



Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Jaén

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED EN MODALIDAD DE AUTOCONSUMO PARA UNA NAVE INDUSTRIAL RESERVADA PARA LA EXPLOTACIÓN DE MADERA EN EL MUNICIPIO DE ARJONA.

Autor: Francisco Orozco Sierra

Fecha: 26/05/2024

Licencia CC



CREA



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

Don Jesús de la Casa Hernández, tutor del Proyecto Fin de Grado titulado:
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED EN MODALIDAD DE
AUTOCONSUMO PARA UNA NAVE INDUSTRIAL, que presenta Francisco
Orozco Sierra, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la
Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, mayo de 2024

El alumno:

Francisco Orozco Sierra

V.B. Tutor:

Jesús de la Casa Hernández



ÍNDICE GENERAL

1. DOCUMENTO 1. ANEXO: MEMORIA	9
1.1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.2. Antecedentes históricos.	12
1.3. NOCIONES IMPORTANTES SOBRE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA.	14
1.3.1. El efecto fotovoltaico.....	14
1.4. Radiación solar.	15
1.5. ASPECTOS TÉCNICOS.....	16
1.5.1. Panel fotovoltaico.	16
1.6. OBJETO DEL PROYECTO.	17
1.7. AUTOR DEL PROYECTO.....	18
1.8. LOCALIZACIÓN Y CLIMATOLOGÍA.....	18
1.9. ANTECEDENTES.	19
1.10. ALCANCE.	20
1.11. NORMATIVA APLICADA, REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES.	20
1.11.1. OTRAS REFERENCIAS.	21
1.12. DEFINICIONES Y SÍMBOLOS.	22
1.13. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.	23
1.13.1. Módulos fotovoltaicos.	24
1.13.2. Inversor.....	26
1.13.3. Instalación y conexionado.	28
1.14. RED DE CORRIENTE CONTINUA.....	28
1.14.1. Conductores.....	29
1.14.2. Protecciones de la red de corriente continua.	31
1.15. RED DE CORRIENTE ALTERNA.....	32
1.15.1. Cuadro general de baja tensión.....	32
1.15.2. Conexión a la red de BT de suministro interno.....	33
1.15.3. Módulo de medida y contador.....	33
1.15.4. Conductores.....	34
1.15.5. Canalizaciones.....	35



1.15.6. Protección de la interconexión.	35
1.16. PUESTA A TIERRA.....	36
1.17. MONITORIZACIÓN Y COMUNICACIONES.	37
2. DOCUMENTO 2. ANEXO: DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA ÓPTIMA.....	42
2.1. POTENCIAL FOTOVOLTAICO.	43
2.2. RESTRICCIONES LEGALES.	44
2.3. VALOR DE LA POTENCIA ÓPTIMA.....	46
2.3.1. Coste medio de la energía.	47
2.3.2. Precio de venta.....	48
2.3.3. Precio de adquisición de la energía.....	48
2.4. POTENCIA ÓPTIMA A INSTALAR.	49
2.4.1. Coste medio de la energía.	50
2.5. POTENCIA ÓPTIMA DE LA INSTALACIÓN.	53
3. DOCUMENTO 3. ANEXO: CÁLCULOS DE GENERACIÓN, DIMENSIONADO, CONDUCTORES Y PROTECCIONES.....	56
3.1. DATOS DE GENERACIÓN.....	57
3.2. PRODUCTIVIDAD HORARIA FOTOVOLTAICA.	57
3.3. POTENCIA ÓPTIMA.	60
3.4. ELECCIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.	60
3.5. ELECCIÓN DE LOS INVERSORES.....	62
3.5.1. Comprobación de compatibilidad.....	62
3.5.2. Factor de dimensionado.....	62
3.5.3. Número máximo de módulos en serie.	63
3.5.4. Número mínimo de módulos en serie.....	64
3.5.5. Número máximo de ramas en paralelo.....	65
3.6. CONFIGURACIÓN DEL GENERADOR.....	66
3.7. CÁLCULO DE CONDUCTORES.	66
3.7.1. Red de corriente continua.	66
3.7.2. Datos de partida.	67
3.7.3. Criterio caída de tensión.	68
3.7.4. Criterio térmico.....	69
3.7.5. Red de corriente alterna.	73



3.7.6.	Criterio caída de tensión.	73
3.7.7.	Criterio térmico.....	74
3.8.	INTENSIDAD NOMINAL DE MAGNETOTÉRMICOS DE PROTECCIÓN DE RAMA.	75
4.	DOCUMENTO 4. ANEXO: DATOS DE CONSUMO HORARIO	78
5.	DOCUMENTO 5. ANEXO: DATOS DE RADIACIÓN	92
6.	DOCUMENTO 6. ANEXO: FICHAS TÉCNICAS	106
6.1.	SOLIS S5-GC(50-60)K.	107
6.2.	CANADIAN SOLAR MODULE HiKu CS3W-450MS.	109
7.	DOCUMENTO 7. PLANOS	110
	PLANO 1: SITUACIÓN	111
	PLANO 2: EMPLAZAMIENTO	112
	PLANO 3: DISTRIBUCIÓN DE MÓDULOS Y CAJA DE CONEXIÓN	113
	PLANO 4: ESQUEMA UNIFILAR.....	114
	PLANO 5: CANALIZACIONES	115
8.	DOCUMENTO 8. PLIEGO DE CONDICIONES.....	119
8.1.	CONDICIONES GENERALES.	120
8.1.1.	Ámbito de aplicación.....	120
8.1.2.	Documentos que definen las obras.	120
8.1.3.	Documentos que definen las obras.	121
8.2.	DISPOSICIONES VIGENTES.....	121
8.2.1.	Seguridad en el trabajo.	123
8.2.2.	Seguridad pública.	123
8.3.	CARACTERÍSTICAS Y CALIDAD DE LOS MATERIALES.	124
8.3.1.	Generador Fotovoltaico.	124
8.3.2.	Generalidades.	124
8.3.3.	Módulos fotovoltaicos.	124
8.3.4.	Inversor.	126
8.3.5.	Red de corriente continua.	127
8.3.6.	Red de corriente alterna.	127
8.3.7.	Puesta a tierra.	128
8.4.	EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.	129
8.5.	ENSAYO Y PRUEBAS DE RECEPCIÓN.	129



8.6.	MANTENIMIENTO.	131
8.7.	GARANTÍA.	131
9.	DOCUMENTO 9. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	133
9.1.	OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.	134
9.1.1.	Descripción de obra y situación.	134
9.1.2.	Designación de un coordinador.	135
9.1.3.	Identificación de las actividades a realizar.	136
9.1.4.	Legislación y normativa técnica de aplicación.	136
9.1.5.	Servicios afectados y condiciones del terreno.	138
9.1.6.	Empresa responsable del plan de seguridad.....	138
9.2.	Presupuesto plazo de ejecución de las obras de la seguridad social y mano de obra.	139
9.2.1.	Relación de elementos a utilizar.	139
9.2.2.	Implantaciones de salubridad y confort.	139
9.2.3.	Botiquín de primeros auxilios.....	141
9.3.	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN.	141
9.3.1.	Identificación de riesgos.	141
9.4.	MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA EVITAR LOS RIESGO.	143
9.5.	PROTECCIONES.	144
9.6.	PREVENCIÓN DE RIESGOS COLECTIVOS.....	145
9.7.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA OBRA.....	145
10.	DOCUMENTO 10. ESTUDIO ECONÓMICO ESTUDIO ECONÓMICO 148	
10.1.	INTRODUCCIÓN.....	149
10.2.	ESTUDIO DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA-FINANCIERA.	149
10.2.1.	Datos de partida.	150
10.2.3.	Coste de la financiación.....	151
10.2.4.	Análisis financiero.....	152
10.2.5.	Análisis económico.	154
10.3.	CONCLUSIONES.....	157
11.	DOCUMENTO 11. PRESUPUESTO Y MEDICIONES	159
11.1.	PRESUPUESTO Y MEDICIONES.....	160
11.1.1	Capítulo 01. Generador fotovoltaico	160



11.1.3 Capítulo 02. Red de baja tensión	161
11.1.3 Capítulo 03. Canalizaciones subterráneas	161
11.2 JUSTIFICACIÓN PRECIOS SIMPLES	162
11.3 CUADRO PRECIOS DESCOMPUESTOS	164
11.3.1 Capítulo 01. Generador Fotovoltaico	164
11.3.2 Capítulo 02. Red de baja tensión.....	165
11.3.3 Capítulo 03. Canalizaciones subterráneas	166
11.4 RESUMEN DEL PRESUPUESTO	167

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Evolución de la energía solar fotovoltaica en España.	11
Figura 1.2. Efecto fotovoltaico	15
Figura 1.3 Distribución espectral de la radiación solar incidente.	16
Figura 1.4. Módulo fotovoltaico.	17
Figura 1.5. Mapa de zonas climáticas según radiación solar en España.	19
Figura 1.6. Esquema general de la instalación fotovoltaica.	24
Figura 1.7. Operación de célula en función de la temperatura.	26
Figura 1.8. Incidencia de irradiancia.	26
Figura 1.9. Esquema zonas cableado CC de un generador fotovoltaico.....	30
Figura 1.10. Módulos de conexión con la red de baja tensión.....	33
Figura 1.11. Esquema de puesta a tierra.	36
Figura 1.12. Esquema general de monitorización analítica.	39
Figura 2.1. Imagen de satélite del emplazamiento.....	43
Figura 2.2. Distribución anual de generación fotovoltaica.	50
Figura 2.3. Ejemplo gráfico Actualización.	51
Figura 3.1. Comparativa irradiancia julio y diciembre.	59
Figura 3.2. Comparativa julio y diciembre.	60
Figura 3.3. Esquema zonas cableado CC de un generador fotovoltaico.....	67



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Valores medio mensuales de H y T en el municipio de Jaén. Fuente PVGIS.
19

Tabla 1.2. Parámetros principales del módulo en condiciones estándar.25

Tabla 1.3. Datos mecánicos del módulo.25

Tabla 1.4. Principales características técnicas del inversor.28

Tabla 1.5. Parámetros medidos en monitorización analítica.38

Tabla 2.1. Energía a red y autoconsumo en función de la Potencia.50

Tabla 2.2. Variación del Coste medio en función de la potencia instalada.52

Tabla 2.3. Evolución de la cobertura en función de la potencia instalada.....53

Tabla 3.1. PR para los diferentes meses del año.....58

Tabla 3.2. Irradiancia por horas de todos los meses del año.59

Tabla 3.4. Intensidades máximas admisibles en sistemas fotovoltaicos.....72

Tabla 4.1. Consumo horario mes de enero.79

Tabla 4.2. Consumo horario mes de febrero.....80

Tabla 4.3. Consumo horario mes de marzo.81

Tabla 4.4. Consumo horario mes de abril.....82

Tabla 4.5. Consumo horario mes de mayo.83

Tabla 4.6. Consumo horario mes de junio.84

Tabla 4.7. Consumo horario mes de julio.....85

Tabla 4.8. Consumo horario mes de agosto.....86

Tabla 4.9. Consumo horario mes de septiembre.....87

Tabla 4.10. Consumo horario mes de octubre.88

Tabla 4.11. Consumo horario mes de noviembre.89

Tabla 4.12. Consumo horario mes de diciembre.90

Tabla 5.1. Radiación mes de enero.93

Tabla 5.2. Radiación mes de febrero.94

Tabla 5.3. Radiación mes de marzo.....95

Tabla 5.4. Radiación mes de abril.....96

Tabla 5.5. Radiación mes de mayo.97

Tabla 5.6. Radiación mes de junio.....98

Tabla 5.7. Radiación mes de julio.....99



Tabla 5.8. Radiación mes de agosto.	100
Tabla 5.9. Radiación mes de septiembre.	101
Tabla 5.10. Radiación mes de octubre.	102
Tabla 5.11. Radiación mes de noviembre.	103
Tabla 5.12. Radiación mes de diciembre.	104
Tabla 9.1. Datos generales.	150
Tabla 9.2. Datos de Explotación.	151
Tabla 9.3. Datos de Financiación.	151
Tabla 9.4. Dimensión Financiera del Préstamo y del Capital Propio.	152
Tabla 9.5. Análisis Financiero	153
Tabla 9.6. Resultado Análisis Económico.	156

TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 1.

ANEXO: MEMORIA



1.1. INTRODUCCIÓN.

La energía fotovoltaica es una forma de obtener electricidad a partir de la radiación solar. Es una tecnología cada vez más utilizada y popular debido a su capacidad para generar energía limpia y renovable.

La fotovoltaica se basa en el efecto fotoeléctrico, descubierto por Albert Einstein en 1905, que establece que cuando la luz solar incide sobre ciertos materiales, como el silicio, los electrones de esos materiales pueden ser excitados y liberados, generando corriente eléctrica.

Los sistemas fotovoltaicos constan de células solares, que son dispositivos electrónicos fabricados con materiales semiconductores, generalmente silicio. Estas células solares se agrupan en paneles solares, que a su vez se conectan en serie o en paralelo para generar la cantidad de electricidad deseada.

La energía eléctrica generada por los paneles solares puede ser utilizada directamente para alimentar equipos eléctricos o puede ser almacenada en baterías para su uso posterior. Además, es posible conectar los sistemas fotovoltaicos a la red eléctrica, vendiendo el exceso de energía producido y comprando electricidad cuando sea necesario.

La energía fotovoltaica tiene numerosas ventajas. Es una fuente de energía inagotable, ya que el sol es una fuente abundante y disponible en todo el mundo. Además, es una fuente de energía limpia, ya que no produce emisiones de gases de efecto invernadero ni contaminantes atmosféricos durante su funcionamiento. También es una tecnología silenciosa y de bajo mantenimiento.

España es uno de los países de Europa con mayor cantidad de horas de sol. Este factor, unido a los compromisos europeos de instalación de energías renovables, así como la conveniencia estratégica de disminuir la gran dependencia energética exterior y aumentar la autonomía energética ha hecho que la producción de energía solar sea particularmente atractiva en España, conllevando con esto una gran evolución de la energía solar fotovoltaica.

En resumen, la energía fotovoltaica es una forma prometedora de obtener electricidad a partir del sol. Su crecimiento en los últimos años ha sido significativo y se espera que siga expandiéndose en el futuro, contribuyendo así a la transición hacia un sistema energético más sostenible y libre de combustibles fósiles.

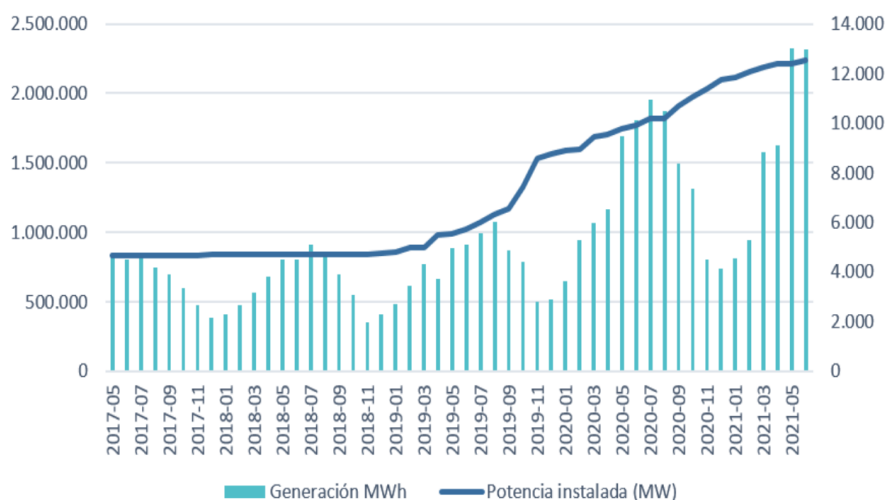


Figura 1.1. Evolución de la energía solar fotovoltaica en España.

Como se puede apreciar en la imagen anterior, se ha producido un notable incremento de la generación de energía solar fotovoltaica en estos últimos cuatro años, apreciándose de forma clara, la dinámica ascendente con la que se desarrolla este tipo de energía renovable en España.

Por otro lado, entra en vigor la nueva normativa de autoconsumo *RD 244/2019* suprime el concepto de balance neto y lo sustituye por el de compensación de excedentes de consumo.

Ambas tratan de la contraprestación por la energía excedentaria vertida a la red eléctrica, pero con un matiz que las diferencia.

El balance neto supone una compensación vatio a vatio, es decir, cada vatio excedentario es devuelto por la compañía en la misma proporción, restando esos vatios de la factura.



En la compensación de excedentes, la compañía eléctrica asigna un coste a cada vatio que vertemos a la red y, al final del periodo de facturación, suma el total del coste de todos los vatios vertidos y nos lo descuenta de la factura.

1.2. Antecedentes históricos.

La tecnología fotovoltaica, que convierte la luz solar directamente en electricidad, tiene una historia que se remonta a más de 150 años. Aquí tienes algunos de los antecedentes históricos más relevantes:

- Efecto fotovoltaico descubierto: En 1839, el físico francés Alexandre Edmond Becquerel descubrió el "efecto fotovoltaico" al observar que ciertos materiales generaban una pequeña corriente eléctrica cuando se exponían a la luz solar.
- Invención de la primera celda solar: En 1873, el ingeniero eléctrico inglés Willoughby Smith construyó la primera celda solar basada en selenio, que podía convertir la luz en electricidad.
- Avances en la teoría: A finales del siglo XIX, varios científicos, como Werner von Siemens, Charles Fritts y Albert Einstein, realizaron investigaciones teóricas sobre el efecto fotovoltaico y la conversión de la luz solar en electricidad.
- Células solares de silicio: En la década de 1950, los científicos comenzaron a desarrollar células solares basadas en silicio, un material semiconductor más eficiente que el selenio utilizado anteriormente. Estos avances allanaron el camino para la tecnología fotovoltaica moderna.
- La tecnología fotovoltaica, que convierte la luz solar directamente en electricidad, tiene una historia que se remonta a más de 150 años. Aquí tienes algunos de los antecedentes históricos más relevantes:
- Efecto fotovoltaico descubierto: En 1839, el físico francés Alexandre Edmond Becquerel descubrió el "efecto fotovoltaico" al observar que ciertos materiales generaban una pequeña corriente eléctrica cuando se exponían a la luz solar.
- Invención de la primera celda solar: En 1873, el ingeniero eléctrico inglés Willoughby Smith construyó la primera celda solar basada en selenio, que podía convertir la luz en electricidad.



-
- Avances en la teoría: A finales del siglo XIX, varios científicos, como Werner von Siemens, Charles Fritts y Albert Einstein, realizaron investigaciones teóricas sobre el efecto fotovoltaico y la conversión de la luz solar en electricidad.
 - Células solares de silicio: En la década de 1950, los científicos comenzaron a desarrollar células solares basadas en silicio, un material semiconductor más eficiente que el selenio utilizado anteriormente. Estos avances allanaron el camino para la tecnología fotovoltaica moderna.
 - Aplicaciones espaciales: En la década de 1950 y 1960, la NASA y otras agencias espaciales comenzaron a utilizar paneles solares en satélites y sondas espaciales, ya que proporcionaban una fuente de energía confiable en el espacio.
 - Popularización y crecimiento: A partir de la década de 1970, se produjo un aumento significativo en la investigación y desarrollo de la tecnología fotovoltaica. Se construyeron las primeras instalaciones de energía solar a gran escala y los precios de las células solares comenzaron a disminuir, lo que permitió una mayor adopción de la energía solar en diversas aplicaciones.
 - Avances en la eficiencia: A lo largo de las décadas siguientes, los investigadores lograron avances significativos en la eficiencia de las células solares, mejorando la relación entre la cantidad de luz solar capturada y la electricidad generada.
 - Crecimiento acelerado: A medida que los costos de la tecnología fotovoltaica continuaron disminuyendo y la conciencia sobre la sostenibilidad y el cambio climático aumentó, la energía solar experimentó un rápido crecimiento en las últimas décadas. Se instalaron grandes parques solares y paneles solares en tejados residenciales y comerciales en todo el mundo.

Hoy en día, la energía solar fotovoltaica es una de las fuentes de energía renovable más importantes y de más rápido crecimiento, con un gran potencial para la generación de electricidad limpia y sostenible.



1.3. NOCIONES IMPORTANTES SOBRE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA.

1.3.1. El efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico es un fenómeno físico en el que ciertos materiales generan una corriente eléctrica cuando son expuestos a la luz. Este efecto es la base del funcionamiento de las células solares fotovoltaicas, que convierten la energía luminosa en energía eléctrica.

El efecto fotovoltaico se basa en la propiedad de ciertos materiales, como el silicio, de tener una estructura cristalina que permite que los electrones se muevan dentro del material. Cuando un fotón de luz incide sobre la superficie de un material fotovoltaico, puede ser absorbido por el material, transfiriendo su energía a los electrones.

La energía transferida a los electrones puede hacer que algunos de ellos se liberen de sus átomos y adquieran suficiente energía para moverse a través del material. Estos electrones liberados forman una corriente eléctrica, que puede ser aprovechada para alimentar dispositivos eléctricos o ser almacenada en baterías para su uso posterior.

Las células solares fotovoltaicas están compuestas por capas de materiales semiconductores, como el silicio dopado, que crean una interfaz de unión pn. Cuando la luz incide en la célula solar, los fotones con suficiente energía pueden excitar los electrones del material semiconductor, generando corriente eléctrica.

El efecto fotovoltaico es una tecnología limpia y renovable, ya que no produce emisiones contaminantes ni requiere de combustibles fósiles para generar electricidad. Es ampliamente utilizado en paneles solares para la generación de energía eléctrica a partir de la luz solar, tanto en aplicaciones residenciales como comerciales e industriales.

En resumen, el efecto fotovoltaico es el proceso mediante el cual la energía luminosa se convierte directamente en energía eléctrica utilizando materiales semiconductores en células solares fotovoltaicas. Este efecto ha sido fundamental para el desarrollo de la energía solar como una fuente de energía sostenible y limpia.

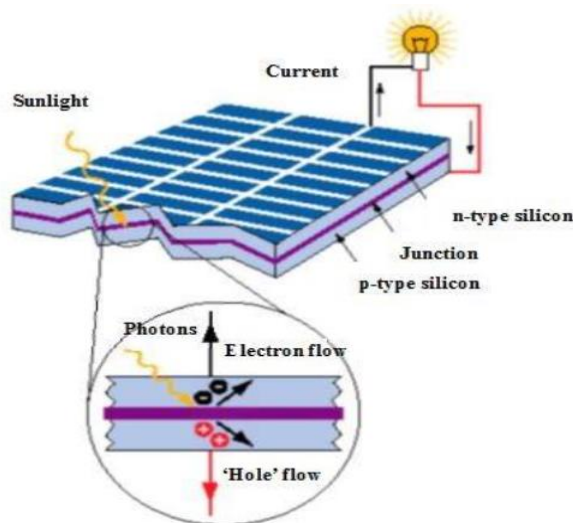


Figura 1.2. Efecto fotovoltaico

1.4. Radiación solar.

La energía solar resulta del proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el sol. Esta energía es el motor que mueve nuestro medio ambiente, siendo la energía solar que llega a la superficie terrestre 10.000 veces mayor que la energía consumida actualmente por toda la humanidad. La radiación es transferencia de energía por ondas electromagnéticas y se produce directamente desde la fuente hacia fuera en todas las direcciones. Estas ondas no necesitan un medio material para propagarse, pueden atravesar el espacio interplanetario y llegar a la Tierra desde el Sol. La longitud de onda y la frecuencia de las ondas electromagnéticas, son importantes para determinar su energía, su visibilidad y su poder de penetración. Todas las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a una velocidad de 299.792 Km/s. Estas ondas electromagnéticas pueden tener diferentes longitudes de onda. El conjunto de todas las longitudes de onda se denomina espectro electromagnético. El conjunto de las longitudes de onda emitidas por el Sol se denomina espectro solar.

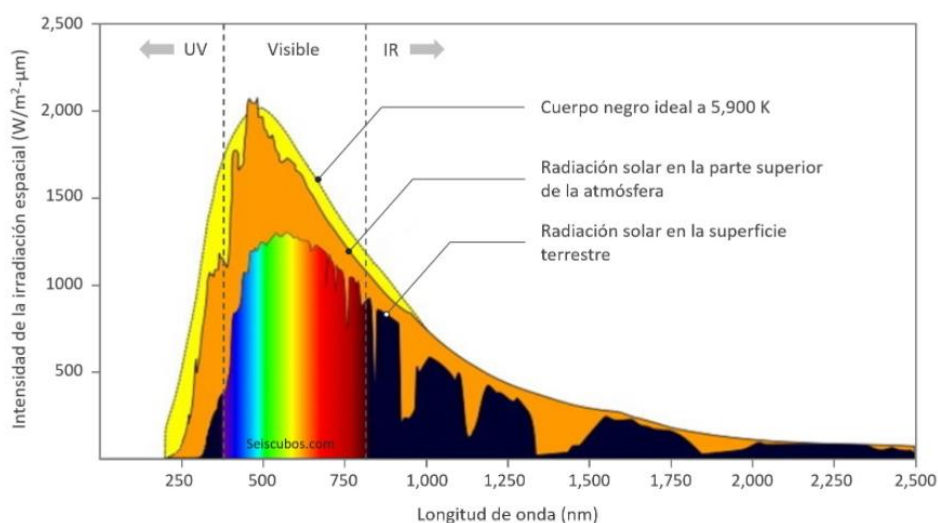


Figura 1.3 Distribución espectral de la radiación solar incidente.

Los rayos x y otras radiaciones de onda muy corta del espectro solar son absorbidos en gran medida en la ionosfera por el nitrógeno, el oxígeno y otros componentes atmosféricos. La mayor parte de los rayos ultravioleta, por su parte, son absorbidos por el ozono. Para longitudes de onda superiores a 2,500 nm se produce una fuerte absorción debida al dióxido de carbono y al agua presentes en la atmósfera, por lo que llega muy poca radiación de este tipo hasta la superficie terrestre. En lo que respecta a las aplicaciones terrestres de la energía solar, las radiaciones más importantes tienen longitudes de onda comprendidas entre 290 y 2,500 nm. Estas radiaciones también son las que más variaciones sufren debido a la difusión y la absorción, especialmente en la parte de los infrarrojos.

1.5. ASPECTOS TÉCNICOS.

1.5.1. Panel fotovoltaico.

Los módulos fotovoltaicos están formados por un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son:

- Radiación de 1000 W/m².

- Temperatura de célula de 25° C (no temperatura ambiente).

Las placas fotovoltaicas se dividen en:

- Cristalinas.
- Monocristalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los cuatro lados cortos, si se observa se aprecia que son curvos, debido a que es una célula circular recortada).
- Policristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.
- Amorfás: cuando el silicio no se ha cristalizado.



Figura 1.4. Módulo fotovoltaico.

1.6. OBJETO DEL PROYECTO.

El objeto principal de este proyecto es diseñar una extracción solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica destinada para el autoconsumo de una empresa dedicada a la industria de la madera, situada en Arjona-Jaén.

