

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE TELECOMUNICACIONES



VNIVERSITAT
DE VALÈNCIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN
EL TÉRMINO MUNICIPAL DE CORTES DE PALLÁS**

AUTORA:

ÁNGELA SÁNCHEZ MORENO

TUTOR:

VALERO LAPARRA

JUNIO, 2020



VNIVERSITAT
E VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria **ETSE-UV**

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE TELECOMUNICACIONES

TRABAJO DE FIN DE GRADO

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE CORTES DE PALLÁS

AUTORA:

ÁNGELA SÁNCHEZ MORENO

TUTOR:

VALERO LAPARRA

TRIBUNAL:

PRESIDENT/A:

VOCAL 1:

VOCAL 2:

FECHA DE DEFENSA:

CALIFICACIÓN:

ÍNDICE

ÍNDICE	4
1. Objeto del trabajo	10
2. Introducción	12
3. Estudio global	13
3.1 Centrales nucleares en España	13
3.1.1 ¿Cómo funcionan las centrales nucleares?	13
• Funcionamiento de una central nuclear paso a paso.....	14
• Especificaciones técnicas	14
• Vida útil.....	17
3.1.2 Localización.....	18
3.2 Importancia del uso de las energías renovables	19
3.2.1 Ventajas principales de las energías renovables.....	20
3.2.2 Tipos de energías renovables.....	21
4. Estudio local.....	35
4.1 Relación hidroeléctrica de Cortes de Pallás y central nuclear de Cofrentes	35
4.1.1 Características centrales nuclear de Cofrentes.....	36
4.1.2 Empleos	36
4.2 Estudio de los diferentes tipos de energías renovables y elección de la más adecuada ...	37
4.2.1 Plan especial de ordenación de infraestructuras de energías renovables en los términos de Ayora, Zarra y Jarafuel.....	38
5. Desarrollo de un parque solar fotovoltaico	39
5.1 Introducción.....	39
5.2 Marco general.....	39
5.2.1 Definición del sector.....	40
5.2.2 Análisis de los competidores	41
5.2.3 Acceso al mercado-barreras.....	41
5.2.4 Oportunidades	41
5.2.5 Perspectivas del sector	42
5.2.6 Contexto en España.....	42
5.3 Emplazamiento parque solar fotovoltaico	44
5.3.1 ¿Qué es Google Earth Engine?	45
5.3.2 PVGIS	46
5.3.2.3 <i>Tecnologías usadas con el simulador PVGIS</i>	47

5.3.3	Medida del terreno a través de Google Earth	60
6.	Diseño de una instalación solar fotovoltaica.....	65
6.1	Introducción	65
6.2	Componentes de una instalación conectada a red.....	65
6.2.1	Módulo fotovoltaico.....	65
6.2.2	Inversor-Transformador.....	68
6.3	Principios básicos de una instalación fotovoltaica.....	70
6.4	Aspectos a considerar antes del inicio de la instalación.....	71
6.5	Pérdidas en el proceso de generación de energía fotovoltaica	71
6.6	Otros factores de pérdidas.....	74
6.7	Parámetros de diseño de una planta solar fotovoltaica.....	74
6.7.1	Potencia de planta.....	74
6.7.2	Estructura de montaje de módulos	75
6.7.3	Sobredimensionamiento de la potencia de pico	83
6.7.4	Costes de inversión.....	84
7	Descripción de componentes y equipos	85
7.1	Módulos fotovoltaicos.....	85
7.1.1	Número de paneles en serie por rama.....	87
7.1.2	Número de ramas en paralelo por inversor	89
7.1.3	Sombras y distancia entre paneles	89
7.2	Centro de inversión.....	91
7.3	Diseño del generador fotovoltaico.....	92
7.4	Seguidor solar	92
7.5	Cajas de combinación.....	93
7.6	Cableado de interconexión	94
•	Cableado de baja tensión.....	94
7.6.2	Cableado de media tensión.....	96
7.7	Puesta a tierra.....	97
7.7.1	Puesta a tierra general.....	98
7.7.2	Puesta a tierra del centro de inversión.....	99
7.7.3	Puesta a tierra del pararrayos	100
7.8	Centro de monitorización y control	101
7.9	Cableado de monitorización	103

7.10	Centros de corte.....	104
7.11	Pararrayos.....	104
7.12	Vallado.....	106
7.13	Cámaras de seguridad	106
7.14	Sensores de movimiento	107
7.15	Piranómetros	108
7.16	Veleta y anemómetro.....	109
7.17	Tubos de plástico corrugado	110
7.18	Camino.....	110
7.19	Protecciones generales de la instalación fotovoltaica	111
7.20	Costes de inversión.....	111
8	Análisis de riesgos y su prevención	112
8.1	Análisis de riesgos generales en el montaje de la instalación solar fotovoltaica	112
	• Riesgos generales	112
	• Medidas de prevención a adoptar.....	112
8.2	Obra civil.....	114
	• Excavación de zanjas	114
8.3	Riesgos generales	115
	• Manipulación manual de cargas.....	115
	• Trabajos próximos a elementos en tensión.....	116
	• Trabajos en tensión	117
8.4	Maquinaria a emplear	118
	• Retroexcavadora	118
	• Grúa.....	119
	• Amasadora.....	120
8.5	Máquinas y herramientas manuales.....	120
8.6	Instalaciones provisionales	121
	• Instalación provisional eléctrica	121
8.7	Asistencia a accidentados	122
	• Centros asistenciales en caso de accidente.....	122
	• Botiquín de primeros auxilios.....	122
9	Puesta en marcha de la instalación.....	124
9.1	Verificación por examen.....	124

9.2	Verificación mediante medidas y ensayos	124
10.	Conclusiones y líneas futuras.....	126
11.	Bibliografía y fuentes consultadas	127
a.	Páginas webs consultadas	127
12.	Documentación técnica.....	129
a.	Módulo Fotovoltaico.....	129
b.	Inversor de potencia	130
c.	Seguidor solar.....	133
d.	Caja de combinación.....	135
Anexo I	137
Normativa	137
Anexo II.....		139
1.	Análisis de riesgos y su prevención	139
b)	Análisis de riesgos generales en el montaje de la instalación solar fotovoltaica.....	139
i)	Riesgos generales	139
ii)	Medidas de prevención a adoptar.....	139
c)	Obra civil	141
i)	Excavación de zanjas	141
d)	Riesgos generales.....	142
i)	Manipulación manual de cargas.....	142
ii)	Trabajos próximos a elementos en tensión.....	143
iii)	Trabajos en tensión.....	144
e)	Maquinaria a emplear.....	145
i)	Retroexcavadora	145
ii)	Grúa.....	146
iii)	Amasadora	147
f)	Máquinas y herramientas manuales	147
g)	Instalaciones provisionales.....	148
i)	Instalación provisional eléctrica	148
h)	Asistencia a accidentados.....	149
i)	Centros asistenciales en caso de accidente.....	149
ii)	Botiquín de primeros auxilios.....	150
Anexo III.....		151

1) Mantenimiento preventivo	151
a) Paneles fotovoltaicos.....	151
b) Mantenimiento de las puestas a tierra	153
c) Mantenimiento de la estructura de soporte de los paneles.....	153
d) Mantenimiento del transformador de potencia.....	154
e) Mantenimiento de la instalación.....	154
2) Mantenimiento correctivo.....	155
3) Costes de mantenimiento	155
Anexo IV	157
1) Condiciones económicas	157
a) Garantía de la obra	157
b) Precios.....	157
c) Contrato.....	157
d) Responsabilidades	158
e) Anulación del contrato.....	158

1. Objeto del trabajo

El presente trabajo fin de grado, tiene como objeto el estudio de las diferentes alternativas de energías renovables para la sustitución de la central nuclear situada en el municipio de Cofrentes, Valencia, por una instalación solar en el término municipal de Cortes de Pallás, Valencia.

El objetivo de este proyecto es desarrollar una propuesta alternativa a la central nuclear de Cofrentes.



Localización municipios Cortes de Pallás y Cofrentes respecto de la ciudad de Valencia. [Ilustración 1] Recuperado de: https://www.gifex.com/detail/2010-11-02-12481/Comarcas_de_la_Provincia_de_Valencia.html

La central hidroeléctrica situada en Cortes de Pallás almacena la energía sobrante de la central nuclear situada en Cofrentes, la cual utiliza para bombear el agua hasta un depósito situado en lo alto de una montaña que después hace bajar generando de esta forma energía en forma de electricidad. Por lo que, si se cierra la central nuclear de Cofrentes, la actividad de la central hidroeléctrica de Cortes de Pallás se verá mermada por lo que hace falta buscar una alternativa para que no decaiga la producción energética. Es por ello por lo que se ha realizado el presente proyecto, para que el ciclo de que Cofrentes se encarga de generar, Cortes de Pallás de almacenar y Valencia de consumir, no se vea afectado de manera muy abrupta.

La elección de la energía solar como energía renovable que sustituirá la energía nuclear producida por la central nuclear de Cofrentes surge de una comparativa de todas las energías renovables expuestas, eligiendo así la mejor opción para el caso que se va a tratar, teniendo en cuenta los recursos de los que se dispone, así como de las características del terreno.

Tras la elección de la energía solar como fuente energética, para conocer la radiación solar incidente y saber cuánta cantidad de energía se recibe del Sol en un determinado punto se ha utilizado el programa PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System). A partir de este programa se obtienen datos acerca de cuál es la potencia y la energía que se obtienen en una localización geográfica determinada.

El diseño de la instalación solar fotovoltaica partirá desde la elección de la tecnología más adecuada obtenida mediante una simulación en PVGIS, elección del módulo solar, cuántos necesitaremos para poder cubrir de forma óptima el terreno, cuántos se pondrán por rama de inversor así como la selección del inversor adecuado. En cuanto al transporte de la energía producida por la instalación se determinará el tipo de cableado pertinente en cada caso así como el transporte por las líneas de alta tensión para abastecer a la población de energía.

En cuanto a la obra de la instalación se tendrán en cuenta tanto los costes del material como de la mano de obra, así como las condiciones de seguridad para poder llevar a cabo la obra sin ninguna demora. Así pues, también se analizará el mantenimiento de la misma pues con un correcto mantenimiento se asegura el correcto funcionamiento de la instalación durante un largo periodo de tiempo.

2. Introducción

El uso de las energías renovables se está convirtiendo en uno de los principales compromisos de todos los países del mundo para combatir el peligroso cambio climático que estamos viviendo. Es por ello por lo que resulta interesante desarrollar un proyecto basado en el uso de energías renovables para sumarse a la batalla contra el cambio climático.

El proyecto tendrá lugar en un lugar estratégico puesto que estará situado en una comarca en la que el uso de las energías renovables está siendo muy provechoso. Además, puede servirse de la ayuda de estas otras energías renovables para atender los picos de demanda energética cuando sea preciso.

Debido a las particularidades que tiene la zona en la cual se va a desarrollar el proyecto, se ha optado por la energía solar como fuente de energía renovable, ya que, después de hacer un breve estudio de todos los tipos de energías renovables existentes, con sus ventajas y desventajas, y atendiendo a las características de la zona, la energía solar resulta la más adecuada para el presente proyecto.

También se realizará un análisis de la principal fuente de energía usada en la comarca donde tendrá lugar el proyecto, la energía nuclear. Puesto que el proyecto tiene como base la sustitución de la energía nuclear por una fuente de energía renovable y, teniendo en cuenta la previsión de cierre de la central nuclear de esta comarca, el proyecto podrá ser considerado como una de las alternativas para abastecer la demanda energética cuando se proceda al cierre de la misma. De este modo, el presente proyecto también cuenta con una parte de estrategia comercial ya que se ha visto la oportunidad de negocio por el cierre de la central nuclear.

Debido al cierre de la central nuclear situada en la localidad de Cofrentes, surge la necesidad de buscar una alternativa para abastecer a la población de energía en forma de electricidad. Aquí entra en juego un punto de vista más comercial, pues se ve la oportunidad de negocio que surge al aparecer la necesidad de encontrar una alternativa limpia a la central nuclear.

