diámetro exterior del cable máximo).

Ensayos de fuego

- No propagación de la llama: EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2; NFC 32070-C2.
- No propagación del incendio: EN 50305-9.
- Libre de halógenos: EN 50525-1.
- Baja opacidad de humos: EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Reducida emisión de gases tóxicos: EN 50305 (ITC < 3).

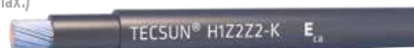


V-2020-11-12

TECSUN

H1Z2Z2-K

Tensión asignada: 1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kV_{ac} máx.) - 1,5/1,5 kV_{dc} (1,8/1,8 kV_{dc} máx.)
 Norma diseño: EN 50618; IEC 62930
 Designación genérica: H1Z2Z2-K



CONSTRUCCIÓN

CONDUCTOR

Metal: cobre estañado.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 120 °C, 20 000 h; 90 °C (30 años) 250 °C en cortocircuito.

AISLAMIENTO

Material: compuesto reticulado libre de halógenos, tabla B.1, anexo B de EN 50618.

CUBIERTA

Material: compuesto reticulado libre de halógenos, tabla B.1, anexo B de EN 50618.

Color: negro, rojo o azul.

APLICACIONES

• Especialmente diseñado para instalaciones solares fotovoltaicas interiores, exteriores, industriales, agrícolas, fijas o móviles (con seguidores)... Pueden ser instalados en bandejas, conductos y equipos. Adecuado para soterramiento directo (sin tubo o conducto).

Indicado también el lado de corriente continua en instalaciones de autoconsumo solar fotovoltaico.

DATOS TÉCNICOS

NÚMERO DE CONDUCTORES x SECCIÓN mm ²	DIÁMETRO MÁXIMO DEL CONDUCTOR mm (1)	DIÁMETRO EXTERIOR DEL CABLE (VALOR MÁXIMO) mm	RADIO MÍNIMO DE CURBATURA DINÁMICO	RADIO MÍNIMO DE CURBATURA ESTÁTICO	PESO kg/km (1)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR A 20 °C Ω/km	INTENSIDAD ADMISIBLE AL AIRE (2) A	INTENSIDAD ADMISIBLE AL AIRE T AMBIENTE 60 °C y T CONDUCTOR 120 °C (3)	CAIDA DE TENSION V/(A·km) (2)
1 x 1,5	1,6	4,4	20	15	35	13,7	24	30	27,4
1 x 2,5	1,9	4,8	22	17	46	8,21	34	41	16,42
1 x 4	2,4	5,3	24	18	61	5,09	46	55	10,18
1 x 6	2,9	5,9	26	20	80	3,39	59	70	6,78
1 x 10	4,0	7,0	30	23	122	1,95	82	98	3,90
1 x 16	5,6	9,0	39	30	200	1,24	110	132	2,48
1 x 25	6,4	10,3	45	34	290	0,759	140	176	1,59
1 x 35	7,5	11,7	63	50	400	0,565	182	218	1,13
1 x 50	9,0	13,5	73	58	560	0,393	220	276	0,786
1 x 70	10,8	15,5	83	66	750	0,277	282	347	0,554
1 x 95	12,6	17,7	94	75	970	0,210	343	416	0,42
1 x 120	14,2	19,2	122	82	1220	0,164	397	488	0,328
1 x 150	15,8	21,4	136	91	1500	0,132	458	566	0,264
1 x 185	17,4	23,7	151	101	1840	0,108	523	644	0,216
1 x 240	20,4	27,1	171	114	2400	0,0817	617	775	0,1634

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica o corriente continua en bandeja perforada al aire (40 °C). Con exposición directa al sol, multiplicar por 0,85.
 → XLPE2 con instalación tipo F → columna 13. (UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52).

(3) Instalación de conductores separados con renovación eficaz del aire en toda su cubierta (cables suspendidos).
 Temperatura ambiente 60 °C (a la sombra) y temperatura máxima en el conductor 120 °C.
 Valor que puede soportar el cable, 20 000 h a lo largo de su vida útil (25 años).

exZhellent COMPACT

EXZHELLENT® Compact 1000 V

RZ1-K (AS) - Libre de halógenos

0,6/1 kV



C_{ca}-s1b,d1,a1

NORMAS:

CONSTRUCCIÓN

IEC 60502-1

UNE 21123-4

REACCIÓN AL FUEGO*

IEC 60332-1-2

IEC 60332-3-24

IEC 60754-1

IEC 60754-2

IEC 61034-2



CLASIFICACIÓN CPR:

EXZHELLENT® Compact 1000V

Gama 1x1,5 - 1x800 / 2x1,5 - 2x240 /
3x1,5 - 3x400 / 4x1,5 - 4x400 / 5x1,5 - 5x400 /
3x10+1x6 / 3x16+1x10 / 3x25+1x16 / 3x35+1x16 /
3x50+1x25 / 3x70+1x35 / 3x95+1x50 / 3x120+1x70 /
3x150+1x70 / 3x185+1x95 / 3x240+1x120 /
3x300+1x150 / 3x16+2x10 / 3x25+2x16 / 3x35+2x16 /
3x50+2x25 / 3x70+2x35 / 3x95+2x50 / 4x1 mm²

DOP 0040

Clase **C_{ca}-s1b,d1,a1**

EXZHELLENT® Compact SECTORFLEX

Gama 2x50 - 2x400 / 3x50 - 3x400 /
4x50 - 4x400 mm²

DOP 0135 Rev.001

Clase **C_{ca}-s1b,d1,a1**

CONSTRUCCIÓN:

1. CONDUCTOR

Cobre, clase 5 según IEC 60228. Sectorial para secciones de 50 mm² y superiores (solución Sectorflex®).

2. AISLAMIENTO

Polietileno reticulado, tipo XLPE según IEC 60502-1 y tipo DIX3 según UNE-HD 603-1
Identificación por color.

3. CUBIERTA EXTERIOR

Polioléfina termoplástica libre de halógenos, tipo ST8 según IEC 60502-1
y tipo DMZ-E según UNE 21123-4.

APLICACIONES:

Circuitos eléctricos en locales de pública concurrencia y otras instalaciones donde exista un alto riesgo de incendio.

Temperatura máxima del conductor: +90 °C

Temperatura mínima de trabajo: -40 °C

* Prestación fuera del ámbito CPR.



CERTIFICACIONES:



General Cable

EXZHELLENT® Compact 1000 V
RZ1-K (AS) - Libre de halógenos
0,6/1 kV

exZhellent COMPACT



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS:

Código de General Cable	Sección (mm²)	Diámetro nominal exterior (mm)	Peso nominal (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (mm)	Intensidad max. admisible al aire 30 °C ** (A)	Directamente enterrado 25 °C *** (A)	Caída de tensión cos φ= 0,8 (V/A.km)
1S48106	1x1,5	6,6	61	27	23	23	23,66
1S48107	1x2,5	7,0	74	29	32	30	14,25
1S48108	1x4	8,0	99	32	42	39	8,885
1S48109	1x6	8,5	125	34	54	49	5,961
1S48110	1x10	9,5	170	38	75	65	3,494
1S48111	1x16	10,1	220	41	100	84	2,246
1S48112	1x25	11,7	315	47	135	107	1,482
1S48113	1x35	12,8	410	52	169	129	1,078
1S48114	1x50	14,3	550	58	207	153	0,777
1S48115	1x70	16,4	750	66	268	188	0,571
1S48116	1x95	17,8	945	72	328	226	0,451
1S48117	1x120	19,8	1.190	80	383	257	0,369
1S48118	1x150	21,8	1.470	88	444	287	0,313
1S48119	1x185	23,7	1.770	95	510	324	0,271
1S48120	1x240	25,7	2.245	130	607	375	0,221
1S48121	1x300	29,5	2.805	150	703	419	0,192
1S48122	1x400	34,1	3.755	175	823	494	0,163
1S48123	1x500	38,3	4.735	195	946	557	0,144
1S48124	1x630	42,9	6.270	215	1.088	628	0,127
1S48206	2x1,5	8,9	120	36	26	27	27,26
1S48207	2x2,5	9,8	150	40	36	35	16,40
1S48208	2x4	10,8	200	44	49	46	10,21
1S48209	2x6	11,7	250	47	63	58	6,835
1S48210	2x10	13,6	365	55	86	77	3,993
1S48211	2x16	15,6	515	63	115	100	2,561
1S48212	2x25	18,7	725	75	149	129	1,684
1S48213	2x35	21,2	970	85	185	155	1,220
1S48214*	2x50	25,0	1.410	100	225	183	0,876
1S48215*	2x70	29,2	1.945	150	289	225	0,642
1S48216*	2x95	32,7	2.505	165	352	270	0,506
1S48217*	2x120	37,0	3.190	185	410	306	0,414
1S48218*	2x150	40,8	3.935	205	473	343	0,349
1S48219*	2x185	44,8	4.765	225	542	387	0,303
1S48220*	2x240	51,0	6.245	310	641	448	0,249
1S48306	3x1,5	9,4	135	38	23	23	23,61
1S48307	3x2,5	10,3	175	42	32	30	14,20
1S48308	3x4	11,4	235	46	42	39	8,839
1S48309	3x6	12,4	300	50	54	49	5,919

Valores nominales sujetos a variación en función de la tolerancia de fabricación.

General Cable

Cuadros para la protección de bombas SUMERGIBLES

BOMBAS TRIFÁSICAS CON ARRANCADOR SUAVE

- Memoria térmica que modeliza los ciclos de calentamiento y enfriamiento del motor.
- Rearme automático para llenado de pozo regulable de 2 a 75 minutos.
- Señalización de la causa de disparo.
- Toma de control para presostato, boya, programador...
- Caja de plástico.
- Incluye: magnetotérmico 3P+N, relé electrónico PF-R, arrancador suave ES, contactor, pilotos de señalización e interruptor on/off.

Los cuadros de protección FANOX con arranque y paro progresivo incorporan los arrancadores suaves ES con lo que se evitan problemas producidos por el golpe de ariete, la puesta en marcha o las paradas bruscas.

La protección contra el funcionamiento en vacío se realiza mediante el relé PF-R, controlando el valor del $\cos \phi$ y provocando la parada de la bomba cuando éste es inferior al valor ajustado.