Para poder lograr el objetivo de forma exitosa se establecen una serie de objetivos parciales que conducen a la meta propuesta:

- Determinación de la potencia fotovoltaica óptima a instalar en función del consumo de la industria en el año anterior.



-
- Diseño del generador fotovoltaico instalado en el tejado de la nave industrial.
 - Diseño de las instalaciones eléctricas de baja tensión, tanto en la parte de la corriente continua (DC) como en la corriente alterna (CA), desde el campo generador hasta el punto de conexión con la red, incluyendo cableado, aparellaje, inversor y equipos necesarios.
 - Diseño de los sistemas de protección para personas, equipos e interconexión con la red de baja tensión.
 - Estudio de la rentabilidad de la instalación.

Es también objeto de este Proyecto servir como documento para superar la asignatura Trabajo Fin de Grado de la titulación Grado en Ingeniería Electrónica Industrial.

1.7. AUTOR DEL PROYECTO.

El estudio del diseño del generador fotovoltaico según las necesidades de consumo energético que tiene la empresa para la cual se está elaborando el presente proyecto, el estudio y análisis y distintas necesidades para su correcta ejecución ha sido llevado a cabo por:

Nombre: Francisco Orozco Sierra.

DNI: 53910205-E.

Dirección: Calle Pintor Ramírez, nº5, Arjona (Jaén).

Código Postal: 23760.

Móvil: 677242285.

Correo electrónico: fos00001@red.ujaen.es

1.8. LOCALIZACIÓN Y CLIMATOLOGÍA.

La ejecución del proyecto será en la provincia de Jaén.

La instalación a proyectar está situada en la ciudad de Arjona- jaén.

Coordenadas:

- 39.43103°N.
- -6,05538°O.

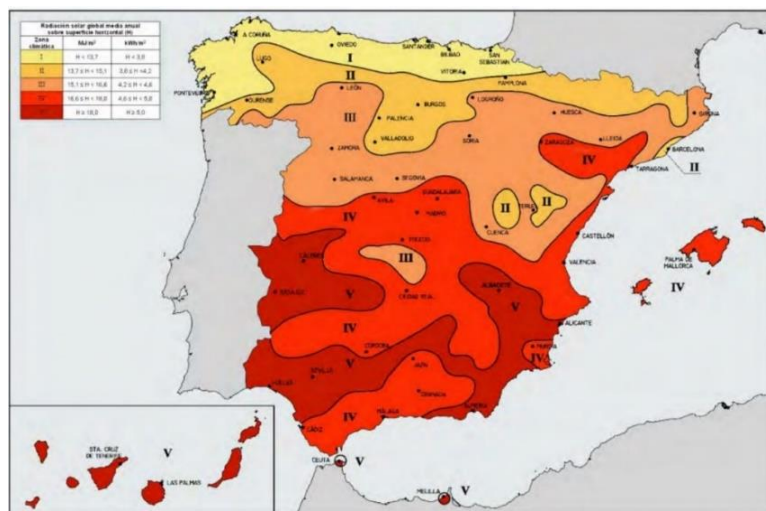


Figura 1.5. Mapa de zonas climáticas según radiación solar en España.

Los datos medio mensuales de la irradiación y de la temperatura se adjuntan a continuación en la siguiente tabla, donde H es la irradiación global media mensual en plano horizontal y T es la temperatura media mensual:

Mes	$H(h)$ (kWh/m ² /mes)	T (°C)
Jan	74,1	8,0
Feb	91,5	8,8
Mar	138,2	12,1
Apr	168,3	15,7
May	216,0	20,1
Jun	236,3	25,1
Jul	251,5	28,8
Aug	224,5	28,5
Sep	167,6	23,5
Oct	125,2	18,5
Nov	81,0	11,9
Dec	74,6	8,8
TOTAL	154,1	17,5

Tabla 1.1. Valores medio mensuales de H y T en el municipio de Jaén. Fuente PVGIS.

1.9. ANTECEDENTES.

Hasta el momento la empresa obtenía el 100% del suministro de energía de la red. Con el presente proyecto se pretende implementar una instalación fotovoltaica capaz de



abastecer el consumo total demandado por la empresa conllevando una reducción del consumo de la red, con lo que se consigue una reducción de costes.

En este proyecto se ha tenido en cuenta en todo momento lo estipulado en el documento de propuesta de trabajo de fin de grado presentado y aprobado por la “Comisión de Trabajos Fin de Grado” de la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

1.10. ALCANCE.

El alcance de este proyecto se limita al diseño de la instalación fotovoltaica, su conexión a la red de BT. y a la monitorización de dichas instalaciones. Quedando al margen de este proyecto otros aspectos como el estudio estructural de la cubierta y las acciones derivadas de la instalación de los módulos fotovoltaicos, no obstante, si se tendrá en cuenta en el diseño reducir al mínimo estas acciones.

1.11. NORMATIVA APLICADA, REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES.

Para la elaboración del presente proyecto se ha tenido en cuenta las siguientes normas, reglamentos y disposiciones oficiales:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 1995/2000, de 1 de diciembre, porque regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, porque se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- 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 ITCRAT 01 a 023.
- Ley 22/2013 de 26 de diciembre del Sector Eléctrico.
- 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 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y producción con autoconsumo.
- Real Decreto-Ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y protección de los consumidores.
- Real Decreto 614/2001: Disposiciones mínimas para la protección y seguridad de los trabajadores en instalaciones eléctricas.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e instrucciones técnicas complementarias.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Especificación AENOR EA 0038. Cables eléctricos de utilización en circuitos de sistemas fotovoltaicos.
- Normas particulares de Iberdrola.
- Normas UNE que sean de aplicación.
- Real Decreto 1627/97, sobre disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

1.11.1. OTRAS REFERENCIAS.

Para la redacción de este Proyecto se ha utilizado el material académico de las asignaturas impartidas en la Escuela Politécnica Superior de Jaén “Tecnología Eléctrica de los Sistemas Fotovoltaicos”, “Instalaciones Fotovoltaicas” y “Gestión y Mantenimiento de Sistemas Fotovoltaicos”.

Así como otras fuentes las cuales están más detalladas en el apartado bibliografía presente en este proyecto.



1.12. DEFINICIONES Y SÍMBOLOS.

CA:	Corriente alterna.
AT:	Alta tensión.
BT:	Baja tensión
CC:	Corriente continua.
CT:	Centro de transformación.
THD:	Tasa de distorsión armónica.
E_{ca}:	Energía en alterna generada por el sistema fotovoltaico.
CEM:	Condiciones estándar de medida
GSTC:	Irradiancia en condiciones estándar.
G:	Irradiancia global Gd: Irradiancia difusa.
H:	Irradiación global.
I_G:	Corriente del generador.
I_M:	Corriente del módulo.
I_{MPM}:	Corriente del punto de máxima potencia del módulo.
I_{SCM}:	Corriente de cortocircuito del módulo.
I_{SCG}:	Corriente de cortocircuito del generador.
I_{MPG}:	Corriente del punto de máxima potencia del generador.
N_{mp}:	Número de módulos en paralelo del generador fotovoltaico.
N_{ms}:	Número de módulos en serie del generador fotovoltaico.
P_{ca}:	Potencia a la salida del inversor.
P_{cc}:	Potencia a la entrada del inversor.
P_G:	Potencia del generador.
P_F:	Factor de comportamiento (Performance Ratio).



P_{MG} :	Potencia del punto de máxima potencia del generador.
P_{MM} :	Potencia del punto de máxima potencia del módulo.
T_a :	Temperatura ambiente.
$TONC$:	Temperatura de operación nominal de la célula.
V_G :	Tensión del generador.
V_M :	Tensión del módulo.
V_{MPM} :	Tensión del punto de máxima potencia del módulo.
V_{MPG} :	Tensión del punto de máxima potencia del generador.
V_{OCG} :	Tensión de circuito abierto del generador.
V_{OCM} :	Tensión de circuito abierto del módulo.
η :	Rendimiento del inversor
AS :	Cables no propagadores.

1.13. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

La instalación consta de un generador fotovoltaico de 60 kWp compuesto por 134 módulos fotovoltaicos de 450 W cada uno conectados a través de un inversor de 60 kW de potencia a la red interna de suministro eléctrico de la industria, los módulos estarán dispuestos en la cubierta de la nave industrial.

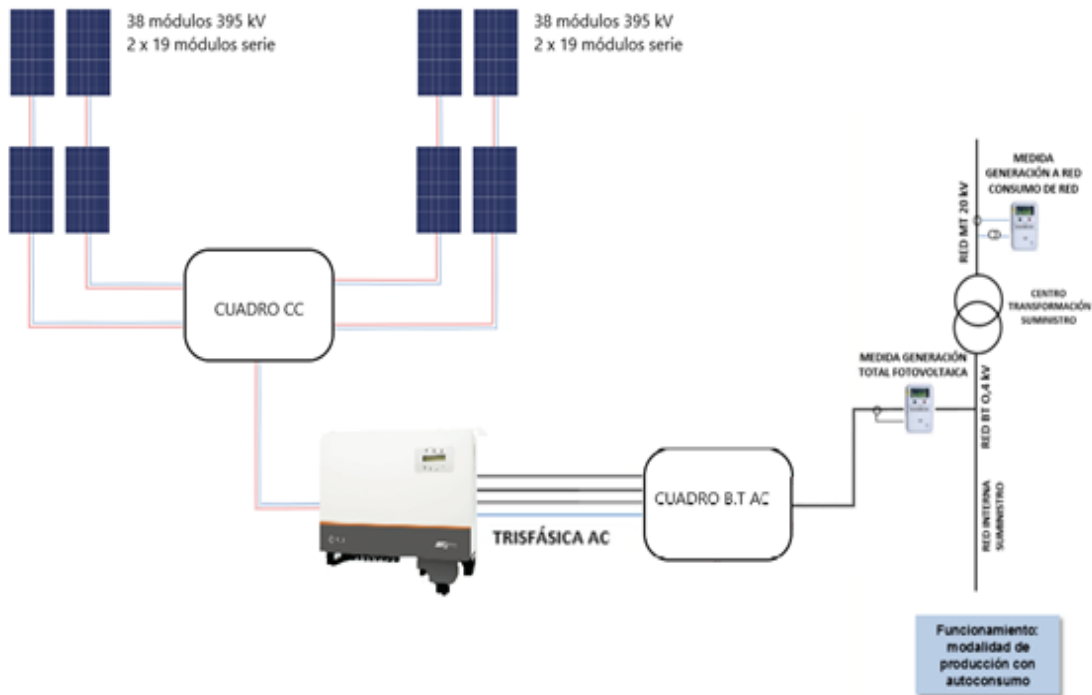


Figura 1.6. Esquema general de la instalación fotovoltaica.

Los cuadros de BT en AC y CC están conformados por:

- Cuadro CC: conexión, seccionamiento y monitorización.
- Cuadro BT AC: conexión, protección y maniobra.

1.13.1. Módulos fotovoltaicos.

El módulo fotovoltaico elegido set el módulo “CANADIAN SOLAR MODULE CS3W-450MS”. de silicio monocristalino, 450 W de potencia.

Se ha elegido dicho módulo debido a las buenas características que presenta.

Para realizar el dimensionado de la instalación se tendrá que tener en cuenta las características del módulo proporcionadas por el fabricante.



Parámetro	Valor
Potencia Nominal (0/+5 W)	450 W
Eficiencia del módulo	20,40%
Corriente Punto de Máxima Potencia	10,96 A
Tensión Punto de Máxima Potencia	41,1 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	11,60 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	49,1 V
Coeficiente de Temperatura de Isc	0,05% /°C
Coeficiente de Temperatura de Voc	-0,27% /°C
Coeficiente de Temperatura de P	-0,35% /°C
Tipo de célula	Mono-Cristalino
Tensión máxima del sistema (V)	1,500

Tabla 1.2. Parámetros principales del módulo en condiciones estándar.

DATOS MECÁNICOS	
Dimensiones (mm)	2,108 × 1,048 × 40 mm (L × W × H)
Área (m ²)	2,21
Peso (kg)	24,9
Células Solares	144
Cables de salida	1.5m de largo, 1 × 4 mm²
Conector	MCE-Evo2

Tabla 1.3. Datos mecánicos del módulo.

A continuación, se mostrarán las curvas I-V de dicho módulo.

En la cuales se observa:

- Operación de célula en función de la temperatura
- Incidencia de irradiancia.

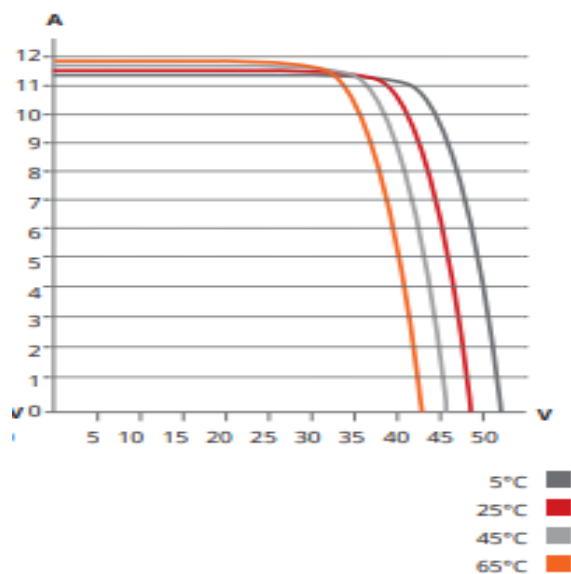


Figura 1.7. Operación de célula en función de la temperatura.

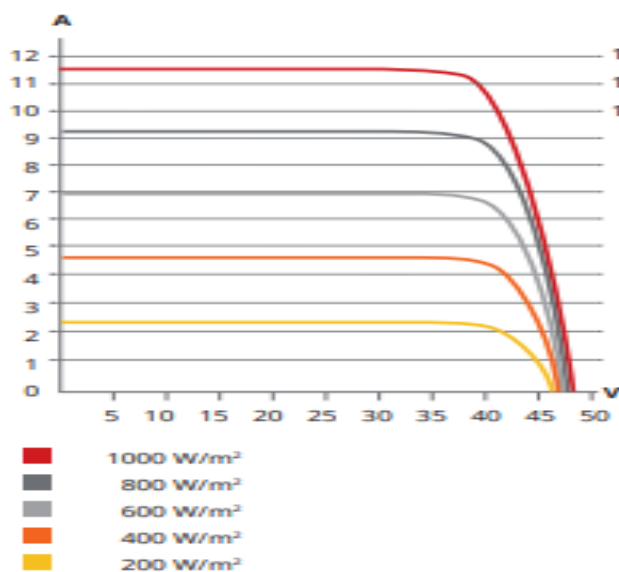


Figura 1.8. Incidencia de irradiancia.

1.13.2. Inversor.

Para la conexión del generador a la red se utilizará un inversor de 60 kW de la casa Solís en concreto el modelo “Solís S5-GC60K”, el cual será el encargado de convertir a la corriente continua generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna que se inyecta a la red.



El inversor utilizado posee un funcionamiento completamente automático con seguimiento del punto de máxima potencia.

Las principales características del inversor elegido serán:

- Eficiencia máx. 98,7%.
- IP66.
- Corriente de cadena de hasta 32 A.
- Soporta RS485, WiFi, GPR.
- Soporta control de potencia de exportación.
- Refrigeración inteligente y redundante del ventilador.
- Amplio rango de voltaje y bajo voltaje de arranque.
- Protección AFCI, reduce proactivamente el riesgo de incendio.
- Soporta el acceso de alambre de aluminio para reducir costos.
- Monitoreo inteligente de cadenas, escaneo inteligente de curvas I-V.
- Componentes de marca reconocidos a nivel mundial para una vida útil más larga.
- Admite módulos de alta potencia para reducir los costos de instalación.
- Diseño de 6 MPPT, admite el diseño de sistemas de orientación múltiple.
- Función de recuperación de PID nocturna, aumenta el rendimiento general del sistema (opcional).
- Escanear para registrarse en SolisCloud, admite actualización y control remotos.
- Soporta comunicación GPRS/WiFi con menos cableado y menores costos de instalación.

En la siguiente tabla se mostrarán las principales características técnicas del inversor, el cual deberá cumplir las normas EMC EN 61000; EN 62109 y la normativa establecida en el RD 1699/2011 por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.



Parámetro	Valor
Potencia de CC máxima	60 kW
Rango de tensión MPPT	180 V-1000 V
Máxima tensión de entrada	1100 V
Máxima intensidad de entrada	32 A
Potencia nominal de salida	60 kW
Tensión de salida nominal	3/PE, 230 V
Frecuencia	50Hz/60Hz, ± 5 Hz
Máxima intensidad de salida	91,2 A
Eficiencia	98.7%
Rango de temperaturas	-25 °C ... +60 °C
Grado de protección	IP66

Tabla 1.4. Principales características técnicas del inversor.

1.13.3. Instalación y conexionado.

Los módulos al igual que las cajas de conexión serán instaladas en la propia cubierta de la nave industrial, los cuales adoptarán la inclinación de la propia nave 14 grados.

Dichas cajas serán de clase de protección IP95 y albergarán los elementos de protección frente a sobretensiones y sobreintensidades.

Se dispondrá de un cuadro general DC donde se realizará la conexión de los dos subgeneradores con el inversor. En dicho cuadro se dispondrá por cada inversor, y en el caso en que este no lo tenga incorporado, un interruptor seccionador para separar el inversor de la red de continua, de intensidad nominal 63 A y tensión 800 V CC.

1.14. RED DE CORRIENTE CONTINUA.

La red de CC estará comprendida entre los módulos fotovoltaicos y el inversor. Para el dimensionado de CC se tendrán en cuenta una serie de normas:

- UNE-HD 60364-7-712:” Instalaciones eléctricas de baja tensión”.
- UNE-EN 50618; “Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos”.



-
- UNE-HD 60364-5-52: “Instalaciones eléctricas de baja tensión”.
 - AENOR EA 038: “Cables eléctricos de utilización en circuitos de sistemas fotovoltaicos”.
 - Código FOTOVOLTAICO PV ZZ-F-(AS).

Siguiendo el criterio térmico de conductores del inversor, se obtendrá una corriente de 27,3 A.

1.14.1. Conductores.

Los conductores a utilizar estarán especialmente diseñados para ser utilizados en la red de continua de sistemas fotovoltaicos. Cumplirán las especificaciones de la *norma UNE-EN 50618 “Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos”*.

Sus principales características son:

- Designación: H1Z2Z2-K.
- Tensión nominal U_0/U 1,5/1,5 kV.
- Tensión máxima: U_{MAX} 1,8 kV.
- Conductor de cobre electrolítico estañado, clase 5 (flexible).
- Rango de temperaturas -40°C $+90^{\circ}\text{C}$.
- Máxima temperatura del conductor 120°C .
- Resistentes a la intemperie: rayos ultravioletas, ozono, absorción de agua.
- Cables de alta seguridad (AS): aislamiento y cubierta de compuesto reticulado libres de halógenos;
- No propagación de llama, no propagadores de fuego; baja emisión de humos; baja
- Emisión de gases corrosivos.
- Vida útil de 30 años.
- Por otro lado, las secciones, justificadas debidamente en la memoria de cálculo, serán las siguientes:

- Módulo - módulo (formación de strings): de 4 mm².
- Strings - Inversores: sección de 10 mm².

Atendiendo a las características mencionadas anteriormente se dispondrá al correcto diseño del cableado de corriente continua.

En el cual se tendrá que tener en cuenta unas determinadas zonas de cableado.

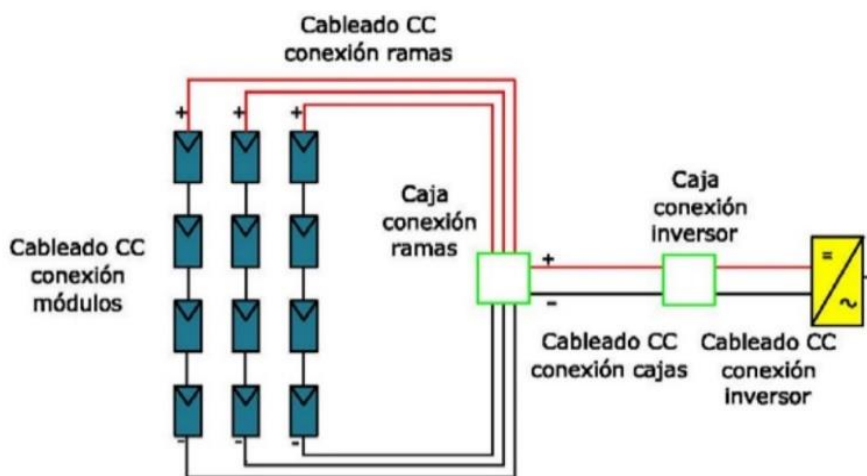


Figura 1.9. Esquema zonas cableado CC de un generador fotovoltaico.

A continuación, se mostrará un esquema donde se puede observar los distintos tramos que obtendremos de cableado para realizar las conexiones.

La red de corriente continua consta:

- Tramo 1: Desde caja de conexión CC inversor hasta la entrada del inversor, 10 mm² Cu.
- Tramo 2: Caja de conexión de ramas hasta caja de conexión CC inversor, 10 mm² Cu.
- Tramos 3: Cableado que realiza las conexiones de los módulos que forman las ramas, conductores unifilares de 4 mm² Cu.



1.14.2. Protecciones de la red de corriente continua.

El generador fotovoltaico consta para proteger la red de corriente continua de un sistema de protección de equipos basado en la instalación de:

- Descargadores de sobretensión.
- Diodos.
- Magnetotérmicos.

Gracias a este sistema se protegerá a los equipos frente a sobretensiones y sobreintensidades.

La protección frente a sobreintensidades tiene por objeto impedir que ninguna de las ramas del generador se convierta en carga de las demás en situaciones de sombreados parciales y de cortocircuitos en el generador. Los diodos de paso que traen incorporados los módulos impiden estas sobrecargas en situaciones de sombreados parciales y la utilización de interruptores magnetotérmicos las sobrecargas y sobreintensidades en situaciones de cortocircuito.

El empleo de interruptores magnetotérmicos es la opción más interesante para la protección frente a sobreintensidades por las ventajas que ofrecen frente a los fusibles como: no introducen pérdidas en el circuito; no necesitan reposición en caso de actuación; permiten separar, incluso bajo carga, y aislar de una manera fácil las ramas para poder efectuar trabajos de reparación o mantenimiento; presenta una mejor curva de protección.

Por otro lado, también dispondrá de un sistema para la protección de personas, en cual estará basado en:

- Aislamiento de las partes activas de la red de CC.
- Uso de una configuración flotante para generador.
- Utilización de un controlador permanente de aislamiento.
- Puesta a tierra de todas las masas que por defectos de aislamiento pudieran quedar en tensión.



1.15. RED DE CORRIENTE ALTERNA.

La red de CA de baja tensión partirá desde la salida del inversor hasta llegar al cuadro general de BT del centro de transformación, dicha red será trifásica con una tensión nominal de 400 V.

En dicho cuadro se instalarán los siguientes elementos de protección:

- Interruptor general magnetotérmico de 160 A, 4P, 400 V, con intensidad de cortocircuito de 25 kA, el cual consta un módulo de protección diferencial de sensibilidad regulable 30-300 mA con que se conseguirá evitar disparos intempestivos.

Para la protección del inversor se usarán interruptores magnetotérmicos de 40 A, 4P, 400 V, con intensidad de cortocircuito de 10 kA.

Por otro lado, se dispondrá de un dispositivo de protección frente a sobretensiones formado por un descargador.

1.15.1. Cuadro general de baja tensión

El cuadro general de baja tensión estará situado en la sala del inversor. En dicho cuadro se realizará el conexionado del inversor con la red de baja de corriente alterna y la conexión de la instalación fotovoltaica con el cuadro general de baja tensión del centro de alimentación el cual suministra la energía necesaria a la industria.

El cuadro de baja tensión estará compuesto por:

- Interruptor general magnetotérmico de 160 A, 4P, 400 V, con una intensidad de cortocircuito de 25 kA.
- El interruptor general magnetotérmico llevará incorporado un módulo de protección diferencial de sensibilidad regulable 30-300 mA. Dicho diferencial será de alta inmunidad con el fin de evitar disparos intempestivos.
- El interruptor magnetotérmico de 40 A, 4P, 400 V, con intensidad de cortocircuito de 10 kA. Para la protección del inversor

- Dispositivo de protección frente a sobretensiones formado por un descargador de las siguientes características.
 - Máxima tensión de servicio U_c 255 V/50 Hz.
 - Capacidad de apagado de la corriente consecutiva con U_c if 25 kAeff
 - Corriente de choque tipo rayo (10/350) 75 kA
 - Nivel de protección $U_p < 1,5$ kV
 - Grado de protección IP20

1.15.2. Conexión a la red de BT de suministro interno

La instalación fotovoltaica se conectará en una de las salidas del cuadro de baja tensión del centro de transformación propio de la industria.

Dicha conexión se realizará a través de un módulo de acometida, un módulo de medida y un módulo de contador con se puede observar en la imagen 1.10.



Figura 1.10. Módulos de conexión con la red de baja tensión.

1.15.3. Módulo de medida y contador.

El módulo debe ser el encargado de medir tanto la energía que va para suministro interno es decir la energía autoconsumida como los excedentes de energía, es decir, la energía que se vierte a la red. Para ello será necesario que la empresa suministradora utilice un contador de medida bidireccional el cual debe ir situado en el lado de alta del CT.



El módulo de medida y contador debe cumplir la normativa ENDESA NNLL005:

- Contador electrónico combinado para medida en cuatro cuadrantes y con clase de precisión 0,5 para activa y 1 para reactiva. Dispondrá de puerto óptico para la lectura y parametrización local y puerto serie RS232 para la conexión de un módem/interfaz.
- Registrador local de medidas con capacidad de lectura directa de la memoria del contador.
- Módem para la comunicación.
- 3 transformadores de intensidad de las siguientes características:
 - Tensión nominal de aislamiento: 0,6 kV
 - Potencia nominal de precisión: 0,5s
 - Tipo de aislamiento: seco a base de resinas sintéticas
 - Intensidad límite térmica (I_{ter}): 60. I_p
 - Intensidad límite dinámica (I_{din}): 2,5 I_{ter}
 - Factor de seguridad (F_s): < 5
 - Intensidad nominal secundaria (I_s): 5 A
 - Intensidad nominal primaria (I_p): 200 A
- Regleta de verificación homologada.
- Elementos de conexión

1.15.4. Conductores.

Desde el inversor hasta el cuadro general se utilizará un cable RZ1-K 0,6/1 kV EXZHELLENT GENERAL CABLE de 10mm^2 de sección.