A lo largo de todo el proyecto se van a ir detallando las características del parque solar fotovoltaico que se va a diseñar, tanto de las características eléctricas del mismo como de la ejecución de la obra en su totalidad ya que se pretende que sea un proyecto que pueda llevarse a cabo en un futuro no muy lejano.

3. Estudio global

En este apartado se va a dar una breve pincelada de la situación tanto a nivel global como a nivel estatal de la situación en la que se encuentra la energía nuclear. Se va a tratar en qué situación se encuentra el uso de las energías renovables como fuente de energía y en el uso de las centrales nucleares ya que el presente trabajo es una propuesta para una sustitución de una central nuclear por una fuente de energía renovable.

3.1 Centrales nucleares en España

La energía nuclear es una importante fuente de producción energética a nivel mundial, en el caso de España, aporta del orden del 20% de la electricidad generada. En la actualidad, no se contempla la construcción de nuevas centrales nucleares en el país, por lo que si se desea continuar con este medio de producción energética se realiza una “operación a largo plazo” de lo que se hablará posteriormente.

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) es el único organismo en España en materia de seguridad nuclear y protección radiológica, además es el encargado de regular y supervisar el funcionamiento de las centrales nucleares y radiactivas para sí garantizar que se cumplen todos los criterios de seguridad. Entre otros quehaceres, el CSN tiene capacidad para dictaminar normas de obligado cumplimiento, las cuales pueden determinar el cese inmediato de cualquier instalación.

Tras la Segunda Guerra Mundial, durante el régimen franquista, España comenzó su desarrollo nuclear. En la década de 1950 se proyectó la primera central nuclear de España, pero no fue hasta 1969 cuando comenzó su actividad poniéndole fin a la misma en 2006.

Para ayudar a entender la necesidad de sustituir la energía nuclear por energías renovables, se procede a explicar cómo funcionan las centrales nucleares.

3.1.1 ¿Cómo funcionan las centrales nucleares?

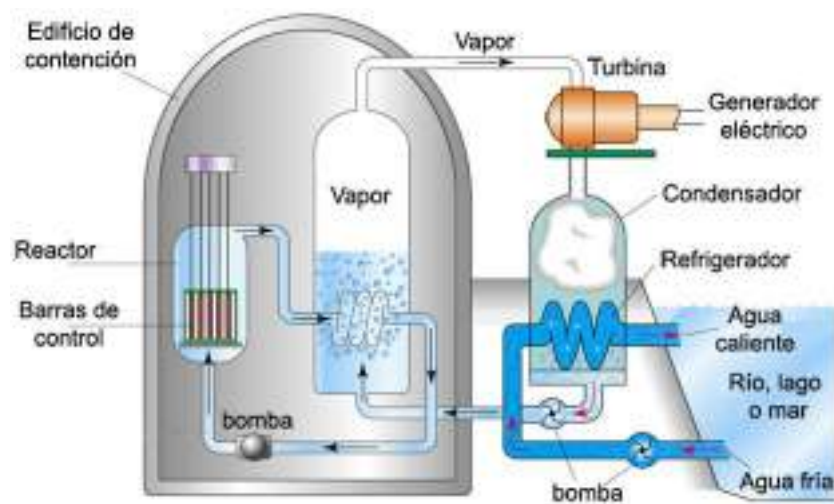
El uso más importante que se le da a las centrales nucleares es la producción energética para así generar energía eléctrica. Pero, ¿qué es la energía nuclear? Se puede decir que la energía nuclear es la energía interna contenida en el núcleo de un átomo. Se puede liberar esta energía mediante los procesos de fusión y fisión. Prácticamente todas las centrales nucleares utilizan el proceso de fisión a través de reactores nucleares. El proceso de fusión no se realiza puesto que resulta inviable en la actualidad.

El funcionamiento de una central nuclear es prácticamente igual al de una central térmica que funciona con petróleo, carbón o gas, con la excepción de que la forma de proporcionar energía calorífica o calor en el agua para convertirla en vapor es diferente. En el caso de las centrales térmicas, se obtiene energía térmica mediante la quema de uno o varios combustibles fósiles mientras que, en el caso de los reactores nucleares, obtienen calor mediante las reacciones de fisión nuclear de los átomos del combustible nuclear.

Una central nuclear dispone de varios tipos de reactores con un objetivo en común, utilizar el calor de las reacciones de fisión nuclear para accionar las turbinas responsables de la generación de electricidad.

Existen dos tipos de reactores nucleares:

1. Reactor nuclear de agua en ebullición (BWR)
 2. Reactor nuclear de agua a presión (PWT). Este es el más utilizado en todo el mundo.
- Funcionamiento de una central nuclear paso a paso



Funcionamiento de una central nuclear. [Ilustración 1]. Recuperado de: <https://sites.google.com/site/energia nuclear3a/alvaro>

En el caso en el que la central nuclear disponga de reactor con agua a presión, se puede resumir en cuatro sencillos pasos:

1. A través de la fisión nuclear de los átomos se obtiene la energía térmica.
2. Mediante la energía obtenida anteriormente en el generador de calor se crea vapor de agua.
3. Ese vapor de agua hace que se accionen unas turbinas.
4. Al hacer girar las turbinas se crea energía mecánica que se transfiere a un generador eléctrico, el cual es el responsable de generar electricidad.

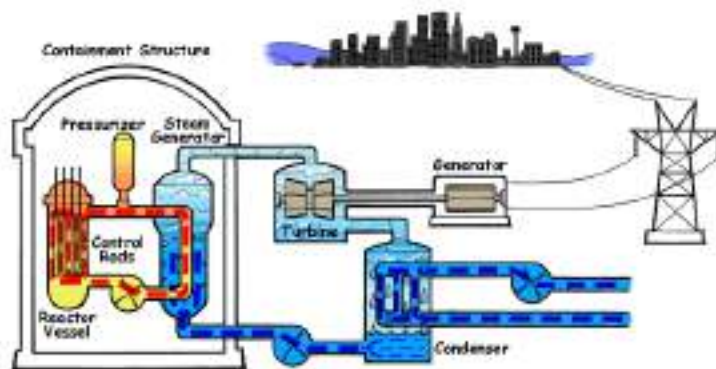
Desde el punto de vista físico, se puede ver como la energía se va transformando en los diferentes procesos. Primeramente, la energía nuclear es la que mantiene los núcleos de los átomos cohesionados. Posteriormente, cuando se rompen se liberan generando energía térmica que es la que convierte el agua en vapor. Este vapor pasa a las turbinas generando energía cinética y por último esta energía cinética se convierte en energía eléctrica al pasar por el generador.

- Especificaciones técnicas

En cuanto al tipo de reactor que posean, se clasifican como de primera generación o segunda generación. Las de primera generación son las que funcionan mediante un reactor de agua a presión y las de segunda generación las que funcionan mediante un reactor de ebullición de agua.

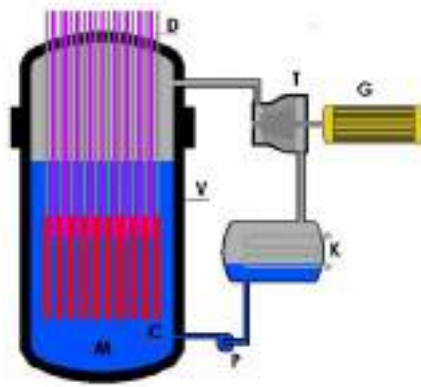
o *Diferencias reactor de agua a presión y reactor de ebullición de agua:*

Reactor nuclear de agua a presión: es el más utilizado mundialmente. Más bien conocido por sus siglas en inglés PWR (Pressurized Water Reactor). Actualmente existen 230 reactores nucleares en el mundo fabricados para este método. El agua circula en estado líquido y a una presión muy alta por el circuito primario, esta agua se impulsa a través de unas bombas a través del núcleo del reactor, donde se calienta antes de llegar a los generadores de vapor. Para producir la electricidad mediante este método el agua líquida a alta temperatura que sale del reactor circula a través del circuito primario, el cual atraviesa los generadores de vapor. Por el exterior de los generadores de vapor circulan unos tubos que conforman el circuito secundario hasta convertir el agua en vapor. Este vapor que se ha formado es el que se dirige a la turbina, donde se expande haciéndola girar. Posteriormente el giro se transmite a un generador eléctrico, que es el encargado de producir la electricidad. Por último, la electricidad se lleva al parque de transformación, y una vez allí, a la red eléctrica exterior.



Central nuclear con reactor de agua a presión. [Ilustración 2]. Recuperado de: <https://mitosnucleares.wordpress.com/2019/05/13/en-que-consiste-una-central-nuclear/>

Reactor de ebullición de agua: se trata del segundo tipo de reactor nuclear más utilizado en el mundo. También conocido por sus siglas en inglés BWR (Boiling Water Reactor). Su función principal es su instalación en centrales eléctricas de potencia para generar electricidad. Una ambigüedad respecto al reactor nuclear de agua a presión es que este tipo de reactores no disponen de circuito secundario agua-vapor, en su lugar es el mismo fluido refrigerante que circula por la vasija y el núcleo del reactor el que se evapora conforme va llegando al núcleo. Una vez se ha formado el vapor en el núcleo se dirige a unos secadores de vapor y separadores de agua antes de entrar a las turbinas. Por último, son las turbinas las encargadas de hacer funcionar el generador eléctrico y generar la electricidad.



Reactor de ebullición de agua. [Ilustración 3] Recuperado de:
<https://mitosnucleares.wordpress.com/2019/05/13/en-que-consiste-una-central-nuclear/>

Otras de las características a tener en cuenta son:

- Potencia eléctrica: se refiere a la cantidad de energía absorbida o entregada por unidad de tiempo. Se representa con la letra P y la unidad de medida es el Vatio (W).
- Potencia térmica: cantidad de energía térmica dada o producida por unidad de tiempo.
- Suministrados NSSS (Nuclear Steam Supply System): sistema nuclear de suministro de vapor.
- Número de lazos de refrigeración: sirven para controlar la temperatura. Controla la temperatura en el bulbo de la reacción.
- Combustible: en una central nuclear el combustible utilizado es el Uranio.
- Número de elementos combustibles: el combustible nuclear más común está formado por elemento fisibles (cuando su núcleo es capaz de experimentar una fisión con neutrones libres de cualquier energía) como el uranio. El isótopo utilizado más habitualmente en la fisión es el U^{235} .
- Peso de Uranio: el Uranio es un elemento químico metálico. Su número atómico es el 92, por tanto, posee 92 protones y 92 electrones, con capa de valencia 6. En su núcleo puede contener entre 142 y 146 neutrones. Es el elemento con más peso de entre todos los que se encuentran en la naturaleza. Es un elemento reactivo.
- Número de barras de control: permiten controlar la velocidad de reacción de las fisiones nucleares en cadena. Son unos tubos cilíndricos que absorben neutrones.
- Ciclos de operación: las centrales nucleares, por lo general, cambian parte de los elementos combustibles del reactor en cada recarga, cada 18 o 24 meses. En el caso del reactor por agua a presión, que contiene unos 160 elementos combustibles, en cada recarga se cambian unos 50 por otros nuevos, mientras que los 50 combustibles más antiguos pasan a la piscina de combustible gastado. Tras los procesos de mantenimiento realizados durante la recarga, se inicia un nuevo ciclo de operación con el núcleo renovado.
- Sistema de refrigeración: es el encargado de que se enfríe el reactor externo mediante un chorro de agua abundante y a presión. Consta de dos tubos de refrigeración artificiales, un canal de recogida de tierra y bombas para la refrigeración del núcleo externo y elevación del agua a las torres.
- Número de cuerpos de turbina: normalmente dos de baja presión.

- Tensión en bornas de alternador: se mide por un regulador automático de tensión (AVR).
- Propietario: que tiene la propiedad de algo, especialmente de un inmueble.