- IP 54

CBS



PROTECCIONES

- $\cos \phi$ Subcarga
- $I >$ Sobrecarga
- Falta y desequilibrio de fase
- (R) Secuencia incorrecta de fases
- $I >>$ Cortocircuito
- Arranque suave
- Parada suave

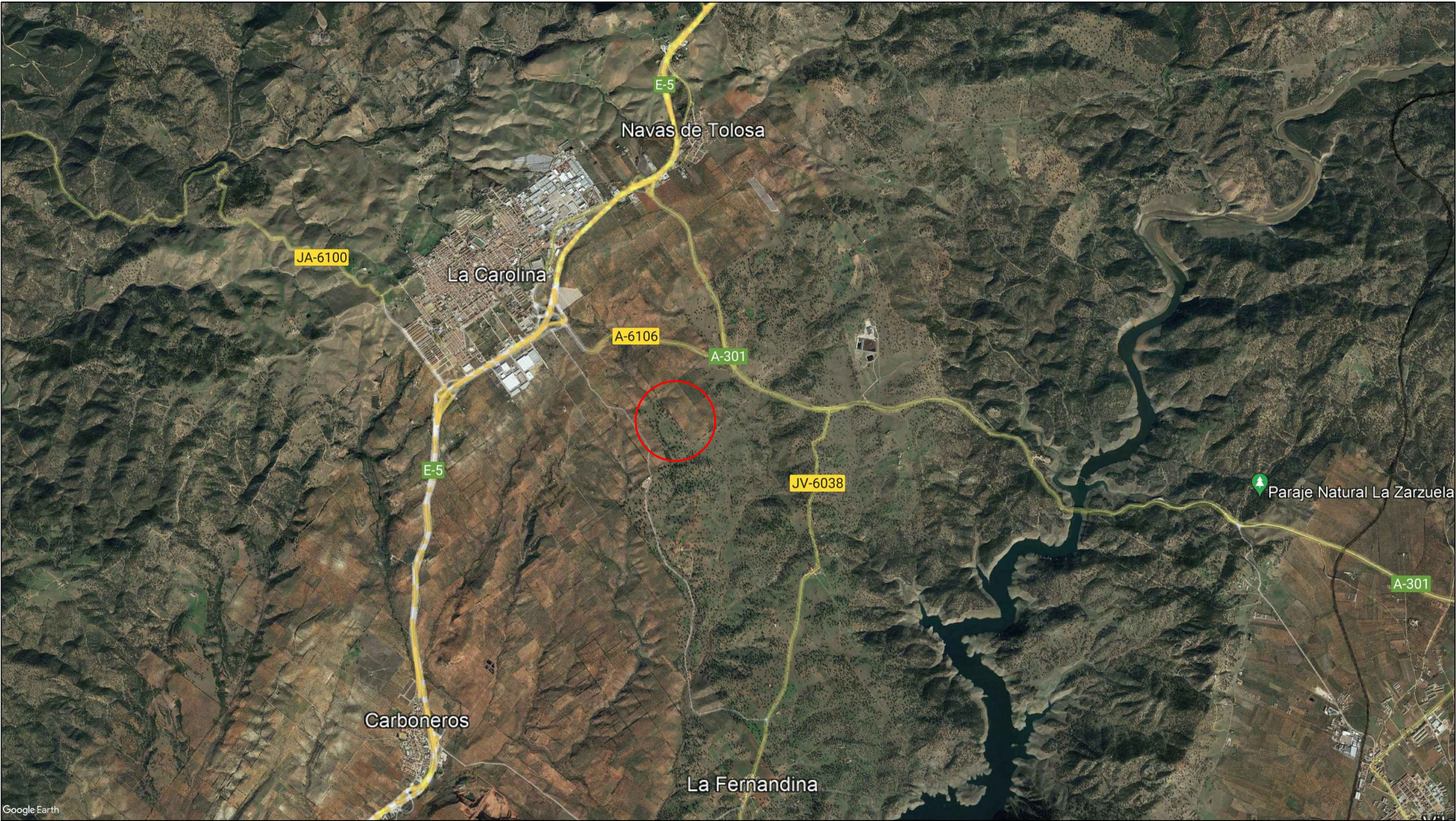
SIN SONDAS DE NIVEL

SIN SONDAS DE NIVEL

Modelo	Código		Tiempo llenado pozo (min)	In (A) aprox. del motor In (A)	Potencia del motor		Protecciones - Funciones						
	230V	400V			CV	kW	$I >$	$\cos \phi$	Falta y desequilibrio de fase	(R)	Arranque y parada suave	Cortocircuito	Dimensiones
CBS-2/P	12321P-230		2 - 75	2 - 6,8	0,5 - 2	0,37 - 1,5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	300x250x140
CBS-3/P	12322P-230		2 - 75	9,6	3	2,2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	300x250x140
CBS-5/P	12323P-230		2 - 75	12,4 - 15,6	4 - 5,5	3-4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	300x250x140
CBS-7/P	12324P-230		2 - 75	22	7,5	5,5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	300x250x140
CBS-10/P	12326P-230		2 - 75	28	10	7,5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	300x400x200
CBS-12/P	12327P-230		2 - 75	37	12,5	9,2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	300x400x200
CBS-15/P	12328P-230		2 - 75	42	15	11	✓	✓	✓	✓	✓	✓	300x400x200
CBS-2/P		12321P-400	2 - 75	3,8	2	1,5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	300x400x200
CBS-3/P		12322P-400	2 - 75	5,5	3	2,2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	300x400x200
CBS-5/P		12323P-400	2 - 75	7-9,5	3,5 - 5,5	2,6 - 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	300x400x200
CBS-7/P		12324P-400	2 - 75	13	7,5	5,5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	300x400x200
CBS-10/P		12326P-400	2 - 75	16,5	10	7,5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	300x400x200
CBS-12/P		12327P-400	2 - 75	21	12,5	9,2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	300x400x200
CBS-15/P		12328P-400	2 - 75	24	15	11	✓	✓	✓	✓	✓	✓	300x400x200
CBS-20/P		12329P-400	2 - 75	32	20	15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	300x400x200
CBS-25/P		12330P-400	2 - 75	40	25	18,5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	300x400x200
CBS-30/P		12331P-400	2 - 75	47	30	22	✓	✓	✓	✓	✓	✓	300x400x200

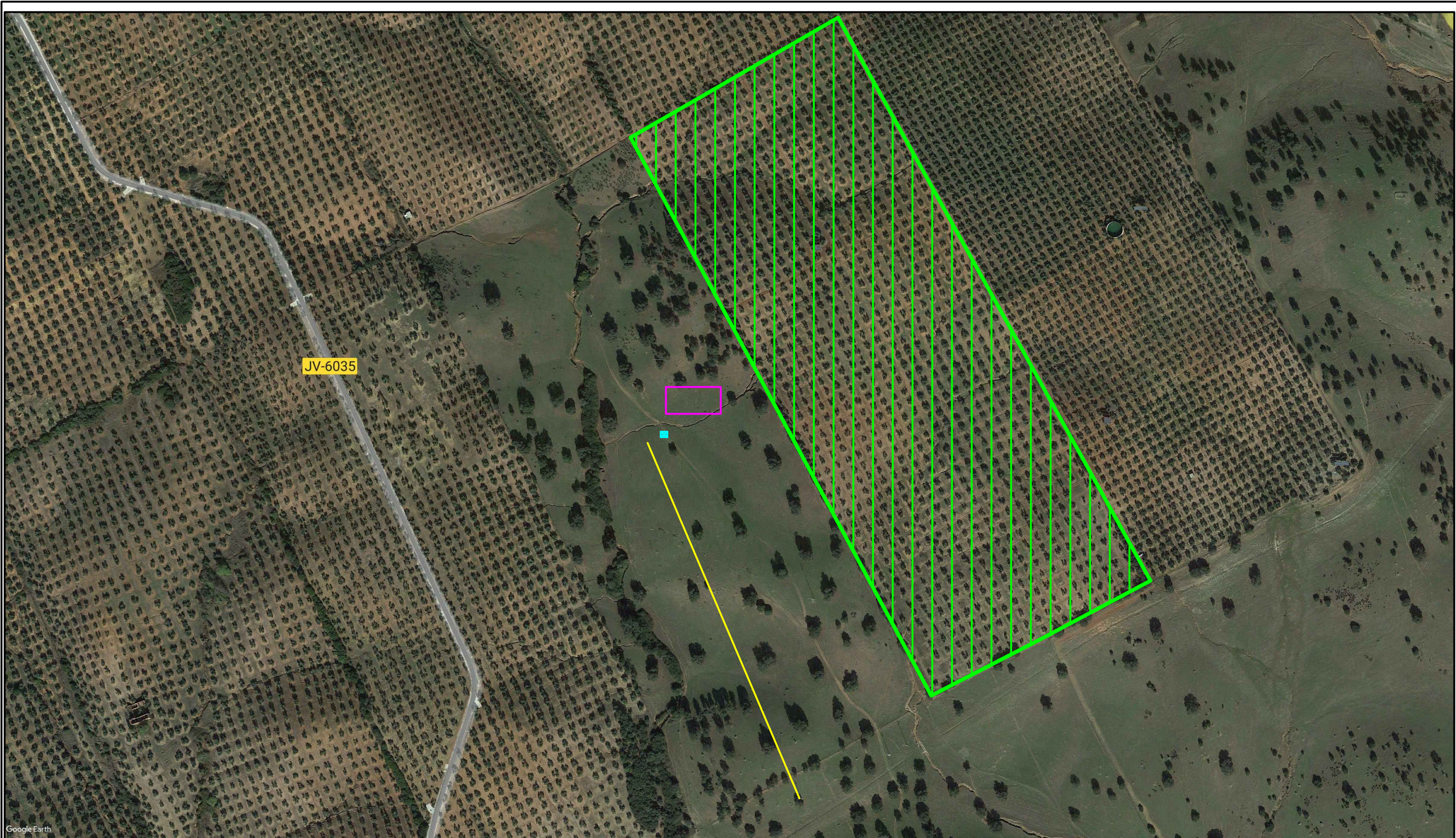
- Equipos con cableados libres de halógenos
- Otras tensiones bajo pedido