La conexión del cuadro general de baja tensión ubicado en la sala del inversor con el cuadro general de BT. del centro de transformación, se realizará con cables unipolares aislados con polietileno reticulado (XLPE) y con cubierta a base de policloruro de vinilo (PVC), RZ1-K 0,6/1 kV EXZHELLENT GENERAL CABLE de 10mm^2 de sección. El top de montaje será enterrado bajo tubo hasta el cuadro general de Baja Tensión.



1.15.5. Canalizaciones.

La canalización será entubada, instalándose los conductores bajo tubo de polietileno de 160 mm de diámetro que cumplirá las *normas UNE EN 50086* y las de la Cía. Distribuidora.

La zanja tendrá una anchura mínima de 0.35 m y una profundidad de 0.9 m. En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de 0.05 m de espesor de arena, sobre la que se depositarán los tubos. A continuación, se colocará otra capa de arena con un espesor de 0.10 m por encima de los tubos y envolviéndolos completamente. Por último, se efectuará el relleno de la zanja con zahorra y se procederá al compactado por medios mecánicos.

Sobre esta capa de tierra, y a una distancia del suelo de unos 0.20 m se colocará una cinta de señalización como advertencia de la presencia de cables eléctricos, las características, color, etc., de esta cinta serán las establecidas en las normas de la Cía. Distribuidora.

Para facilitar el montaje se dispondrá de arqueta en la entrada del centro de transformación y en los cambios de dirección de los tubulares y en las alineaciones superiores a los 40 metros.

1.15.6. Protección de la interconexión.

Para la protección de la interconexión el inversor deberá incorporar las funciones de protección máxima y mínima de frecuencia. El inversor será el encargado de realizar las maniobras automáticas de desconexión ante la pérdida de tensión o frecuencia en la red, todo esto será posible con ayuda de un contador, el rearme de este será automático una vez vuelvan a la normalidad las condiciones de suministro de la red. El fabricante del inversor deberá aportar las certificaciones específicas de dicha protección de acuerdo con el Real Decreto 1699/2011.

1.16. PUESTA A TIERRA.

Dicha red tiene como objetivo permitir la correcta actuación de los limitadores de corriente y sobretensiones de la protección interna, difundir a tierra las corrientes de rayo en el caso de impacto en los dispositivos captadores de la protección externa, y la protección de personal frente a contactos indirectos.

Para la puesta a tierra se deberán seguir las instrucciones del Real Decreto 1699/2011 y la ITC-BT-40, donde se deben de cumplir las siguientes condiciones:

- De acuerdo con el Real Decreto 1699/2011, la instalación dispondrá de una separación galvánica entre la red de CC y CA. Para ello los inversores incorporarán dicha función, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones de acuerdo con la reglamentación de seguridad y calidad industrial aplicable.
- Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro del centro de transformación.
- Para la puesta a tierra de la instalación fotovoltaica se utilizará el mismo electrodo de tierra existente para el suministro de la nave industrial. Para la puesta a tierra se utilizarán conductores de protección independientes de las masas del resto del edificio.

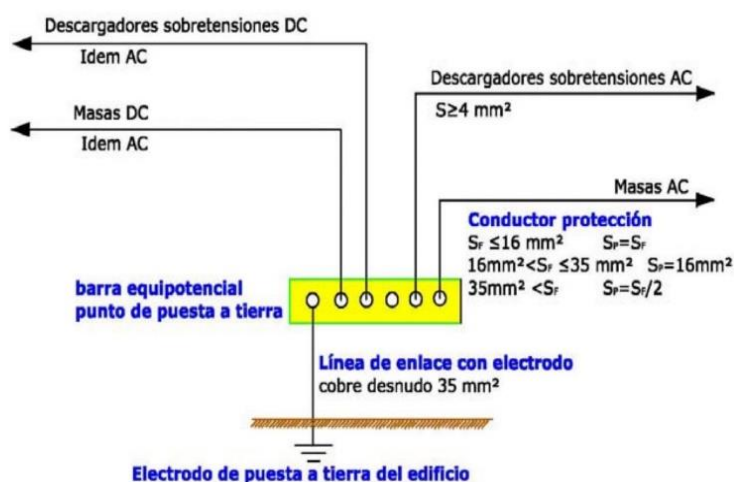


Figura 1.11. Esquema de puesta a tierra.



1.17. MONITORIZACIÓN Y COMUNICACIONES.

La instalación fotovoltaica dispondrá de un sistema de monitorización y comunicaciones para registrar los principales parámetros de operación del generador y para posibilitar la consulta remota de los mismos. Así, la información obtenida mediante este sistema de telemonitorización, permitirá:

- Determinar si las instalaciones fotovoltaicas están funcionando correctamente, es decir, si producen la energía esperada y si los valores de sus principales parámetros están dentro de los márgenes adecuados de funcionamiento.
- Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones fotovoltaicas (detección de fallos, prevención de averías, etc.).
- Mejorar el funcionamiento de los sistemas que componen el generador, mediante el análisis de los datos históricos de operación.

La infraestructura que se desarrollará para la instalación de los sistemas de telecomunicaciones constará de los elementos necesarios para satisfacer las comunicaciones de datos mediante la creación de redes de datos locales (LAN), interconexión de las redes locales y conexión con las redes de datos exteriores (WAN-Internet). Siendo necesario dotar a las instalaciones de un acceso a Internet para permitir la visualización de las páginas HTML con la información sobre la operación de la planta.

El sistema de monitorización cumplirá básicamente con las normas UNE-EN 61724: 2000 “Monitorización de sistemas fotovoltaicos. Guías para la medida, el intercambio de datos y el análisis”; UNE-EN 61724-1: 2017 “Rendimiento del sistema fotovoltaico. Parte 1: Monitorización”.

La norma *UNE-EN 61724: 2000* Está basada en dos estándares internacionales que también serán considerados:

- EUR 16338 EN Guidelines for the Assessment of Photovoltaic Plants, Document B, Analysis and Presentation of Monitoring Data, Issue 2. Ispra, 1990.



- CEI/IEC 61724:1998, Photovoltaic system performance monitoring- Guidelines for measurement, data exchange and analysis.

En dichos estándares se describen dos posibles tipos de monitorización.

- Monitorización global: Este tipo de monitorización se realiza mediante el registro de datos de forma manual, mediante lecturas acumuladas de los parámetros más significativos del sistema fotovoltaico, a intervalos no superiores a un mes. Las variables monitorizadas son: La irradiación en el plano del generador (kWh/m²), la energía a la salida del generador (kWh), la energía suministrada a todas las cargas (kWh), la energía suministrada a la red (kWh), y la energía suministrada por generadores auxiliares (kWh). Esta monitorización se recomienda para instalaciones fotovoltaicas de poca potencia (menor de 5 kWp) con el objeto de no aumentar mucho el coste de las mismas.
- Monitorización analítica: Este tipo de monitorización se basa en un sistema automático de adquisición de datos capaz de tomar muestras cada diez minutos y almacenarlas, o bien, de tomar muestra cada minuto y almacenar los valores medios cada hora. El conjunto mínimo de parámetros que deben ser monitorizados y sus unidades se recogen en la tabla VIII y se muestran en la figura 7. Esta monitorización se recomienda para instalaciones fotovoltaicas de media-alta potencia (mayor de 5 kWp) para las cuales el coste del sistema de monitorización no repercuta excesivamente en el precio final de la instalación.

Parámetro	Símbolo	Unidades
Irradiancia global en el plano del generador	G_I	W/m ²
Temperatura ambiente	T_{AM}	°C
Tensión a la salida del generador	V_A	V
Corriente a la salida del generador	I_A	A
Tensión de la parte continua	V_S	V
Corriente a la salida del convertor CC/CC	I_C	A
Corriente a todas las cargas de CC	$I_{L,c.c}$	A
Corriente a la entrada del inversor	I_{II}	A
Potencia a la salida del inversor	P_{IO}	kW
Potencia suministrada a todas las cargas CA	$P_{L,AC}$	kW

Tabla 1.5. Parámetros medidos en monitorización analítica.

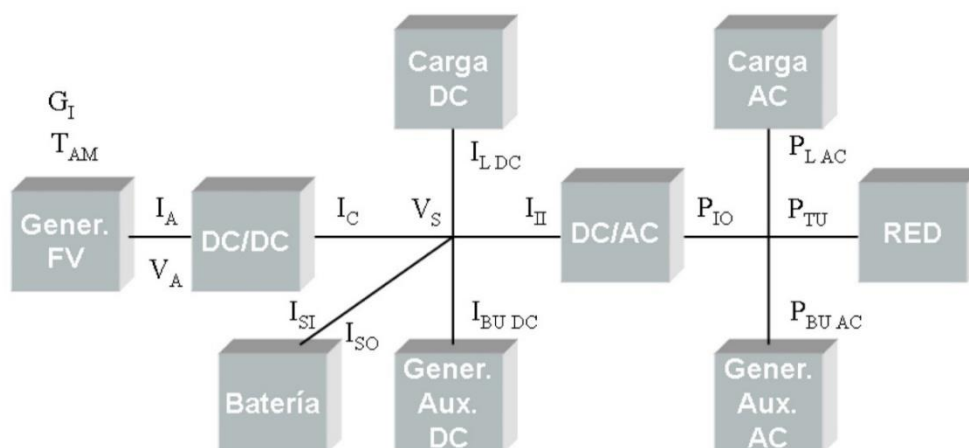


Figura 1.12. Esquema general de monitorización analítica.

El sistema de monitorización proporcionará medidas, como mínimo, de las siguientes variables:

- Tensión y corriente CC a la entrada del inversor.
- Tensión y corriente AC de cada una de las fases a la salida del inversor.
- Potencia activa y reactiva de salida del inversor.
- Energía activa de salida del inversor.
- Radiación solar en cada uno de los planos de los módulos de los distintos subgeneradores, medida con un módulo o una célula calibrada de tecnología equivalente.
- Temperatura ambiente en la sombra.
- Temperatura de los módulos.

Los datos de energía se visualizarán en gráficas horarias, mensuales y total anual. También se proporcionará el coeficiente de rendimiento (performance ratio), relación del rendimiento energético real con respecto al rendimiento energético teóricamente posible, de cada instalación. Los tiempos de adquisición, la precisión de las medidas y el formato de presentación se hará de acuerdo a la norma UNE-EN 61724-1: 2017 “Rendimiento del sistema fotovoltaico. Parte 1: Monitorización”.



Bibliografía

- P. Vidal, J. de la Casa. Apuntes de la asignatura tecnología eléctrica de los sistemas fotovoltaicos, grado en Ingeniería Electrónica 2021/2022.
- Pedro Gómez. TFG “Instalación fotovoltaica conectada a red en la modalidad de autoconsumo”.
- IDAE. Pliego de condiciones Técnicas de instalaciones Conectadas a Red C-REV-julio 2011.
- E. Lorenzo. Ingeniería Fotovoltaica. Volumen III.
- Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020. IDEA.
- Directiva 2009/28/CE del parlamento europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- Ignacio Espinosa de los Monteros Martínez. TFM “Proyecto de instalación fotovoltaica con conexión a red y análisis de posibles configuraciones para autoconsumo de supermercado”.



Jaén, mayo de 2024

El alumno

Francisco Orozco Sierra

TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 2.

ANEXO: DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA ÓPTIMA

2.1. POTENCIAL FOTOVOLTAICO.

La Figura 2.1 muestra la imagen de la nave industrial cuenta con una situación sin obstáculos en dirección sur, lo que favorecerá la instalación fotovoltaica la cuál no se verá afectada por sombras.



Figura 2.1. Imagen de satélite del emplazamiento.

La instalación se realizará en la superficie de la cubierta ‘A’ de la figura 2.1, con una superficie total de 400 m^2 , $30\text{m} \times 13,33\text{m}$. La cual nos permitiría instalar 181 módulos de 450 Wp pudiendo proporcionar un potencial de 81,5 kW, no obstante, para la potencia óptima del generador fotovoltaico será necesario instalar 134 módulos con lo cual habrá espacio suficiente para la instalación proporcionando una potencia óptima de 60 kW.

La cubierta tiene una pendiente de 15° , la cual se tendrá en cuenta a la hora del dimensionado. Por lo tanto, los módulos tendrán una orientación (acimut) de 20° con una inclinación de 15° respecto al eje horizontal.



2.2. RESTRICCIONES LEGALES.

Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, “por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica”. Este es de aplicación para aquellas potencias no superiores a 100 kW y para cuando se conecten a las líneas de tensión no superior a 1 kV de la empresa distribuidora, ya sea directamente, o de una red interior de un consumidor. Así como teniendo en cuenta la Instrucción Técnica ICT-BT-40 “Instalaciones generadoras de baja tensión” del Reglamento electrotécnico para baja tensión, se limita la potencia máxima que se puede conectar tanto a la red de distribución de BT., como a la red de suministro eléctrico interno de BT. de un consumidor, a 100 kW de potencia de inversor. Por tanto, según la potencia prevista a instalar 25,08 kW, se encontraría dentro de esta reglamentación.

Tras lo comentado anteriormente tendremos que basarnos en el *Real Decreto 900/2015* siendo este de aplicación de aquellas instalaciones de generación para autoconsumo conectadas en el interior de una red. El *Real Decreto 900/2015* busca garantizar un desarrollo ordenado del autoconsumo, compatible con la necesidad de garantizar la sostenibilidad técnica y económica del sistema eléctrico en su conjunto.

El *RD 244/2019* regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas del *Real Decreto 15/2018* de medidas urgentes para la transición energética y la protección a los ciudadanos que habían realizado una inversión en autoconsumo fotovoltaico. Los cambios más importantes que se establecen en la nueva normativa para instalar placas solares son:

- La energía producida a partir de instalaciones de autoconsumo quedaba completamente libre de impuestos. Con ello, quedó derogado de forma definitiva el conocido como impuesto al sol.
- Se reconoce el derecho al autoconsumo colectivo.
- Se simplifican los trámites administrativos y técnicos, especialmente para instalaciones de pequeña potencia.



- Se elimina el límite de potencia. Antes, únicamente se podía instalar una potencia fotovoltaica igual o inferior a la contratada. Con la entrada en vigor del *RD 244/2019* no existe esta limitación.
- Se posibilita el alquiler de tejados y/o cubiertas para que terceros puedan producir electricidad.

El Real Decreto establece dos modalidades de autoconsumo:

Tipo 1: Autoconsumo sin excedentes: se trata de aquellas instalaciones con conexión a red y que cuentan con un dispositivo anti vertido que impida la inyección de excedentes de energía a la red de distribución.

Tipo 2: Autoconsumo con excedentes: instalaciones que además de producir energía eléctrica para autoconsumo, pueden inyectar sus excedentes energéticos en las redes de transporte y distribución. En esta modalidad, se pueden dar dos casos:

- i. **Autoconsumo con excedentes acogida a compensación:** instalaciones en las que el productor y consumidor se acogen al sistema de compensación simplificada de excedentes. Por tanto, si los usuarios no consumen toda la energía producida por su instalación, pueden inyectarla a la red de distribución para que, a final de cada periodo de facturación, la comercializadora compense por los sobrantes energéticos. Para pertenecer a esta modalidad, es necesario cumplir los siguientes requisitos:
 - La fuente de energía tiene que ser renovable.
 - La potencia de la instalación (o instalaciones asociadas) no debe ser mayor de 100 kW.
 - El consumidor debe estar adherido a un solo contrato de suministro para el consumo con una comercializadora.
 - El consumidor y el productor han firmado un contrato de compensación de excedentes tal y como se especifica en el *RD 244/2019*.



- El consumidor no puede obtener beneficio económico ya que no es una actividad retributiva. Esto quiere decir que únicamente se puede compensar la energía no consumida y el resultado de la factura nunca será negativo.
- ii. **Autoconsumo con excedentes no acogida a compensación:** este tipo lo componen las instalaciones que no cumplen los requisitos para pertenecer al mecanismo de compensación de excedentes (o que deciden no acogerse a ella). En esta modalidad, los excedentes se venden al mercado eléctrico.

La instalación pertenece a la modalidad de tipo 2, autoconsumo con excedentes acogida a compensación pudiéndose vender los excedentes a red teniendo esto en cuenta a la hora de calcular el coste medio de la energía en €/kWh.

Otro punto de interés a destacar sobre el *Real Decreto 244/2019, de 5 de abril*, es que en este se eliminan los cargos al autoconsumo.

2.3. VALOR DE LA POTENCIA ÓPTIMA.

Para realizar el cálculo del valor de la potencia óptima a instalar se determinará en base a la optimización de dos parámetros:

- i. **Variación del coste medio de la energía consumida**, el cual se calculará a lo largo de los 25 años de vida útil de la instalación en función de la potencia instalada.

Obteniendo la curva de cobertura la cual muestra el porcentaje de autoconsumo frente al consumo que tenemos, el punto óptimo de la instalación será el cual esta curva empiece a saturar, indicando el punto en el cual dejamos de consumir la mayor parte de energía que generamos y se empieza a verter energía a red.

- ii. **El coste del kWp en función de la potencia instalada**, el cual se ha determinado buscando información en diferentes empresas instaladores y en diferentes instalaciones de consumos similares el cual será de 1054,21 €.



2.3.1. Coste medio de la energía.

El coste medio de la energía se determina en base al coste de la inversión, la energía consumida durante los 25 años, y en base al precio del kWh generado e inyectado a red en los diferentes periodos, en el caso de que la instalación pertenezca a la modalidad tipo 2 el cual es nuestro caso, por el contrario, si se adoptara la modalidad tipo 1 el precio de la energía inyectada a red sería cero.

El procedimiento para determinar el precio medio del kWh generado es el siguiente:

- i. En primer lugar, para cada valor de la potencia pico del generador se determinan los valores horarios de producción para un día típico de cada mes del año.
- ii. En segundo lugar, partiendo de los datos horarios de consumo (ver anexo III) se compara, para todas las horas del año, el valor de generación con el de consumo en cada periodo horario. Si el consumo es mayor toda la energía generada en esa hora se dedica a consumo en el periodo tarifario correspondiente, si es menor el excedente de generación va a red. Como resultado de esta comparación se obtendrán unos gastos de la energía que se coge de red para una hora en concreto, cuyos precios de energía se han obtenido de la plataforma Esios, descargando los archivos necesarios en formato Excel de 8760 datos cada uno referidos a todas las horas del año.

Conocidos los precios del coste del suministro de cual tendremos dos precios:

- Precio de compra de energía con peajes y cargos.
- Precio de compra de energía sin peajes ni cargos.

La diferencia entre ambos recae en que la compañía cuando nos descuentan por el precio de energía que se inyecta a red no se puede compensar los peajes y los cargos, es decir, como máximo solo se podrá compensar el 100% del precio de compra de energía sin peajes y cargos, dicho de otra manera, los ingresos por venta de red nunca podrán ser superiores al gasto por compra de energía sin cargos.



- i. Los ingresos se obtendrán en función de la energía que se inyecta a red, los cuales van a depender del valor del precio que tenga la energía a red en esa hora determinada. Cabe destacar tener en cuenta que los ingresos de venta de energía estarán limitados por los gastos de compra sin incluir peajes y cargos.
- ii. En la actualidad se ha remitido a la CNMC (Comisión Nacional de Los Mercados y la Competencia) para su informe, el borrador del Proyecto de Real Decreto por el que se establece la regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.

2.3.2. Precio de venta.

El excedente de la producción fotovoltaica al estar en la modalidad tipo 2 irá vertido a la red, por el cual se obtendrá un ingreso determinado dependiendo del precio que tenga en el mercado eléctrico.

El precio al que se va a vender el excedente cambia va variando constantemente, por lo cual se ha realizado un estudio para todas las horas del año, la Red Eléctrica de España ha iniciado en la web del operador del sistema Esios, la publicación horaria del precio con el que se compensará a los auto consumidores que viertan a la red la energía excedentaria. En el cual se ha tenido un precio de venta diferente en función de cada hora del año.

2.3.3. Precio de adquisición de la energía.

El precio de adquisición de la energía se ha obtenido en función de cada hora del año es decir de la página Esios se han obtenido los 8760 valores por los cuales que adquiere la energía para cada determinada hora del año, cabe destacar, que obtendremos dos tipos de precio de compra por hora a lo largo del año:

- Precio de compra de energía con peajes y cargos.
- Precio de compra de energía sin peajes ni cargos.



Se deberá de tener muy en cuenta estos precios ya que cuando compensamos el importe de la tarifa de la luz por venta de energía fotovoltaica a red, no se podrá compensar el importe en relación a los peajes y cargos.

2.4. POTENCIA ÓPTIMA A INSTALAR.

Para obtener la potencia óptima a instalar se ha utilizado una hoja de cálculo Excel, en la cual, definida la potencia del generador, se ha comparado la producción frente al consumo en todas las horas del año.

Para una determinada hora del año el procedimiento es el siguiente:

- a) Se determina el periodo tarifario de dicha hora de acuerdo a los datos obtenidos de Esios.
- b) Si el consumo es mayor o igual a la generación, toda la generación de esa hora se destina a autoconsumo, no obstante, si la generación es mayor al autoconsumo la diferencia será inyectada a la red.
- c) Siguiendo el procedimiento mencionado anteriormente, se puede ver una tabla comparativa para todo un año en función de la potencia del generador.

En la siguiente tabla se puede ver el porcentaje de energía autoconsumida y energía a red en función de la potencia generada.

Este punto es muy importante porque es a partir del cual nuestra instalación empieza a no ser eficiente respecto al tipo de estudio que estamos haciendo. Es decir, modalidad autoconsumo, por lo tanto, a partir de este punto, aunque se aumente la potencia de la instalación nuestro autoconsumo no aumentará, por el contrario, el coste de la inversión no dejará de subir linealmente, la venta a red aumentará no obstante nos beneficiará siempre y cuando los ingresos obtenidos por venta a red no superen el total de la factura, cuyo importe mínimo incluirá los peajes y cargos correspondientes como ya se ha descrito en el punto anterior.



Potencia	% Energía a red	%AUTOCONSUMO
10	8,36	91,63
20	18,33	81,67
30	29,8	70,2
40	40,45	59,55
50	50,35	49,65
60	56,84	43,16
70	62,29	37,71
80	66,56	33,44
90	69,99	30,01
100	72,78	27,22
110	75,08	24,92
120	77,03	22,97

Tabla 2.1. Energía a red y autoconsumo en función de la Potencia.

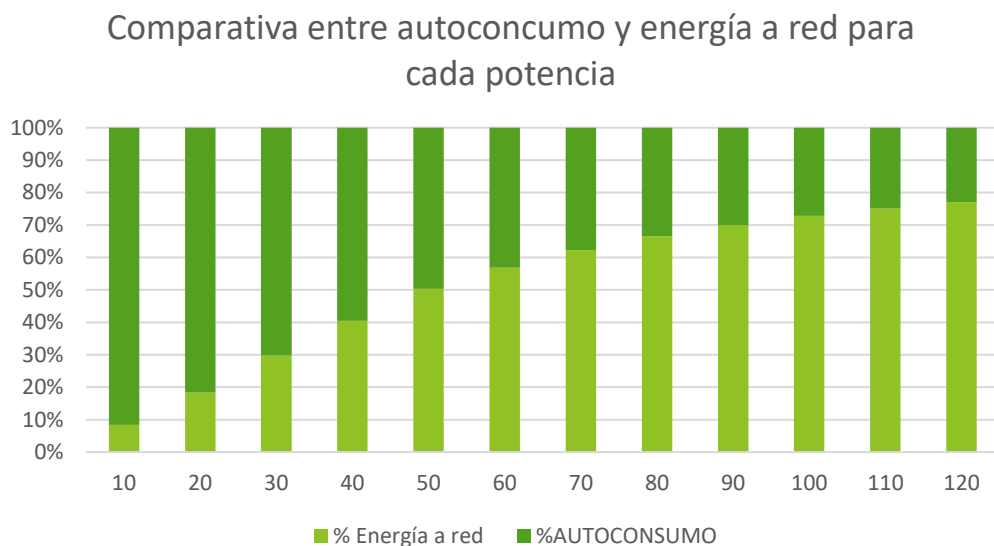


Figura 2.2. Distribución anual de generación fotovoltaica.

Se puede observar que de los 60 kWp aproximadamente en adelante la energía que se inyecta a la red es mayor que la de autoconsumo.

2.4.1. Coste medio de la energía.

Este concepto se utiliza para hacer un estudio económico previo al diseño de generador fotovoltaico, con el fin de ver de manera aproximada la potencia optima de la instalación para que nuestro proyecto sea viable, al final del proyecto se realizará un estudio

económico más exhaustivo en el cual se tendrá en cuenta más factores y veremos la rentabilidad del mismo.

El coste medio de la energía consumida durante los 25 años de vida útil de la instalación vendrá dado por la siguiente expresión.

$$\text{Coste medio} = \frac{\text{Gasto Inversión} + \sum_1^{25} \frac{(CCE - IVE)}{(1 + d)^n}}{\text{Consumo total}}$$

donde:

- Gasto Inversión: Variará en función de la potencia instalada.
- CCE: Coste de compra de energía.
- IVE: Ingresos de venta de energía.
- d : Tasa de actualización.
- Consumo total: Consumo total durante los 25 años.

Como se ha comentado anteriormente se tendrá en cuenta que la venta de energía a red está limitada por los gastos de compra sin incluir peajes y cargos, realizando esto para cada mes.

El estudio se realizará para los 25 años estimados de vida útil de la instalación, todo el estudio se realizará en el año 0, de ahí que tengamos el factor de actualización, el cual va a variar en función del interés del dinero y la inflación, con este factor conseguiremos una actualización del capital, para obtener el valor actual de un capital futuro.

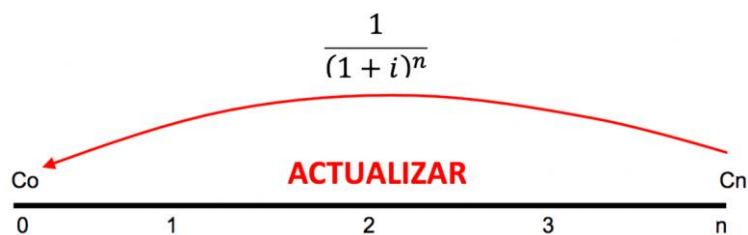


Figura 2.3. Ejemplo gráfico Actualización.

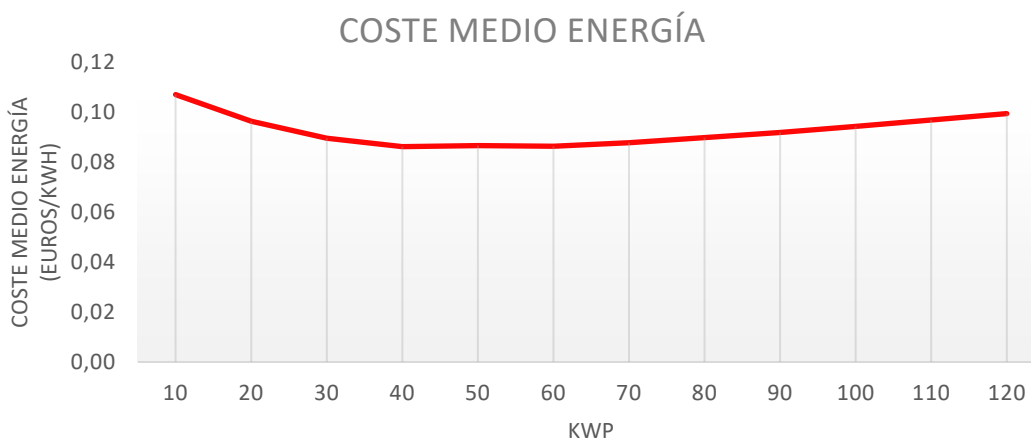


Aplicando la fórmula mencionada anteriormente y variando la potencia se obtiene la siguiente tabla.