- Vida útil

La vida útil de una central nuclear es el tiempo durante el cual la instalación puede funcionar de forma segura y económicamente viable, cumpliendo los requisitos establecidos en la norma vigente. La legislación española no establece tiempo máximo de funcionamiento de una central nuclear, es decir, mantener en activo una central más allá de su periodo inicialmente previsto en su diseño (vida de diseño) está en orden con la legislación española en vigor.

- *¿Qué es la vida de diseño?*

La vida de diseño de una central nuclear es el tiempo mínimo desde su puesta en funcionamiento durante el cual se espera que la instalación funcione en las condiciones plenas de seguridad y cumpliendo los requisitos establecidos.

Ahora bien, es técnicamente viable mantener el funcionamiento correctamente de una central nuclear más allá de su vida inicial de diseño manteniendo los mismos e incluso mayores niveles de seguridad y productividad.

Para que una central nuclear pueda continuar su actividad una vez vencida su vida de diseño debe tener la aprobación formal del organismo regulador, disponer de la autorización administrativa correspondiente y si lo deciden sus titulares en base a criterios empresariales.

3.1.2 Localización



Localizaciones centrales nucleares en España. [Ilustración 4]. Recuperado de: <https://www.rtve.es/noticias/20170806/centrales-nucleares-espana-seis-activo-entre-29-36-anos-antiguedad/1592460.shtml>

Actualmente se encuentran en funcionamiento cinco centrales nucleares en explotación, de ellas Almaraz y Ascó que tienen dos unidades gemelas, por lo que el número de reactores es de siete, y una central en cese de explotación que es la de Santa María de Garoña, todas situadas en la península. Todas ellas cuentan con un reactor de agua a presión, excepto a central nuclear de Cofrentes, que cuenta con un reactor que funciona mediante la ebullición de agua. Solo quedan por nombrar la central de Vandellós II y Trillo, la última central puesta en marcha en España (1987).

De todas estas, la que más potencia genera es la situada en la localidad de Cofrentes, Valencia, con una potencia eléctrica de 3237 MegaWattios.

Ahora bien, ¿por qué están en estas localizadas de esta manera las centrales nucleares? Se tienen en cuenta diferentes situaciones como la cercanía de ríos, mares, líneas de alta tensión y vías de comunicación, también se tiene en cuenta la cercanía a zonas protegidas como a grandes núcleos urbanos, tampoco sería posible la construcción de una central nuclear en una zona con peligrosidad sísmica. Pero no solo hay que tener en cuenta estos aspectos para la localización de una central nuclear, sino también el impacto visual y la geotecnia, entre otros. La cercanía de los ríos es muy importante para la refrigeración de la central, pero solo se tendrán en cuenta los ríos de régimen permanente, es decir, que lleven agua durante todo el año.

Para que haya buena conexión eléctrica es importante la cercanía de las líneas de alta tensión. En cuanto a la cercanía a las vías de comunicación, es muy importante permitir el acceso de personal como el de recursos, por lo cual es clave la cercanía a autopistas, autovías y carreteras nacionales. Por motivos de seguridad y para disminuir la presión social que este tipo de instalaciones trae se debe respetar una distancia mínima a grandes núcleos urbanos de más de cien mil habitantes.

Por lo que a los factores medioambientales se refiere hay que guardar una distancia mínima a zonas protegidas, tanto ZEPAs (Zona de Especial Protección de Aves), Parques Nacionales y LICs (Lugares de Interés Comunitario). La imposibilidad de situarse en zonas de peligrosidad sísmica, ya

que podría ponerse en grave riesgo cada vez que ocurriese un seísmo, se tiene como ejemplo lo ocurrido en la central de Fukushima que tras un terremoto de magnitud 9 al que siguió un tsunami, afectó tres reactores de la planta. Todas las poblaciones en un radio de 20 km fueron evacuadas, por suerte no hubo víctimas, pero se estima que podrían haberse generado muchas muertes prematuras.

3.2 Importancia del uso de las energías renovables

Cada vez son más las empresas y particulares que apuestan por las energías renovables ya que estas energías son recursos limpios que nos proporciona la naturaleza como pueden ser el sol, el viento, el agua, etc. Se diferencian de los combustibles fósiles por su abundancia, densidad y potencial de aprovechamiento en cualquier parte del mundo.

El empleo de las energías renovables nos aporta un sinfín de ventajas, pero la ventaja más importante es la reducción del efecto invernadero y con ello proteger el planeta. Además, tampoco producen ningún tipo de emisión contaminante.

El crecimiento de las energías renovables es imparable. En numerosas estadísticas como por ejemplo la aportada en 2015 por la Agencia Internacional de la Energía (AIE), que destaca que cerca de la mitad de la generación eléctrica producida en 2014 es a partir de energías limpias.

El desarrollo de las energías renovables es necesario para combatir el cambio climático y con ello poder limitar los efectos devastadores que esto conlleva.

Son unos 1.100 millones de habitantes los que no tienen acceso a energía eléctrica en todo el mundo, un 17% de la población total. De la misma manera un 38% de la población utiliza biomasa como combustible para cocinar, calentar o iluminar sus viviendas con el riesgo para la salud que esto conlleva.

Gracias al “Acuerdo de París”, suscrito en la Cumbre Mundial del Clima celebrado en diciembre de 2015 en París, las energías renovables han recibido un importante respaldo de las comunidades internacionales. Este acuerdo entrará en vigor de 2020 y establece por primera vez en la historia un acuerdo mundial vinculante, en el que se han comprometido 200 países a reducir sus emisiones contaminantes de forma que se pueda frenar el aumento de la temperatura media del planeta para que así quede muy por debajo de los 2°C por año.

No solo tendrá efectos positivos para el planeta el cambio hacia energías limpias, sino que supondrá también efectos económicos muy positivos. Según la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) si se duplica el uso de energías renovables hasta el 36% en 2030 supondría un crecimiento global del 1'1% ese año, lo cual equivale a 1'3 billones de dólares americanos, aumentaría el bienestar un 3'7% y un aumento del empleo considerable teniendo en cuenta que actualmente hay 9'2 millones de empleos y si se consigue este incremento aumentará hasta los 24 millones de trabajadores.

3.2.1 Ventajas principales de las energías renovables

- Son el aliado imprescindible para la lucha contra el cambio climático ya que las energías renovables no emiten gases de efecto invernadero durante los procesos de generación energética, lo que convierte a este tipo de energía en la más limpia y más viable frente al cambio climático.
- Reducen la dependencia energética ya que en cualquier parte de planeta tenemos recursos naturales como el sol, viento o agua que se puede aprovechar para generar energía de forma sostenible y así no tener la necesidad de transportar combustibles fósiles de otros países que puedan comprometer a la economía y al suministro energético.
- Horizonte político benévolo ya que gracias a las decisiones aportadas en la COP21 han aportado un futuro muy prometedor a las energías renovables. Es por ello por lo que se va a hacer una transición hacia una economía baja en carbono para el futuro sostenible del planeta lo que conlleva a un impulso de las tecnologías de las energías limpias.
- Son inagotables al contrario que las fuentes tradicionales de energía como la energía nuclear, el petróleo, gas o carbón, que se pueden agotar. Las energías renovables producen energía a partir de fuentes inagotables como por ejemplo el sol y, además, se adaptan a los ciclos naturales.
- Crecientemente competitivas ya que están reduciendo considerablemente sus costes, en especial la eólica y solar fotovoltaica, de forma que ya son competitivas frente a las productoras de energía convencionales. Con innovación se está consiguiendo no solo que las energías renovables proporcionen una opción más sostenible, sino que económicamente puedan disfrutarse en todo el mundo.



Ventajas energías renovables. [Ilustración 5]. Recuperado de: <http://www.energia-medioambiente.com/ventajas-desventajas-renovables/>

3.2.2 Tipos de energías renovables

3.2.2.1 Energía solar



Energía solar. [Ilustración 6]. Recuperado de: <https://www.tecnocosas.es/tipos-energia-solar/>

La energía solar fotovoltaica produce energía gracias a la radiación solar, esto es posible por un dispositivo semiconductor incorporado en los paneles solares. Este semiconductor se denomina célula fotovoltaica. También es posible obtener energía mediante la deposición de metales sobre un sustrato denominado célula solar de película fina.

Es un tipo de energía renovable obtenida directamente de la radiación solar. Debido a la creciente aplicación de energías renovables, la fabricación de células solares e instalaciones fotovoltaicas ha crecido considerablemente en los últimos años.

La energía solar fotovoltaica no contamina, ya que es capaz de generar energía sin provocar agentes que deterioran el medioambiente, contribuyendo a evitar la emisión de gases de efecto invernadero.

En cambio, el uso de este tipo de energía puede tener una desventaja considerable en su producción energética si las condiciones climatológicas son adversas o se ha depositado suciedad sobre los paneles, ya que esto reduce la producción del sistema fotovoltaico.

Las células solares fotovoltaicas convierten la luz del sol directamente en electricidad gracias al efecto fotoeléctrico. El efecto fotoeléctrico consiste en la absorción de fotones, que son partículas lumínicas, y liberar electrones generando así corriente eléctrica. En cambio, los colectores solares fotovoltaicos usan espejos o paneles para absorber y concentrar el calor recibido del sol, transferirlo a un fluido y mandarlo por tuberías para su aprovechamiento en edificios o instalaciones o también para la producción de electricidad, a esto se le denomina energía solar termoeléctrica.

- ¿Qué beneficios tiene la energía solar?

La energía solar consta de numerables beneficios que la sitúan en una de las energías renovables más prometedoras del futuro ya que es renovable, no contaminante y se puede obtener en todo el planeta. Además, contribuye a la generación de empleo y a un desarrollo sostenible en los lugares donde se implanta. Otro aspecto a tener en cuenta es que los módulos de captación solar no requieren de un mantenimiento muy exhaustivo y es gracias a esto a lo que los costes de estas células han bajado considerablemente. También son extremadamente silenciosas por lo que si no teníamos suficiente con que no emitían ningún tipo de gas contaminante tampoco produce contaminación acústica. Otro aspecto beneficioso es que se disminuiría la dependencia energética de otros países, es cierto que la energía solar depende en gran parte de las condiciones meteorológicas o de los ciclos de día-noche, pero el rápido avance de almacenamiento de la energía está consiguiendo que estos dos factores no afecten tanto y que este tipo de energía se esté extendiendo cada vez más. En resumen, la energía solar es renovable, inagotable, no contamina, evita el calentamiento global, reduce las importaciones energéticas, reduce el uso de combustibles fósiles, genera empleo y riqueza local, contribuye al desarrollo sostenible, se adapta a las diferentes situaciones y permite aplicaciones de generación eléctrica a gran escala y también para pequeños núcleos que están aislados de red.

- Desventajas de la energía solar:

No siempre hace sol, además la energía producida varía a lo largo de las estaciones del año, esto implica que en determinados momentos del año es necesario complementar a esta energía con alguna de otro tipo. Es necesaria una fuerte inversión inicial además las instalaciones necesitan un mantenimiento periódico para que funcionen adecuadamente. Los paneles solares producen un impacto ambiental ya que ocupan grandes extensiones si se quiere producir energía a gran escala. Además, los paneles solares se fabrican con materiales que deben considerarse como residuos peligrosos al final de su vida útil como por ejemplo el silicio o el plomo.

3.1.1.1 Energía térmica



Energía térmica. [Ilustración 7]. Recuperado de: <https://comercialfoisa.com/que-es-la-energia-termica/>

La energía térmica es la energía liberada en forma de calor. Puede medirse en Julios como otras formas de energía o expresarse en calorías. Este tipo de energía es una de las más antiguas que usamos y una de las más importantes, no solo para la producción de la electricidad, sino también en general para otros usos. Pero, nos vamos a centrar concretamente en la energía térmica para la producción de electricidad.