3. PLANOS



Google Earth

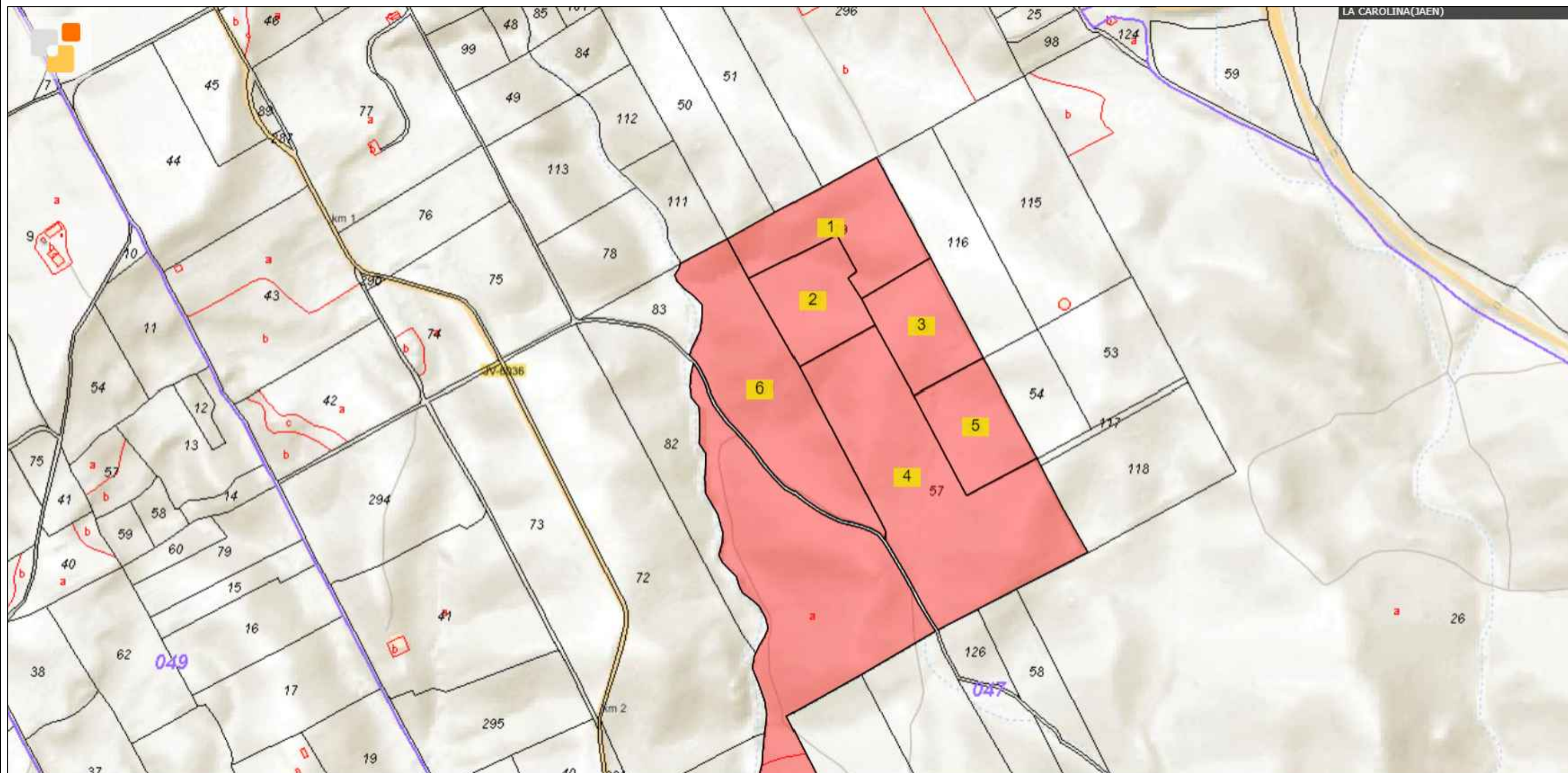
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	17/05/22	Iván Martínez	IMV		
COMPROBADO		Valverde			
ESCALA:	Proyecto de instalación fotovoltaica en modo autoconsumo, línea de alta tensión y centro de transformación para riego olivar Plano de situación			Nº PLANO	1/7
S/C				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



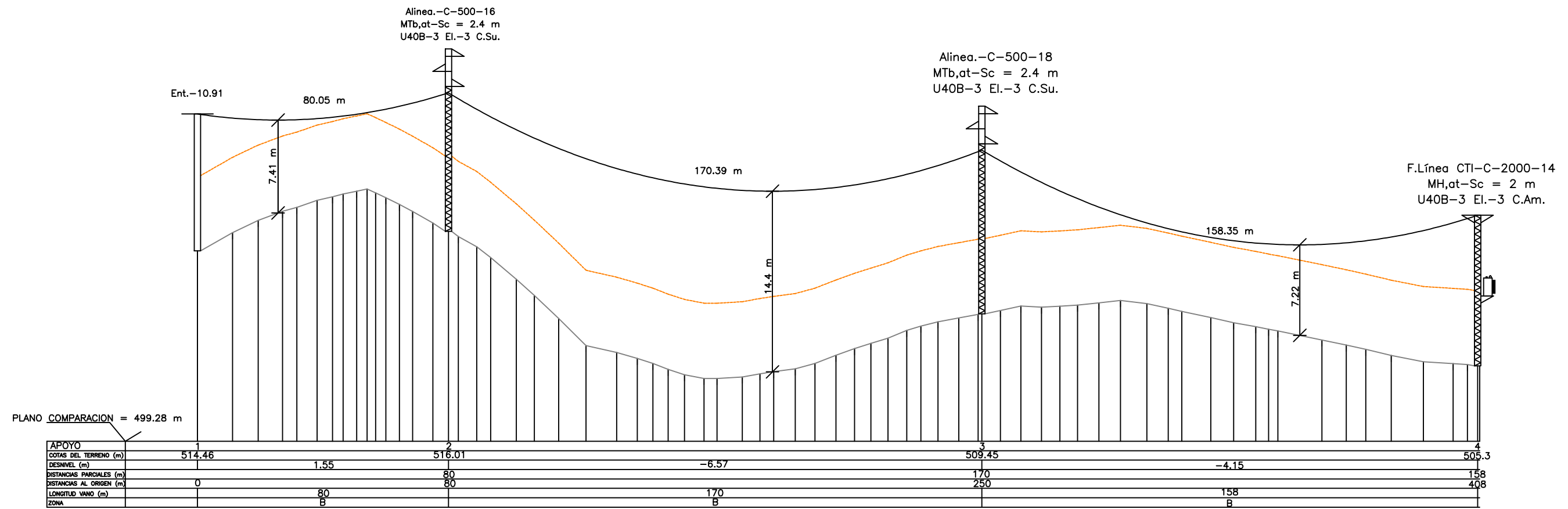
SIMBOLOGÍA GRÁFICA

- Línea aérea de media tensión
- ☒ Caseta protecciones
- ▭ Instalación fotovoltaica
- ▨ Finca olivar

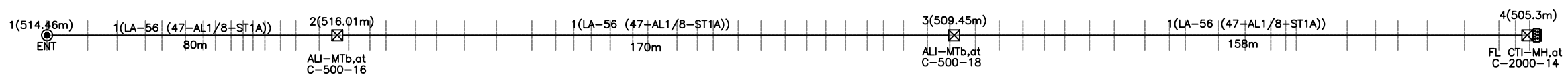
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	17/05/22	Iván Martínez	IMV	
COMPROBADO		Valverde		
ESCALA:	Proyecto de instalación fotovoltaica en modo autoconsumo, línea de alta tensión y centro de transformación para riego olivar Plano de emplazamiento			Nº PLANO 2/7
S/C				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	17/05/22	Iván Martínez	IMV	
COMPROBADO		Valverde		
ESCALA:	Proyecto de instalación fotovoltaica en modo autoconsumo, línea de alta tensión y centro de transformación para riego olivar Plano de catastro			Nº PLANO 3/7
S/C				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