POTENCIA	CME
10	0,107022
20	0,096408
30	0,089551
40	0,086196
50	0,086554
60	0,086327
70	0,087815
80	0,089750
90	0,091884
100	0,094316
110	0,096832
120	0,099419

Tabla 2.2. Variación del Coste medio en función de la potencia instalada.

Obteniendo la siguiente gráfica, en la cual se muestra la evolución del coste medio de la energía durante los 25 años en función de la potencia.



Como se puede observar al principio de la gráfica a menor potencia el coste medio es cuando está más alto, esto es debido que prácticamente toda la energía que se consume se está cogiendo de la red, a medida que vamos aumentando la potencia la cantidad de energía que consumimos va siendo cada vez en mayor medida de nuestro generador



fotovoltaico, se puede observar que a los 60 kWp es donde está el coste medio más bajo por lo tanto ese será el punto óptimo de la instalación, a partir de ese momento la inversión va a seguir creciendo linealmente, sin embargo el porcentaje de autoconsumo disminuirá, con lo cual la energía sobrante será vertida a red generando unos ingresos muy bajos en comparación a la inversión que se tiene que hacer, no siendo rentable instalar un generador mayor a los 60 kWp.

2.5. POTENCIA ÓPTIMA DE LA INSTALACIÓN.

Para determinar la potencia óptima de la instalación obtendremos una gráfica de evolución de la cobertura en función de la potencia instalada.

En la gráfica descrita se deberá de tener en cuenta el punto en el que la curva empieza a saturar.

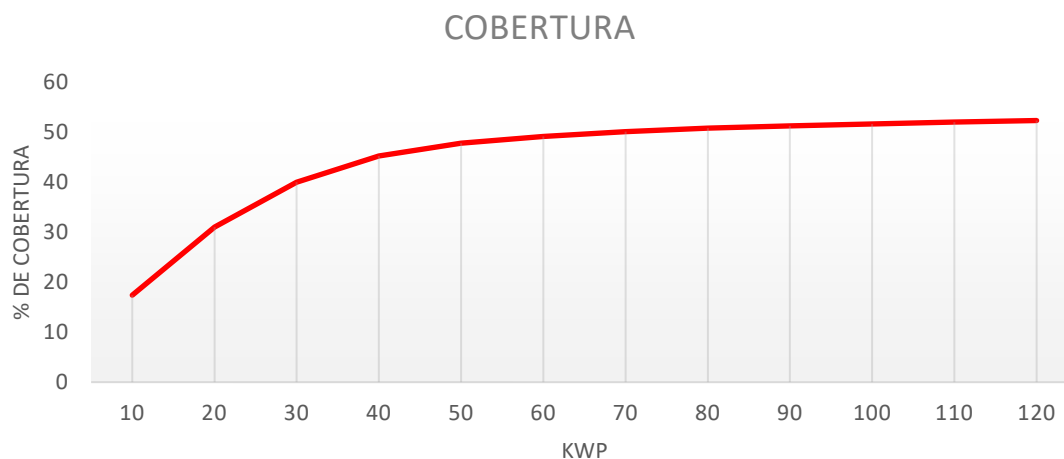
Este punto es muy importante, ya que, a partir de este, un alto porcentaje la energía que se genera es vertida a red, lo cual no es rentable como se ha descrito al principio del documento.

Potencia(kWp)	Cobertura (%)
10	17,39
20	31,01
30	39,98
40	45,22
50	47,79
60	49,17
70	50,12
80	50,79
90	51,27
100	51,68
110	52,05
120	52,34

Tabla 2.3. Evolución de la cobertura en función de la potencia instalada.



Obteniendo la siguiente gráfica, la cual muestra la evolución de la cobertura en función de la potencia instalada.



Como se puede observar a partir de 60 kWp la curva de cobertura obtenida empieza a saturar, esto es debido a que la energía autoconsumida ya es la máxima. La gráfica se concluye que a partir de ese momento por más que se aumente la potencia de la instalación la energía será vertida a red por consecuencia no siendo rentable aumentar la potencia por encima de dicho valor, por lo tanto, la potencia optima de la instalación será 60 kWp.



Jaén, mayo de 2024

El alumno

Francisco Orozco Sierra

TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 3

ANEXO: CÁLCULOS DE GENERACIÓN, DIMENSIONADO, CONDUCTORES Y PROTECCIONES



3.1. DATOS DE GENERACIÓN.

Los datos de generación se han obtenido de una herramienta llamada PVGIS un software desarrollado y actualizado por la Comisión Europea. En la cual se recopila información, esta recopilación de información le permite recopilar datos precisos.

En este caso se necesitarán datos de radiación horaria determinados en la hora solar a la hora real de España.

3.2. PRODUCTIVIDAD HORARIA FOTOVOLTAICA.

Una vez ya se ha determinado la potencia óptima a instalar, a continuación, se va a determinar cuál sería la generación para todos los meses del año.

Este parámetro será de vital importancia para obtener la generación en función de la potencia instalada.

La producción de energía del sistema fotovoltaico la obtenemos a partir de la siguiente expresión:

$$E_{AC} = P_{STC} \times \frac{H_i}{G_{STC}} \times PR$$

donde:

- E_{AC} : energía inyectada en red durante un periodo de tiempo determinado.
- P_{STC} : potencia de pico del generador fotovoltaico.
- H_i : irradiación producida sobre una determinada superficie y un periodo de tiempo.
- G_{STC} : irradiación de referencia según condiciones estándar.
- PR : factor que agrupa las diferentes pérdidas de funcionamiento posibles en condiciones no ideales.

Los coeficientes de pérdidas que se considerarán para los diferentes meses del año son:



MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
PR	0.79	0.78	0.76	0.75	0.73	0.72	0.71	0.71	0.73	0.75	0.76	0.79

Tabla 3.1. PR para los diferentes meses del año.

En cuanto a la irradiación podemos obtenerla a partir de la irradiancia por medio de la expresión:

$$H_i = \int i \times G \times dt$$

Donde i es el periodo fijado, en nuestro caso el periodo fijado será de una hora. Si las medidas de radiación instantánea G se toman en valores suficientemente cortos la integral se podrá convertir en un sumatorio, suponiendo que la irradiancia no cambia en ese periodo de tiempo.

Los datos de irradiancia se obtendrán mediante la herramienta PVGIS.

PVGIS es una aplicación oficial desarrollada por la Unión Europea que permite calcular tu producción fotovoltaica en cualquier zona de Europa, Asia y América, permitiendo al usuario conocer las ventajas o desventajas que tendría instalar un equipo de autoconsumo en una zona geográfica determinada.

Esta herramienta nos proporciona los datos de irradiancia en periodos 1 hora, suficientes para nuestro propósito, los datos estarán recogidos en el Documento 4.

Con estos datos se podrá calcular la irradiación horaria producida sobre una superficie aplicando la siguiente fórmula:

$$H_i = \sum G \left(\frac{W}{m^2} \right) \times 1h$$

A continuación, se mostrará la irradiancia para todas las horas y todos los meses del año en la localización de la nave industrial situada en Arjona municipio de la provincia de Jaén dicha nave tendrá una inclinación de 14 grados y un acimut de 45 grados de



orientación sur-oeste ya que los módulos estarán dispuestos en una posición transversal a la dirección de la nave ver (PLANOS).

IRRADIANCIA POR HORAS (H(Wh/m ²))												
HORAS/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	20,84	58,37	59,59	55,75	32,97	3,72	0	0	0
9	0	0,35	38,96	116,39	181,34	205,69	180,94	133,96	88,38	42,58	4,29	0
10	39,73	85,89	181,86	284,13	358,04	392,03	379,61	328,73	263,28	197,06	115,45	52,81
11	182,48	234,9	353,98	457,17	536,65	574,13	584,83	537,17	454,6	353,96	261,99	196,39
12	317,89	377,14	510,01	612,66	694,34	757,33	765,74	720,22	628,64	521	401,6	325
13	434,3	496,35	643,38	736,62	808,37	888	906,46	865,96	753,14	618,84	501,51	421,67
14	496,22	582,86	699,93	786,47	883,32	967,78	990,54	953,05	830,13	676,39	546,74	484,09
15	514,81	604,96	725,96	797,4	879,15	958,46	1005,4	973,68	839,02	675,38	537,83	503,52
16	469,59	554,11	671,02	741,08	812,24	910,86	961,55	927,52	765,12	601,22	482,69	454,31
17	399,22	470,53	567	645,09	723,72	806,06	857,19	811,78	652,66	478,7	368,64	347,57
18	250,33	332,34	421,21	488,05	557,95	628,17	686,6	634,27	470,56	309,92	203,44	188,16
19	14,2	148,21	233,48	304,15	374,4	436,53	483,44	421,63	259,96	90,09	0,24	0
20	0	0	21,89	111,15	172,86	233,8	266	189,77	35,92	0	0	0
21	0	0	0	0	2,52	36,04	47,53	0,81	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 3.2. Irradiancia por horas de todos los meses del año.

En base a los datos de la tabla se muestra los meses del año donde la irradiancia H (Wh) es mayor, en este caso para Julio, y menor, que será en diciembre.

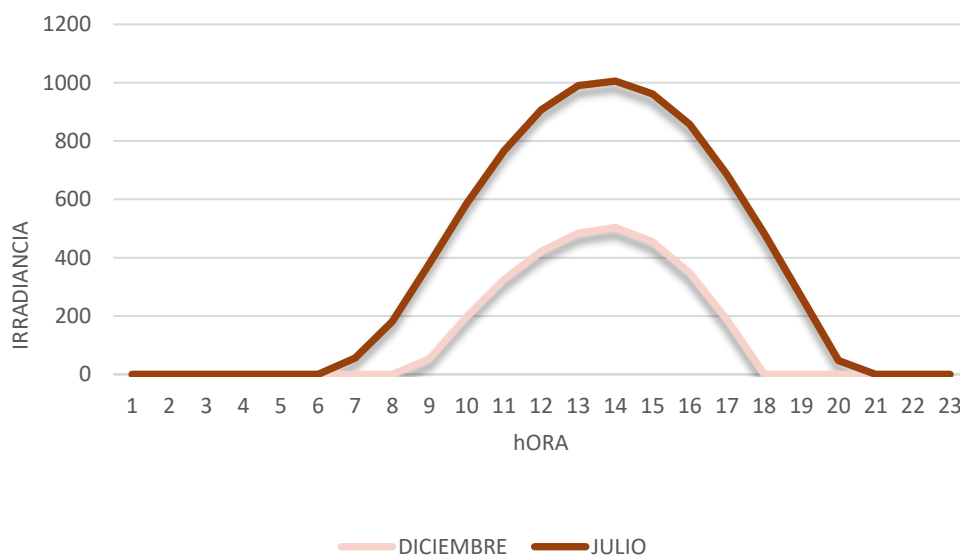


Figura 3.1. Comparativa irradiancia julio y diciembre.

Obteniendo una segunda grafica con la comparación entre los meses de más productividad julio y menos productividad diciembre.

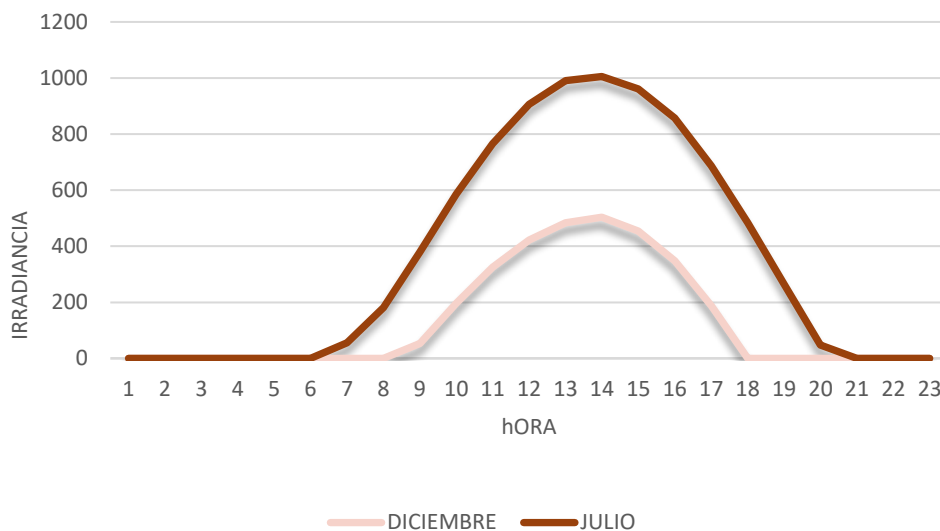


Figura 3.2. Comparativa julio y diciembre.

3.3. POTENCIA ÓPTIMA.

La potencia óptima del generador será de 60 kWp la cual hemos obtenido en el Documento 1. Los módulos tendrán la inclinación que nos da la cubierta de la nave industrial, 14 grados, por otro lado, el acimut de los módulos quedará definido por la orientación de la nave, 45 grados dirección sur-oeste véase Documento 3.

3.4. ELECCIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

Nuestro generador fotovoltaico será dimensionado con los módulos “CANADIAN SOLAR MODULE HiKu-CS3W450MS”, de silicio monocristalino, 450W de potencia.

Para realizar el dimensionado de la instalación se tendrá que tener en cuenta las características del módulo proporcionadas por el fabricante.

3.4.1. Número de módulos a instalar.

Para determinar el número de módulos de los que va a constar nuestra instalación seguiremos una serie de pautas:

- 1- Posicionamiento de los módulos.



Como se ha mencionado en el apartado anterior los módulos 20 grados en la dirección sur-oeste. El número máximo de módulos a instalar en esta posición será el siguiente:

$$V = \frac{\text{Longitud vertical cubierta (m)}}{\text{Longitud vertical módulo (m)}} = \frac{30 \text{ m}}{2,108 \text{ m}} = 14,23 \cong 15$$

$$H = \frac{\text{Longitud horizontal cubierta (m)}}{\text{Longitud horizontal módulo (m)}} = \frac{13,33 \text{ m}}{1,048 \text{ m}} = 12,72 \cong 13$$

$$N_{\text{máx}} = V \times H = 15 \times 13 = 195$$

El número máximo de módulos que se podrá poner en nuestra cubierta en esa posición será 195 módulos.

Una vez hecho esto se calculará el número de módulos que se necesitaran en la instalación:

$$N^{\circ} \text{ de módulos} = \text{Redondeo} \left[\frac{P_{GFV}}{P_{\text{máxM}}} \right]$$

donde:

- P_{GFV} : Potencia total del generador fotovoltaico.
- $P_{\text{máxM}}$: Potencia máxima del módulo.

Por tanto, se obtendrá:

$$N^{\circ} \text{ de módulos} = \text{Redondeo} \left[\frac{60000}{450} \right] = 133,33 \cong 134$$

Se ha elegido un total de 134 módulos, no obstante, con un pequeño incremento por encima de 60 kWp se consigue optimizar aún más óptima la instalación.

La potencia total de nuestro generador fotovoltaico con los módulos elegidos será:

$$P_{GFV} = 134 \times 450 = 60300 \text{ W}$$



3.5. ELECCIÓN DE LOS INVERSORES.

Para la elección inicial de los inversores se ha realizado un predimensionado para obtener el menor número de inversores cumpliendo un factor de dimensionado aceptable es decir entre 0,85 y 1.

El inversor elegido ha sido “Solis S5-GC60K-LV”, se ha tomado la elección de este inversor por que cumple el factor de dimensionado que se requiere, y por otro lado debido a su buen rendimiento y flexibilidad de configuración ya que cuenta con 3 seguidores independientes del punto de máxima potencia.

3.5.1. Comprobación de compatibilidad.

A continuación, se procederá a comprobar el funcionamiento del inversor, para esto se deberán cumplir una serie de criterios.

3.5.2. Factor de dimensionado.

En primer lugar, en Europa del sur, el factor de dimensionado estará entre 0,85 y 1, el cual vendrá dado por la siguiente expresión:

$$F_S = \frac{P_{INV,DC}}{P_{GFV,STC}}$$

donde:

- F_S : factor de dimensionado.
- $P_{INV,DC}$: potencia nominal a la entrada del inversor.
- $P_{GFV,STC}$: potencia pico del generador fotovoltaico.

$$F_S = \frac{60000}{60300} = 0,99$$

Por lo tanto, el inversor elegido cumplirá la condición del factor de dimensionado.



3.5.3. Número máximo de módulos en serie.

El número máximo de módulos en serie debe ser tal que la variación con el tiempo a lo largo de todo el año de la suma de las tensiones en el punto de máxima potencia de todos los módulos se encuentre en el margen de tensiones en el cual el inversor busca el punto de máxima potencia de la curva V-I del generador. En ningún caso el valor de número de módulos en serie ha de ser tal que produzca una tensión en la entrada del inversor superior a la máxima admisible por éste.

Se suele tomar como temperatura extrema -10 grados centígrados.

$$\text{máx}(N_{ms}) = \text{Int} \left[\frac{V_{INV,MÁX}}{V_{MOD,OC}(T_c = -10^\circ\text{C})} \right]$$

$$V_{MOD,OC}(T_c = -10^\circ\text{C}) = V_{MOD,OC,STC} + \beta_{OC} \times (T_c - T)$$

donde:

- $V_{INV,MÁX}$: tensión máxima de entrada del inversor.
- $V_{MOD,OC}(T_c = -10^\circ\text{C})$: tensión de circuito abierto del módulo a una temperatura de celda de -10°C .
- $V_{MOD,OC,STC}$: tensión de circuito abierto del módulo en condiciones estándar de medida, con una temperatura de celda de 25°C .
- β_{OC} : coeficiente de temperatura de tensión de circuito abierto del módulo.

$$V_{MOD,OC}(T_c = -10^\circ\text{C}) = 49,1 + (-0,13257) \times (-10 - 25)^\circ\text{C} = 53,739 \text{ V}$$

$$\beta_{OC} = \frac{-0,27 \times 49,1}{100} = -0,13257$$

$$\text{máx}(N_{ms}) = \text{Int} \left[\frac{1100}{53,739} \right] = 20$$



De igual manera se realizará el cálculo del número máximo de módulos en serie, pero en este caso con la máxima tensión del rango de punto de máxima potencia.

$$\text{máx}(N_{ms}) = \text{Int} \left[\frac{V_{INV,MPPMÁX}}{V_{MOD,M}(T_c=-10^{\circ}\text{C})} \right]$$

$$V_{MOD,M}(T_c=-10^{\circ}\text{C}) = V_{MOD,M,STC} + \beta_m \times (T_c - T)$$

donde:

- $V_{INV,MPPMÁX}$: tensión máxima del rango de punto de máxima potencia.
- $V_{MOD,M}(T_c=-10^{\circ}\text{C})$: tensión máxima del módulo a una temperatura de celda de -10°C .
- $V_{MOD,M,STC}$: tensión máxima del módulo en condiciones estándar de medida, con una temperatura de celda de 25°C .
- β_m : coeficiente de temperatura de tensión máxima.

$$V_{MOD,M}(T_c=-10^{\circ}\text{C}) = 41,1 + (-0,11097) \times (-10 - 25) = 44,984 \text{ V}$$

$$\beta_m = \frac{-0,27 \times 41,1}{100} = -0,11097$$

$$\text{máx}(N_{ms}) = \text{Int} \left[\frac{1000}{44,983} \right] = 22$$

De los dos resultados obtenidos nos quedaremos con el más restrictivo por lo tanto el número máximo de módulos en serie que se podrán instalar serán 20.

3.5.4. Número mínimo de módulos en serie.

En este caso se realizará el cálculo con la tensión mínima del rango de punto de máxima potencia, para realizar los cálculos se tomará como temperatura extrema 70°C .

$$\text{mín}(N_{ms}) = \text{Int} \left[\frac{V_{INV,MPPMÍN}}{V_{MOD,M}(T_c=70^{\circ}\text{C})} \right] + 1$$



$$V_{MOD,M(T_C=70^{\circ}\text{C})} = V_{MOD,M,STC} + \beta_m \times (T_C - T)$$

donde:

- $V_{INV,MPPMÍN}$: tensión mínima del rango de punto de máxima potencia.
- $V_{MOD,M(T_C=70^{\circ}\text{C})}$: tensión de trabajo en el punto de máxima potencia del módulo a una temperatura de celda de 70°C.
- $V_{MOD,M,STC}$: tensión máxima del módulo en condiciones estándar de medida con una temperatura de celda de 25°C.
- β_m : coeficiente de temperatura de tensión máxima del

módulo.

$$V_{MOD,M(T_C=70^{\circ}\text{C})} = 41,1 + (-0,11097) \times (70 - 25) = 36,106 \text{ V}$$

$$\beta_m = \frac{-0,27 \times 41,1}{100} = -0,11097$$

$$\text{mín}(N_{ms}) = \text{Int} \left[\frac{180}{36,106} \right] + 1 = 5$$

El número mínimo de módulos en serie que se podrán instalar será 5.

3.5.5. Número máximo de ramas en paralelo.

Se deben añadir tantas ramas en paralelo como sean necesarias hasta completar, aproximadamente, la potencia del generador fotovoltaico que se desea instalar. Además, se ha de evitar sobrepasar la intensidad máxima a la entrada del inversor.

El inversor consta con dos entradas de seguidor del punto de máxima potencia, el número de ramas en paralelo para cada entrada vendrá dado por la siguiente expresión:

$$I_{MOD,SC,STC} \times N_{mp} \times 1,25 \leq I_{INV,SC,MAX}$$

donde:



-
- $I_{MOD,SC,STC}$: intensidad de cortocircuito del módulo en condiciones estándar.
 - N_{mp} : número máximo de ramas en paralelo.
 - $I_{INV,SC,MAX}$: Intensidad máxima a la entrada de cada seguidor del punto de

$$11,6 \times N_{mp} \times 1,25 \leq 32$$

$$N_{mp} \leq 2,207$$

El número máximo de ramas en paralelo que se podrán poner a cada entrada será de 2.

3.6. CONFIGURACIÓN DEL GENERADOR.

El generador consta de 2 ramas en paralelo de 19 módulos cada una por cada entrada del seguidor de punto de máxima potencia.

$$P_{GFV} = (2 \times 12) \times 6 \times 450 = 64800 \text{ W}$$

Quedando una potencia máxima del generador de 64800 W.

3.7. CÁLCULO DE CONDUCTORES.

3.7.1. Red de corriente continua.

La red de corriente continua consta:

- Tramo 1: Desde caja de conexión CC inversor hasta la entrada del inversor (55 m).
- Tramo 2: Caja de conexión de ramas hasta caja de conexión CC inversor (43 m).
- Tramos 3: Cableado que realiza las conexiones de los módulos que forman las ramas

A continuación, se mostrará un esquema orientativo donde se puede observar distintos tramos que obtendremos de cableado para realizar las conexiones y se calcularán las secciones de los cables a lo largo de toda la red de corriente continua.

El cableado se realizará con los siguientes tipos de cables:

- Cableado CC conexión de módulos.

- Cableado CC conexión de ramas.
- Cableado CC conexión de cajas
- Cableado CC conexión inversor

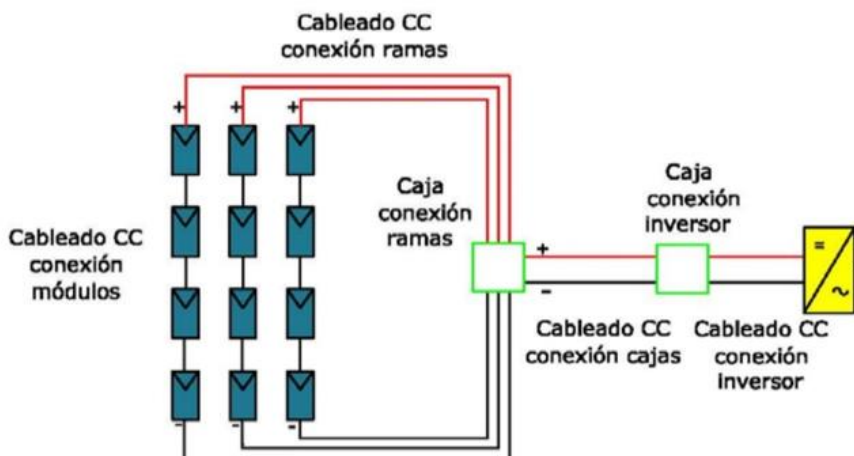


Figura 3.3. Esquema zonas cableado CC de un generador fotovoltaico.

Para el dimensionado de corriente continua se tendrán en cuenta una serie de normas:

- UNE-HD 60364-7-712: 'Instalaciones eléctricas de baja tensión'.
- UNE-EN 50618; 'Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos'.
- UNE-HD 60364-5-52: 'Instalaciones eléctricas de baja tensión'.
- AENOR EA 038: 'Cables eléctricos de utilización en circuitos de sistemas fotovoltaicos'.
- Código FOTOVOLTAICO ZZ-F-(AS).

3.7.2. Datos de partida.

Una vez diseñada la configuración que se utilizará para la disposición de los módulos la cual estará formada por un generador formado a su vez por seis subgeneradores de 12 módulos en serie y dos ramas en paralelo.

Por otro lado, la caída de tensión permitida según las recomendaciones que expone el IDAE en su pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a la red será del 1,5%.



Los conductores deberán cumplir la norma UNE-EN 50618, y el material por el que estarán formados será el cobre.

Con el fin de homogeneizar la instalación para conseguir una instalación de más fácil conexión y por otro lado teniendo en cuenta criterios económicos, se utilizará siempre el caso más desfavorable el cual se aplicará a toda la instalación.

3.7.3. Criterio caída de tensión.

Según el criterio que se va a utilizar, será la cadena que este más alejada al inversor el cual es el más desfavorable.

A través de la siguiente expresión se determinará la caída de tensión en continua:

$$S_{\Delta V} = \frac{2 \times \lambda \times I_{\Sigma B\Delta V}}{\sigma \times \Delta V_{max}}$$

donde:

- λ : longitud virtual del tramo (m).
- $I_{\Sigma B\Delta V}$: intensidad de diseño del subgenerador FV para el criterio de caída de tensión. (2 subgeneradores).
- ΔV_{max} : caída máxima de tensión admisible para la línea.
- σ : conductividad del conductor, cobre ($56 m/mm^2\Omega$).