Este tipo de energía se puede producir de varias formas:

- Quemando combustibles fósiles: como por ejemplo el carbón o el petróleo. Esta es la forma más habitual de obtener este tipo de energía, pero no es la más conveniente ya que emite gases que provocan el efecto invernadero. Además, no solo podemos quemar combustibles fósiles sino también orgánicos como es la biomasa.
- A partir del calor de la tierra, que es la denominada energía geotérmica.
- A partir del calor del sol, a la que llamamos energía termosolar.
- A partir de reacciones nucleares. La energía nuclear es también energía térmica a partir de un combustible. En este caso, el uranio, que a partir del proceso de fisión rompe sus átomos y desprenden una enorme cantidad de energía.

La principal forma de generar energía térmica es mediante un mecanismo de turbina y generador.

- Tipos de turbinas:
 - Turbina de vapor convencional:
Consiste en la quema de combustible y la energía térmica se usa para generar vapor a alta presión, este vapor se expande y hace girar una turbina que está conectada a un generador. En este sistema, la energía térmica se convierte en energía cinética es por ello por lo que el movimiento de la turbina que está conectada al generador convierte ese movimiento en electricidad.

- Turbina de gas:

En otros casos se utiliza la turbina de gas, como por ejemplo la de ciclo abierto. Este sistema consiste en pasar aire a través de un compresor, que se mezcla con gas en una cámara de combustión. Esa combustión hace que los gases se expandan y mueven la turbina conectada al generador.

- Turbinas de ciclo combinado:

Es la combinación de los dos procesos anteriores, la turbina de gas y la turbina de vapor. Se mueve la turbina directamente con la combustión y el calor sobrante se utiliza para calentar agua, generar vapor y aprovecharlo también como el primer tipo de turbina, la turbina de vapor convencional.

- Ventajas de la energía térmica:

Es un recurso inagotable y completamente renovable. Permite un mayor ahorro tanto en agua como en electricidad. Son las centrales más baratas de construir. Fomentan la economía en zonas rurales donde se implantan las centrales eléctricas térmicas. Además, contribuyen a un desarrollo sostenible en cualquier tipo de aspecto social.

- Desventajas de la energía térmica:

Pueden emitir gases altamente contaminantes durante el proceso de combustión. En el caso de las centrales térmicas es mayor su tiempo de construcción y también se requiere de una alta inversión inicial. Y no solo es costosa la inversión inicial para la construcción de las instalaciones sino también el mantenimiento.

Por ejemplo, en las centrales térmicas que utilizan ciclo combinado, el coste de inversión por MW instalado es bajo y utilizan menos superficie por MW instalado que las centrales termoeléctricas convencionales.

Con todo esto, se puede demostrar que la energía térmica no la podemos abandonar, pero es importante que cambiemos la manera de usarla ya que no se puede seguir generando a costa de crear gases de efecto invernadero. Es por ello por lo que la energía geotérmica y la termo solar son las energías térmicas más beneficiosas para el medioambiente ya que no generan ningún agente contaminante.

3.1.1.2 Energía hidroeléctrica



Energía hidroeléctrica. [Ilustración 8]. Recuperado de: <https://blog.oxfamintermon.org/descubre-las-ventajas-y-desventajas-de-la-energia-hidraulica/>

La energía hidroeléctrica es aquella que se genera al transformar la fuerza del agua en energía eléctrica.

Este tipo de energía se genera en las plantas hidroeléctricas, que fundamentalmente están constituidas por una presa para el control del flujo del agua, una planta eléctrica donde se produce la electricidad y un depósito en el que se puede almacenar agua.

La presa permite controlar el flujo del agua que, cuando está cerrada, el agua del embalse está estancada y no produce ninguna energía, pero cuando se abre la presa el agua cae a un nivel inferior y se produce una corriente de agua que hace girar unas turbinas que están conectadas a un generador eléctrico.

La energía hidroeléctrica proporciona un quinto de la energía mundial. Además, es la que genera energía más barata en la actualidad, que se debe a que una vez construida la instalación, la fuente de energía, que en este caso es el agua en movimiento, es gratuita.

- ¿Cómo funciona una central hidroeléctrica?

La presa es la encargada de acumular el agua para formar el embalse, esta presa suele estar situada en el cauce habitual del río. Este depósito de agua que se forma permite que el agua adquiera una energía potencial que después se transformará en electricidad. El agua situada detrás de la presa fluye a través de una entrada y es conducida a través de una tubería forzada y la energía potencial que se menciona antes se convierte en energía cinética a medida que el agua circula por la conducción. El agua llega a las turbinas haciéndolas girar y convirtiendo así la energía cinética en energía mecánica de rotación. Por último, una vez que el agua ha cedido toda su energía, se conduce río abajo a través de un canal de desagüe.

- Ventajas del uso de la energía hidroeléctrica:

Se trata de un recurso procedente del agua, que además el agua utilizada durante el proceso puede reutilizarse. La vida útil de las centrales hidroeléctricas es larga. Es una energía sostenible porque ayuda a la disminución de gases de efecto invernadero. Tiene gran flexibilidad ya que al poder utilizar el agua embalsada de forma flexible facilita la gestión de los picos de demanda energética. Además, la construcción de estas centrales es de gran ayuda para regular el cauce de los ríos y evitar crecidas peligrosas. Aunque sus costes de inversión iniciales sean elevados, los costes de explotación son bajos. Su flexibilidad operativa es un respaldo muy importante para el uso de otro tipo de energías renovables de manera complementaria como son la energía solar fotovoltaica y la eólica.

- Desventajas de la energía hidroeléctrica:

Depende de las lluvias y de las sequías. La energía hidráulica depende de las condiciones del terreno para ser aprovechable pudiéndose instalar varias centrales hidráulicas en el mismo río, pero teniendo en cuenta que tengan la altura suficiente para que la caída del agua sea útil. Conlleva un considerable impacto medioambiental, especialmente en los ecosistemas de los ríos. Además, la construcción de un embalse conlleva la transformación de un ecosistema terrestre en otro acuático lo que implica una destrucción del ecosistema terrestre. Por último, la inversión inicial es cara ya que la construcción y el tiempo de la misma es largo, sin embargo, una vez puesta en marcha la producción energética es barata.

3.1.1.3 Energía eólica



Energía eólica. [Ilustración 9]. Recuperado de: <https://www.renovablesverdes.com/los-paises-que-mas-energia-eolica-producen-en-la-actualidad/>

La energía eólica es la obtenida gracias a la acción del viento. Se trata de un tipo de energía cinética producida por las corrientes de aire. Así pues, esta energía la podemos convertir en electricidad a través de un generador eléctrico.

- ¿Cómo funciona la energía eólica?

La energía eólica se obtiene al convertir el movimiento de las palas de un aerogenerador, que es un generador eléctrico movido por una turbina accionada por el viento, en energía eléctrica.

Los elementos que conforman un aerogenerador son: la torre; un sistema de orientación situado al final de la torre que permite girar hacia donde haya corriente de aire; un armario de acoplamiento a la red eléctrica pegado a la base de la torre; una góndola que guarda los componentes mecánicos del molino y que sirve de base a las palas; un eje y mando del rotor por delante de las palas y en el interior de la góndola se encuentran un freno, un multiplicador, el generador y un sistema de regulación eléctrica.

Las palas están conectadas al rotor, el cual envía la energía cinética de rotación al generador eléctrico. Este generador eléctrico utiliza imanes para producir voltaje eléctrico y por lo tanto energía eléctrica.

- Ventajas de la energía eólica

Es una fuente de energía renovable, abundante e inagotable, lo cual significa que siempre se puede contar con la fuente original que produce la energía y que puede utilizarse en todo el mundo. Ocupa poco espacio ya que, para producir y acumular la misma cantidad de energía, un campo eólico ocupa mucho menos espacio que por ejemplo un campo solar fotovoltaico. Además, el terreno en el que se instale este tipo de energía puede restaurarse fácilmente. No

contamina, situando a este tipo de energía la más limpia por detrás de la energía solar. No producen gases tóxicos ni residuos sólidos. Los costes de mantenimiento y de las turbinas eléctricas eólicas son relativamente bajos. En las zonas con más viento el coste por kW producido es realmente bajo. Es compatible con otras actividades ya que no impiden el desarrollo agrícola ni ganadero y esto hace que no tenga un impacto negativo en la economía local.

- Inconvenientes de la energía eólica:

No siempre hay viento, por lo que se necesita respaldo de otro tipo de energía durante ese tiempo. No se sabe cuándo hay viento por lo que tiene una difícil planificación. No se puede almacenar, debe ser consumida de manera inmediata cuando se produce. Solo funciona correctamente cuando las ráfagas de viento están entre los 10 y los 40 km/h. Requiere una infraestructura de transporte eléctrico, lo cual conlleva una pérdida de energía y la necesidad de instalar la infraestructura de transporte. La densidad energética del viento es baja, por tanto, se necesitan gran cantidad de aerogeneradores. Además, supone un peligro para la fauna de aves de la zona donde se instalen los aerogeneradores.

3.1.1.4 Biomasa



Biomasa. [Ilustración 10]. Recuperado de: <https://arquitectura-sostenible.es/la-biomasa-una-fuente-energetica-que-utiliza-materia-organica/>

La biomasa es una fuente de energía renovable constituida por toda aquella materia orgánica producida por las plantas y animales, como por ejemplo la madera y hojas de los árboles, excrementos de animales, cáscaras de frutos secos y otros desechos de la agricultura. Pero cuando hablamos de la biomasa como fuente de energía renovable nos referimos al proceso que emplea esta materia orgánica para su producción energética.

Existen varios métodos para la producción de energía mediante biomasa, el más común es la combustión de madera. A partir de dicha combustión de biomasa sólida se puede generar energía térmica y eléctrica. Generalmente se le suele dar uso a este tipo de energía para las calderas de biomasa ya que son más económicas, seguras y más eficientes. Las calderas de biomasa utilizan recursos naturales como las cáscaras de frutos secos, huesos de aceituna y residuos forestales. Además, este no es el único uso que tiene la biomasa ya que se utiliza para la obtención de biogás o biodiesel.

- Ventajas de la biomasa:

Es una fuente de energía de origen renovable ya que tiene gran capacidad de regeneración de manera natural y porque contiene gran cantidad de energía. Es capaz de convertir los residuos en recursos ya que gracias a la biomasa el sector agrícola y otros sectores pueden reciclar sus desechos, que a su vez el residuo producido por la biomasa puede reutilizarse como abono. Respeto el medioambiente a pesar de que para su aprovechamiento energético sea necesario realizar una combustión, porque el CO₂ desprendido durante la combustión de las plantas es el mismo que absorbieron durante su ciclo de vida, por lo cual no supondrá un aumento de este gas para la atmósfera. Además, colabora con la limpieza forestal y con ello los incendios, la erosión y la degradación del suelo. Y por último obtiene la misma energía que otras fuentes, pero a un precio más económico ya que cuesta hasta cuatro veces menos que otros combustibles como el petróleo o el carbón.

- Desventajas de la biomasa:

La incineración puede resultar peligrosa, ya que puede emitir sustancias tóxicas, es por esto por lo que se tienen que utilizar filtros y realizar la combustión a temperaturas mayores de

900°C. Además, no existen demasiados lugares para poder realizar un aprovechamiento ventajoso.

La inversión inicial es más cara con respecto al gas natural, gasóleo o petróleo, ya que la instalación y la caldera y alimentación del combustible es más costoso pero el precio de la energía que produce es mucho más barato que estos otros combustibles.

3.1.1.5 Biogás



Biogás. [Ilustración 11]. Recuperado de: <https://avatarenergia.com/biogas-como->

El biogás es gas un compuesto formado por metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y por otras pequeñas cantidades de gases despreciables. Su formación es debida a la descomposición de materias orgánicas en condiciones de ausencia de oxígeno.