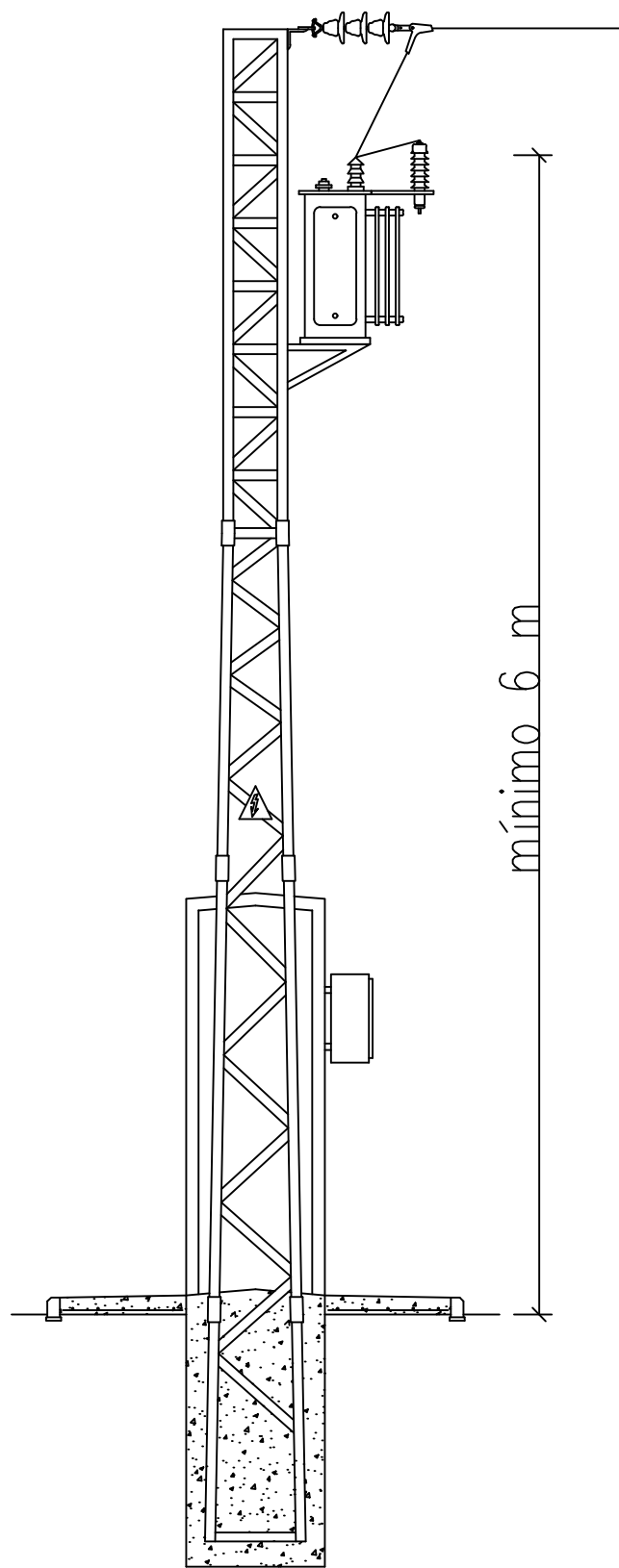
Línea Alta Tensión



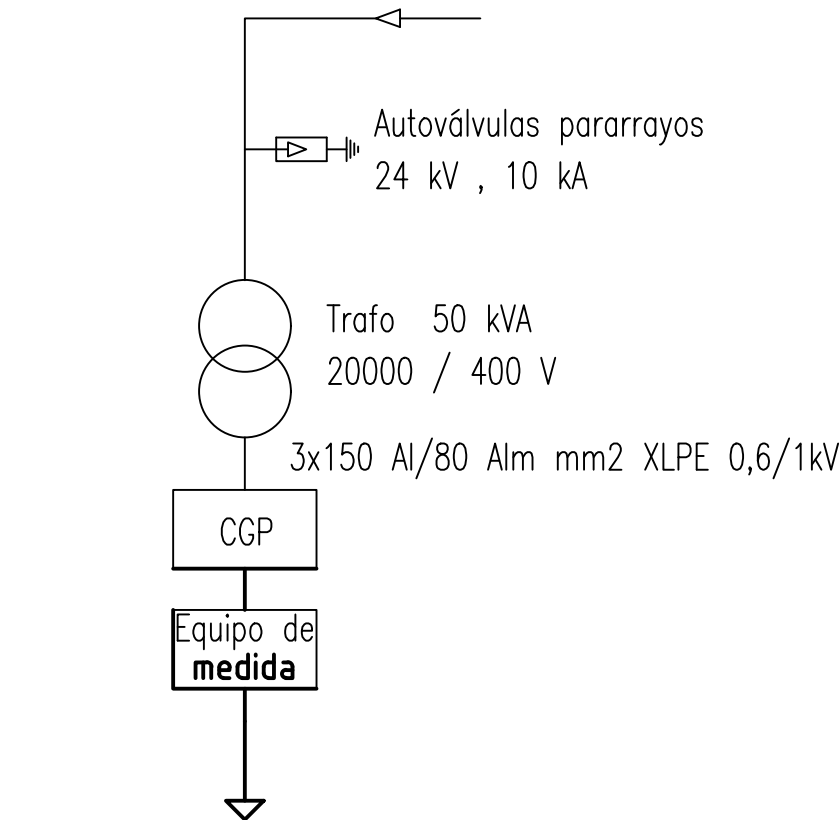
Planta

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	17/05/22	Iván Martínez	IMV	
COMPROBADO		Valverde		
ESCALA: V- 1:350 H- 1:1400	Proyecto de instalación fotovoltaica en modo autoconsumo, línea de alta tensión y centro de transformación para riego olivar Trazado de la linea			Nº PLANO 4 / 7
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

Centro prefabricado intemperie



ALZADO



ESQUEMA UNIFILAR

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	17/05/22	Iván Martínez	IMV		
COMPROBADO		Valverde			
ESCALA:	Proyecto de instalación fotovoltaica en modo autoconsumo, línea de alta tensión y centro de transformación para riego olivar Plano de centro de transformación			Nº PLANO 5/7	
S/C				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

TIERRA DE PROTECCIÓN

Configuración: 20–20/5/42

Profundidad electrodo: 0.5 m

Sección conductor: 50 mm2

Diámetro picas: 14 mm

Número de picas: 4

Longitud picas: 2

NOTA: Se instalará una losa de hormigón de espesor total 20 cm. como mínimo, y que sobresalga 1,2 m. del borde de la base de la columna o poste. Dentro de esta losa (plataforma del operador) y hasta 1 m. del borde de la base de la columna o poste se embebará un mallazo electrosoldado de 4 mm de diámetro como mínimo formando una retícula de 0,30x0,30m.

Este mallazo debe conectarse a dos puntos opuestos de la puesta a tierra.
El mallazo tendrá por encima al menos 10 cm. de hormigón.

TIERRA DE SERVICIO

Configuración: 5/32.

Profundidad electrodo: 0.5 m

Separación picas: 3 m

3 picas en hilera unidas por conductor horizontal

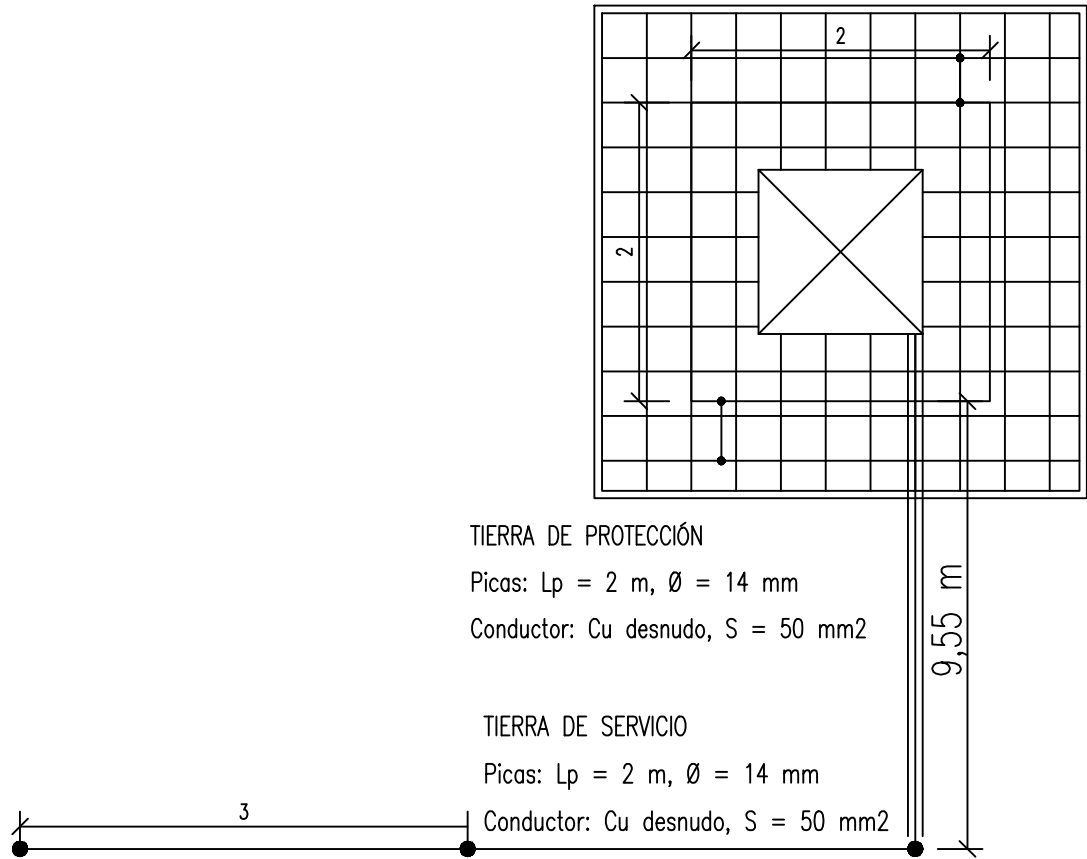
Sección conductor: 50 mm2

Diámetro picas: 14 mm

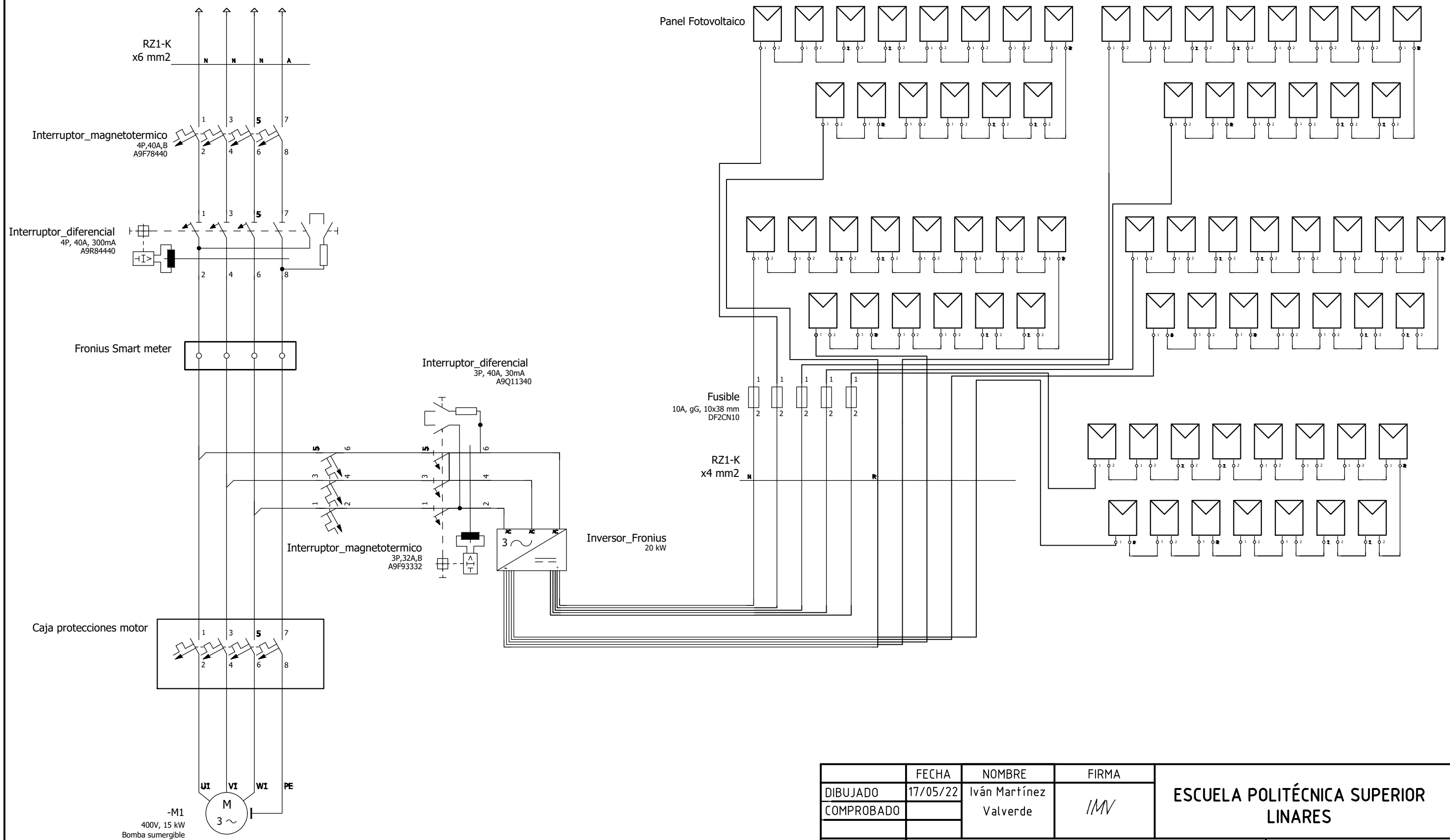
Longitud picas: 2

NOTA: El conductor de conexión entre el neutro del transformador y el electrodo de la tierra de servicio será de cable aislado 0,6/1kV de 50 mm2 en Cu, bajo tubo de PVC con grado al impacto 7 (mínimo)