Por otro lado, tenemos que:

$$\Delta V_{max} = \frac{1,5}{100} \times V_{rama}$$

donde:

- V_{rama} : Tensión de dicha rama, es decir, número de módulos en serie por la tensión en el punto de máxima potencia.

$$V_{rama} = 12 \times V_{mp} = 12 \times 41,1 = 493,2 \text{ V}$$



Por lo tanto:

$$\Delta V_{max} = \frac{1,5}{100} \times V_{rama} = 7,4 \text{ V}$$

$$I_{\Sigma B\Delta V} = Imp \times 2 = 10,96 \times 2 = 21,92 \text{ A}$$

3.7.4. Criterio térmico.

El criterio térmico de conductores del inversor, lo establece la norma UNE 20460-7-712, debiéndose tener la siguiente corriente:

$$I_{BIZ} = 1,25 \times N_{RP} \times I_{SC,MOD}$$

donde:

- I_{BIZ} : intensidad de cortocircuito.
- N_{RP} : número de ramas en paralelo.
- $I_{SC,MOD}$: intensidad de cortocircuito del módulo.

$$I_{BIZ} = 1,25 \times 2 \times 11,60 = 29 \text{ A}$$

Tramo 1: Desde caja de conexión CC inversor hasta la entrada del inversor:

- Tipo de instalación bajo tubo protector y enterrado.
- Tipo de conductor utilizado PV ZZ-F-(AS).
- Longitud virtual del tramo 55 m.

Para este tramo cogiendo las longitudes más desfavorables y tomando la corriente de rama igual a la corriente en el punto de máxima potencia del módulo $I_{mp} = 10,96 \text{ A}$, se obtiene que:

$$\lambda = \frac{\sum L \times I_B}{I_{\Sigma B\Delta V}} = \frac{(40 + 55) \times 10,96 + (40 + 55) \times 10,96}{10,96 \times 2} = 95 \text{ m}$$

Aplicando el criterio de caída de tensión:



$$S_{\Delta V} = \frac{2 \times \lambda \times I_{\Sigma B \Delta V}}{\sigma \times \Delta V_{max}} = \frac{2 \times 95 \times 21,9}{56 \times 7,4} = 9,98 \text{ mm}^2$$

Aplicando el criterio térmico:

$$I_{BIZ} = 1,25 \times 2 \times I_{sc_{MAX}} = 1,25 \times 2 \times 11,60 = 29 \text{ A}$$

Las condiciones de utilización de este serán a una temperatura ambiente de 40°C, temperatura máxima del conductor de 90°C.

El montaje de este tramo consta de dos formas, una primera parte más extensa que será en tubo y al finalizar el tramo una parte que será enterrada, debido a esto se deberá coger la opción más desfavorable, es decir, cable en conductos enterrados.

Debido a que la sección por caída de tensión es más desfavorable que si se eligiera un aislamiento XLPE para dos conductores de 6 mm² para el cual tendríamos una intensidad máxima admisible de 31 A cumpliendo el criterio térmico, no sería suficiente para cumplir el criterio por caída de tensión, por lo tanto, la sección más inmediata a los 9,98 mm² sería la de 10 mm².

Observado la tabla vemos que según la instalación de referencia instalación tipo D se puede observar que la intensidad máxima admisible para esta sección es 43 A, por lo tanto, se cumple que:

$$I_{BIZ} < I_Z$$

$$29 \text{ A} < 43 \text{ A}$$

La caída de tensión resultante tiene que ser menor a la caída de tensión máxima:

$$\Delta V = \frac{2 \times L \times I_{\Sigma B \Delta V}}{\sigma \times S_{\Delta V}} = \frac{2 \times 55 \times (10,96 \times 2)}{56 \times 10} = 4,31 \text{ V} < 7,4 \text{ V}$$

Después del análisis realizado se ha podido comprobar que cumple por los dos criterios por lo tanto la sección de 10 mm² sería correcta.

Tramo 2: Conexión de ramas hasta caja de conexión CC inversor.

- Tipo de instalación al aire y sobre superficie.



-
- Tipo de conductor utilizado PV ZZ-F-(AS).
 - Longitud virtual del tramo 43 m.

Aplicando el criterio de caída de tensión:

$$S_{\Delta V} = \frac{2 \times \lambda \times I_{\Sigma B \Delta V}}{\sigma \times \Delta V_{Tramo2}} = \frac{2 \times 43 \times (10,96 \times 2)}{56 \times 4,09} = 8,23 \text{ mm}^2$$

Se calcula la tensión máxima para este tramo:

$$\Delta V_{Tramo2} = \Delta V_{max} - \Delta V_{Tramo1} = 7,4 - 3,31 = 4,09 \text{ V}$$

Por el criterio de caída de tensión admisible la sección inmediatamente superior admisible será la de 10 mm^2 .

Aplicando el criterio térmico:

$$I_{BIZ} = 1,25 \times 2 \times I_{sc_{MAX}} = 1,25 \times 2 \times 11,60 = 29 \text{ A}$$

Las intensidades máximas de los conductores son las recogidas en la norma UNE- EN 50618:2015. En la tabla mostrada a continuación se recoge la intensidad máxima admisible en función de la sección y del método de instalación.

En la tabla se mostrará cómo varía la intensidad en función de la sección para un único cable al aire libre, para un único cable sobre una superficie y para dos cables cargados en contacto sobre una superficie, siendo esto para una temperatura ambiente de 60°C y una temperatura máxima de tensión a 120°C . Por lo tanto, para aplicar la tabla se ha de tener en cuenta el método de instalación en función del tramo que se esté estudiando, aplicando la sección inmediatamente superior a la calculada en dicho tramo.



Sección nominal (mm ²)	Un único cable al aire libre (A)	Un único cable sobre una superficie (A)	Dos cables cargados en contacto, sobre una superficie (A)
1,5	30	29	24
2,5	41	39	33
4	55	52	44
6	70	67	57
10	98	93	79
16	132	125	107
25	176	167	142
35	218	207	176
50	276	262	221
70	347	330	278
95	416	395	333
120	488	464	390
150	566	538	453
185	644	612	515
240	775	736	620
Temperatura ambiente: 60°C			
Temperatura máxima del conductor 120°C			

Tabla 3.4. Intensidades máximas admisibles en sistemas fotovoltaicos.

Por el criterio de caída de tensión se utilizará un cable unifilar de 10 mm² el inmediatamente superior a los 8,23 mm² en cual tiene una intensidad máxima admisible de 79 A según nos muestra la tabla mostrada anteriormente, siendo esta intensidad superior a los 29 A calculados.

Tramo 3: Cableado de ramas:

Según la norma UNE-EN 50618, para un método de instalación de dos cables cargados en contacto, para una sección de 4 mm² a una temperatura ambiente de 60°C la corriente máxima será de 44 amperios la cual es muy superior a la obtenida en nuestro diseño, por lo cual la sección será válida para este criterio.



3.7.5. Red de corriente alterna.

Para el dimensionado de corriente alterna se tendrán en cuenta una serie de normas:

- UNE-HD 60364-5-52: ‘Instalaciones eléctricas de baja tensión’.
- REBT-ITC-BT-07: ‘Redes subterráneas para distribución en baja tensión’.
- REBT-ITC-BT-19: ‘Instalaciones interiores o receptoras-prescripciones generales’.
- REBT-ITC-BT-40: ‘Instalaciones generadoras de baja tensión’.

Por otro lado, se va a tener en cuenta una tensión de línea de 400 V y la caída de tensión permitida entre la salida del inversor y el punto de interconexión como anteriormente se ha especificado no será superior a 1,5%.

El tramo de corriente alterna tendrá una longitud total de 18 m.

3.7.6. Criterio caída de tensión.

En primer lugar, se calculará la sección:

$$S_{\Delta V} = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_{Ninv} \times \cos \varphi}{\sigma \times \Delta V_{max}}$$

donde:

- L: longitud del cableado hasta el cuadro genera de CA.
- I_{Ninv} : intensidad procedente del inversor.
- σ : conductividad del conductor de cobre.
- ΔV_{max} : tensión máxima.

A continuación, se calculará la caída de tensión máxima y la corriente que sale del inversor.

Tensión máxima:



$$\Delta V_{max} = \frac{1,5}{100} \times V_{línea} = \frac{1,5}{100} \times 400 = 6 V$$

Corriente:

$$I_{Ninv} = \frac{P_{N inv}}{\sqrt{3} \times 400 \times \cos\varphi} = \frac{60000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,95} = 91,161 A$$

Por tanto, según el criterio de caída de tensión nuestra sección sería:

$$S_{\Delta V} = \frac{\sqrt{3} \times 13 \times 91,161 \times 0,95}{56 \times 6} = 5,8 mm^2$$

La sección normalizada inmediatamente superior a esta es de 10 mm² según la ITC BT-19 con lo cual en principio nos quedaremos con esta sección.

3.7.7. Criterio térmico.

Para poder cumplir el criterio térmico la intensidad permanente será de 1,25 veces la intensidad máxima de la salida del inversor según la norma ITC BT-40.

$$I_{Ninv} = \frac{P_{N inv}}{\sqrt{3} \times 400 \times \cos\varphi} = \frac{60000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,95} = 91,16 \times 1,25 = 113,95 A$$

El tipo de instalación que se realizará será canalizada subterránea bajo tubo. Se deberán aplicar unos determinados factores de reducción debido a las características que presenta el terreno en función a la norma ITC BT-07 los factores de reducción serán:

- Factor de corrección por temperatura del terreno de 35 °C: K1=0,92.
- Factor de corrección por resistividad térmica de 1,20 k.m/W: K2=0,93.
- Factor de corrección por instalación en el interior de tubos: K3=0,8.

Por tanto, la intensidad por el criterio térmico será:

$$I_{Ninv} = \frac{113,95}{0,92 \times 0,93 \times 0,8} = 166,477 A$$

Para poder cumplir este criterio se necesitará una sección de 50 mm², la cual proporcionará 180 A para un aislamiento XLPE de cables unipolares.



Para finalizar el tramo de corriente alterna, se realizará dos comprobaciones, por densidad de corriente y por caída de tensión.

- Densidad de corriente

Se debe cumplir que:

$$I_{Ninv} < I_Z$$
$$166,477 \text{ A} < 180 \text{ A}$$

- Caída de tensión:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_{Ninv} \times \cos \varphi}{\sigma \times \Delta V_{max}} (V)$$
$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times 13 \times 91,161 \times 0,95}{56 \times 6} = 5,8 \text{ V} < 6 \text{ V}$$

Cumple por ambos criterios por lo tanto la sección elegida será de 10 mm^2 .

3.8. INTENSIDAD NOMINAL DE MAGNETOTÉRMICOS DE PROTECCIÓN DE RAMA.

El dispositivo que se podrá utilizar para proteger contra sobrecargas debe de cumplir las siguientes condiciones:

$$I_{SCMAX} \leq I_n \leq I_R I_{MG} \leq 1,45 I_R$$

donde:

- I_{SCMAX} : corriente que se ha considerado para el dimensionado (10,92 A).
- I_n : corriente asignada del interruptor.
- I_R : corriente máxima de reversión (20 A).
- I_{MG} : corriente que asegura la actuación del dispositivo (1,05-1,3) (1,2) A.

$$11,60 \leq I_n \leq I_R I_{MG} \leq 1,45 I_R$$



$$11,60 \leq I_n \leq 25 \leq 29$$

Un magnetotérmico válido para esta protección será uno que su corriente asignada esté entre 12 y 25 A.



Jaén, mayo 2024

El alumno

Francisco Orozco Sierra

TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 4

ANEXO: DATOS DE CONSUMO HORARIO



Hora	MES DE ENERO CONSUMO (kWh)																															
	Día																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
1	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
5	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
6	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
7	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
8	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
9	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,3	1,7	1,3	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
10	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,3	1,7	1,3	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
11	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,3	1,7	1,3	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
12	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,3	1,7	1,3	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
13	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,3	1,7	1,3	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
14	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
15	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
16	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
17	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
18	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,3	1,7	1,3	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
19	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,3	1,7	1,3	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
20	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,3	1,7	1,3	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
21	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,3	1,7	1,3	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
22	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
23	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4

Tabla 4.1. Consumo horario mes de enero.



Hora	MES DE FEBRERO CONSUMO (kWh)																														
	Día																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5			
1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5			
2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5			
3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5			
4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5			
5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5			
6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5			
7	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5			
8	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6			
9	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6			
10	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6			
11	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6			
12	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6			
13	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6			
14	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6			
15	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6			
16	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6			
17	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6			
18	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1			
19	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1			
20	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1			
21	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1			
22	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6			
23	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6			

Tabla 4.2. Consumo horario mes de febrero.



	MES DE MARZO CONSUMO (kWh)																														
	Día																														
	Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
1	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
2	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
3	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	10,1
8	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1
9	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1
10	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	4,2
11	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	4,2
12	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	4,2
13	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	4,2
14	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1
15	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1
16	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1
17	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1
18	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	10,1
19	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	10,1
20	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	10,1
21	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	10,1
22	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1
23	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1

Tabla 4.3. Consumo horario mes de marzo.

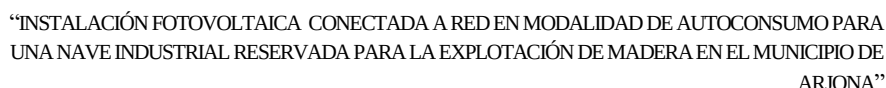


Tabla 4.4. Consumo horario mes de abril.



Hora	MES DE MAYO CONSUMO (kWh)																														
	Día																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
5	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
6	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
7	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
9	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
10	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
11	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
12	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
13	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
14	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
15	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
16	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
17	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
18	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
19	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
20	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
21	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
22	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
23	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8

Tabla 4.5. Consumo horario mes de mayo.



	MES DE JUNIO CONSUMO (kWh)																																
	Día																																
	Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0		
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	
2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	
3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	
4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	
5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	
6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	
7	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	0,0	
8	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	0,0	
9	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	0,0	
10	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	0,0	
11	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	0,0	
12	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	0,0	
13	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	0,0	
14	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	0,0	
15	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	0,0	
16	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	0,0	
17	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	0,0	
18	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	0,0	
19	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	0,0	
20	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	0,0	
21	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	0,0	
22	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	0,0	
23	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	

Tabla 4.6. Consumo horario mes de junio.

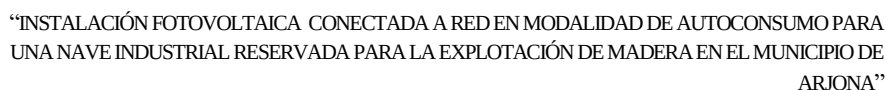


Tabla 4.8. Consumo horario mes de agosto.



	MES DE SEPTIEMBRE CONSUMO (kWh)																															
	Día																															
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
8	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	
9	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	
10	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	
11	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
12	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
13	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
14	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
15	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	
16	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	
17	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	
18	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	
19	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	
20	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	
21	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	
22	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	
23	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	

Tabla 4.9. Consumo horario mes de septiembre.



	MES DE OCTUBRE CONSUMO (kWh)																														
	Día																														
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
8	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
9	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
10	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
11	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
12	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
13	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
14	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
15	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
16	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
17	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
18	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
19	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
20	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
21	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
22	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
23	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5

Tabla 4.10. Consumo horario mes de octubre.



	MES DE NOVIEMBRE CONSUMO (kWh)																																			
	Día																																			
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0						
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0					
2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0					
3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0					
4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0					
5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0					
6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0				
7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0				
8	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5				
9	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5			
10	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5		
11	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5		
12	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5		
13	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5		
14	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5		
15	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	
16	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	
17	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	
18	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8		
19	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	
20	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	
21	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	
22	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
23	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	

Tabla 4.11. Consumo horario mes de noviembre.



	MES DE DICIEMBRE CONSUMO (kWh)																															
	Día																															
	Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
5	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
6	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
7	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
8	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
9	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
10	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
11	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
12	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
13	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
14	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
15	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
16	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
17	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
18	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
19	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
20	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
21	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
22	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
23	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0

Tabla 4.12. Consumo horario mes de diciembre.



Jaén, mayo de 2024

El alumno

Francisco Orozco Sierra

TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 5

ANEXO: DATOS DE RADIACIÓN



time (UTC+1)	G(i)	Gb(i)	Gd(i)
00:00	0,0	0,0	0,0
01:00	0,0	0,0	0,0
02:00	0,0	0,0	0,0
03:00	0,0	0,0	0,0
04:00	0,0	0,0	0,0
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	0,0	0,0	0,0
08:00	0,0	0,0	0,0
09:00	91,71	57,41	34,09
10:00	255,65	168,45	86,54
11:00	402,44	277,68	123,71
12:00	507,25	368,22	137,7
13:00	563,24	414,72	147,04
14:00	544,17	397,91	144,86
15:00	487,18	351,39	134,57
16:00	387,02	277,61	108,5
17:00	228,57	157,35	70,74
18:00	13,85	8,53	5,3
19:00	0,0	0,0	0,0
20:00	0,0	0,0	0,0
21:00	0,0	0,0	0,0
22:00	0,0	0,0	0,0
23:00	0,0	0,0	0,0

Tabla 5.1. Radiación mes de enero.



time (UTC+1)	G(i)	Gb(i)	Gd(i)
00:00	0,0	0,0	0,0
01:00	0,0	0,0	0,0
02:00	0,0	0,0	0,0
03:00	0,0	0,0	0,0
04:00	0,0	0,0	0,0
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	0,0	0,0	0,0
08:00	1,04	0,16	0,87
09:00	145,77	81,49	63,86
10:00	316,6	199,17	116,52
11:00	465,84	315,1	149,41
12:00	580,94	401,61	177,68
13:00	638,11	445,61	190,71
14:00	652,23	469,02	181,4
15:00	584,32	412,75	169,99
16:00	473,49	322,98	149,26
17:00	314,42	203,29	110,34
18:00	126,15	77,12	48,75
19:00	0,0	0,0	0,0
20:00	0,0	0,0	0,0
21:00	0,0	0,0	0,0
22:00	0,0	0,0	0,0
23:00	0,0	0,0	0,0

Tabla 5.2. Radiación mes de febrero.



time (UTC+1)	G(i)	Gb(i)	Gd(i)
00:00	0,0	0,0	0,0
01:00	0,0	0,0	0,0
02:00	0,0	0,0	0,0
03:00	0,0	0,0	0,0
04:00	0,0	0,0	0,0
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	0,0	0,0	0,0
08:00	68,43	28,9	39,28
09:00	247,84	141,51	105,52
10:00	425,22	268,41	155,47
11:00	576,85	387,73	187,35
12:00	707,2	496,29	208,77
13:00	732,45	507,19	223,06
14:00	731,86	517,32	212,38
15:00	661,82	452,84	207,05
16:00	534,34	349,55	183,23
17:00	374,1	229,46	143,58
18:00	193,81	107,87	85,41
19:00	13,65	5,25	8,36
20:00	0,0	0,0	0,0
21:00	0,0	0,0	0,0
22:00	0,0	0,0	0,0
23:00	0,0	0,0	0,0

Tabla 5.3. Radiación mes de marzo.



time (UTC+1)	G(i)	Gb(i)	Gd(i)
00:00	0,0	0,0	0,0
01:00	0,0	0,0	0,0
02:00	0,0	0,0	0,0
03:00	0,0	0,0	0,0
04:00	0,0	0,0	0,0
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	21,43	2,04	19,29
08:00	161,22	73,13	87,48
09:00	338,58	195,9	141,5
10:00	518,28	332,05	184,5
11:00	670,01	460,21	207,63
12:00	790,73	566,12	222,1
13:00	807,42	569,44	235,44
14:00	802,04	565,2	234,34
15:00	710,9	486,56	222,14
16:00	607,21	408,21	197,12
17:00	434,38	273,18	159,86
18:00	244,46	134,57	109,12
19:00	71,3	30,3	40,76
20:00	0,0	0,0	0,0
21:00	0,0	0,0	0,0
22:00	0,0	0,0	0,0
23:00	0,0	0,0	0,0

Tabla 5.4. Radiación mes de abril.



time (UTC+1)	G(i)	Gb(i)	Gd(i)
00:00	0,0	0,0	0,0
01:00	0,0	0,0	0,0
02:00	0,0	0,0	0,0
03:00	0,0	0,0	0,0
04:00	0,0	0,0	0,0
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	71,98	19,28	52,33
08:00	230,57	122,32	107,33
09:00	422,35	265,69	155,12
10:00	604,82	414,79	187,94
11:00	746,0	539,13	204,37
12:00	848,01	628,83	216,39
13:00	901,81	675,1	223,79
14:00	878,71	651,15	224,72
15:00	788,74	572,15	214,05
16:00	668,6	469,29	197,14
17:00	491,49	320,97	168,9
18:00	302,65	178,5	123,13
19:00	119,79	52,31	67,03
20:00	2,69	0.0	2,68
21:00	0,0	0,0	0,0
22:00	0,0	0,0	0,0
23:00	0,0	0,0	0,0

Tabla 5.5. Radiación mes de mayo.



time (UTC+1)	G(i)	Gb(i)	Gd(i)
00:00	0,0	0,0	0,0
01:00	0,0	0,0	0,0
02:00	0,0	0,0	0,0
03:00	0,0	0,0	0,0
04:00	0,0	0,0	0,0
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	89,6	28,46	60,66
08:00	259,06	147,86	110,12
09:00	456,62	307,06	147,84
10:00	642,11	468,9	170,94
11:00	809,09	611,69	194,64
12:00	917,91	710,75	204,1
13:00	975,96	766,83	205,92
14:00	949,88	735,51	211,26
15:00	864,52	663,88	197,81
16:00	736,14	547,79	185,92
17:00	545,12	378,43	164,87
18:00	354,53	224,03	129,27
19:00	164,52	82,76	81,14
20:00	20,59	0,47	20,02
21:00	0,0	0,0	0,0
22:00	0,0	0,0	0,0
23:00	0,0	0,0	0,0

Tabla 5.6. Radiación mes de junio.



time (UTC+1)	G(i)	Gb(i)	Gd(i)
00:00	0,0	0,0	0,0
01:00	0,0	0,0	0,0
02:00	0,0	0,0	0,0
03:00	0,0	0,0	0,0
04:00	0,0	0,0	0,0
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	67,11	18,86	47,85
08:00	244,03	148,47	94,52
09:00	452,76	322,43	128,63
10:00	650,8	497,95	150,56
11:00	820,83	653,26	164,78
12:00	942,48	763,95	175,4
13:00	1002,9	819,28	180,34
14:00	989,07	802,62	183,25
15:00	913,24	733,35	176,93
16:00	780,49	611,57	166,39
17:00	599,3	449,87	147,45
18:00	384,67	263,21	120,14
19:00	180,63	100,98	78,98
20:00	19,07	1,03	17,93
21:00	0,0	0,0	0,0
22:00	0,0	0,0	0,0
23:00	0,0	0,0	0,0

Tabla 5.7. Radiación mes de julio.



time (UTC+1)	G(i)	Gb(i)	Gd(i)
00:00	0,0	0,0	0,0
01:00	0,0	0,0	0,0
02:00	0,0	0,0	0,0
03:00	0,0	0,0	0,0
04:00	0,0	0,0	0,0
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	32,08	2,91	28,97
08:00	196,47	113,07	82,6
09:00	407,23	283,93	121,83
10:00	612,56	463,62	146,87
11:00	785,7	618,85	164,27
12:00	907,29	728,27	176,11
13:00	964,95	778,99	182,91
14:00	959,04	776,3	179,73
15:00	882,16	707,76	171,65
16:00	739,99	575,79	161,89
17:00	548,64	404,63	142,28
18:00	331,35	222,22	108,07
19:00	121,81	62,54	58,84
20:00	0,54	0,0	0,53
21:00	0,0	0,0	0,0
22:00	0,0	0,0	0,0
23:00	0,0	0,0	0,0

Tabla 5.8. Radiación mes de agosto.



Time (UTC+1)	G(i)	Gb(i)	Gd(i)
00:00	0,0	0,0	0,0
01:00	0,0	0,0	0,0
02:00	0,0	0,0	0,0
03:00	0,0	0,0	0,0
04:00	0,0	0,0	0,0
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	5,06	0,0	5,04
08:00	144,28	73,93	69,83
09:00	343,42	219,2	123,08
10:00	537,27	377,97	157,59
11:00	706,48	519,9	184,39
12:00	808,24	602,84	202,92
13:00	862,04	652,33	207,1
14:00	841,14	643,85	194,78
15:00	730,67	548,38	180,12
16:00	603,1	435,37	165,96
17:00	407,02	274,58	131,26
18:00	200,56	117,6	82,38
19:00	20,38	8,35	11,96
20:00	0,0	0,0	0,0
21:00	0,0	0,0	0,0
22:00	0,0	0,0	0,0
23:00	0,0	0,0	0,0

Tabla 5.9. Radiación mes de septiembre.



time (UTC+1)	G(i)	Gb(i)	Gd(i)
00:00	0,0	0,0	0,0
01:00	0,0	0,0	0,0
02:00	0,0	0,0	0,0
03:00	0,0	0,0	0,0
04:00	0,0	0,0	0,0
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	0,0	0,0	0,0
08:00	86,67	43,18	43,22
09:00	272,45	168,38	103,25
10:00	440,44	293,23	145,91
11:00	602,41	425,36	175,3
12:00	693,17	499,98	191,19
13:00	717,3	515,16	200,1
14:00	696,78	510,63	184,19
15:00	596,21	425,75	168,82
16:00	454,68	308,49	144,96
17:00	271,76	169,64	101,42
18:00	64,67	35,34	29,18
19:00	0,0	0,0	0,0
20:00	0,0	0,0	0,0
21:00	0,0	0,0	0,0
22:00	0,0	0,0	0,0
23:00	0,0	0,0	0,0

Tabla 5.10. Radiación mes de octubre.



time (UTC+1)	G(i)	Gb(i)	Gd(i)
00:00	0,0	0,0	0,0
01:00	0,0	0,0	0,0
02:00	0,0	0,0	0,0
03:00	0,0	0,0	0,0
04:00	0,0	0,0	0,0
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	0,0	0,0	0,0
08:00	10,52	4,81	5,68
09:00	176,81	105,83	70,52
10:00	334,08	215,42	117,76
11:00	469,14	316,93	150,93
12:00	557,42	388,27	167,64
13:00	586,38	418,96	165,85
14:00	561,28	400,88	158,93
15:00	472,32	330,24	140,88
16:00	345,75	231,92	113,0
17:00	172,41	107,33	64,72
18:00	0,18	0,0	0,18
19:00	0,0	0,0	0,0
20:00	0,0	0,0	0,0
21:00	0,0	0,0	0,0
22:00	0,0	0,0	0,0
23:00	0,0	0,0	0,0

Tabla 5.11. Radiación mes de noviembre.



time (UTC+1)	G(i)	Gb(i)	Gd(i)
00:00	0,0	0,0	0,0
01:00	0,0	0,0	0,0
02:00	0,0	0,0	0,0
03:00	0,0	0,0	0,0
04:00	0,0	0,0	0,0
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	0,0	0,0	0,0
08:00	0,0	0,0	0,0
09:00	106,81	65,99	40,59
10:00	275,53	184,89	89,95
11:00	412,06	291,12	119,89
12:00	507,87	365,87	140,69
13:00	552,33	406,89	144,04
14:00	540,07	401,11	137,62
15:00	461,01	335,5	124,4
16:00	336,45	235,64	100,06
17:00	167,88	113,17	54,41
18:00	0,0	0,0	0,0
19:00	0,0	0,0	0,0
20:00	0,0	0,0	0,0
21:00	0,0	0,0	0,0
22:00	0,0	0,0	0,0
23:00	0,0	0,0	0,0

Tabla 5.12. Radiación mes de diciembre.