Las principales fuentes de biogás son los desechos ganaderos y agroindustriales, los lodos residuales que se forman en estaciones depuradoras urbanas y los residuos orgánicos domésticos. Estas fuentes de biogás se producen principalmente en vertederos o en reactores cerrados comúnmente conocidos como digestores anaeróbicos. La desgasificación en vertederos para la obtención de biogás permite mejorar la seguridad de explotación. En el caso de los digestores anaeróbicos, se alimentan con materia orgánica y se determinan unas condiciones específicas de operación. Para maximizar la producción de biogás en los digestores se mezclan diferentes tipos de sustratos. A este tipo de producción basada en mezclar diferentes tipos de sustratos se le llama codigestión anaeróbica. El biogás que se obtiene se pasa a un equipo de cogeneración y como resultado final se obtiene energía eléctrica y térmica de origen renovable.

- **Ventajas del biogás:**

Es una alternativa real de calefacción ya que en muchas instalaciones aprovechan el biogás para la generación de electricidad para el funcionamiento de la propia planta y para la generación de calor que se aprovecha en los procesos. Es una fuente de energía renovable ya que aprovecha los residuos que se generan día a día en cualquier actividad tanto de la vida doméstica como en la agricultura, ganadería, vertederos, etcétera. Además, el aprovechamiento adecuado del biogás contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Tiene un efecto positivo en la economía y no solo porque sea barato sino porque también se le está dando un valor monetario a los residuos agrícolas. Puede ser de gran ayuda a la promoción de las zonas rurales ya que permite descentralizar el suministro eléctrico porque se puede utilizar el biogás generado en cogeneradores que den calefacción o agua caliente para los habitantes y electricidad. Además, de esta manera se evitarían las pérdidas eléctricas que se producen en el transporte eléctrico a grandes distancias.

- **Desventajas del biogás:**

Los sistemas utilizados para la producción de biogás no son eficientes, por tanto, una gran producción de energía para abastecer a una población grande no es posible de momento. Contiene impurezas que podrían dañar por ejemplo partes metálicas de un motor si este biogás se utilizara como combustible. La generación de biogás está afectada por el clima ya que la temperatura ideal para que las bacterias digieran los desechos es de 37°C y en climas fríos se necesitaría calefacción. Otra desventaja de este tipo de energía es que solo tiene sentido utilizarla en zonas donde haya materia prima, es decir, en zonas rurales y no en zonas metropolitanas.

3.1.1.6 Energía del mar



Energía del mar. [Ilustración 12]. Recuperado de: <https://globalenergy.mx/noticias/alternativas/expertos-en-transformar-potencia-del-mar-en-energia-se-reunen-en-italia/>

El mar tiene un gran potencial energético que se manifiesta mediante olas, mareas, corrientes y diferencia de temperaturas entre la superficie y el fondo marino, es por esto por lo que existen un conjunto de tecnologías que se encargan de aprovechar la energía de los océanos. Además, el aprovechamiento de esta energía no considera un impacto visual considerable y tiene gran

capacidad de predicción. No obstante, las duras condiciones del mar y la necesidad de tener que trasladar esta energía a la tierra hacen que esta tecnología requiera grandes inversiones.

- Tipos de energías del mar:

- **Energía undimotriz:** es el aprovechamiento energético producido por las olas. Las olas se producen por el rozamiento del aire en la superficie del agua, por lo que resulta muy irregular. Lo que ha llevado al desarrollo de múltiples dispositivos o convertidores de energías del mar.
- **Energía mareomotriz:** se basa en aprovechar el efecto de las mareas. Las mareas son producidas por el efecto gravitatorio del Sol y la Luna. Una central mareomotriz se basa en el almacenamiento de agua en un embalse que se forma al construir un dique y que tiene unas compuertas que permiten el paso del agua en una bahía, una cala o río para la generación eléctrica.
- **Energía maremotérmica:** aprovecha la energía térmica del mar, esta energía térmica se obtiene a partir de la diferencia de temperatura en la superficie con la de las aguas más profundas. Las plantas maremotérmicas transforman la energía térmica en energía eléctrica mediante el “ciclo de Rankine”, el cual es un ciclo termodinámico.
- **Energía azul:** también llamada energía de gradiente salino. Es la energía obtenida a partir de la diferencia de concentración de sal entre el agua del mar y el agua de los ríos mediante los procesos de ósmosis.

- Ventajas de la energía del mar:

Es una energía renovable ya el agua que se usa se reutiliza o se devuelve al mar. Es energía limpia ya que es totalmente natural. Es predecible ya que se conocen los ciclos del agua como por ejemplo el de las mareas, o conocer con detalle las especificaciones del oleaje y características de profundidades. Es eficiente a baja velocidad gracias a su gran densidad, esto quiere decir que con mínimos movimientos es capaz de producir gran cantidad de energía. Además, tiene una vida útil muy larga ya que las estructuras usadas tienen una gran robustez con lo que suelen ser duraderas.

- Desventajas de la energía del mar:

Puede afectar al ecosistema marino. Genera impacto visual al ocupar zonas costeras, aunque en el futuro será posible construir plantas en alta mar. Tiene un costo tecnológico alto al ser una de las formas de obtención energética más nueva y menos competitiva.

3.1.1.7 Bioetanol



Bioetanol. [Ilustración 13]. Recuperado de: <https://www.energynews.es/piden-ayudas-fiscales-y-mayor-reconocimiento-para-el-bioetanol/>

Se trata de un carburante 100% biodegradable. Es un producto que procede de la combustión generada por la biomasa producida por diferentes materias orgánicas al fermentar. Primeramente, se obtiene un alcohol hidratado, que después se deshidrata y se utiliza como combustible. Una importante diferencia respecto a otros combustibles como por ejemplo la gasolina o el butano es que el bioetanol no produce ningún tipo de residuo al quemarse, solo emite vapor de agua y CO_2 equivalente a unas tres velas encendidas, es decir, despreciable.

El bioetanol tiene los mismos usos que los combustibles que se queman para obtener otro tipo de energía, como puede ser motriz o eléctrica.

- **Ventajas del bioetanol:**

Es limpio. La utilización de biocombustibles hace que se reduzcan las emisiones de CO_2 a la atmósfera. La producción de materia prima se hace de manera local, lo cual genera empleo en zonas rurales ayudando positivamente a la economía de estas zonas. No es tan tóxico como los combustibles fósiles. Y lo más importante es que es renovable ya que se produce a través de otras materias primas que crecen continuamente

- **Desventajas del bioetanol:**

El rendimiento de biocombustibles es inferior al de combustibles tradicionales ya que se necesita más materia prima y energía para alcanzar el mismo rendimiento que con un combustible tradicional como por ejemplo la gasolina. El proceso de producción puede resultar contaminante. Además, la demanda de los cultivos para la fabricación de combustible podría afectar los precios de los alimentos.

3.1.1.8 Biodiesel



Biodiesel. [Ilustración 14]. Recuperado de:
<https://saveenergysolar.com/2019/06/27/que-es-biodiesel/>

Es un biocombustible líquido que se obtiene a partir de grasas naturales como aceites vegetales o grasas animales. Se destina a la combustión en motores de ciclo diésel convencionales o adaptados. Se impulsa su desarrollo para así sustituir al petróleo.

- **Ventajas del biodiesel:**

No daña al medioambiente por ser un combustible de origen vegetal en su estado 100% puro. Se produce a partir de materias primas renovables. No contiene prácticamente nada de azufre. Evita las emisiones que podrían probar lluvia ácida o efecto invernadero. Durante su combustión emite menos CO₂ que el que las plantas utilizan durante su crecimiento. No contiene ni benceno, ni otras sustancias aromáticas cancerígenas. Es fácilmente biodegradable y en caso de derrame no pone en peligro ni el suelo ni las aguas.

- **Desventajas del biodiesel:**

Puede empezar a solidificar a bajas temperaturas y formar cristales que pueden obstruir los conductos del combustible. Puede degradar y ablandar ciertos materiales por sus propiedades solventes. Además, sus costos aún pueden ser más elevados que los del diésel o el petróleo.

4. Estudio local

El análisis realizado anteriormente con respecto a las energías renovables se debe a la necesidad de encontrar una forma de producir energía alternativa a las centrales nucleares. Este estudio se ha realizado porque la central nuclear de Cofrentes tiene previsto su cierre en noviembre de 2030. Parece una fecha muy lejana aún pero no lo es si se quiere una producción energética alternativa ya que cuanto antes se lleve a cabo la construcción y puesta en funcionamiento de la alternativa energética menos impacto causará en tanto en cuanto se refiere a la producción de energía.

Debido a la alta presión que se está ejerciendo sobre el uso de energías renovables como fuente energética y así la sustitución de centrales nucleares y otro tipo de energías no renovables por una opción más ecológica, se va a realizar un estudio acerca de las energías renovables para poder dar una alternativa real a un caso en concreto. El caso del que se está hablando es el cierre de la central nuclear de Cofrentes, situada en el interior de la provincia de Valencia. Su cierre está previsto para el 2030 y, lo que se pretende con este estudio, es dar con una alternativa ecológica y comprometida con el medioambiente para sustituir este tipo de energía no renovable por una que sí lo sea.

Se ha escogido la central nuclear de Cofrentes para este plan de sustitución energética ya que es la central nuclear más próxima a Valencia y a Cortes de Pallás, donde ya se encuentra una central hidroeléctrica que podría ser una ayuda complementaria a la producción energética de la nueva forma de producir energía, renovable, que se va a escoger para realizar esta transición energética.

4.1 Relación hidroeléctrica de Cortes de Pallás y central nuclear de Cofrentes

La construcción de estas dos centrales de energía tan cercanas no es cuestión de pura coincidencia, sino que están íntimamente ligadas entre sí.

La central hidroeléctrica de Cortes de Pallás utiliza la energía sobrante de la central nuclear de Cofrentes para bombear el agua hasta el depósito situado en La Muela, este proceso tiene lugar por la noche porque es cuando menos demanda energética hay. Una vez el agua ha sido transportada al depósito superior, se deja caer haciendo girar unas turbinas que provocan una energía cinética que acaba convirtiéndose en energía eléctrica tras los debidos procesos de conversión.

Es por ello por lo que estas centrales energéticas se construyeron tan próximas, para aprovechar una la energía sobrante de la otra y para atender bien a los picos de demanda energética en determinadas situaciones.

4.1.1 Características centrales nuclear de Cofrentes

A continuación, se nombran las características que tiene la central nuclear de Cofrentes para que se tenga en cuenta tanto la potencia energética que se genera como la peligrosidad de la misma:

- Tipo de reactor: BWR/6 (Boiling Water Reactor) Reactor de agua en ebullición.
- Potencia eléctrica: 1092 MWe
- Potencia térmica: 3237 MW
- Suministrador NSSS: General Electric
- Número de lazos de refrigeración: 2
- Presión nominal de vapor: 74,5 kg/cm²
- Caudal nominal de vapor: 5.760 ton/h
- Combustible: Dióxido de Uranio enriquecido UO₂
- Número de elementos combustibles: 624
- Peso de Uranio: 110 Tm
- Número de barras de control: 145
- Ciclos de operación: 24 meses
- Sistema de refrigeración: Circuito cerrado a través de torres de refrigeración de tiro natural
- Número de cuerpos de turbina: 3
- Tensión en bornas de alternador: 20 kV
- Elevación en transformadores: 400 kV
- Primera conexión a la red eléctrica: 14 de octubre de 1984
- Entrada en operación comercial: 11 de marzo de 1985
- Permiso de explotación hasta: 20 de marzo de 2021
- Propietario: IBERDROLA GENERACION NUCLEAR S.A

4.1.2 Empleos

Una central nuclear no solo crea puestos directos de los propios trabajadores de la misma, sino que también crea puestos de trabajo de manera indirecta, en el caso de la central nuclear de Cofrentes, que posee una plantilla fija de 700 trabajadores, durante el proceso de recarga de combustible contrata a 1.300 trabajadores durante un breve periodo de tiempo. Además, se generan unos 800 puestos de trabajo de manera indirecta. Estos empleos de manera indirecta se deben en gran parte a que empresas como la que llevan la central nuclear de Cofrentes, en este caso Iberdrola, invierten en la comunidad aportando riqueza y puestos de empleo como en hostelería, comercios y establecimiento hoteleros de la zona.