PUESTAS A TIERRA



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	17/05/22	Iván Martínez	IMV	
COMPROBADO		Valverde		
ESCALA:	Proyecto de instalación fotovoltaica en modo autoconsumo, línea de alta tensión y centro de transformación para riego olivar Plano de puestas a tierra			Nº PLANO 6/7
S/C				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	17/05/22	Iván Martínez	IMV	
COMPROBADO		Valverde		
ESCALA:	Proyecto de instalación fotovoltaica en modo autoconsumo, línea de alta tensión y centro de transformación para riego olivar Esquema eléctrico			Nº PLANO 7/7
S/C				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

4. PRESUPUESTO

Presupuesto parcial nº 1 Línea aérea

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	Ud	Apoyo metálico de celosía, de 16 m de altura y 500 daN de esfuerzo nominal, compuesto de cabeza prismática y fuste troncopiramidal de sección cuadrada, empotrado en dado de hormigón HM-25/B/20/X0, fabricado en central, vertido desde camión, en suelo cohesivo. Incluso excavación para cimentación con medios mecánicos, transporte y descarga. Totalmente montado. Incluye: Replanteo. Transporte y descarga. Excavación de la cimentación. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Izado del apoyo. Colocación y aplomado. Vertido y compactación del hormigón. Eliminación de restos, limpieza final y retirada de escombros. Carga de escombros sobre camión o contenedor. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.			
		Total Ud:	1,000	1.337,15	1.337,15
1.2	Ud	Apoyo metálico de celosía, de 18 m de altura y 500 daN de esfuerzo nominal, compuesto de cabeza prismática y fuste troncopiramidal de sección cuadrada, empotrado en dado de hormigón HM-25/B/20/X0, fabricado en central, vertido desde camión, en suelo cohesivo. Incluso excavación para cimentación con medios mecánicos, transporte y descarga. Totalmente montado. Incluye: Replanteo. Transporte y descarga. Excavación de la cimentación. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Izado del apoyo. Colocación y aplomado. Vertido y compactación del hormigón. Eliminación de restos, limpieza final y retirada de escombros. Carga de escombros sobre camión o contenedor. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.			
		Total Ud:	1,000	1.563,56	1.563,56
1.3	Ud	Apoyo metálico de celosía, de 14 m de altura y 2000 daN de esfuerzo nominal, empotrado en dado de hormigón en suelo cohesivo. Incluye: Replanteo. Transporte y descarga. Excavación de la cimentación. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Izado del apoyo. Colocación y aplomado. Vertido y compactación del hormigón. Eliminación de restos, limpieza final y retirada de escombros. Carga de escombros sobre camión o contenedor. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.			
		Total Ud:	1,000	1.522,94	1.522,94
1.4	M	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)			
		Total m:	1.227,000	1,75	2.147,25
1.5	Ud	U40B-3 EL			
		Total Ud:	9,000	112,40	1.011,60
1.6	Ud	Cruceta tresbolillo atirantado			
		Total Ud:	2,000	721,00	1.442,00
1.7	Ud.	Cruceta horizontal atirantado			
		Total Ud.:	1,000	669,50	669,50
1.8	M³	Excavación de pozos en tierra blanda, de más de 1,25 m de profundidad máxima, con medios mecánicos, y carga a camión. Incluye: Replanteo en el terreno. Situación de los puntos topográficos. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Carga a camión de los materiales excavados. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.			

Presupuesto parcial nº 1 Línea aérea

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
Total m³:			7,930	15,28	121,17
1.9	M³	Hormigón para armar en zapatas de cimentación, HA-25/F/20/XC2, fabricado en central, y vertido desde camión. Incluye: Vertido y compactación del hormigón. Curado del hormigón. Criterio de medición de proyecto: Volumen teórico, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.			
Total m³:			9,140	91,98	840,70
1.10	Ud	Pica 14 mm			
Total Ud:			8,000	11,18	89,44
Total presupuesto parcial nº 1 Línea aérea :					10.745,31

Presupuesto parcial nº 2 Centro de transformación

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.1	Ud	Transformador trifásico en baño de aceite, con refrigeración natural, de 50 kVA de potencia, de 24 kV de tensión asignada, 20 kV de tensión del primario y 420 V de tensión del secundario en vacío, de 50 Hz de frecuencia, y grupo de conexión Dyn11. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación. Incluye: Montaje, conexión y comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.			
		Total Ud	1,000	3.548,72	3.548,72
2.2	Ud	Soporte transformador			
		Total Ud	1,000	126,80	126,80
2.3	Ud	Autoválvula pararrayos			
		Total Ud	3,000	118,98	356,94
2.4	M	Cables B.T. 0,6/1 kV			
		Total m	10,000	12,39	123,90
2.5	Ud	Pica 14 mm			
		Total Ud	7,000	11,18	78,26
2.6	M	Cable cobre desnudo secc. 70 mm2			
		Total m	14,000	9,87	138,18
2.7	Ud	Armario poliéster 1000x750 mm			
		Total Ud	1,000	613,90	613,90
2.8.- ELECTRICISTAS					
2.8.1	H.	Oficial 1ª Electricista			
		Total h.	12,000	11,44	137,28
2.8.2	H.	Oficial 2ª Electricista			
		Total h.	12,000	11,15	133,80
2.8.3	H.	Ayudante-Electricista			
		Total h.	12,000	10,56	126,72
Total presupuesto parcial nº 2 Centro de transformación :					5.384,50

Presupuesto parcial nº 3 Instalación fotovoltaica

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
3.1	Ud	Panel Solar 335W 24V – Placa Solar ATERSA A-335P GS			
		Total Ud	72,000	137,94	9.931,68
3.2	Ud	Inversor Red FRONIUS Symo 20-3-M 20kW			
		Total Ud	1,000	3.166,44	3.166,44
3.3	Ud	Soporte inclinado de 2 filas de módulos para terreno, 12 módulos. Anclaje a hormigón.			
		Total Ud	6,000	1.113,97	6.683,82
3.4	Ud	Bomba Sumergible IDEAL 15kW Trifásica 400V STI02118			
		Total Ud	1,000	2.203,66	2.203,66
3.5	M³	Hormigón para armar en zapatas corridas de cimentación de sección en "T" invertida, HA-25/F/20/XC2, fabricado en central, y vertido con cubilote. Incluye: Vertido y compactación del hormigón. Curado del hormigón. Criterio de medición de proyecto: Volumen teórico, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.			
		Total m³	4,000	95,14	380,56
3.6	M	CABLE SOLAR H1Z2Z2-K 4MM2			
		Total m	800,000	1,30	1.040,00
3.7.- ELECTRICISTAS					
3.7.1	H.	Oficial 1ª Electricista			
		Total h.	16,000	11,44	183,04
3.7.2	H.	Oficial 2ª Electricista			
		Total h.	16,000	11,15	178,40
3.7.3	H.	Ayudante-Electricista			
		Total h.	16,000	10,56	168,96
Total presupuesto parcial nº 3 Instalación fotovoltaica :					23.936,56

Presupuesto parcial nº 4 Instalación baja tensión y protecciones

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
4.1	Ud	Cuadro de protecciones bomba sumergible del fabricante FANOX			
		Total Ud:	1,000	1.782,60	1.782,60
4.2	Ud	Mini Kaedra - Caja estanca - superficie - 1 fila - 6 mód. - IP65 Fabricante Schneider			
		Total Ud:	1,000	35,65	35,65
4.3	Ud	Mini Kaedra - Caja estanca - superficie - 1 fila - 8 mód. - IP65 Fabricante Schneider			
		Total Ud:	1,000	35,65	16,86
4.4	Ud	Magnetotérmico, Acti9 iC60L, 3P, 32 A, B curva			
		Total Ud:	1,000	456,51	547,64
4.5	Ud	Bloque Diferencial Quick Vigi iC60, 3 Polos, de 30mA, de 32A, Clase AC			
		Total Ud:	1,000	456,51	199,06
4.6	Ud	Mini Kaedra - Caja estanca - superficie - 1 fila - 12 mód. - IP65 Fabricante Schneider Electric			
		Total Ud:	1,000	78,45	78,45
4.7	Ud	TeSys - Cartucho fusible 10 x 38 mm - gG 10 A - sin percutor			
		Total Ud:	5,000	5,23	26,15
4.8	Ud	TeSys Seccionador portafusible 1P 32A - fusible 10 x 38 mm			
		Total Ud:	5,000	13,44	67,20
4.9	Ud	Interruptor diferencial; Acti9 iID; 4P; 40A; 300mA AC			
		Total Ud:	1,000	456,51	456,51
4.10	Ud	Magnetotérmico, Acti9 iC60N, 4P, 40 A, B curva, 6000 A (IEC 60898-1), 10 kA (IEC 60947-2)			
		Total Ud:	1,000	342,92	342,92
4.11	Ud	Fronius Smart Meter Trifásico TS 65A-3			
		Total Ud:	1,000	240,06	240,06
4.12	M	Cable flexible 1x6 mm2 RZ1-K 0,6/1 KV EXZHELLENT GENERAL CABLE			
		Total m:	24,000	1,20	28,80
4.13	Ud	Pica 14 mm			
		Total Ud:	1,000	11,18	11,18
4.14.- ELECTRICISTAS					
4.11.1	H.	Oficial 1ª Electricista			
		Total h.:	12,000	11,44	137,28
4.11.2	H.	Oficial 2ª Electricista			
		Total h.:	12,000	11,15	133,80
4.11.3	H.	Ayudante-Electricista			
		Total h.:	12,000	10,56	126,72
Total presupuesto parcial nº 4 Instalación baja tensión y protecciones:					4.164,30

Presupuesto parcial nº 5 Equipos de protección individual

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
5.1	Ud	Conjunto de equipos de protección individual, necesarios para el cumplimiento de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente suministradas según especificaciones de Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.			
		Total Ud:	1,000	1.000,00	1.000,00
		Total presupuesto parcial nº 5 Equipos de protección individual :			1.000,00

Presupuesto de ejecución material

1 Línea aérea	10.745,31
2 Centro de transformación	5.384,50
3 Instalación fotovoltaica	23.936,56
4 Instalación baja tensión y protecciones	4.164,30
5 Equipos de protección individual	1.000,00
Total	45.230,67

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de **CUARENTA Y CUATRO MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y SEIS EUROS CON SESENTA Y UN CÉNTIMOS.**

La Carolina, 03/06/22

Iván Martínez

5. PLIEGO DE CONDICIONES

5.1. Condiciones generales

5.1.1. Técnico director de la obra

El director técnico debe cumplir con los objetivos siguientes:

- El director técnico será el encargado de redactar todos los complementos o rectificaciones que se produzcan a lo largo de la ejecución del proyecto.
- El director técnico será el encargado de aprobar el asesoramiento al promotor, la liquidación parcial y las certificaciones parciales de la obra.
- El director técnico será el encargado de controlar la correcta ejecución de las instalaciones provisionales, sistemas de higiene y seguridad y los medios auxiliares.
- Dependiendo de las reglas y las normas técnicas para una buena construcción, el director técnico con arreglo al proyecto debe dirigir la ejecución material.
- El director técnico será el encargado de realizar las mediciones de la obra ejecutada, acorde a las relaciones establecidas con respecto a la liquidación de la obra y las certificaciones valoradas.