Jaén, mayo de 2024

El alumno

Francisco Orozco Sierra

TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 6

ANEXO: FICHAS TÉCNICA

6.1. SOLIS S5-GC(50-60)K.



Inversores Solis trifásicos

» S5-GC(50-60)K




360 grados

📈 Eficiente

- ▶ 98.7% de eficiencia máxima
- ▶ Corriente de rama hasta **16A**
- ▶ Diseño de 5/6 MPPT, soporta el diseño del sistema de funciones múltiples
- ▶ Función de recuperación PID por la noche, que aumenta rendimiento del entero sistema (opcional)

💡 Inteligente

- ▶ Función nocturna SVG
- ▶ Soporta el control de potencia exportadora
- ▶ Monitorización inteligente de strings. Exploración inteligente de curvas I-V
- ▶ Escanea para registrarse en SolisCloud, soporta la actualización y control remoto

🔒 Seguro

- ▶ IP66, C5 nivel de anti-corrosión
- ▶ Ventilador redundante inteligente
- ▶ Componentes de marca reconocidos mundialmente para una mayor vida útil
- ▶ Protección AFCI, reduce activamente el riesgo de incendio

💰 Económico

- ▶ Soporta comunicación de GPRS/WiFi con menos cables y bajo costo
- ▶ Admite conexión tipo «Y» en el lado de CC
- ▶ Posibilidad de acceder con cable de aluminio para reducir el gasto
- ▶ Entrada de rama de 10/12 permite 150% + gran potencia C.D

Modelo: 400V: S5-GC50K S5-GC60K



Tabla de datos

Modelo	SS-GC50K		SS-GC60K	
Entrada (CC)				
Voltaje máxima de entrada			1100 V	
Voltaje de nominal			600 V	
Voltaje de arranque			195 V	
Rango de voltaje MPPT			180-1000 V	
Corriente máxima de entrada	5*32 A		6*32 A	
Corriente máxima de cortocircuito	5*40 A		6*40 A	
Número de MPPT/Número máxima de cadenas de entrada	5/10		6/12	
Salida (CA)				
Potencia nominal de salida	50 kW		60 kW	
Potencia máxima de salida aparente	55 kVA		66 kVA	
Potencia máxima de salida	55 kW		66 kW	
Voltaje nominal de la red	3/N/PE, 220 V / 380 V, 230 V / 400 V			
Frecuencia nominal de la red	50 Hz / 60 Hz			
Corriente nominal de salida de red	76.0 A / 72.2 A		91.2 A / 86.6 A	
Corriente máxima de salida	83.6 A		100.3 A	
Factor de potencia	>0.99 (0.8 que lleva a 0.8 de retraso)			
THDI	<3%			
Eficiencia				
Eficiencia máxima	98.7%			
Eficiencia EU	98.3%			
Protección				
Protección contra polaridad Inversa DC	Sí			
Protección contra cortocircuito	Sí			
Protección de sobrecorriente de salida	Sí			
Protección contra sobretensiones	Tipo II CC/ Tipo II CA			
Monitoreo de red	Sí			
Detección Anti-isla	Sí			
Protección de temperatura	Sí			
Monitoreo de cadenas	Sí			
Escaneo de curvas I/V	Sí			
AFCI Integrado (Protección de circuito de falla de arco CC)	Sí ⁽¹⁾			
Recuperación PID Integrada	Opcional ⁽²⁾			
Interruptor de CC Integrado	Opcional			
Datos generales				
Dimensiones (longitud*altura*ancho)	691*578*338 mm			
Peso	54.5 kg			
Topología	Sin Transformador			
Consumo propio (noche)	<1 W			
Rango de temperatura de funcionamiento	-25 ~ +60°C			
Humedad relativa	0-100%			
Nivel de protección	IP66			
Enfriamiento	Ventilador redundante inteligente			
Altitud máxima de funcionamiento	4000 m			
Estándar de conexión de red	G98 or G99, VDE-AR-N 4105 / VDE V 0124, EN 50549-1, VDE 0126 / UTE C 15 / VFR:2019, RD 1699 / RD 244 / UNE 206006 / UNE 206007-1, CEI 0-21, C10/11, NRS 097-2-1, TOR, EIFS 2018.2, IEC 62116, IEC 61727, IEC60068, IEC 61683, EN 50530			
Estándar de seguridad / EMC	IEC 62109-1/-2, IEC62116 & IEC 61000-6-1/-2/-3/-4			
Características				
Conexión de CC	Conector MC4			
Conexión de CA	Terminal OT (máxima 70 mm²)			
Pantalla	LCD, botones táctiles capacitivos			
Comunicación	RS485, USB, Opcional: Wi-Fi, GPRS			

(1) Activación necesaria. (2) Debido a la lógica funcional similar, cuando la función de recuperación de PID nocturna está integrada, la función de compensación de fase durante la noche no se puede utilizar. Además, la opción de conexión a tierra negativa no está disponible para Inversores con función de recuperación PID nocturna.



6.2. CANADIAN SOLAR MODULE HiKu CS3W-450MS.

HYUNDAI SOLAR MODULE

PERC Shingled
HiE-S385VG HiE-S390VG HiE-S395VG HiE-S400VG

Shingled Technology

For Both Residential & Commercial Applications

More Power Generation In Low Light

M6 PERC Shingled

M6 PERC Shingled Technology provides ultra-high efficiency with better performance in low irradiation. Maximizes installation capacity in limited space.

Anti-LID / PID

Both LID(Light Induced Degradation) and PID(Potential Induced Degradation) are strictly eliminated to ensure higher actual yield during lifetime.

Mechanical Strength

Tempered glass and reinforced frame design withstand rigorous weather conditions such as heavy snow and strong wind.

Reliable Warranty

Global brand with powerful financial strength provide reliable 25-year warranty. (Europe and Australia only)

Corrosion Resistant

Various tests under harsh environmental conditions such as ammonia and salt-mist passed.

UL / VDE Test Labs

Hyundai's R&D center is an accredited test laboratory of both UL and VDE.

Hyundai's Warranty Provisions

25 YEARS

- 25-Year Product Warranty (Europe and Australia only)
- On materials and workmanship

25 YEARS

- 25-Year Performance Warranty
- Initial year: 98.0%
- Linear warranty after second year: with 0.55%p annual degradation, 84.8% is guaranteed up to 25 years

About Hyundai Energy Solutions

Established in 1972, Hyundai Heavy Industries Group is one of the most trusted names in the heavy industries sector and is a Fortune 500 company. As a global leader and innovator, Hyundai Heavy Industries is committed to building a future growth engine by developing and investing heavily in the field of renewable energy.

As a core energy business entity of HHI, Hyundai Energy Solutions has strong pride in providing high-quality PV products to more than 3,000 customers worldwide.

Certification



Electrical Characteristics

		Mono-Crystalline Module (HiE-S_VG)			
		385	390	395	400
Nominal Output (P _{mpp})	W	385	390	395	400
Open Circuit Voltage (V _{oc})	V	46.2	46.3	46.3	46.4
Short Circuit Current (I _{sc})	A	10.82	10.87	10.92	10.97
Voltage at P _{max} (V _{mpp})	V	38.4	38.5	38.5	38.6
Current at P _{max} (I _{mpp})	A	10.03	10.13	10.26	10.36
Module Efficiency	%	19.6	19.9	20.2	20.4
Cell Type	-	PERC Mono-Crystalline Silicon Shingled			
Maximum System Voltage	V	1,500			
Temperature Coefficient of P _{max}	%/°C	-0.34			
Temperature Coefficient of V _{oc}	%/°C	-0.27			
Temperature Coefficient of I _{sc}	%/°C	0.04			

*All data at STC (Standard Test Conditions). Above data may be changed without prior notice.

*Tolerance of P_{max}: 0 – +5W

*Performance deviation of V_{oc} [V], I_{sc} [A], V_m [V] and I_m [A]: ±3%.

Mechanical Characteristics

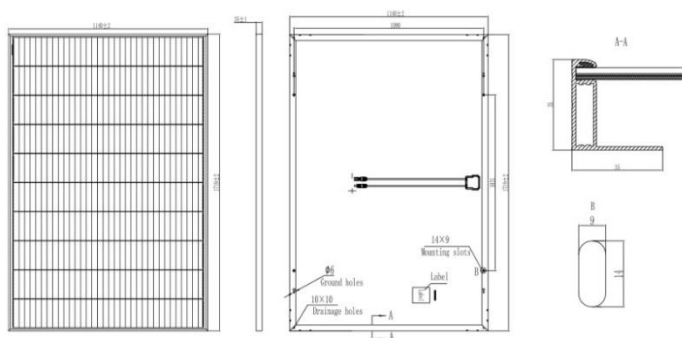
Dimensions	1,719 × 1,140 × 35mm (L × W × H)		
Weight	22kg		
Solar Cells	340 cells, PERC Mono-crystalline Shingled (166 × 166mm)		
Output Cables	Length 1,500mm, 1×4mm ²	Connector	Stäubli : MC4-Evo2
Junction Box	Rated current : 20A, IP67, TUV&UL		
Construction	Front Glass : White toughened safety glass, 3.2mm Encapsulation : EVA (Ethylene-Vinyl-Acetate)		
Frame	Anodized aluminum		

Installation Safety Guide

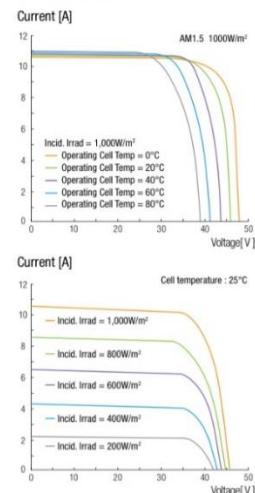
- Only qualified personnel should install or perform maintenance.
- Be aware of dangerous high DC voltage.
- Do not damage or scratch the rear surface of the module.
- Do not handle or install modules when they are wet.

Nominal Operating Cell Temperature	42.3 ± 2°C
Operating Temperature	-40 ~ 85°C
Maximum System Voltage	DC 1,500 / 1,000 (IEC) DC 1,000 (UL)
Maximum Reverse Current	20A
Maximum Surface Load Capacity	Front 5,400 Pa Rear 2,400 Pa

Module Diagram (unit : mm)



I-V Curves





Jaén, mayo de 2024

El alumno

Francisco Orozco Sierra

TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 7

ANEXO: PLANOS



Calle Río Guadalquivir
23760 Arjona
Jaén, España
39° 55' 35" N, 4° 03' 33" W

PROYECTO:

Instalación Fotovoltaica conectada al sistema eléctrico

TÍTULO:

Plano situación

 UNIVERSIDAD DE JAÉN	NOMBRE:		FECHA:	FIRMA:	ESCALA:
	REALIZADO:	Francisco Orozco Sierra	24/07/2023		-
					PLANO:
					1



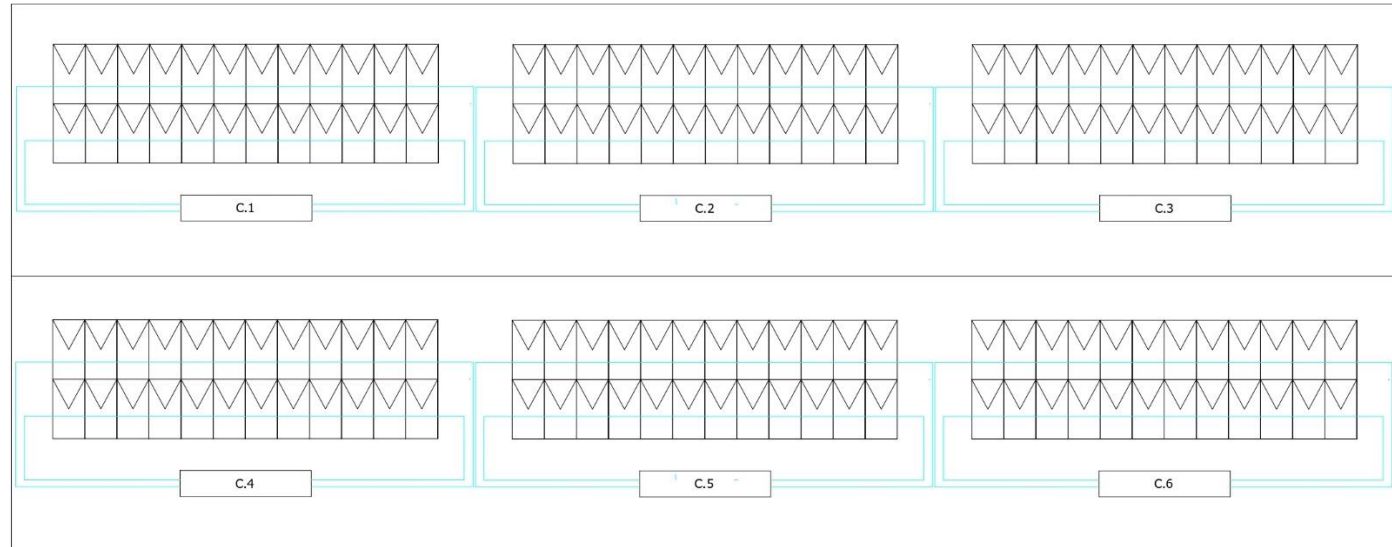
PROYECTO:

Instalación Fotovoltaica conectada al sistema eléctrico

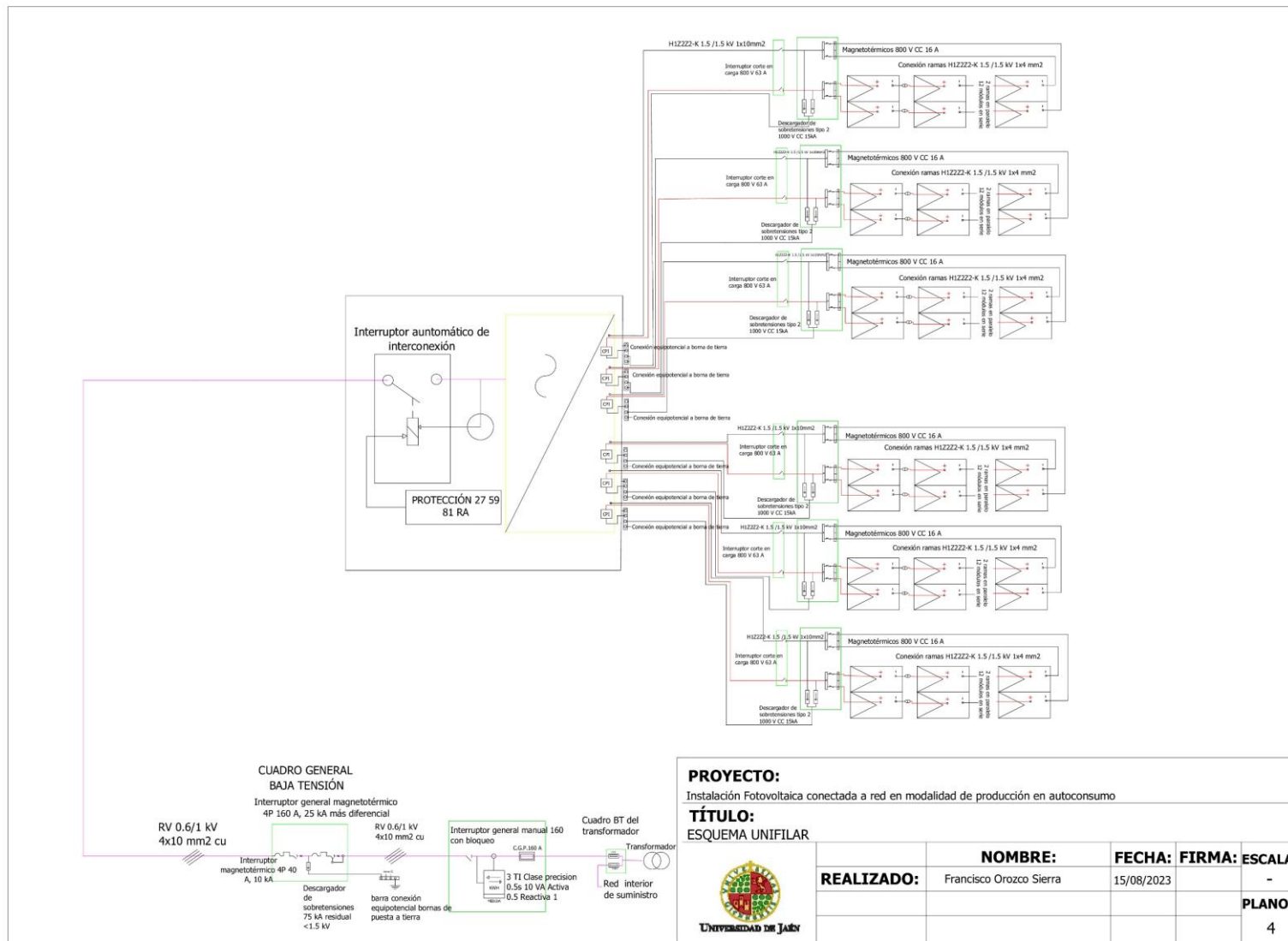
TÍTULO:

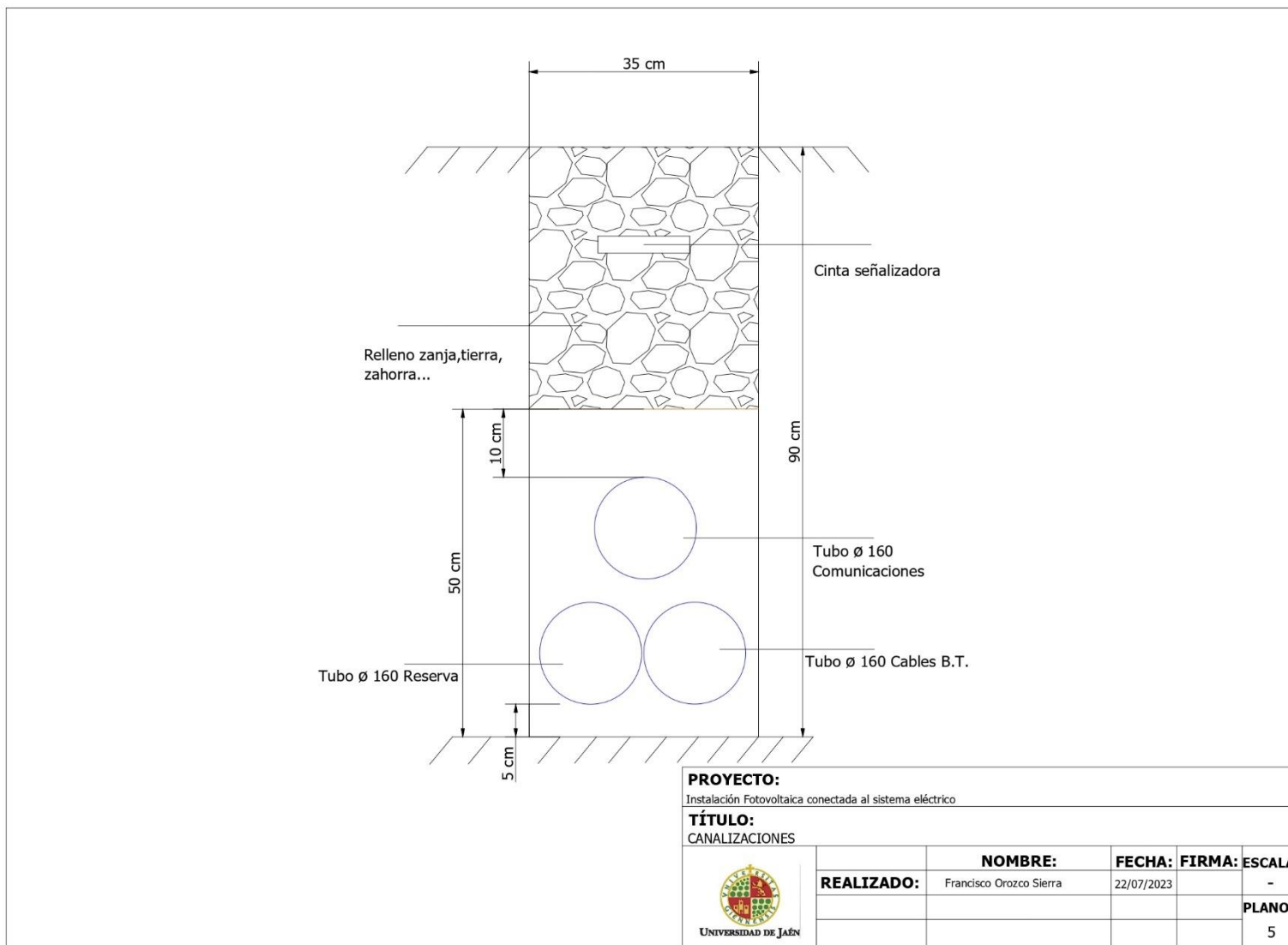
PLANO EMPLAZAMIENTO

 UNIVERSIDAD DE JAÉN	REALIZADO:	NOMBRE:	FECHA:	FIRMA:	ESCALA:
		Francisco Orozco Sierra	24/08/2023		-
					PLANO:
					2



PROYECTO: Instalación Fotovoltaica conectada al sistema eléctrico				
TÍTULO: DISTRIBUCIÓN DE MÓDULOS Y CAJA DE CONEXIÓN				
 UNIVERSIDAD DE JAÉN	REALIZADO:	NOMBRE: Francisco Orozco Sierra	FECHA: 05/08/2023	FIRMA:
				ESCALA: -
				PLANO: 3







Jaén, mayo de 2024

El alumno

Francisco Orozco Sierra

TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 8

ANEXO: PLIEGO DE CONDICIONES



8.1.CONDICIONES GENERALES.

8.1.1. Ámbito de aplicación.

El presente pliego de condiciones determina los requisitos a los que se debe ajustar para llevar a cabo la realización, progreso, inspección y recepciones de las labores a realizar en la instalación fotovoltaica conectada a red de 60 kWp para autoconsumo.

En este documento, además está presente la localización de obras y la descripción general, las condiciones que han de cumplir los materiales, las instrucciones de ejecución, medición y abono de las unidades de obras, siendo de obligación cumplir por parte del Contratista.

8.1.2. Documentos que definen las obras.

Las obras de este Proyecto son todas las necesarias para cumplir el objetivo de este proyecto de “Instalación fotovoltaica conectada a red para autoconsumo”, consistiendo en la instalación de un generador fotovoltaico de una potencia total de 60 kWp.

La instalación está compuesta por un inversor y un generador fotovoltaico de 60 kWp, a su vez compuesto por 134 módulos de 450 Wp cada uno. El generador estará situado en la propia cubierta de la nave industrial, ubicada en Arjona, un municipio de la provincia de Jaén.

El generador se conectará a la red interna de BT. del consumo de la industria de la madera. La organización de la obra de este proyecto se desarrollará en base a las siguientes unidades de obra:

- Obra civil general: acondicionamiento de cubiertas, canalizaciones subterráneas.
- Instalación del generador fotovoltaico, así como realizar la instalación del cableado, red de corriente continua, red de corriente alterna, inversor, sistemas de tierra o sistemas de protección.
- Realización de la instalación del sistema de monitorización.



8.1.3. Documentos que definen las obras.

Los principales documentos serán contractuales, definen la obra y, que la propiedad entregada al contratista, serán:

- Planos.
- Pliego de condiciones.
- Presupuesto.
- Memoria.

Todos los documentos están presentes en este proyecto, además de las condiciones que deben asentarse en el contrato que se deberá suscribir. La inclusión en Contrato de las cubificaciones y mediciones, no implica necesariamente su exactitud con respecto a la realidad.

Además, pueden ser entregados otros documentos al proyectista cuya finalidad sea informar sobre diferentes aspectos necesarios para entender el proyecto y que puede influir en la obra.

8.2. DISPOSICIONES VIGENTES.

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la *Norma UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”*. Deberá estar clasificado, según el Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto.

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se registrarán por lo especificado en:

- Reglamentación General de la Ley de Contratas aprobado por Real Decreto 1098/2001, del 12 de octubre.



- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- 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.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- 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.
- RD 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 244/2019 de 05/04/2019, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Normas particulares y condiciones técnicas de seguridad de la empresa distribuidora Iberdrola.
- Normas UNE que sean de aplicación.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales y R.D. 1627/97 sobre disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Acciones en la Edificación, AE-88.



8.2.1. Seguridad en el trabajo.

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en la *Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales* y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación. Así mismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc., que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, guantes, etc., pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida

8.2.2. Seguridad pública.

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros



procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

8.3. CARACTERÍSTICAS Y CALIDAD DE LOS MATERIALES.

8.3.1. Generador Fotovoltaico.

8.3.2. Generalidades.

Como principio general se ha de asegurar un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase II, en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores) como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión, exceptuando el cableado de continua que será de doble aislamiento).

La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico. El correcto funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar lugar a situaciones peligrosas de trabajo para los operarios de mantenimiento y explotación de la red alterna de baja tensión a la que se conecta.

Se protegerá contra los a los materiales situados en intemperie contra los agentes ambientales, más en concreto, contra el efecto de la radiación solar y la humedad. Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones, tanto de las personas como de la instalación fotovoltaica, asegurando con esto la protección frente sobrecargas, cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas... etc. De los mismos estarán en castellano.

8.3.3. Módulos fotovoltaicos.

Los módulos fotovoltaicos llevarán de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.



Deberán incorporar el marcado CE, según la *Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006*, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

Deberán cumplir:

- UNE-EN 61730, armonizada para la Directiva 2006/95/CE, sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos.
- *UNE-EN 50380*, sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos.
- UNE-EN 61215: “Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación”.
- Normas UNE/CEI e ISO aplicables y en particular las normas IEC 61215 y UL1703.
- Ser de Clase II, certificado por TUV o un organismo similar.

Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales, tendrán un grado de *protección IP65*. Los marcos laterales, en el caso de que los haya, serán de aluminio o acero inoxidable. La estructura del módulo se conectará a tierra. Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.

Los módulos deben cumplir las especificaciones para sus parámetros eléctricos principales en condiciones estándar de operación (irradiancia: 1000 W/m², AM: 1,5, T_c: 25 °C), definidas en la memoria. Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del + 5% de los correspondientes valores nominales de catálogo. Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante. Las condiciones de garantía y degradación anual de potencia cumplirán con lo especificado en la memoria. Los módulos deben disponer



de dos latiguillos de cable de 4 mm² para la conexión de los terminales del módulo con conectores “Multicontact MC4”.