4.2 Estudio de los diferentes tipos de energías renovables y elección de la más adecuada

Cofrentes es un municipio situado en la zona interior de la provincia de Valencia, por tanto, habrá que estudiar su orografía, así como la de los territorios colindantes para la colocación de una nueva central o parque energético que haga de sustituto a la central nuclear. La razón por la cual se va a realizar en territorio cercano a donde se encuentra la central nuclear es para poder aprovechar al máximo todos los recursos de transporte energético que dispone la central nuclear, así como proporcionar empleo a los trabajadores que se queden sin trabajo por el cierre de la central nuclear.

En cuanto al término municipal que se va a escoger, se ha elegido el término municipal de Cortes de Pallás ya que es colindante con el término municipal de Cofrentes y debido a que es mi población natal dispongo de planos y conocimientos suficientes del terreno para poder hallar el lugar idóneo para la instalación del parque o central energética.

A la hora de escoger qué tipo de energía renovable es la más adecuada es de gran ayuda conocer las características que tiene el lugar donde se va a instalar. Por ejemplo, ya que el municipio se encuentra en el interior de la provincia de Valencia, la energía del mar quedaría descartada, puesto a que con las características que han sido mencionadas anteriormente, es imposible utilizar este tipo de energía y la razón más importante es por la inexistencia de mar en esta zona. Otro tipo de energía que quedaría descartada sería la biomasa ya que no produce energía a gran escala y lo que buscamos es una sustitución que produzca la misma o casi la misma energía que una central nuclear, pero de manera sostenible con el medioambiente. En el caso del biogás, tenemos la misma problemática que con la biomasa, no son capaces de producir energía a gran escala, entonces también quedaría descartado.

El biodiesel y el bioetanol también quedarían descartados ya que en los procesos de producción pueden resultar contaminantes y en el caso del biodiesel se puede solidificar a bajas temperaturas y el clima del interior de la provincia de Valencia puede ser bastante frío durante el invierno.

Respecto a la energía térmica quedarían descartados los procesos relacionados con la quema de combustibles fósiles, la energía desprendida por el calor de la tierra y la que se produce a partir de las reacciones nucleares ya que lo que estamos evitando es la producción energética mediante energía nuclear.

Así mismo la energía hidráulica también quedaría descartada ya que en el municipio de Cortes de Pallás ya hay instalada una central hidroeléctrica que va a servir como apoyo a la fuente energía que finalmente se escoja para cubrir los picos de demanda energética que la fuente por sí sola no sea capaz de cubrir.

Después de haber descartado todos estos tipos de fuentes de energía, quedan dos opciones, de las cuales se tendrá que elegir una, energía eólica y energía solar. Dado que el territorio de Cortes de Pallás presenta zonas protegidas de aves, la energía solar quedaría descartada, quedándonos así con la energía solar como única opción.

4.2.1 Plan especial de ordenación de infraestructuras de energías renovables en los términos de Ayora, Zarra y Jarafuel

Otra de las razones por las que se ha elegido el término municipal para la realización del presente proyecto es porque pertenece a la comarca del Valle de Ayora en la cual se va a realizar un proyecto de energía solar en los municipios de Ayora, Zarra y Jarafuel, que además son cercanas al municipio de Cofrentes en el cual está situada la central nuclear por lo que se puede aprovechar las infraestructuras de la misma para el transporte energético. Esto hace referencia al “Plan especial de ordenación de infraestructuras de energías renovables en los términos municipales de Ayora, Zarra y Jarafuel”.

Este plan tiene como objetivo generar 7.000 MegaWattios de potencia. Los principales objetivos que tiene este plan son:

- Plantear un modelo estratégico de ordenación territorial en estos municipios para la implantación de energía solar.
- Establecer las zonas adecuadas para la instalación, tanto desde el punto de vista medioambiental como desde el punto de vista de rentabilidad de las actuaciones.
- Adaptar al máximo la instalación al terreno.
- Asegurar la reversibilidad de las instalaciones, haciendo una ordenación del desarrollo y una normalización de éste.
- Definir un marco normativo que regule los parámetros en los que se van a basar las edificaciones y los usos que se van a implantar.

El plan está basado en el estudio de 4 posibles alternativas para dar solución a este proyecto:

- Alternativa 0: consiste en la no ejecución del plan
- Alternativa 1: consideración del suelo apto para la implantación del plan, es decir, implantación sobre el suelo que no tenga efectos medioambientales significativos.
- Alternativa 2: se basa en la Alternativa 1 pero con un nivel más detallado, dando lugar a una alternativa más respetuosa con las diferentes zonas medioambientales.
- Alternativa 3: se ha planteado buscando evitar la afección de las zonas ambientales con más valor, en este caso se refieren a las zonas LICs (Lugar de Interés Comunitario) como: “Valle de Ayora y Sierra del Boquerón”, “Sierra del Mugrón”, “Muela de Cortes y el Caroché”, y “Cueva Negra de Ayora”; y ZEPAs (Zona de Especial Protección de Aves) como: “Meca-Mugrón-San Benito” y “Sierra Martés y Muela de Cortes”.

De estas alternativas, tras un análisis detallado teniendo en cuenta el terreno, los costes y otros aspectos, el plan opta por elegir la Alternativa 2 ya que resulta ser la más económica y por ser la que presenta una mejor afección paisajística.

Con la propuesta de este Plan y conjuntamente con el proyecto que se está realizando se obtendrá una mayor potencia energética para el Valle de Ayora -Cofrentes en el que se sitúa la central nuclear de Cofrentes, la cual se pretende sustituir por el uso de energías renovables.

5. Desarrollo de un parque solar fotovoltaico

5.1 Introducción

Debido a que el presente trabajo final de carrera consiste en la realización de un proyecto que puede llevarse a cabo como caso real, requiere de un análisis previo de mercado en el que se va a encontrar y realizar dicho proyecto. Este marco será diferente para cada país o estado en el que se vaya a realizar el proyecto, en este caso el marco es el Estado Español.

Se deberán tener en cuenta los siguientes puntos para el estudio:

- Definición del sector en que se encuentra
- Análisis de competidores existentes y nuevos competidores
- Acceso al mercado-barreras
- Oportunidades
- Perspectivas del sector

Además, como nos encontramos en el sector de la energía solar deberán estudiarse adicionalmente los siguientes puntos:

- Demanda energética
- Precio de la energía vertida a red
- Canales de distribución de energía
- Legislación y regulación de energías renovables

Cuando ya se hayan analizado adecuadamente todos estos puntos, se podrá dar paso a la elección del terreno pertinente, es decir, aquel que sea apto para la instalación de un parque fotovoltaico, por tanto, deberemos tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Mapa de recurso solar de la zona elegida (radiación solar)
- Red de distribución de la zona elegida
- Área de los terrenos

5.2 Marco general

La energía solar se encuentra en plena expansión en la actualidad, es por ello por lo que los profesionales del sector están en continua búsqueda de oportunidades de desarrollo por todo el mundo.

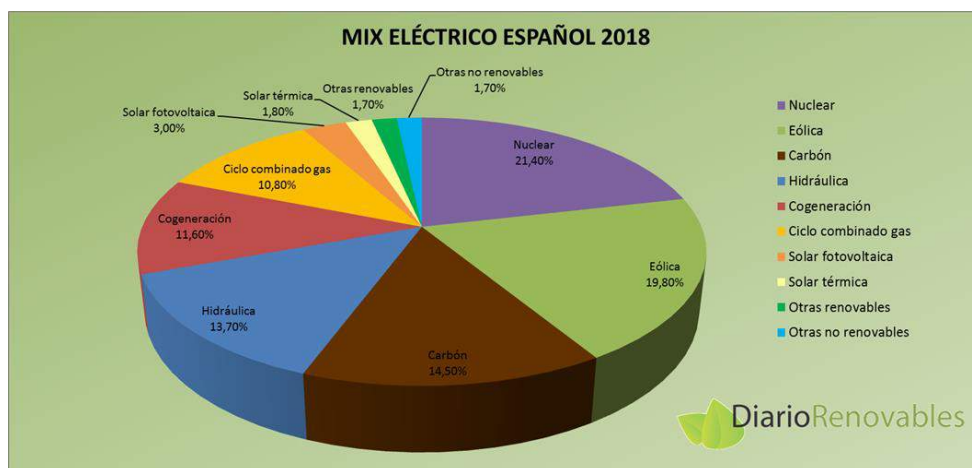
La transición de abandonar los combustibles fósiles a usar las energías renovables como fuente principal de energía es lenta. No obstante, se llegan a acuerdos durante conferencias sobre el cambio climático, que obligan a países y estados a tomar medidas políticas orientadas a favorecer el uso de las energías renovables mediante financiación e instalaciones de energías renovables.

Sin embargo, no todos los países son favorables para este sector. Ya puede ser porque la estabilidad política no sea la adecuada o por la fortaleza de la divisa que se tenga en dichos países. Todas las empresas deben de analizar el riesgo previamente al desarrollo del proyecto por si este no puede ser viable. Es por esto, por lo que se tiene que realizar un estudio previo del riesgo y las oportunidades de cada situación en la que se vaya a realizar el proyecto.

5.2.1 Definición del sector

En este apartado se va a explicar de manera muy breve, a modo de recordatorio, ya que se ha mencionado anteriormente pero no tan concreto en lo que se refiere a la orientación al sector. En este estudio se va a analizar la situación actual y futura, así como las oportunidades y necesidades del sector para la empresa interesada en desarrollar proyectos.

A modo de ejemplo, se va a poner el caso de España en el año 2018, como podemos ver la energía solar aún no está usándose de manera más habitual ya que en ese año aún existía el impuesto al sol, actualmente ese impuesto ya no existe, por lo que se puede propulsar el uso de este tipo de energía.



Distribución de energías instaladas en España en el año 2018. [Ilustración 15]. Recuperado de: https://www.diariorenovables.com/2019/01/generacion-electrica-en-espana-2018_17.html

Además, se deben tener en cuenta los siguientes factores que también afectan al sector:

- Grado de liberalización del mercado energético
- Ayudas del gobierno al desarrollo sostenible
- Clasificación arancelaria
- Órganos competentes de generación, distribución, etc.

5.2.2 Análisis de los competidores

En cuanto al análisis de los competidores, se deberán tener en cuenta las empresas competidoras en el desarrollo energético. Es decir, se deberá estar al tanto de sus movimientos, su volumen en el mercado y la posibilidad de competir contra ellas.

En el campo de la energía solar es muy importante estar siempre atento porque las ayudas, subvenciones y demás beneficios suelen estar limitados a un periodo de tiempo o una potencia instalada.

El número de empresas interesadas en realizar proyectos será proporcional a la facilidad de inversión y lo atractivo que sea el mercado. Es decir, estar colocado en el mercado, tener contactos y además experiencia en el sector puede resultar muy beneficioso ya que se podrán obtener mejores terrenos y mejor posición en el mercado.

Otro aspecto a tener en cuenta es que cuantos más competidores haya en el sector aumentará la lista de espera para la tramitación de proyectos, la calidad de los terrenos disponibles bajará, etc.

5.2.3 Acceso al mercado-barreras

Como ya se ha visto y explicado anteriormente, la energía fotovoltaica se está desarrollando con gran prosperidad en todo el mundo, especialmente en aquellos países que disponen de terreno suficiente, así como una adecuada radiación solar.

No obstante, la implantación de este tipo de energía en países con estas características, que suelen ser los cercanos a los trópicos, presentan barreras de acceso al mercado por las leyes y políticas que tienen, las cuales pueden resultar confusas y poco fiables. Otro impedimento es los titubeos de valor en la moneda de estos países, lo que hace que muchas empresas no den el paso a realizar proyectos.

Para el caso que se está tratando en este trabajo no habrá ningún impedimento en lo que se refiere a personal cualificado, ya que España es un país desarrollado.

5.2.4 Oportunidades

La oportunidad de negocio en nuestro país es alta ya que es el país de Europa que más radiación solar recibe, además hay que tener en cuenta que la energía solar es barata y eficiente.