5.1.2. Constructor o instalador

El constructor o instalador debe cumplir los siguientes objetivos:

- El constructor o instalador, junto con el director técnico deben de ser los encargados de rubricar el acta de replanteo de la obra.
- El constructor deberá de organizar las distintas intervenciones de los subcontratistas.
- El constructor deberá de actualizar el libro de órdenes con las anotaciones necesarias, además de custodiar el mismo para poder llevar a cabo el seguimiento de la obra en dicho libro.
- El constructor deberá de ser el encargado de facilitar la información con la suficiente antelación al técnico director, para que el técnico director pueda cumplir con la ejecución de los materiales.
- El constructor deberá de firmar las distintas actas de recepción provisional y definitiva, dicha acción se realizará junto al promotor de la obra.
- El constructor deberá de acordar los seguros de accidentes.

5.1.3. Presencia del constructor o instalador de la obra

El constructor o instalador será el encargado designar al jefe de la obra. Dicho jefe de obra tendrá la labor de adoptar las distintas disposiciones que sean competencia de la contrata, deberá de disponer de dedicación plena y disponer de las necesarias facultades para poder representarle.

5.1.4. Modificaciones de los documentos del proyecto

Las diferentes modificaciones o aclaraciones del pliego de condiciones, o modificaciones en los planos del proyecto, deberán de ser enviadas por escrito al constructor. A su vez, el constructor deberá de enviar al director técnico dichos avisos, modificaciones o instrucciones. Finalmente, el director técnico deberá de firmar todos estos documentos con su firma el enterado.

5.1.5. Demanda contra las ordenes de la dirección facultativa

Pueden darse el caso de que la dirección facultativa exija unas reclamaciones de orden económico, en el caso de que se incumplan el pliego de condiciones. En este caso el contratista podrá presentar las reclamaciones ante la propiedad. El contratista podrá exculpar su responsabilidad, siempre que exponga debidamente sus argumentos ante el director técnico. Sin embargo, si se tratase de una reclamación de orden técnica, esta no será admitida.

5.1.6. Replanteo

El constructor o instalador, deberá de comenzar la obra señalando las referencias principales. En el caso de que se produjesen replanteos parciales, esto servirá como base. Los replanteos que se produzcan deberán de estar incluidos en la oferta del contratista. Además de que se consideraran a cargo suyo.

Cuando el técnico director dé su aprobación, el constructor deberá prepara el acta. El acta deberá de ir acompañada de un plano, el cual deberá de ser aprobado por el técnico. La responsabilidad de este trámite recaerá sobre el constructor.

5.1.7. Comienzo de la obra

Los plazos de la obra estarán marcados en el pliego de condiciones, cumpliéndose así los diferentes trabajos dentro de cada periodo parcial. El tiempo total de ejecución de la obra deberá de estar expresado en el contrato.

El encargado de dar comienzo a las obras será el contratista, además, deberá de avisar al director técnico con un plazo máximo de tres días el comienzo de los trabajos.

5.1.8. Orden de los trabajos

El orden de los trabajos que se realizaran deberá de estar organizado por la contrata, aunque se puede producir determinados casos que la Dirección facultativa crea conveniente realizar determinadas variaciones de orden técnico.

5.1.9. Facilidades para otros contratistas

Si la obra contase con diferentes contratistas, deberá existir un contratista general el cual dará facilidades a los demás contratistas acorde a la dirección facultativa.

Si se diese el caso de que entre los diferentes contratistas se produjese un litigio, la encargada de solventar dicho conflicto será la dirección facultativa.

5.1.10. Ampliación del proyecto debido a causas de fuerza mayor

El técnico director será el encargado de dar las instrucciones en el caso de que se produjese una ampliación del proyecto debido a causas no previstas. Aunque solamente se producirá mientras se tramite el Proyecto Reformado. En todo este tiempo el trabajo no se interrumpirá.

5.1.11. Prorroga por causa de fuerza mayor

En el caso de que por causas de fuerza mayor la obra no pudiese comenzar, tuvieran que ser suspendidas o no se produjeran tales atrasos que provocaran que no se cumpliera con los plazos fijados, se le otorgara una prórroga para el cumplimiento de la contrata.

Para que le sea otorgada dicha prórroga, el constructor deberá exponer las causas que le impidan el realizamiento de la obra, razonando porque solicita dicha prórroga. Deberá de ser entregada por escrito al técnico director.

5.1.12. Responsabilidades de la dirección facultativa en el retraso de la obra

La dirección facultativa no tiene ninguna responsabilidad si la en la obra se produjese un retraso y el contratista delegara la culpa en dicha dirección facultativa por falta de ordenes o planos.

Podría darse el caso de que el contratista solicitase los planos, y la dirección facultativa no se los hubiese entregado, en este caso si podría excusarse.

5.1.13. Condiciones generales de ejecución de los trabajos

Los trabajos que se realicen en la obra deberán estar acorde a las indicaciones que aparecen en el proyecto. Si hubiera modificaciones, estas serán entregadas al técnico y deberán estar en los límites presupuestarios de dicho proyecto.

5.1.14. Documentación final de la obra

La Propiedad debe recibir la documentación final a manos del Técnico director, esta documentación debe estar actualizada con la legislación vigente.

5.1.15. Plazo de garantía

El plazo de garantía es de 12 meses, durante este plazo si se produjese alguna avería o defecto, el contratista será el encargado de arreglarlo. Si el contratista se opusiese, la propiedad será la que se haga cargo, con la fianza.

5.2. Condiciones económicas

5.2.1. Composición de los precios unitarios

El cálculo de los diferentes precios unitarios, este compuesto por la suma de los costes directos, indirectos, el beneficio industrial y los gastos generales.

Estos costes son:

- La mano de obra. La mano de obra también engloba los seguros sociales y pluses.
- El coste de los materiales que se utilizaran durante la ejecución de la obra.
- Los equipos de seguridad e higiene utilizados para la prevención y protección ante enfermedades o accidentes.
- Gastos de mantenimiento de maquinaria o instalaciones y gastos de amortización.
- Otros gastos pueden ser, el combustible, el no funcionamiento de alguna maquinaria o el gasto de personal.

5.2.2. Importe de contrata

El importe de la contrata se obtendrá del total del precio de ejecución de material sumando además el porcentaje del beneficio industrial y los gastos de ejecución, lo cual nos daría el coste total de la unidad de obra.

El beneficio industrial suele estar en torno al 6%, y los gastos generales en torno al 13%. Aunque estos porcentajes podrán ser modificados si se estableciesen otros diferentes en las condiciones particulares.

5.2.3. Precios contradictorios

Se pueden producir precios contradictorios en el caso de que produjesen cambios de calidad en alguna o varias de las unidades previstas, o en el caso de que hubiera que contraponer alguna situación imprevista.

5.2.4. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas

Una vez que el contrato haya sido firmado, el contratista no podrá aumentar el precio fijado en el presupuesto. Se podría modificar solamente antes de la firma, si se realizase alguna observación.

5.2.5. Revisión de los precios contratados

Si se superase un 5 por ciento el importe total, se podría realizar una revisión de los presupuestos firmados inicialmente en el contrato.

5.2.6. Acopio de materiales

El contratista será el encargado del acopio de los diferentes materiales que se necesiten para la ejecución de la obra, además también será el responsable de su conservación y mantenimiento. Los materiales pasaran a ser propiedad del propietario cuando el propietario abone el valor de los materiales.

5.2.7. Responsabilidad del constructor en el bajo rendimiento de los trabajadores

Si el rendimiento de las labores de la obra fuese inferior al rendimiento normal, el constructor deberá notificarlo por escrito al técnico director para en caso de que sea necesario aumentar la producción para cumplir con los plazos marcados.

5.2.8. Pagos

El propietario deberá realizar los pagos en los plazos establecidos previamente, en función de las certificaciones de obra realizadas por el técnico director.

5.2.9. Importe de la indemnización por retraso no justificado

Si se produjese un retraso en la finalización de la obra y no estuviera debidamente justificado, la contrata indemnizará por cada día natural que pase desde la fecha fijada de finalización de la obra. La suma de esta indemnización se descontará y retendrá de la fianza.

5.2.10. Unidades de obra defectuosas pero aceptables

Si la obra se produjese como defectuosa, el técnico director deberá dictaminar un precio. El contratista solo podrá conformarse con la resolución, aunque sí tendrá la opción de demoler la obra y rehacerla, siempre y cuando cumpla con los plazos fijados.

5.2.11. Seguro de las obras

La obra deberá estar asegurada durante la ejecución de la obra, el valor asegurado deberá ser igual al valor de los objetos que tenga asegurados la contrata. El contratista deberá explicar al propietario las condiciones y riesgos de las pólizas de seguros que se vayan a contratar.

5.3. Condiciones técnicas de la línea de alta tensión

5.3.1. Objeto y campo de aplicación

El Pliego de Condiciones, del presente proyecto, determina las condiciones mínimas para la ejecución en las obras de montaje de líneas aéreas de tercera categoría.

El suministro e instalación de esta obra será los correspondientes a la construcción de líneas aéreas de alta tensión de hasta 25 kV.

5.3.2. Replanteo de apoyos

Para situar los ejes de las cimentaciones, se dispondrá del uso de estaquillas. La disposición será de tres estaquillas, ya que nuestros apoyos serán de alineación. Se realizarán las medidas con la mayor exactitud posible, evitando de esta manera que aumente el volumen excavado.