8.3.4. Inversor.

Para la conexión del generador será necesario el uso de un inversor trifásico cuya potencia se especifica en la memoria. Este dispositivo será específico para sistemas fotovoltaicos conectados a red y deberá cumplir la normativa nacional vigente.

Entre sus principales características tendrá las siguientes:

- Funcionamiento como fuente de corriente.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionarán en isla o modo aislado.
- Incorporación de funciones de monitorización y protección.
- Control del aislamiento del campo de paneles con localización selectiva de fallos y desconexión de seguridad.
- Incorporará separación galvánica entre la red de CC y AC.
- El factor de potencia de la potencia de salida del inversor se deberá encontrar en el rango 0,98 inductivo a 0,98 capacitivo.

El inversor cumplirá las siguientes normativas y reales decretos:

- UNE-EN 62093 “Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales”.
- UNE-EN 61683 “Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento”.
- IEC 62109-2:2012 (4.8.2.1. detección de la resistencia de aislamiento del campo fotovoltaico).
- *RD 413:2014* por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.



- *Real Decreto 244/2019 de 05/04/2019*, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

El inversor irá alojado en el interior de un local habilitado, para ello su envolvente metálica se conectará a tierra.

8.3.5. Red de corriente continua.

Los conductores de la red CC tendrán las secciones definidas en la memoria y cumplirán las especificaciones de la norma *UNE-EN 50618 “Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos”*. La designación de dichos conductores será H1Z2Z2-K y tendrán las siguientes características:

- Serán unipolares de cobre electrolítico estañado, de doble aislamiento y tensión asignada 1,8 kV.
- Resistentes a temperaturas extremas, de -40°C hasta +90°C.
- Resistentes a la intemperie: rayos UV, Ozono, absorción de agua.
- Cables de alta seguridad (AS): libres de halógenos; no propagación de llama, no propagadores de fuego; baja emisión de humos; baja emisión de gases corrosivos.

En las canalizaciones eléctricas de la red CC se establecerá una codificación de sus circuitos de forma que se pueda proceder en todo momento a reparaciones, operaciones de medida, operaciones de mantenimiento, etc. Para ello el cableado de esta red estará identificado en sus extremos con dos números que definan el número de generador y de la cadena. El código de colores para los cables de la red CC será negro para el polo negativo y rojo para el polo positivo.

Los tubos utilizados para las canalizaciones subterráneas serán rígidos y cumplirá con las normativas indicadas de la ITC-BT-21. Se recomienda que los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conduzcan separados para evitar posibles cortocircuitos.

8.3.6. Red de corriente alterna.

Los conductores de la red AC serán unipolares, salvo que se indique lo contrario en la memoria, y cumplirán las especificaciones definidas en la memoria, serán de cobre con



designación RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Dichos conductores tendrán las siguientes características:

- Tensión nominal 0,6/1 kV.
- Aislamiento Polietileno reticulado (XLPE).
- Cubierta Poliolefina termoplástica tipo DMZ-E según UNE-HD 603-1.
- Temperatura máxima del conductor de 90°C.
- Temperatura máxima de cortocircuito de 250°C (máximo 5 segundos).
- Temperatura mínima de servicio de -40°C.

La identificación de los conductores se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. El conductor neutro se identificará por el color azul claro; el conductor de protección por el color verde-amarillo y los conductores de fase se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

Los cuadros eléctricos estarán diseñados en base a los dispositivos de protección que deben albergar según las especificaciones de la memoria, y se construirán de acuerdo con el *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión* y con las recomendaciones de la *Comisión Electrotécnica Internacional (CEI)*.

Todos los circuitos de salida de los cuadros estarán protegidos contra las sobrecargas y sobreintensidades por medio de interruptores magnetotérmicos de caja moldeada, siguiendo las especificaciones indicadas en la memoria para su ajuste. La protección contra corrientes de defecto a tierra se hará mediante el empleo de interruptores diferenciales.

8.3.7. Puesta a tierra.

Para la realización de la puesta a tierra se emplearán las secciones que han sido definidas en el documento básico.

Se dispondrá de un borne de puesta a tierra al cual se unirán el conductor de protección y derivación con el conductor de tierra.

Para no alterar las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, y siguiendo las instrucciones del *Real Decreto 1699/2011* y la *ITC-BT-40*, se cumplirán las siguientes condiciones:



- La instalación dispondrá de una separación galvánica entre la red de CC y CA.
- Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa de distribuidora.

8.4. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

Todas las normas de instalación de los generadores fotovoltaicos se ajustarán a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales.

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

A continuación, se indicarán algunas de las comprobaciones ha realizar durante la ejecución del trabajo:

- Comprobación de la calidad de los materiales.
- Comprobación de la estética de la instalación.
- Comprobación de equipos, módulos, estructuras soportes, inversores, tuercas, elementos de protección, etc.
- Verificación del cumplimiento de todo el proyecto.

8.5. ENSAYO Y PRUEBAS DE RECEPCIÓN.

El instalador entregará al promotor un documento o albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales, manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Los manuales entregados al promotor estarán en castellano.



Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones *UNE-EN 61215* para módulos de silicio cristalino, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido, lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores, etc.), éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad, simulando diversos modos de funcionamiento.

Las pruebas a realizar por el instalador serán como mínimo las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación.

Se realizará una revisión general de la instalación teniendo especial cuidado en las siguientes partes: módulos fotovoltaicos, generador fotovoltaico, cableado entre módulos, envoltentes de los cables, cajas de conexión, cableado entre módulos e inversor, inversor, cajas generales de conexión, fijaciones de las estructuras.

También se realizarán por técnicos cualificados las siguientes pruebas a la instalación:

- Generador fotovoltaico: Las características eléctricas serán las especificadas en la memoria y se realizarán las medidas, comprobaciones y verificaciones de los siguientes parámetros eléctricos del generador:
 - Tensión de circuito abierto (V_{OC}).
 - Corriente en el punto de máxima potencia (I_{MPP}).
 - Tensión en el punto de máxima potencia (V_{MPP}).
 - Medidas de curvas IV del generador.
 - Medida de la resistencia de aislamiento del circuito CC del generador.



-
- Inversor: Se comprobará el correcto funcionamiento del inversor y se realizaran las siguientes medidas y verificaciones:
 - Comportamiento del sistema de protección del inversor.
 - Medida de la calidad de la onda de alterna de salida (armónicos, desequilibrios).
 - Comprobación de las medidas de protección en la interconexión con la red de AC de BT.
 - Medidas de rendimiento del inversor y global de la instalación.

8.6. MANTENIMIENTO.

Se deberá de realizar un contrato de mantenimiento mínimo de dos años con personal técnico cualificado en instalaciones de baja tensión e instalaciones fotovoltaicas. Este deberá incluir todos los elementos establecidos en la memoria. La revisión mínima será de dos días al mes.

8.7. GARANTÍA.

Todos los elementos a instalar deberán contar con una garantía mínima de 3 años, la cual debe cubrir contra defectos de fabricación. Una vez esta garantía haya vencido, el instalador deberá de solucionar aquellos fallos provenientes de serie de los elementos. En todos los casos debe de realizarse lo establecido en la legislación.



Jaén, mayo de 2024

El alumno

Francisco Orozco Sierra

TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 9

ANEXO: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD



9.1. OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

El objeto de este estudio es el obligado cumplimiento del *Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre*, el cual establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras. La obra sobre la que recaerá dicho cumplimiento es instalación de un sistema fotovoltaico conectado a red para la modalidad de autoconsumo para la potencia de 60 kWp. Los módulos fotovoltaicos de la instalación estarán ubicados sobre la cubierta de una nave industrial, donde se transportará la energía a partir de unos conductores sobre la superficie y canalizaciones hasta llegar al inversor.

Este documento establece las medidas de seguridad y salud que recaen sobre los diversos elementos de la instalación. También recaen sobre los trabajadores, incluidos autónomos y subcontratados, que colaboren en dicha instalación. Se incluyen las previsiones con respecto a los posibles accidentes, enfermedades y acciones relacionadas con el propio trabajo que puedan causar algún riesgo sobre los equipos y/o la salud.

También será de aplicación obligatoria la *Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales*, sobre la obligación del empresario titular de un centro de trabajo de informar y dar instrucciones adecuadas en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y las medidas de protección y prevención correspondientes.

El Contratista, con base a este Estudio Básico de Seguridad y Salud, podrá elaborar un Plan de Seguridad y Salud, donde se tendrá en cuenta las diferentes circunstancias de los trabajos objetos del proyecto.

9.1.1. Descripción de obra y situación.

Los trabajos han de ser los necesarios e imprescindibles para la correcta ejecución del proyecto de instalación fotovoltaica de 60 kWp para el autoconsumo de una instalación de un sistema fotovoltaico en modalidad de autoconsumo conectado a la red. Como se ha dicho anteriormente la obra se ejecutará en el municipio de Arjona, provincia de Jaén con las coordenadas ITM del conjunto terrenal 39,93122°N, 6,06258°O. Todas las obras a ejecutar serán las imprescindibles para la producción del autoconsumo.



9.1.2. Designación de un coordinador.

Para una instalación correcta, el promotor de la obra será en encargado de elegir un coordinador encargado de la Seguridad y Salud de toda la ejecución del proyecto. Según indica el *Real Decreto 1627/1997*, en este caso, el coordinador de Seguridad y Salud de la elaboración de este proyecto es el ingeniero que lo realiza. En el caso de la intervención de dos o más empresas para la elaboración del generador fotovoltaico, el promotor deberá de nuevo indicar un coordinador para toda la ejecución de la instalación. La elección de un coordinador no excluye al promotor de sus responsabilidades.

La vigencia del Estudio de Seguridad y Salud se inicia desde la fecha en que se produzca el visado del proyecto base de ejecución por el Colegio Oficial que corresponda y la aprobación expresa del Plan de Seguridad, por el Coordinador en materia de Seguridad e Higiene, durante la ejecución de la obra, responsable de su control y seguimiento.

Su aplicación es vinculante para todo el personal propio de la empresa adjudicataria, el dependiente de otras empresas subcontratadas por la misma y los distintos trabajadores autónomos, para la realización de sus trabajos en el interior del recinto de la obra, con independencia de las condiciones contractuales que regulen su intervención en ésta.

Este Estudio de Seguridad y Salud se aplicará mientras dure la ejecución de la instalación fotovoltaica según dicta la “*Ley de Prevención de Riesgos Laborales*”.

Este estudio será aplicable particularmente:

- Para Contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos (nombrados anteriormente).
- En la instalación del generador fotovoltaico.
- En el mantenimiento de la instalación.
- En la elección de los puestos y áreas de trabajo.
- Durante la manipulación de los elementos de trabajo y equipo auxiliares.
- Durante la puesta en marcha y pruebas correspondientes.
- Durante la recogida de materiales empleados y que a la vez puedan ser peligrosos.
- Durante la eliminación de escombros y residuos.



9.1.3. Identificación de las actividades a realizar.

La ejecución de la obra del presente estudio se requiere la realización de los siguientes trabajos o actividades:

- Instalación de la estructura soporte de los módulos fotovoltaicos.
- Instalación y montaje de los módulos.
- Conexión de todos los módulos.
- Canalizaciones aéreas y subterráneas del cableado eléctrico de la red de corriente continua y alterna de los distintos subgeneradores de la Planta, de los servicios auxiliares y de la señal.
- Conexión de los módulos con el inversor.
- Instalación eléctrica de baja tensión entre inversor y el cuadro general de la industria.
- Instalación de elementos de protección.
- Instalación de puesta a tierra.
- Instalación de los equipos de medida y monitorización.

9.1.4. Legislación y normativa técnica de aplicación.

La obligada normativa a cumplir será la expuesta a continuación:

- Estatuto de los Trabajadores, modificado según el Real Decreto Legislativo 1/1995 de 24 de marzo.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997 de 24 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 614/2001 de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección, seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 374/2001 de 6 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.



- Real Decreto 379/2001 de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 783/2001 de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria frente a Radiaciones Ionizantes.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud laboral.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997 de 14 de abril, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 488/1997 de 14 de abril, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Real Decreto 664/1997 de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Real Decreto 665/1997 de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, así como la modificación del mismo según el Real Decreto 1124/2000 de 16 de junio.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 1316/1989 de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo y modificaciones posteriores de 9 de diciembre de 1989 y 26 de mayo de 1990.



- Orden de 30 de junio de 1996, por la que se aprueba el texto revisado del reglamento de Aparatos Elevadores.
- Real Decreto 1435/1992 de 27 de noviembre, de seguridad en las máquinas.
- Real Decreto 1407/1992 de 20 de noviembre, que regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individuales.
- Reales Decretos por los que se aprueban los Reglamentos sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas (R.D. 2216 de 23 de octubre de 1985 y R.D. 1078 de 2 de julio de 1993).
- Resolución del 30 de abril de 1984, sobre las verificaciones de las instalaciones eléctricas antes de su puesta en marcha.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (R.D. 3275/1982 de 12 de noviembre) e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 1244/1979 de 4 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión.
- Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias. Real Decreto 223/08 de 15 de febrero por el que se aprueba el Reglamento de Líneas de Alta Tensión.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.M de 9/3/71. B.O.E de 16/3/71), en sus capítulos que no estén derogados.
- Norma Básica de la Edificación.
- Normas UNE y NTE que les sean de aplicación, según fase de obra.

9.1.5. Servicios afectados y condiciones del terreno.

Debido a que la obra será desarrollada en la periferia del pueblo, no afecta a los servicios del suministro. Además, se encuentra sobre la cubierta de una industria situada en un polígono industrial con un terreno con topografía totalmente plana, sin presentar ningún tipo de vegetación.

9.1.6. Empresa responsable del plan de seguridad.

La empresa responsable del plan de seguridad será la empresa contratista.



9.2. Presupuesto plazo de ejecución de las obras de la seguridad social y mano de obra.

Respecto al presupuesto del generador fotovoltaico desarrollado en el presente proyecto se debe detallar en el anexo al propio documento del proyecto de ejecución y que está estimado en documento básico “PRESUPUESTO Y MEDICIONES”.

El plazo de ejecución se indicará en el contrato formal entre todos los participantes en la instalación del generador fotovoltaico. Se calcula aproximadamente que el personal para la elaboración y ejecución del proyecto podrá oscilar entre 4 personas.

9.2.1. Relación de elementos a utilizar.

En la duración de la obra se prevé utilizar la maquinaria y herramientas descritas a continuación:

- Para el movimiento de tierras: pala cargadora, camión cuba, retroexcavadora, motoniveladora.
- Para el transporte horizontal: motovolquete o dúmper pequeño), camión basculante, camión cisterna.
- Maquinaria de elevación: Grúa móvil autopropulsada.
- Maquinaria para la compactación y pavimentación: entendedora, rodillo vibrante autopropulsado, explanadora.
- Herramientas: herramientas de mano.

9.2.2. Implantaciones de salubridad y confort.

Tanto la contrata principal como las empresas subcontratadas vinculadas con la misma asumen la dotación y mantenimiento de la implantación de las condiciones de salubridad y confort, para albergar a la totalidad de la plantilla participe en el proyecto. Para todo lo expuesto anteriormente, la propiedad deberá de disponer de una serie de medidas.

El contratista será el responsable de los elementos necesarios de limpieza, maquinaria y herramienta, debiendo de contratar personal y facilitar los objetos necesarios para realizar estas acciones, en caso de ser preciso.



El recinto debe de contener las siguientes condiciones necesarias y obligatorias, ya sea por adquisición propia o alquiler, para poder ofrecer salubridad y confort a los trabajadores partícipes del proyecto. Las condiciones provisionales serán:

- Aseos para ambos sexos, situados de lugar aislado de los comedores y vestuarios, con una limpieza diaria realizada por un personal fijo, ventilación continua, en caso de trabajo sobre una zona cerrada.
- Equipamiento en los aseos de: papel higiénico, conexión a red de saneamiento, garantizados de higiene y limpieza y descarga automática de agua.
- Mínimo de un inodoro para hombres. En el caso de que existan más de 20 trabajadores, se le exigirá un inodoro más por cada 15.
- Mínimo de un inodoro para mujeres. En el caso de que existan más de 20 trabajadores, se le exigirá un inodoro más por cada 15.
- Vestuarios separados por sexos, con limpieza diaria por persona fija, con suelo liso y aislado térmicamente.
- Superficie de los vestuarios mínima de 1,25 m² por persona.
- Calefacción y ventilación en los vestuarios.
- Una ducha por cada 5 trabajadores.
- Bancos en las zonas del vestuario.
- Instalaciones de agua caliente y fría.
- Al personal de limpieza se le deberá de equipar y dar todos los útiles de limpieza que sean necesarios para desempeñar su trabajo correctamente.
- Una taquilla guardarropa dotas de cierre individual mediante clave o llave y doble compartimento (separación del vestuario de trabajo y el de calle) y dos perchas por cada trabajador contratado o subcontratado directamente por la empresa constructora.
- Pileta corrida para el aseo del personal, cada 10 trabajadores un grifo. Además de todo el material necesario para desempeñar un aseo personal decente.
- Un espejo de 40 x 50 cms mínimo, por cada 25 trabajadores o fracción.



9.2.3. Botiquín de primeros auxilios.

Se trata de una obligación interpuesta por ley para todos los centros de trabajo. Debe de constar al menos un equipamiento mínimo aconsejable, como lo es un armario botiquín que contenga desinfectantes, antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, vendas, esparadrapo, apósitos, adhesivos, tijeras, pinzas y guantes desechables.

9.3. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN.

9.3.1. Identificación de riesgos.

Se pueden dar una serie de riesgos en la colocación de los módulos y en la colocación de inversores, cajas de protección y medida. Los riesgos identificados son los expuestos a continuación:

- Caída de personas al mismo nivel: en el caso de que existan obstáculos o sustancias que pueden provocar una caída por tropiezo o resbalón de una persona al mismo nivel del suelo. Puede darse también por desniveles del terreno, conductores o cables, bancadas o tapas sobresalientes del terreno, por restos de materiales varios, barro, tapas y losetas sin buen asentamiento, pequeñas zanjas, hoyos, etc.
- Caída de personas a distinto nivel: para el caso de que se realicen trabajos en zonas elevadas en instalaciones que, en este caso por construcción, no cuentan con una protección adecuada como barandilla, murete, antepecho, barrera, etc. Esta situación de riesgo puede darse en los accesos a las nombradas zonas, además son zonas de riesgo los huecos sin protección y señalización que pueda haber pisos y zonas de trabajo.
- Caída de objetos: durante la ejecución del proyecto respecto y un nivel superior a otra zona de trabajo o en operaciones de transporte y elevación por medios manuales y mecánicos. Se puede caer objetos no manipulados y desprendidos de su emplazamiento.



- Desprendimientos, desplomes y derrumbes: respecto a las estructuras fijas o temporales o de parte de ellas sobre la zona de trabajo, se deben de contemplar la caída de escaleras portátiles, desplome de los apoyos, estructuras o andamios y el posible vuelco de cestas o grúas en la elevación del personal o traslado de cargas, desprendimiento o desplome de muros, hundimientos de zanjas o galerías.
- Choques y golpes: con partes saliente de máquinas, instalaciones o materiales, estrechamiento de zonas de paso, vigas, conductos a baja altura, del manejo de herramientas maquinaria con partes en movimiento etc., se pueden provocar lesiones.
- Contactos eléctricos: posibilidad de lesiones o daños producidos por el paso de la corriente por el cuerpo.
- Arco eléctrico: se plantea la posibilidad de lesiones o daños producidos por quemaduras al cebarse un arco eléctrico.
- Sobreesfuerzos o carga física dinámica: se puede dar la posibilidad de lesiones o daños producidos en músculos o en el esqueleto humano al darse un desequilibrio entre las exigencias de la tarea y la capacidad física.
- Explosiones: posibles mezclas explosivas de aire con gases o sustancias de la actividad laboral y las condiciones del lugar de trabajo.
- Incendios: en el caso de que se produzca o propague un incendio como consecuencia de la actividad laboral y las condiciones del lugar de trabajo.
- Confinamiento: para los casos en los que se quede una persona recluida o aislada en recintos cerrados y poder sufrir algún accidente como consecuencia de la atmósfera del recinto. Por lo que debe tenerse en cuenta la posibilidad de existencia de instalaciones de gas en las proximidades.,
- Reacciones: Comprobaciones debidas a mordeduras, picaduras, irritaciones, sofocos, alergias, etc. Estas pueden ser provocadas por vegetales, animales, colonias, residuos y orinadas por su decrecimiento, presencia, estancia o nidificación en la instalación. Igualmente, los sustos o imprevistos por esta presencia, pueden provocar el inicio de otros riesgos.



9.4. MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA EVITAR LOS RIESGO.

Necesitaremos realizar una protección frente a contactos indirectos y directos en CC y BT, arco eléctrico en CC y BT y elementos candentes y quemaduras, debido a que esta instalación tiene una gran componente en CC y en baja tensión:

- Formación en tema eléctrico de acuerdo con lo requerido en el *Real Decreto 614/2001*, función del trabajo a desarrollar.
- Utilización de EPI's (Equipos de Protección Individual).
- Coordinar con la Empresa Suministradora definiendo las maniobras eléctricas a realizar, cuando sea preciso.
- Seguir los procedimientos de descargo de instalaciones eléctricas, cuando sea preciso.
- Aplicar las 5 Reglas de Oro en todos los trabajos:
 - Desconectar todas las fuentes de tensión
 - Enclavamiento o bloqueo si es posible de los aparatos de corte y señalización siempre en el mando.
 - Verificación de la ausencia de tensión, puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión.
 - Proteger frente a elementos próximos en tensión.
 - Establecer la señalización de seguridad adecuada, delimitando la zona de trabajo.
- Apantallar en caso de proximidad los elementos en tensión, teniendo en cuenta las distancias del *Real Decreto 614/2001*.
- Informar por parte del Jefe de Trabajo a todo el personal, la situación en la que se encuentra la zona de trabajo y donde se encuentran los puntos en tensión más cercanos.

Todos los trabajadores deben de tener la formación exigida por el *R.D. 614*.

La caída de altura debido a la gravedad de sus consecuencias, es un riesgo que nunca hay que olvidar. Y por ello, todo el personal que se exponga a él debe estar formado correctamente.

Se deben de tener también otras medidas en cuenta para el cumplimiento de:

- Según la normativa, protección y medida preventiva de los equipos y



medios deseguridad.

- Prohibir el paso a personal, de la empresa o terceros, cercanos a las grandes máquinas salvo justificación.
- Prohibir a personal ajeno a la entrada de la obra.
- Señalizar el perímetro de la obra y los puntos más peligrosos.
- Mantener correctamente todas las maquinarias y herramientas.
- Controlar que no sobrepase los límites las cargas de los camiones, es decir, cumplir con la reglamentación.
- Utilizar los andamios, plataformas y equipos adecuados para evitar el mayor número de riesgos posibles.
- Utilizar las prendas de protección personal durante un periodo útil fijado.
- Reponer aquellas prendas o equipos que debido a su deterioro han tenido una vida útil menor a lo esperado.

9.5. PROTECCIONES.

Deberán de presentarse las siguientes protecciones sobre la ropa de trabajo:

- Protección de la cabeza: Cascos de protección (deberán de utilizarlo todas las personas que participen en la instalación.), Protectores auditivos (se utilizarán en el caso de superar un nivel de ruido de 80 dBA.), Gafas contra impacto y antipolvo (deberán de ser utilizados durante todo momento por las personas que se encuentren en la instalación.) y Gafas de soldadura (deberán de utilizarse siempre que se realicen trabajos de soldadura.)
- Protecciones del cuerpo: Monos de trabajo (durante toda la jornada laboral), Impermeables (para trabajos en caso de existencia de humedad), Mandil de cuero (será necesario para todos los trabajos de soldadura) y Chalecos reflectantes (deberán de ser utilizados en todo momento por el personal de trabajo en caso de tener que señalizar).
- Protección de las extremidades: Polainas de cuero para la soldadura, calzado de puntera y suela metálica y botas impermeables para el caso de trabajo en presencia de humedad.



9.6. PREVENCIÓN DE RIESGOS COLECTIVOS.

La señalización deberá ajustarse al *RD 485/1997 del 14 de abril*. Este se establece que:

- Será de obligado cumplimiento el uso de cinturones de seguridad, protectores auditivos, cascos, botas ya comentadas y guantes.
- Prohibir el paso a persona ajena
- Prohibir encender fuego.
- Prohibido fumar.
- Señal de localización de las zonas críticas, localización de botiquín y extintor.

Respecto de la instalación eléctrica se deberán realizar las correctas puestas a tierra e instalar los interruptores diferenciales para la protección de personas.

Por último, respecto a las normas del manejo de materiales se estipula lo siguiente:

- Se deberá de realizar el levantamiento de cargas a mano con las piernas flexionadas y sin doblar la columna vertebral.
- Realizar un transporte de pesos equilibrado.
- Evitar realizar giros bruscos con carga.
- No situarse en la trayectoria de maquinaria con carga.

9.7. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA OBRA.

Existen una serie de características que deben de cumplir todo tipo de obras:

- i. Descripción de la obra y situación: Se deberá de realizar un anexo específico sobre la situación de la obra debido al Estudio de Seguridad y Salud. En este anexo hay que establecer los problemas que podemos encontrar con el emplazamiento, ya sea debido al medio de transporte o por dificultades en la llegada.
- ii. Suministro de energía eléctrica: Será facilitado por la Empresa adjudicataria. Esta se encargará de abastecer la industria con los puntos de enganche necesarios.
- iii. Suministro de agua potable: Se tomará agua potable de los conductos



encontrados en la zona o región. Habría que disponer de los medios necesarios mínimos desde el comienzo de la realización de la obra.

- iv. Servicios higiénicos: Como ya se ha comentado, se deberá de disponer de los servicios higiénicos reglamentarios.



Jaén, mayo de 2024

El alumno

Francisco Orozco Sierra

TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTO 10

ANEXO: ESTUDIO ECONÓMICO



10.1. INTRODUCCIÓN.

Una vez calculado el proyecto a instalar, es conveniente realizar un estudio sobre la viabilidad de él. El principal objetivo de este tipo de instalaciones a nivel industrial es la de reducir los gastos de la empresa, por lo que es conveniente que sea rentable.

Uno de los objetivos establecidos en este proyecto de fin de carrera es el de realizar el estudio económico de la instalación a ejecutar. Es fundamental un estudio de la rentabilidad económica del proyecto para comprobar que es interesante realizar la instalación de él y así convencer a la empresa de que podría tener unas ventajas económicas con este tipo de instalaciones. Así mismo, como ya se comentó al principio del proyecto, este tipo de instalaciones también provocan una gran cantidad de ventajas medioambientales y sociales.