El estado español cuenta con ayudas y subvenciones para la implantación de energías renovables en nuestro país, esto es una gran oportunidad ya que contar con ayudas de tipo económico también es importante.

Otro aspecto favorable es que este tipo de instalaciones no perjudican a los habitantes de las poblaciones cercanas, es decir son totalmente silenciosas y no dañinas para la salud, lo que es de gran importancia para asegurar el bien estar de los residentes cercanos.

5.2.5 Perspectivas del sector

La energía solar fotovoltaica se ha convertido en una de las principales fuentes de energías renovables sustitutivas a los combustibles fósiles para frenar los avances del cambio climático en todo el mundo. Una de las razones de su alta implantación ha sido el abaratamiento de los paneles solares.

Se está estimando un crecimiento de unos 45-50 GW/año por el fuerte desarrollo que está teniendo esta tecnología en China, India, Estados Unidos y Japón, lo cual está abaratando el vatio del precio solar.

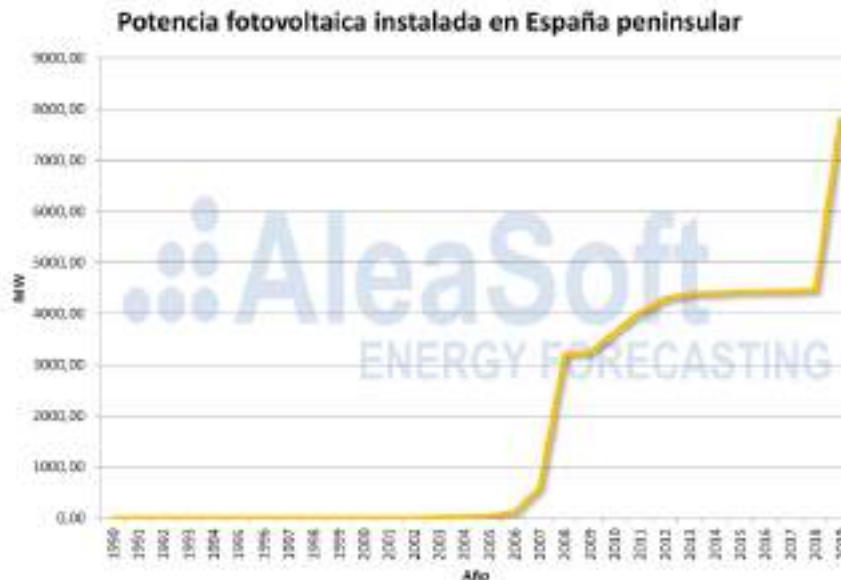
En este caso, se deberán analizar las políticas españolas de desarrollo de proyectos. Las políticas más importantes a tener en cuenta serán aquellas de las cuales se puedan obtener beneficios jurídicos y de la banca, además de aquellas políticas que protejan la propiedad de la tierra, la conexión, la accesibilidad y la correcta distribución por la red eléctrica. Con esto, se conseguirá mayor eficiencia en el abastecimiento de generación de electricidad.

5.2.6 Contexto en España

En este punto se va a detallar la situación en España en lo referente al uso de energía solar para así tener un punto de inflexión en el estudio que se está realizando, con esto se podrá observar cuál es la situación actual de este tipo de energía en España.

Debido al horizonte mundial en el que nos encontramos, con la constante preocupación por el cambio climático y el auge en las energías renovables, España se convierte en un escenario de desarrollo para la energía solar fotovoltaica. El objetivo principal es que para el año 2030 ya estén instaladas las energías renovables como principal fuente de abastecimiento energético, por lo que los procesos administrativos, normativos y jurídicos serán más fáciles de solventar. Es por ello por lo que España tendrá un papel protagonista en el desarrollo de la energía solar fotovoltaica.

Además, España es uno de los países de Europa con más radiación solar y con mayor cantidad de horas de Sol. Este factor junto con el fin de la dependencia energética exterior y la implantación de las energías renovables ha ocasionado que la implantación de la energía solar fotovoltaica en España sea tan interesante.



Potencia fotovoltaica instala en la península española. [Ilustración 16]. Recuperado de: <https://elperiodicodelaenergia.com/historia-de-la-fotovoltaica-en-espana-desde-sus-inicios-en-1984-a-sus-objetivos-para-2030/>

Como se puede ver en la imagen, la potencia fotovoltaica instalada en España ha aumentado de manera notable en los últimos años y las previsiones es que lo siga haciendo de manera exponencial. Del mismo modo, también se puede observar en la imagen una recesión en la instalación de potencia de este tipo de energía durante los años de crisis ya que la instalación de ésta conlleva una inversión elevada que durante los años de crisis económica no se podía dar. Una vez finalizó la crisis, la energía solar continuó creciendo.

En el año 2015 se implantó el conocido “impuesto al Sol”, que en octubre de 2018 fue retirado como medida de abaratar las facturas energéticas. A pesar de estos frenos legales, la energía solar continuó creciendo ya que las placas solares se fueron abaratando y la tecnología de estas mejoró aportando una mayor eficiencia.

El futuro de la energía fotovoltaica en España está garantizado. El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) tiene como objetivo que en el año 2050 el sector eléctrico sea 100% renovable, con una previsión para el año 2030 del 74%. Con lo que la energía solar se convertirá en la energía renovables con mayor crecimiento en los próximos 10 años.



Previsión potencia fotovoltaica instalada en la península española. [Ilustración 17]. Recuperado de <https://aleasoft.com/es/energia-solar-fotovoltaica-espanna-inicios-objetivos-2030/>:

Para dar una pequeña pincelada de qué proyectos se están realizando o ya se han realizado en España, voy a mencionar un proyecto realizado en Extremadura. La noticia da ta del 28 de diciembre de 2019 y se trata de una planta solar construida en tan solo un año, la empresa que hay detrás de esta mega-construcción es Iberdrola. Consta de una potencia instalada de 500 Megavatios (MW) y una inversión de 300 millones de euros. Esta planta solar está formada por 1.430.000 paneles solares, 115 inversores y dos subestaciones. Para su construcción se crearon más de 1.200 puestos de trabajo, un 70% de los trabajadores eran de la zona. Además, para su construcción, Iberdrola ha contado con la denominada financiación verde, otorgada por el Banco Europeo de Inversiones (BEI) y el Instituto de Crédito Oficial (ICO).

Adjunto el link de la noticia por si se quisiera indagar más:

<http://www.extremadura7dias.com/noticia/construida-la-mayor-planta-fotovoltaica-de-europa-en-extremadura>

Otra noticia relacionada con la anterior, es la publicada por elperiodicodelaenergia.com el 27 de enero de 2020. Esta noticia trata sobre la mayor planta solar fotovoltaica construida en Europa y que, además, se encuentra situada en España, concretamente en la región de Aragón. La planta construida por ACS produce 800MW de energía. Estos 800MW están repartidos en más de una decena de plantas fotovoltaicas situadas por diferentes localidades aragonesas.

Adjunto el link de la noticia por si se quisiera indagar más: <https://elperiodicodelaenergia.com/acs-conecta-el-mayor-complejo-fotovoltaico-de-europa-en-aragon-de-unos-800-mw/>

5.3 Emplazamiento parque solar fotovoltaico

El lugar idóneo para colocar placas solares, será aquel en el que exista una fuerte radiación solar. Para saber esto se iba a realizar un mapa mediante la aplicación de Google, Google Earth Engine. Puesto a que se ha encontrado un programa que hace exactamente lo mismo que se quería hacer con Google Earth Engine, vamos a descartar esta opción ya que lo que se pretendía hacer ya está hecho. El programa del que se está hablando es de PVGIS, que se explicará más detalladamente su funcionamiento más adelante. Ahora bien, ¿qué es Google Earth Engine?

5.3.1 ¿Qué es Google Earth Engine?

Google Earth Engine es una aplicación de Google que combina un catálogo de múltiples petabytes de imágenes satelitales y conjuntos de datos geoespaciales con capacidad de análisis a escala planetaria y lo pone a disposición de los investigadores, científicos y desarrolladores para detectar cambios, mapear tendencias y cuantificar diferencias en la superficie de la Tierra.

Además, Google Earth Engine posee un archivo de datos público que almacena imágenes históricas de la tierra que datan de hace más de 40 años.

- ¿Cuál es la diferencia entre Google Earth y Google Earth Engine?

Google Earth te permite explorar, conocer y viajar a otras partes del mundo mediante un globo virtual. A partir de Google Earth puedes ver territorios, mapas, e edificios en 3D y mucho más. Por otro lado, Google Earth Engine es una herramienta para analizar información geoespacial. Con Google Earth Engine se puede analizar el cambio de uso de la tierra, analizar la cobertura de bosques y agua, evaluar la salud de los campos agrícolas, entre otras muchas opciones.

- ¿Qué puede hacer Google Earth Engine por nosotros?

Google Earth Engine proporciona acceso fácil y basado en la web a un extenso catálogo de imágenes satelitales y otros datos geoespaciales en formato listo para el análisis. Este catálogo de imágenes y datos se combina con potencia cálculo escalable respaldada por centros de datos de Google y API (conjunto de definiciones y protocolos que se utilizan para desarrollar e integrar el software de las aplicaciones) flexibles que le permiten implementar sin problemas sus flujos de trabajo geoespaciales existentes.

Además, para uso docente Google Earth Engine es gratuito.

La idea para la que se iba a utilizar Google Earth Engine era crear un mapa a través de esta herramienta para saber cuánta radiación solar incide sobre una determinada zona de España. Esta herramienta sería una posibilidad para realizar este estudio si no existiese PVGIS, por tanto, se considera como otra opción en la cual no se va a entrar en detalle a no ser que haya algún tipo de inconveniente con PVGIS.

5.3.2 PVGIS

5.3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE:

Photovoltaic Geographical Information System es un software de categoría cartográfica y datos de radiación solar. Es una calculadora de energía solar fotovoltaica implementada por el JRC (Joint Research Center) de los servicios científicos de la Comisión Europea.

Este software realiza una estimación del potencial fotovoltaico. Utiliza mapas interactivos para estimar el potencial de producción fotovoltaica de cualquier zona de Europa. Además, es gratuito en línea y es la herramienta ideal para estimar la producción de energía solar de un sistema fotovoltaico. Da la potencia de salida anual de paneles solares fotovoltaicos de diferentes tecnologías (Silicio, CdTe y Cis). Como sistema de información geográfica, propone una aplicación de Google Maps que facilita su uso.

También es posible calcular la potencia mensual y anual con diferentes inclinaciones y orientación de módulos definidos. Todos los datos y resultados de la simulación se pueden descargar en Excel, PDF o ver en HTML.

Ahora que ya tenemos el mapa de radiación solar y que podemos ver cuáles son los lugares más adecuados para la implantación de energía solar, tenemos que descartar aquellos lugares en los que no se puede edificar ni construir nada ya que son espacios naturales protegidos.

El listado de espacios naturales es el siguiente:

1. Cueva Hermosa y Cueva de Alba. Declarado: Cueva
2. Sierra de Martés y el Ave. Declarado: Zona de especial protección para las aves y lugar de interés comunitario.
3. Pico Ñoño Martés. Declarado: Microreserva.
4. Sierra de Martés – Muela de Cortes. Declarado: Zona especial de conservación y lugar de interés comunitario.
5. Muela de Cortes y El Caroig. Declarado: Zona especial de conservación y lugar de interés comunitario.
6. Dehesa de Cortes. Declarado: Microreserva.

Al hablar con el arquitecto técnico del Ayuntamiento de Cortes de Pallás, dada la imposibilidad de edificar en lugares de protección máxima como es la zona ZEPA (Zona de Especial Protección de Aves), se llegó a la conclusión de que, debido a la carencia o inexistencia de cultivos de secano, las zonas consideradas como suelo no urbanizable - zona protección agrícola de secano serían las adecuadas para realizar la puesta de las placas solares fotovoltaicas.