5.3.3. Apertura de apoyos

Los trabajos que se contemplan en este epígrafe serían tanto la excavación como la explanación. Si el volumen de excavación fuese mayor que el volumen teórico, será el contratista el que deba dar cuenta. Si se es necesario variar el volumen de excavación, deberá ser acorde con el director técnico.

Las excavaciones deberán permanecer abiertas el menor tiempo posible, de lo cual se encargará el contratista. Si por razones meteorológicas, o por la constitución del terreno, hubiese amenaza de derrumbe en las excavaciones, los fosos deberán ser entibados tomándose las medidas de seguridad necesarias. En el caso de que penetrase agua en los fosos, dicha agua deberá ser expulsada antes del relleno de hormigón.

La tierra de las excavaciones que no se utilice para el relleno de los fosos, deberá ser retirada para el posterior allanado del terreno. Dicha tierra deberá ser transportada a un lugar donde al depositarla no ocasione perjuicio alguno.

5.3.4. Transporte, acarreo y acopio a pie de apoyo

Los apoyos no deberán ser arrastrados, ni golpeados, evitando de cualquier manera que se pueda producir una torcedura o una rotura de cualquier perfil que compone la estructura. El contratista será el que reciba el material, y deberá comunicar al director de obra cualquiera anomalía que se pueda producir en dicho material.

5.3.5. Cimentaciones

Para las cimentaciones de los apoyos, se empleará hormigón cuya dosificación sea de 200 kg/cm². Para procurar que la mezcla sea lo más homogénea posible, el amasado del hormigón se realizara en una hormigonera. Además, se debe contemplar la siguiente composición de hormigón:

- Cemento: 1
- Arena :3
- Grava: 6

Los macizos de los apoyos metálicos sobrepasaran el nivel del suelo en 10 cm. La parte superior de este macizo deberá tener finalizar en punta de diamante, la función de dicha geometría será de vierte-aguas, la cual deberá tener una pendiente de un 10% como mínimo.

5.3.6. Armado e izado de apoyos

Antes del montaje de los apoyos, deberán ser revisados con el fin de que en ellos no exista ningún error de construcción. Si en esta comprobación apareciesen defectos que sobre alguna pieza, o dificultades de ensambladura, el contratista deberá de notificarlo al técnico director.

Los apoyos una vez instalados deberán de quedar vertical, salvo el apoyo de fin de línea el cual se le dará una inclinación del 0,5% al 1%, en el sentido contraría de los esfuerzos producidos por los conductores. La contrata será la que dictamine el procedimiento de levante, aunque deberá de contar con la aprobación del técnico director.

En el montaje e izado de los apoyos ha de tenerse en cuenta que ningún elemento debe de estar sometido a ningún esfuerzo que le pueda llegar a producir una deformación.

Después del izado y antes del tendido de los conductores, se apretarán los tornillos dando a las tuercas la presión adecuada. Una vez comprobado el correcto montaje de los apoyos, se procederá al graneteado de los tornillos. Una vez finalizado, la contrata deberá avisar al director técnico para que los apoyos sean revisados.

5.3.7. Protección de las superficies metálicas

Todos los elementos de acero deberán estar galvanizados por inmersión.

5.3.8. Tendido, tensado y engrapado de los conductores

Cuando se manipule la cadena de aisladores, se tomarán las precauciones necesarias para que la cadena no se produzcan golpes ni se flexione.

El tendido del cableado no comenzará hasta una vez pasados 15 días desde la finalización de la cimentación de los apoyos, salvo que el director técnico indique lo contrario. Para realizar dicho tendido, se instalarán poleas con garganta de madera o aluminio, para garantizar un rozamiento lo mínimo posible.

Durante el tendido, con el fin de evitar que el conductor reciba algún tipo de daño, el contratista deberá desplazar a un operario con los medios necesarios para que el operario no sufra ningún daño. El contratista será responsable en el caso de que se produzca alguna avería por la no observancia de estas prescripciones.

El contratista deberá anotar la altura mínima de los conductores, dicha altura sería en el caso más desfavorable de toda la línea, indicando la temperatura a la que fue medida. Esta información deberá ser facilitada al director técnico. La comprobación del regulado se realizará siempre por la flecha.

En las operaciones de engrapado se deberá utilizar herramientas no cortantes, para evitar morder los cables de aluminio. Si una vez realizado el engrapado de un conductor, se comprueba que la grapa no está en el lugar correcto, lo que resultaría en una flecha no acorde a la calculada, se volverá a proceder al engrapado. Si el conductor no ha resultado dañado, se cortará el trozo según indique el director técnico.

5.3.9. Reposición del terreno

El propietario, si así lo desea, podría quedarse con las tierras sobrantes o los restos del hormigonado, en caso contrario el contratista será el encargado de transportarlas al vertedero.

5.3.10. Numeración de apoyos

La numeración de los apoyos se realizará con pintura negra, y podrán ser legibles desde el suelo. La numeración será dictada por el director de la obra. También se instalará una placa de señalización de “peligro eléctrico”, la cual deberá estar situada a una altura considerable para que no sea arrancada.

5.3.11. Tomas de tierra

Para garantizar una resistencia de difusión menor a 20 ohmios, se colocarán los electrodos necesarios, según dicta el apartado de cálculos del presente proyecto, los cuales irán conectados entre sí por medio de un cable de cobre de de 35 mm², o en su defecto dos cables de acero galvanizado de sección 50 mm².

Los electrodos se colocarán de tal forma que la parte superior del electrodo quede enterrada un mínimo 50 cm por debajo del suelo, y se colocarán a una distancia aproximada del apoyo de 80 cm.

El contratista será el encargado de facilitar al director técnico los valores de resistencia de puesta a tierra de todos los apoyos.

5.4. Condiciones técnicas centro de transformación

5.4.1. Objeto y campo de aplicación

Las condiciones técnicas del centro de transformación de este proyecto, serán las condiciones mínimas para obras de centros de transformación intemperie sobre poste.

5.4.2. Apoyo

La denominación del apoyo donde se situará el centro de transformación, será apoyo de fin de línea. El transformador se deberá colocar el transformador a una distancia mínima respecto al suelo de 6 metros.

5.4.3. Transformador

El transformador que se ha utilizado para el presente proyecto será un transformador trifásico reductor con neutro accesible en el secundario y refrigeración natural en aceite. Su potencia de transformador será de 50 kVA. Las características eléctricas y constructivas de dicho transformador estarán acorde con las especificadas por la compañía distribuidora.

5.4.4. Cuadro de BT

El cuadro de distribución de baja tensión se instalará en un lado del apoyo, dicho cuadro contará con una única salida. La salida deberá disponer de 4 bases c/c, 1 cuchilla de neutro y 3 cartuchos fusibles de alto poder de ruptura. El cuadro deberá tener un grado de protección IP439.

El cuadro también deberá disponer de un equipo de medida correspondiente a efectos de facturación.

5.4.5. Interconexión Pararrayos-Trafo

La conexión entre el pararrayos y el transformador se realizará mediante un cable de cobre desnudo, cuya sección es de 50 mm².

5.4.6. Pararrayos

El objetivo de la instalación de pararrayos, sería la protección contra intensidades que se puedan llegar a producir. El pararrayos se conectará a tierra mediante un conductor, el cual deberá de ir protegido mecánicamente por un tubo de material no ferromagnético.

5.4.7. Interconexiones Trafo-Cuadro de BT

Las interconexiones entre el transformador y el cuadro de baja tensión se realizarán mediante cableado de aluminio que garantice una tensión nominal 0,6/1 kV. Dicho cableado deberá tener un recubrimiento de XLPE, y deberá ir debidamente sujetos con abrazaderas.

5.4.8. Instalación de puesta a tierra

La puesta a tierra se realizará con la disposición indicada en el presente proyecto, se deberá de cumplir tanto la separación, la forma de construcción como los valores deseados para la puesta a tierra.

5.5. Condiciones técnicas de la instalación fotovoltaica

5.5.1. Objeto y campo de aplicación

Este pliego de condiciones recoge las condiciones técnicas mínimas que deben de cumplir las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red de distribución, para asegurar la calidad de dicha instalación.

5.5.2. Sistemas generadores fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos que se instalarán en el presente proyecto, serán los descritos en la memoria. En su defecto, se deberán de instalar otros, con características similares y acorde a las características descritas a continuación.

Deberán de incorporar el marcado CE y cumplir con la norma UNE-EN-61730, la cual trata sobre la cualificación de la seguridad de los módulos fotovoltaicos.

El panel fotovoltaico instalado deberá contar con una identificación, en la cual se pueda ver el nombre y modelo o logo del fabricante, además del número de serie del panel. También deberán de contar con diodos de derivación, para evitar posibles averías, los cuales deberán ir tener un grado de protección IP65.

Cada string deberá contar con un fusible, el cual se ha especificado las características en la memoria, el cual permitirá desconectar de manera independiente para cuestiones de seguridad y mantenimiento.

Los paneles fotovoltaicos deberán tener una garantía del fabricante mínima de 10 años, y otra garantía de rendimiento de 25 años.

5.5.3. Estructura soporte

La estructura deberá cumplir la normativa del Código Técnico de la Edificación, la cual garantizará la seguridad ante sobrecargas climatológicas.

Para la correcta fijación de los paneles fotovoltaicos, la estructura permitirá las dilataciones térmicas necesarias que no transmitir cargas a los paneles y que estos puedan resultar dañados.

La tornillería deberá ser de acero inoxidable, podría darse el caso de utilizar tornillería galvanizada si la estructura también fuese galvanizada. Pero la seleccionada para nuestro proyecto en la memoria, es de aluminio, por lo que se utilizara la tornillería mencionada al comienzo.

La estructura deberá soportar las cargas debidas a viento y nieve, acorde a la normativa vigente.

5.5.4. Inversor

El inversor que se instalará en el presente proyecto, será el descrito en la memoria. En su defecto, se deberá de instalar otro, con características similares y acorde a las características básicas descritas a continuación.

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Autoconmutados.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionara en modo aislado.

También deberá de incorporar las siguientes protecciones: frente a cortocircuitos en alterna, frente a tensiones fuera de rango, frente a frecuencia de red fuera de rango, frente a sobretensiones y finalmente, frente a perturbaciones presentes en la red.

El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal.

El grado de protección que deberá de presentar el inversor, será IP 65 para inversores instalados a la intemperie.

5.5.5. Cableado

Los positivos y los negativos de cada strings se deberán separar y proteger acorde a la normativa vigente. Además, los conductores deberán ser de cobre, y tener la sección adecuada para que la caída de tensión no sea superior al 1,5%.