El estudio a realizar trata de evaluar los ingresos de cada uno de los años de vida útil de la instalación, donde se va a considerar 25 años de buen funcionamiento de ésta y siguiendo las recomendaciones del fabricante. Además, se va a tratar sobre las amortizaciones e interés provocado debido al préstamo realizado por la empresa para llevar a cabo dicho proyecto. Todo en conjunto debe de permitir una evolución asequible con el paso de los años para llevar a cabo la instalación.

Es interesante señalar que se van a utilizar tanto capitales ajenos, como propios, para darle una realidad al proyecto, aunque evidentemente siempre podrá existir una mejora de la financiación de dicho proyecto.

10.2. ESTUDIO DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA-FINANCIERA.

A continuación, se presentarán los datos de partida que nutren el presente estudio económico financiero en los que tendrán mayor relevancia la inversión inicial del presupuesto, principal coste del proyecto que se supone como pago único y completo al inicio del proceso; y por otro lado la tarifa a la que está adscrito el cliente, que definirá el valor del precio de la electricidad que no se ha consumido como principal ingreso que genera la instalación.



10.2.1. Datos de partida.

En la siguiente tabla se mostrarán los principales valores de partida que componen el sistema objeto del estudio:

DATOS GENERALES	
Potencia de la instalación (kWp)	60
Coste total de la inversión (€)	58980,51
Recursos propios de financiación (% inversión)	30
Recursos ajenos de financiación (% inversión)	70
Producción eléctrica (kWh/año)	80065,6
Producción eléctrica vertida a red (kWh/año)	47321
Autoconsumo FV (kWh)	32744,6
Vida útil del proyecto en años	25

Tabla 9.1. Datos generales.

A continuación, se mostrarán los datos de explotación, cabe destacar que los ingresos de producción por la venta de energía a red están limitados por los gastos de compra sin incluir peaje y cargos, ya que estos no podrán ser compensados, y, se tendrá que abonar el 100% de su importe en la factura independientemente de la energía fotovoltaica producida.

Por eso el objetivo de este proyecto es diseñar un generador fotovoltaico lo más óptimo posible llevando a este a suministrar a la industria la energía necesaria que esta va a consumir y no se dimensiona con intención de obtener beneficios.

No obstante, la rentabilidad del mismo será muy alta debido al precio de compra de la energía que hay en la actualidad, recuperando la inversión puesta en el proyecto en un corto plazo.

En resumen, ahora se demostrará con herramientas económicas la alta viabilidad del proyecto.

El precio eléctrico en euros de venta y compra de energía se obtendrá de Esios como se ha explicado anteriormente.



DATOS DE EXPLOTACIÓN	
Ingreso por producción vertida a red (€)	1.48,3
Beneficio autoconsumo FV (€)	6500,90
Tasa variación interanual precio electricidad (1,5%)	1,5
Costes mantenimiento, seguro, generales (% inversión)	1
Tasa de variación interanual de los gastos/costes (%)	1,5

Tabla 9.2. Datos de Explotación.

DATOS FINANCIACIÓN	
Importa inicial de deuda (€)	44654,87
Años de amortización del préstamo	15
Tasa de interés (%)	4
Cuota de amortización (€)	1529,12
Capital propio (€)	9830,09
Amortización final del proyecto (años)	25
Autoconsumo FV (kWh)	23181
Dividendos sobre el capital propio (%)	5

Tabla 9.3. Datos de Financiación.

10.2.3. Coste de la financiación.

En la siguiente tabla se representan los valores financieros durante un periodo de 24 años.

Se ha de tener en cuenta para satisfacer las exigencias de rentabilidad deseadas para poder abordar el proyecto un coste del capital pasivo del 4,5%.



COSTE FINANCIACIÓN					
Periodo	Dimensión financiera de la financiación	Saldo inicial	Intereses	Amortización Financiera	Saldo Final
Inversión	-32766,95	9830,10	917,47	1529,12	21407,74
1,00	2938,10	9174,70	856,31	1529,12	19878,62
2,00	2876,94	8519,40	795,14	1529,12	18349,49
3,00	2815,77	7684,10	733,98	1529,12	16820,37
4,00	2754,61	7208,70	672,81	1529,12	15291,24
5,00	2693,44	6553,40	611,65	1529,12	13762,12
6,00	2632,28	5898,10	550,48	1529,12	12232,99
7,00	2571,11	5242,70	489,32	1529,12	10703,87
8,00	2509,95	4587,40	428,15	1529,12	9174,75
9,00	2448,78	3932,00	366,99	1529,12	7645,62
10,00	2387,62	3276,70	305,82	1529,12	6116,50
11,00	2326,45	2621,40	244,66	1529,12	4587,37
12,00	2265,29	1966,00	183,49	1529,12	3058,25
13,00	2204,12	1310,70	122,33	1529,12	1529,12
14,00	2142,96	655,30	61,16	1529,12	0,00
15,00	2081,79				
16,00	491,50				
17,00	491,50				
18,00	491,50				
19,00	491,50				
20,00	491,50				
21,00	491,50				
22,00	491,50				
23,00	491,50				
24,00	491,50				

Tabla 9.4. Dimensión Financiera del Préstamo y del Capital Propio.

10.2.4. Análisis financiero.

Análisis de las tesorerías que resultan del tratamiento de flujo neto de caja, cash-flow de explotación o flujo neto de carga de un momento determinado t es la diferencia entre los cobros generados por esa inversión en el momento t y los pagos que esa inversión requiere en esos momentos t .



ANÁLISIS FINANCIERO								
Periodo	Cash-flow explotación	Intereses	Dividendos	Amort. Finan. Ajeno	Amort. Finan. propio	Tesorería Neta	Tesorería Acumulada	Flujos
Inver.	-5183,41	917,47	491,50	1529,12		2245,31	2245,31	-9830,09
1	-5244,84	456,31	491,50	1529,12		2367,90	4613,21	-5216,88
2	-5306,99	795,14	491,50	1529,12		2491,21	7104,42	1887,54
3	-5369,87	733,98	491,50	1529,12		2615,26	9719,68	11607,22
4	-5433,50	672,81	491,50	1529,12		2740,05	12459,73	24066,96
5	-5497,87	611,65	491,50	1529,12		2865,60	15325,33	39392,29
6	-5563,01	550,48	491,50	1529,12		2991,90	18317,23	57709,52
7	-5628,92	489,32	491,50	1529,12		3118,97	21436,20	79145,72
8	-5695,60	428,15	491,50	1529,12		3246,82	24683,02	103828,74
9	-5763,08	366,99	491,50	1529,12		3375,46	28058,48	131887,22
10	-5831,35	305,82	491,50	1529,12		3504,89	31563,37	163450,59
11	-5900,42	244,66	491,50	1529,12		3635,13	35198,50	198649,09
12	-5970,31	183,49	491,50	1529,12		3766,19	38964,69	237613,79
13	-6041,03	122,33	491,50	1529,12		3898,07	42862,76	280476,54
14	-6112,58	61,16	491,50	1529,12		4030,78	46893,54	327370,08
15	-6184,97		491,50			5693,47	52587,01	379957,09
16	-6258,22		491,50			5766,71	58353,72	438310,81
17	-6332,33		491,50			5840,83	64194,55	502505,36
18	-6407,32		491,50			5915,82	70110,37	572615,73
19	-6483,19		491,50			5991,69	76102,05	648717,78
20	-6559,96		491,50			6068,46	82170,51	730888,29
21	-6637,63		491,50			6146,13	88316,64	819204,93
22	-6716,22		491,50			6224,72	94541,36	913746,29
23	-6795,74		491,50			6304,24	100845,60	1014591,88
24	-6876,20		491,50		10100,3	6384,69	107230,29	1121822,17

Tabla 9.5. Análisis Financiero

Consideraciones sobre los Flujos de caja:

- Puede ser positivo o negativo.



- Normalmente se producen los cobros y los pagos en el transcurso del año y no sólo al final. Se acepta que se considere un único Flujo de Caja al final por efectos de simplificación.

10.2.5. Análisis económico.

Los beneficios esperados de una inversión realizada en un cierto momento y conservada a lo largo de su vida, radican esencialmente en la corriente de rendimientos futuros que se espera que la inversión propicie. La diferencia entre los ingresos y los gastos, descontados ambos, al año cero en el que el promotor comienza la inversión, es lo que se conoce como valor actualizado neto (VAN).

La ecuación para el cálculo del VAN es:

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+k_1)} + \frac{Q_2}{(1+k_1)(1+k_2)} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k_1)(1+k_2)\dots(1+k_n)}$$

donde:

$k_1, k_2, \dots, k_n$: Tipos de actualización o descuentos aplicables a cada uno de los n años de duración del proyecto.

A : Desembolso inicial de la inversión o tamaño de la inversión.

$Q_1, Q_2, \dots, Q_n$: Flujo neto de caja del año j .

Si existiera valor residual de la inversión y k es constante:

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+k)} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \frac{Q_3}{(1+k)^3} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k)^n}$$

Solo se realizarán aquellas inversiones cuyo VAN sea positivo, cuando se deba elegir entre distintos proyectos con VAN positivo se elegirá aquel que presente un VAN superior.

Hay 3 posibilidades:

- $VAN > 0$, Existen beneficios, se acepta el proyecto de inversión.



- $VAN = 0$, No existen beneficios ni pérdidas, no se acepta el proyecto de inversión.
- $VAN < 0$, Existen pérdidas, se rechaza el proyecto de Inversión.

Si el VAN es positivo indica que la realización del proyecto de inversión permitirá recuperar el capital invertido, satisfacer todos los pagos y obtener un beneficio neto en términos absolutos igual a la cuantía expresada por el VAN por el contrario si el VAN es negativo, el proyecto de inversión no deberá llevarse a cabo porque de hacerse la empresa vería reducida su riqueza al incurrir en unas pérdidas iguales a la cuantía que indica el VAN.

Por otro lado, tenemos el TIR es aquel tipo de actualización o descuento r que hace igual a cero el valor capital, por lo tanto, será aquel valor r que hace cero el VAN. El VAN determina la rentabilidad absoluta, mientras que el TIR determina la rentabilidad en términos relativos.

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+r)} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

Si todos los flujos de carga son iguales:

$$VAN = -A + \frac{Q}{(1+r)} + \frac{Q}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q}{(1+r)^n} = 0$$

El criterio de la TIR proporciona una medida de la rentabilidad relativa bruta anual por unidad monetaria comprometida.

A continuación, se muestra el análisis económico sobre el que hemos analizado el VAN y el TIR de los ingresos de explotación y flujos de caja resultantes para definir finalmente la dimensión financiera, y con ello conseguir la evaluación definitiva de la factibilidad económica del proyecto.

El periodo de amortización con descuento que es el período de recuperación descontado es una versión modificada del período de recuperación que representa el valor temporal del dinero. Ambas métricas se utilizan para calcular la cantidad de tiempo que le tomará a un proyecto "alcanzar el punto de equilibrio", o para llegar al punto en que los flujos de efectivo netos generados cubren el costo inicial del proyecto. Tanto el período de amortización como el período de amortización descontado se pueden utilizar para evaluar la rentabilidad y la viabilidad de un proyecto específico.



El período de recuperación descontado indica la rentabilidad de un proyecto al tiempo que refleja el momento de los flujos de efectivo y el valor temporal del dinero. Ayuda a una empresa a determinar si invertir en un proyecto o no. Si el período de amortización descontado de un proyecto es más largo que su vida útil, la empresa debe rechazar el proyecto.

Un proyecto puede tener un período de recuperación descontado más largo, pero también un VAN más alto que otro si crea muchas más entradas de efectivo después de su período de recuperación descontado. Tal análisis está sesgado en contra de los proyectos a largo plazo.

RESULTADO ANÁLISIS ECONÓMICO	
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	16,59%
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	68693,1 €
PERÍODO DE AMORTIZACIÓN CON DESCUENTO (DBPT)	3 años

Tabla 9.6. Resultado Análisis Económico.



10.3. CONCLUSIONES.

El estudio económico es una herramienta que nos facilita la toma de decisiones sobre cuestiones relacionadas con el medio ambiente, así como de aspectos tecnológicos y sociales, aportándonos además métodos para la óptima realización de los proyectos de inversión.

Tras estudiar los distintos parámetros con sus características, podemos llegar a las siguientes conclusiones.

Deberán aceptarse los proyectos con:

- Mayores VAN (siempre que sean positivos).
- Mayores TIR (siempre que sean mayores a la tasa social de descuento).
- El menor periodo de recuperación de la inversión (siempre que sea recuperable).

Una vez obtenidos los resultados en el presente estudio económico se puede considerar que la instalación resulta rentable, se consigue una rentabilidad bastante alta, esto es debido a que el precio de la electricidad actual es muy grande.

Por lo tanto, la instalación que abarca este proyecto es factible.



Jaén, mayo de 2024

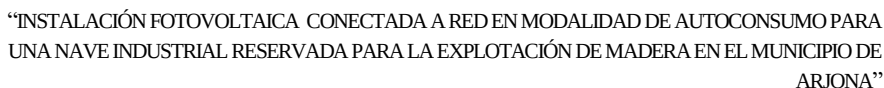
El alumno

Francisco Orozco Sierra

TRABAJO FIN DE GRADO

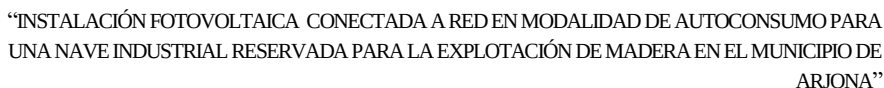
DOCUMENTO 11

ANEXO: PRESUPUESTO Y MEDICIONES



11.1.1 Capítulo 01. Generador fotovoltaico

Escuela Politécnica Superior de Jaén
Francisco Orozco Sierra



02	Red de baja tensión			
02.01	u Cuadro general de baja tensión AC. Cuadro general de baja tensión para la conexión de los módulos formado por 2 Interruptores magnetotérmicos 4P de 160 A poder de corte 25 kA, 2 interruptores magnetotérmicos 40 A 10 kA, y un descargador de sobretensión.			
		1,00	478,00	478,00
02.02	u Equipo de medida facturación generación Equipo de medida de facturación generador fotovoltaico. Formado por un contador electrónico con medida de activa y reactiva bidireccional, registrador electrónico. modem para comunicación, regleta de verificación. Armario homologado totalmente aislado para contener equipos de este tipo.			
		1,00	2.700,00	2.700,00
02.03	u Módulo de acometida Módulo de acometida con caja general de protección.			
		1,00	593,26	593,26
Total 02.....				3.771,26

03	Canalizaciones subterráneas			
03.01	Canalización subterránea AC baja tensión			
	Canalización subterránea para corriente alterna, para conexión de la instalación fotovoltaica con el cuadro general de baja tensión a partir de tubos rígidos, con zanja de 35 cm de ancho y 90 cm de profundidad, incluyendo excavación de zanja, asiento con 5 cm de arena de río, colocación de cinta de señalización, retirada y transporte a vertedero de productos sobrantes de la excavación.			
			1,00	15,17
				15,17
	Total 03.....			15,17

Escuela Politécnica Superior de Jaén
Francisco Orozco Sierra



11.2 JUSTIFICACIÓN PRECIOS SIMPLES

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD.	PRECIO/UD.	IMPORTE
01.01.01	Oficial 2º electricista	3,000 h	14,52	43,56
01.01.02	Conductor cobre desnudo 35mm2	100,000 m	1,25	125,00
01.01.03	Caja sec. y comprobación t.t	1,000 u	25,35	25,35
01.01.04	Conductor RV-k 0,6-1 kV 10mm2 Cu	2,000 m	300,00	600,00
01.02.01	Módulo fotovoltaico monocristalino 330 Wp	76,000 u	147,90	11.240,40
01.02.02	Oficial 1º electricista	12,000 h	15,53	186,36
01.02.03	Oficial 2º electricista	12,000 h	14,52	174,24
01.02.04	Pequeño material	76,000 u	1,25	95,00
01.03.01	Inversor 25 kW	1,000 u	2.341,28	2.341,28
01.03.02	Oficial 1º electricista	2,000 h	15,53	31,06
01.03.03	Oficial 2º electricista	2,000 h	14,52	29,04
01.03.04	Pequeño material	5,000 u	1,25	6,25
01.03.05	Puesta en marcha	1,000 u	15,53	15,53
01.04.01	Material eléctrico	2,000 u	80,00	160,00
01.04.02	Caja de conexión	2,000 u	80,00	160,00
01.04.03	Oficial de 1º electricista	8,000 h	15,53	124,24
01.04.04	Descargador de sobretensión	2,000 u	188,00	376,00
01.04.05	Magnetotermico	8,000 u	80,00	640,00
01.05.01	Material eléctrico	1,000 u	30,00	30,00
01.05.02	Caja de conexión	1,000 u	150,00	150,00
01.05.03	Oficial 1º electricista	3,000 h	15,53	46,59
01.05.04	Interruptor seccionador 63 A	2,000 u	117,00	234,00
01.06.01	Oficial 1º electricista	1,000 h	15,53	15,53
01.06.02	Oficial 2º electricista	1,000 h	14,52	14,52
01.06.03	Con. Aisl. PV ZZ-F-(AS)-A,8 Kv 10mm2 Cu	100,000 m	0,85	85,00
Grupo 01.....				16.948,95
02.01.01	Interruptor magnetotermico 4P de 160 A poder de corte 25 kA	2,000 u	80,00	160,00
02.01.02	Descargador de sobretensión	1,000 u	188,00	188,00
02.01.03	Interruptor magnetotermico 40 A 10 kA	2,000 u	65,00	130,00
02.03.01	Material eléctrico	1,000 u	560,00	560,00
02.03.02	Oficial 1º electricista	2,000 h	15,53	31,06
02.03.03	Pequeño material	1,000 u	2,20	2,20
Grupo 02.....				1.071,26
03.01.01	Excavación de zanja a máquina	0,415 m3	6,11	2,54
03.01.02	Relleno de tierra de zanja a mano	0,415 m3	6,77	2,81
03.01.03	Pequeño material	6,000 u	0,30	1,80
03.01.04	Cinta señalizadora	2,500 m	0,14	0,35
03.01.05	Tubo rigido PVC D 160 mm	1,800 m	4,26	7,67
Grupo 03.....				15,17
04.01.01	Oficial 1º electricista	3,000 h	15,53	46,59
Grupo 04.....				46,59
4.01	Fibra óptica	40,000 u	15,45	618,00
	Suministro e instalación de fibra óptica de 8 fibras multimodo, incluye parte proporcional de armarios de conectorización, empalmes y fuciones.			
4.02	Cable Ethernet	20,000 u	2,45	49,00
	Suministro he instalación de cable cuatro pares trenzados Gigabase 100 Cat5e 100 Mhz FTPo. Incluye parte proporcional de armarios de coenctorización, conectores RJ45 y elementos auxiliares.			
4.03	Ud. Conmutador Ethernet	1,000 u	2.255,65	2.255,65
	Conmutador Ethernet, tolerante a fallos, interface de enlace para módulo de fibra, control de flujo, medio de transmisión de red y monotorización de estado de red, incluye suministro, instalación, puesta a tierra y certificación.			
4.04	Servidor industrial	1,000 u	2.195,50	2.195,50
	Servidor Industrial para montar Rack, puertos de comunicaciones, instañación y puesta en marcha.			



“INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED EN MODALIDAD DE AUTOCONSUMO PARA
UNA NAVE INDUSTRIAL RESERVADA PARA LA EXPLOTACIÓN DE MADERA EN EL MUNICIPIO DE
ARJONA”

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD.	PRECIO/UD.	IMPORTE
4.05	Estación meteorológica Estación meteorológica, compuesta por célula calibrada, sondas de temperatura y adaptadores de puerto de comunicaciones, instalación y puesta en marcha.	1,000 u	560,00	560,00
4.06	Ud. Router Router GSM/UMTS, Router WLAN y elementos de conexión instalación y puesta a tierra.	1,000 u	620,00	620,00
Grupo 4.0.....				6.298,15
TOTAL.....				24.380,12



11.3 CUADRO PRECIOS DESCOMPUESTOS

11.3.1 Capítulo 01. Generador Fotovoltaico

01	Generador fotovoltaico			
01.01	Puesta a tierra de la instalación	u		
	Red de puesta a tierra, para las masas metálicas y sistemas de protección frente a sobretensiones del generador fotovoltaico, formado por caja de seccionamiento y conexión; conductores de puesta a tierra; material de conexión y fijación,			
01.01.01	Oficial 2º electricista	4,000 h	14,52	58,08
01.01.02	Conductor cobre desnudo 35mm ²	15,000 m	1,25	18,75
01.01.03	Caja sec. y comprobación t.t	1,000 u	25,35	25,35
01.01.04	Conductor RV-k 0,6-1 kV 4mm ² Cu	1,200 m	300,00	360,00
	TOTAL PARTIDA			462,18
01.02	Módulo fotovoltaico monocristalino 450 Wp	u		
	Módulo fotovoltaico monocristalino 450 Wp, de 60 células de silicio monocristalino, encapsuladas entre un cristal de alta transmisividad. Las cajas de conexiones incorporan cables de 4mm de sección de cobre con un conector combinable MC4 y una longitud de 1.100mm que facilita la interconexión en serie de los módulos sin necesitar ninguna herramienta adicional.			
01.02.01	Módulo fotovoltaico monocristalino 330 Wp	1,000 u	147,90	147,90
01.02.02	Oficial 1º electricista	0,400 h	15,53	6,21
01.02.03	Oficial 2º electricista	0,400 h	14,52	5,81
01.02.04	Pequeño material	1,000 u	1,25	1,25
	TOTAL PARTIDA			161,17
01.03	Inversor trifásico de 60 kW	u		
	Inversor trifásico 60 kW- Solis S5-GC60K, incluye integrada la caja de conexiones y cableado, además de las protecciones SPD de tipo II para DC y AC. Cuenta con seis reguladores MPPT independientes, con un amplio voltaje de trabajo, con interruptor DC integrado. Incluye protección IP65 por lo que se puede instalar perfectamente en el exterior. Incluido transporte, instalación y puesta en marcha.			
01.03.01	Inversor 25 kW	1,000 u	2.341,28	2.341,28
01.03.02	Oficial 1º electricista	3,000 h	15,53	46,59
01.03.03	Oficial 2º electricista	3,000 h	14,52	43,56
01.03.04	Pequeño material	4,000 u	1,25	5,00
01.03.05	Puesta en marcha	1,000 u	15,53	15,53
	TOTAL PARTIDA			2.451,96
01.04	Caja de conexión cubierta A	u		
	Caja de conexión DC. de módulos de cubierta incluye un descargador de sobretensión para tensión de servicio de hasta 1000 V, corriente de descarga 15 kA, 4 magnetotérmicos, tensión de servicio 800 V e intensidad de 10 A, grado de protección IP 65 instalada.			
01.04.01	Material eléctrico	1,000 u	80,00	80,00
01.04.02	Caja de conexión	1,000 u	80,00	80,00
01.04.03	Oficial de 1º electricista	4,000 h	15,53	62,12
01.04.04	Descargador de sobretensión	1,000 u	188,00	188,00
01.04.05	Magnetotérmico	4,000 u	80,00	320,00
	TOTAL PARTIDA			730,12



01.01	Caja de conexión inversor	u		
	Caja de conexión DC generador inversor de 2 entradas y 2 salidas, incluyendo 2 interruptores seccionadores bipolares para continua de 63 A, tensión de servicio 800 V, grado de protección IP 65 instalada.			
01.05.01	Material eléctrico	1,000 u	30,00	30,00
01.05.02	Caja de conexión	1,000 u	150,00	150,00
01.05.03	Oficial 1º electricista	3,000 h	15,53	46,59
01.05.04	Interruptor seccionador 63 A	2,000 u	117,00	234,00
	TOTAL PARTIDA			4 0,59
01.06	Cables DC 4mm² conexión generador	u		
	Cables unipolares DC conexión generador fotovoltaico			

11.3.2 Capítulo 02. Red de baja tensión

02	Red de baja tensión	u		
02.01	Cuadro general de baja tensión ac.	u		
	Cuadro general de baja tensión para la conexión de los módulos formado por 2 Interruptores magnetotérmicos 4P de 160 A poder de corte 25 kA, 2 interruptores magnetotérmicos 40 A 10 kA, y un descargador de sobretensión.			
02.01.01	Interruptor magnetotérmico 4P de 160 A poder de corte 25 kA	2,000 u	80,00	160,00
02.01.02	Descargador de sobretensión	1,000 u	188,00	188,00
02.01.03	Interruptor magnetotérmico 40 A 10 kA	2,000 u	65,00	130,00
	TOTAL PARTIDA			4 8,00
02.02	Equipo de medida facturación generación	u		
	Equipo de medida de facturación generador fotovoltaico. Formado por un contador electrónico con medida de activa y reactiva bidireccional, registrador electrónico. modem para comunicación, regleta de verificación. Armario homologado totalmente aislado para contener equipos de este tipo.			
	TOTAL PARTIDA		Sin descomposición	2.700,00
02.03	Módulo de acometida	u		
	Módulo de acometida con caja general de protección.			
02.03.01	Material eléctrico	1,000 u	560,00	560,00
02.03.02	Oficial 1º electricista	2,000 h	15,53	31,06
02.03.03	Pequeño material	1,000 u	2,20	2,20
TOTAL PARTIDA	593,26			



11.3.3 Capítulo 03. Canalizaciones subterráneas

03	Canalizaciones subterráneas			
03.01	Canalización subterránea AC baja tensión			
	Canalización subterránea para corriente alterna, para conexión de la instalación fotovoltaica con el cuadro general de baja tensión a partir de tubos rígidos, con zanja de 35 cm de ancho y 90 cm de profundidad, incluyendo excavación de zanja, asiento con 5 cm de arena de río, colocación de cinta de señalización, retirada y transporte a vertedero de productos sobrantes de la excavación.			
03.01.01	Excavación de zanja a máquina	0,415 m3	6,11	2,54
03.01.02	Relleno de tierra de zanja a mano	0,415 m3	6,77	2,81
03.01.03	Pequeño material	6,000 u	0,30	1,80
03.01.04	Cinta señalizadora	2,500 m	0,14	0,35
03.01.05	Tubo rígido PVC D 160 mm	1,800 m	4,26	7,67
TOTAL PARTIDA				15,17



11.4 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Presupuesto				
01	Generador fotovoltaico		16.355,61	81,20
02	Red de baja tensión.....		3.771,26	18,72
03	Canalizaciones subterráneas		15,17	0,08
		PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	20.142,04	
		13,00 % Gastos generales	2.618,47	
		6,00 % Beneficio industrial	1.208,52	
		Suma.....	3.826,99	
		PUES TO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA	23.969,03	
		21% IVA	5.033,50	
		PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	29.002,53	
Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de VEINTINUEVE MIL DOS EUROS con CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS				



Jaén, mayo de 2024

El alumno

Francisco Orozco Sierra