Para que no se generen esfuerzos, y puedan producir un problema mayor, el cable deberá de tener la longitud adecuada. El cableado deberá poseer un doble aislamiento, y estar acorde con la norma UNE 21123.

5.5.6. Conexiones a red

Todas las instalaciones de hasta 100 kW cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

5.5.7. Medidas

Todas las instalaciones cumplirán con el Real Decreto 1110/2007, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

5.5.8. Protecciones

La instalación cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 (artículo 14) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

5.5.9. Puesta a tierra instalación fotovoltaica

La instalación cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 (artículo 15) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

5.5.10. Armónicos y compatibilidad electromagnética

La instalación cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 (artículo 16) sobre armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

5.5.11. Medidas de seguridad

Con el fin de que la instalación fotovoltaica, en caso de fallo en la red o fallo interno, no perturbe la red a la que está conectada, la instalación contará con las protecciones necesarias para que se pueda desconectar de dicha red.

6. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD

6.1. Objeto

En el presente documento quedara reflejada toda la normativa con respecto a la seguridad y salud del proyecto, acorde con el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

6.2. Plan de seguridad y salud

- El contratista será el que realice un estudio donde tendrá que describir el contenido del estudio básico de seguridad y salud, el cual deberá de estar acorde al sistema de ejecución de la obra.
- El plan de seguridad y salud evaluará la planificación de la actividad preventiva y los riesgos para los distintos puestos de trabajos en la obra, evitando que se pongan en juego la integridad física de los trabajadores.
- El director facultativo deberá de coordinar adecuadamente la faceta de seguridad y salud de la obra. También será el encargado aprobar el plan de seguridad antes de que la obra comience.
- En función del desempeño de los trabajos y de los posibles accidentes que se puedan llegar a producir el contratista podrá modificar el plan de seguridad y salud. Cuando el plan haya sido modificado, se presentará al director facultativo, el cual deberá de ser el encargado de aprobarlo.
- Todo trabajador de la obra, tendrá siempre a su disposición el plan de seguridad y salud para poder consultarlo.

6.3. Obligaciones del director facultativo de la obra

El director facultativo de la obra tiene la misión de coordinar la seguridad y prevención de accidentes en el transcurso de la obra. Deberá organizar y planificar toda tarea que se vayan a realizar de forma sucesiva o simultanea de forma que se cumpla con el plan de seguridad y salud, además de estudiar el tiempo requerido para realizar cada una de las operaciones de forma más eficiente y segura.

Las funciones del director facultativo son:

- Asegurar el cumplimiento del artículo 15 de la Ley de prevención de Riesgos Laborales.
- El plan de seguridad y salud deberá ser aprobado antes de que la obra comience.
- Supervisar el cumplimiento durante el transcurso de la obra del artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales de forma que las distintas actividades empresariales las cumplan.
- Supervisar la correcta aplicación en los métodos de trabajo de forma que analice las distintas funciones y acciones de control.
- Asegurar que solo pueda acceder a las instalaciones de la obra el personal que este autorizado, adoptando las medidas necesarias. Se deberá asignar un trabajador en específico que realice dicha tarea, en caso contrario el propio director facultativo deberá hacerse cargo.

6.4. Libro de incidencias

El libro de incidencias, es un libro en el cual se realizará un seguimiento para el control del plan de seguridad y salud. Dicho libro tendrá las páginas por duplicado, además, será facilitado por el Colegio Profesional del colegiado que firma y coordina el estudio básico de seguridad y salud.

El libro de incidencias estará custodiado el coordinador de seguridad y salud, o por el director facultativo.

6.5. Paralizaciones en los trabajos

Si se produjese un incumplimiento de las medidas propuestas del plan de seguridad y salud, el director facultativo o el coordinador de seguridad y salud, tendrían que comunicarlo al contratista, además de reflejarlo en el libro de incidencias. Si el incumplimiento se considera grave, podría producirse la paralización de la obra de manera parcial o total, puesto que se ha puesto en peligro la seguridad y salud de los trabajadores. Dicha acción estará acorde según dicta la Ley de Prevención de Riesgos Laborales en los apartados 2 y 3 del artículo 21, y en el artículo 44.

6.6. Principios aplicables durante la ejecución de la obra

Los principios generales que se pueden aplicar durante la ejecución de la obra aparecen reflejados en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, estas actividades o tareas son las siguientes:

- Se realizará un buen mantenimiento en las instalaciones de la obra para que el estado de esta sea limpio y ordenado.
- La adecuada elección del emplazamiento para llevar a cabo las áreas y los puestos de trabajo teniendo en cuenta sus condiciones de acceso, por otro lado, se deben determinar las distintas vías que se usaran para el desplazamiento o circulación en las instalaciones de la obra.
- La correcta utilización y manipulación de los distintos materiales y herramientas que sean necesarias durante la ejecución de la obra para evitar posibles accidentes debido a un mal uso.
- Se deberá de realizar un mantenimiento de forma periódica tanto de las herramientas que se utilizaran en el proyecto como de los materiales necesarios para su ejecución.
- En aquellas zonas donde se almacene cualquier material o sustancia que puedan resultar peligrosas, es necesario el acondicionamiento y limitación para evitar cualquier accidente que afecte a la seguridad y salud de los trabajadores.
- Los elementos empleados que puedan resultar peligrosos deben ser retirados con periodicidad para evitar que sean almacenados en las instalaciones de la obra.

- Los residuos y escombros almacenados durante la ejecución de la obra deben ser retirados y trasladados para que puedan ser eliminados.

6.7. Propuestas de medidas preventivas para reducir los riesgos laborales de la obra

En este apartado se expondrán una lista de protecciones técnicas y medidas preventivas para la realización de los diversos trabajos que se pueden realizar durante la ejecución de la obra, con el fin de controlar y reducir los problemas que puedan poner en peligro la seguridad y salud de los trabajadores:

6.7.1. Protecciones personales

6.7.1.1. Protecciones de la cabeza

Se deberá usar cascos para proteger la cabeza de posibles golpes que se puedan llegar a producir en la obra. La utilización de los cascos deberá ser obligatoria tanto para los trabajadores como para los visitantes. Dichos cascos deberán llevar estar marcados con las siglas C.E, y también deberán tener aislamiento eléctrico.

En zonas de elevado ruido, será obligatorio el uso de tapones o cascos, con el fin de que el oído no resulte dañado.

Los trabajadores que realicen trabajos de soldadura, deberán de utilizar pantallas protectoras. Mientras que los que realicen trabajos de tipo corte radial, será de uso obligatorio la utilización de gafas de protección.

6.7.1.2. Protecciones de cuerpo

Se deberá de utilizar la ropa adecuada al trabajo que se esté realizando, además en trabajos a una altura superior de 3 metros, se deberá de utilizar cinturones de seguridad con el fin de evitar una posible caída.

6.7.1.3. Protecciones de la parte superior

Se deberá de utilizar guantes anticorte, aunque en el caso de que se realicen trabajos de electricidad, los guantes deberán de ser dieléctricos. Estos guantes deberán de estar correctamente identificados y homologados acorde a la norma UNE-EN-60900.

6.7.2. Trabajos realizados en las alturas

Cuando se realicen trabajos a una altura superior a 3 metros será de uso obligatorio el cinturón o arnés de seguridad. Se utilizará el arnés de seguridad en los trabajos que requieran una cierta movilidad.

Para fijar correctamente el cinturón de seguridad, este se debe asegurar en puntos resistentes, como pueden ser techos, horquillas o cualquier elemento estructural, evitando de cualquier manera andamios o maquinas.

6.7.3. Utilización de cortadora de discos

La protección del disco de la cortadora de discos será como mínimo 1 cm superior a la parte superior del disco de corte, desechando su uso si la herramienta carece de este elemento de protección.

6.7.4. Equipos de soldadura

Es obligatorio el uso de guantes y gafas protectoras cuando cualquier trabajador utilice una máquina de soldar durante la ejecución de la obra.

Cuando se realicen tareas de soldadura cerca de un transformador, motor generador o rectificador, será necesario que dichos elementos estén conectados a tierra para evitar cualquier tipo de derivación o contacto accidental.

6.7.5. Trabajos realizados próximos a instalaciones eléctricas de alta tensión

Los trabajos realizados próximos a instalaciones eléctricas de alta tensión, deberán ser realizados en parejas. Con el objetivo de que, en caso de accidente de uno de los trabajadores, el otro pueda atenderlo con mayor rapidez y así mejorar la vigilancia durante la tarea.

En estos trabajos se debe cumplir la normativa operacional que tiene disponible la compañía eléctrica.

6.7.6. Trabajos con maniobras en aparatos de baja tensión

Los trabajos que requieran maniobrar con aparatos de baja tensión deberán realizarse sin tensión, exceptuando los trabajos que vengan especificados en las especificaciones técnicas. Es por ello que se deberá indicar al responsable de los trabajos cuando se comienzan a realizar las tareas y cuando se finalizan, siempre con el permiso del responsable.

Se deberán de cumplir las llamadas 5 reglas de oro para maniobrar con aparatos de baja tensión:

- Dejar abiertas todas las fuentes de tensión.
- Enclavar o bloquear y señalizar la aparamenta que se deja abierta.
- Comprobar la ausencia de tensión.
- Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes y entradas de tensión.
- Colocar las señales de seguridad adecuadas.

6.7.7. Trabajos de apertura de zanjas

Para realizar trabajos con zanjas se deberá tener en consideración la naturaleza del terreno. Si se diera el caso que la profundidad de la zanja superase los 1,5 metros, y las condiciones del terreno lo requieren, se deberá entibar la zanja. También deberá señalizarse las zanjas con una cinta o barandilla a una altura mínima de 1 metro.

Solo se podrá utilizar maquinaria hasta llegar a la protección de los servicios, pero si lo que se requiere es descubrir los conductores se deberá de emplear medios manuales para extraer la arena.

6.7.8. Información útil para trabajos posteriores

El contratista debe informar en el plan de seguridad y salud sobre los trabajos de conservación y mantenimiento de las distintas instalaciones en relación con la seguridad y salud de los trabajadores. Este informe debe de ser entregado a la compañía eléctrica.

7. BIBLIOGRAFIA

La bibliografía que se ha utilizado para la realización del presenta proyecto ha sido la siguiente:

- Apuntes de la asignatura “Generación de energía eléctrica con energías renovables”.
- Apuntes de la asignatura “Instalaciones eléctricas de alta tensión”.
- Apuntes de la asignatura “Instalaciones eléctricas de baja tensión”.
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red, del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA).
- Reglamento electrotécnico para baja tensión e ITC.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.