Considerando la elección de esta zona como la adecuada, La Cabezuela, una aldea perteneciente a Cortes de Pallás, como el lugar más adecuado dado a que es la zona donde más

radiación solar se produce y la altura de la misma, se realiza la simulación mediante PVGIS considerando la zona de La Cabezuela.

5.3.2.2 Selección lugar de emplazamiento parque solar fotovoltaico

Para la elección del terreno se ha tenido en cuenta que se encuentre relativamente cerca de la Central Nuclear de Cofrentes y de la Central Hidráulica de Cortes de Pallás con el fin de aprovechar los recursos de los que se disponen como puede ser las líneas de alta tensión para la correcta distribución de la energía. Además, es conveniente esta cercanía para dar un buen soporte en caso de aumento en la necesidad energética.

Por otra parte, la selección de esta zona también tiene mucho que ver con mantener los puestos de trabajo que se puedan perder con el cierre previsto de la Central Nuclear de Cofrentes ya que la mayoría de los trabajadores viven por la zona.

La zona de la que estamos hablando es de La Cabezuela (39.317, -1.034, altitud 709 m), una pequeña aldea perteneciente al municipio de Cortes de Pallás.

No obstante, solo se iba a coger terreno perteneciente al término municipal de Cortes de Pallás, pero a la vista de obtener mayor potencia energética se ha decidido utilizar también término municipal de Requena ya que son colindantes y las características del terreno, así como la altitud y radiación son iguales.

5.3.2.3 Tecnologías usadas con el simulador PVGIS

Se va a realizar la simulación en PVGIS usando diferentes tecnologías para dar con la más adecuada. Estas tecnologías son:

- **Silicio Cristalino:**

El Silicio es un elemento químico de número atómico 14 y siglas Si. El silicio cristalino es un elemento muy duro, con puntos de ebullición y fusión muy elevados y es un semiconductor intrínseco, lo cual hace que se utilice en placas fotovoltaicas, por lo que podemos decir que sus propiedades químicas y físicas los hacen adecuado para propiciar el efecto fotovoltaico. El efecto fotovoltaico se define como el efecto que permite transformar la luz solar en energía eléctrica.

A la hora de fabricar placas solares de Silicio Cristalino, cabe destacar que su fabricación es lenta y costosa, en cambio es adecuado para climas fríos con tendencia a tormentas y nieblas.

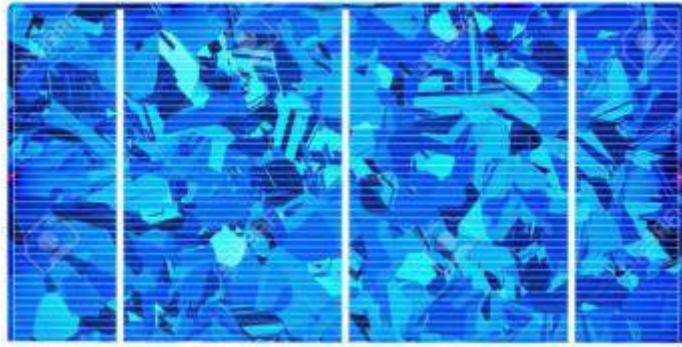
Los paneles solares compuestos de Silicio son los más comunes a nivel mundial a pesar de que existen nuevos desarrollos. Su vida útil puede llegar a los 30 años con facilidad. A parte de una limpieza ocasional, no necesitan ningún otro tipo de mantenimiento continuado.

- **Silicio Monocristalino:** su estructura cristalina es uniforme, lo cual indica una alta pureza en silicio. Los paneles con tecnología de silicio monocristalino presentan mayores tasas de eficiencia en conversión fotovoltaica, lo cual deriva en un mayor rendimiento con respecto a otras tecnologías, pues convierte mayor cantidad de energía solar a eléctrica. Además, este tipo de paneles ahorran espacio ya que al producir mayores salidas de potencia requieren menor cantidad de espacio en comparación con otras tecnologías. Este tipo de paneles al estar formados por un material muy inerte y estable, el silicio cristalino, tienen una vida útil muy larga, la mayoría de los fabricantes ofrecen una garantía de 25 años aunque es muy probable que este tipo de panel dure más años que los indicados en la garantía. Por lo general, todas las células solares disminuyen su producción energética conforme aumenta la temperatura, pero en el caso de paneles solares con tecnología de silicio monocristalino no es así puesto que tienden a ser más eficientes en climas cálidos. Sin embargo, este tipo de paneles son los más caros.



Célula Silicio Monocristalino. [Ilustración 18]. Recuperado de: <https://solar-energy.technology/photovoltaics/elements/photovoltaic-panel/photovoltaic-cell/types>

- **Silicio Policristalino:** a diferencia de los monocristalinos, los policristalinos presentan un rendimiento ligeramente menor. A pesar de no ser el tipo de panel que más energía produzca, es el más vendido en el mercado gracias a su precio competitivo. Esto es debido a que el proceso para hacer silicio policristalino es más sencillo y cuesta menos ya que la cantidad de silicio residual es menor comparado con el silicio monocristalino, en el cual el desperdicio es mayor. Otra comparación con respecto al silicio monocristalino es que el silicio policristalino tiende a tener una tolerancia al calor ligeramente menor. Además, con tecnología de silicio policristalino se necesita cubrir más superficie que con el silicio monocristalino para producir la misma potencia. Otro punto a favor de la tecnología de silicio monocristalino es que su apariencia estética es mejor que la tecnología con silicio policristalino ya que presenta un aspecto más uniforme.



Célula Silicio Policristalino [Ilustración 19]. Recuperado de: <https://solar-energy.technology/photovoltaics/elements/photovoltaic-panel/photovoltaic-cell/types>

- **CdTe:**

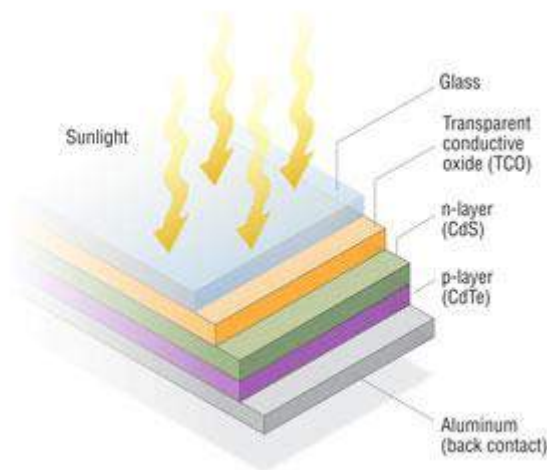
Las siglas CdTe significan Telururo de Cadmio. La fotovoltaica CdTe describe una tecnología fotovoltaica que se basa en el uso de telururo de cadmio, una delgada capa semiconductor diseñada para absorber y convertir la luz solar en electricidad.

Las células solares CdTe son la segunda tecnología fotovoltaica más común en el mundo después del silicio cristalino. El CdTe es la única tecnología de película delgada con menor costo que las células solares convencionales hechas con silicio cristalino. Además, el CdTe desprende menos carbono, el uso de agua es más bajo y tiene un tiempo de recuperación de energía más corto que el resto de tecnologías.

Los beneficios de las células solares con tecnología CdTe incluyen:

- Alta absorción, ya que el telururo cadmio es un material de banda prohibida (banda situada entre las bandas de valencia y la de conducción, ningún electrón puede estar en esta banda) directa con una energía de banda prohibida de aproximadamente 1.45 eV, que se adapta bien al espectro solar y es casi óptimo para convertir la luz solar en electricidad usando una sola unión.
- Fabricación de bajo costo: las células solares de telururo de cadmio utilizan tecnología de fabricación de bajo costo para producir células de bajo costo.

Respecto a la toxicidad del cadmio es una preocupación medioambiental mitigada por el reciclaje de módulos de CdTe al final de su vida útil.



Tecnología CdTe [Ilustración 20]. Recuperado de: <https://solar-energy.technology/photovoltaics/elements/photovoltaic-panel/photovoltaic-cell/types>

En la ilustración adjunta se muestra un esquema de una célula solar CdTe. La primera capa está formada por un cristal. A continuación, se encuentran capas transparentes de óxido conductor TCO como SnO₂ o Cd₂SnO₄ son transparentes a la luz visible y altamente conductivos con el fin de transportar la corriente de manera eficiente. Seguidamente, en las capas intermedias como CdS ayudan tanto en el crecimiento como en las propiedades eléctricas entre el TCO y el CdTe. La película CdTe actúa como la capa primaria de fotoconversión y absorbe la mayor parte de la luz visible dentro de la primera micra de material. De manera conjunta las capas de CdTe, intermedia y TCO forman un campo eléctrico que convierte la luz absorbida en la capa de CdTe en corriente y voltaje. Para formar contactos eléctricos se coloca un metal en la parte posterior.

- **CIS**

Es la denominada tecnología solar thin-film (película delgada). Las siglas CIS provienen del acrónimo en inglés Copper indium gallium selenide, lo cual es un material semiconductor compuesto por Galio, Cobre, Indio y Selenio.

En comparación a las placas de Silicio, ofrecen mayor estabilidad a altas temperaturas y mayor resistencia a las sombras. También ofrece mejor rendimiento en condiciones de poca luz o luz difusa que las placas de Silicio. Además, sus costes de fabricación son más bajos. Los circuitos CIS se fabrican monolítico

5.3.2.4 Simulación con PVGIS

A continuación, se van a exponer los resultados obtenidos a través del simulador PVGIS para las diferentes tecnologías:

- SIMULACIÓN PARA TECNOLOGÍA DE SILICIO CRISTALINO
 - DATOS SILICIO CRISTALINO



Datos Silicio Cristalino. [Ilustración 21]. Recuperado de: <https://photovoltaic-software.com/pv-softwares-calculators/online-free-photovoltaic-software/pvgis>

▪ DATOS PROPORCIONADOS:

Localización [Lat/Lon]:	39.316, -1.034
Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-CMSAF
Tecnología FV:	Silicio Cristalino
FV instalada [kWp]	1
Pérdidas sistema [%]	14

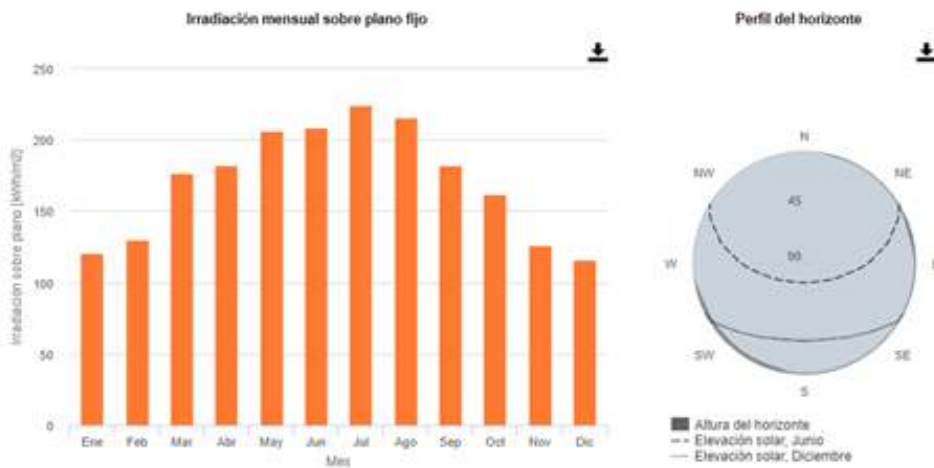
Tabla 1: Datos Silicio cristalino

▪ RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN:

Ángulo de inclinación [°]:	35 (opt)
Ángulo de azimut [°]:	-4 (opt)
Producción anual FV [kWh]:	1610
Irradiación anual [kWh/m]:	2050
Variación interanual [kWh]:	50.40
Cambios en la producción debido a:	
-Ángulo de incidencia [%]	-2.6
-Efectos espectrales [%]	0.7
-Temperatura y baja irradiancia [%]	-6.7
Pérdidas totales [%]:	-21.2

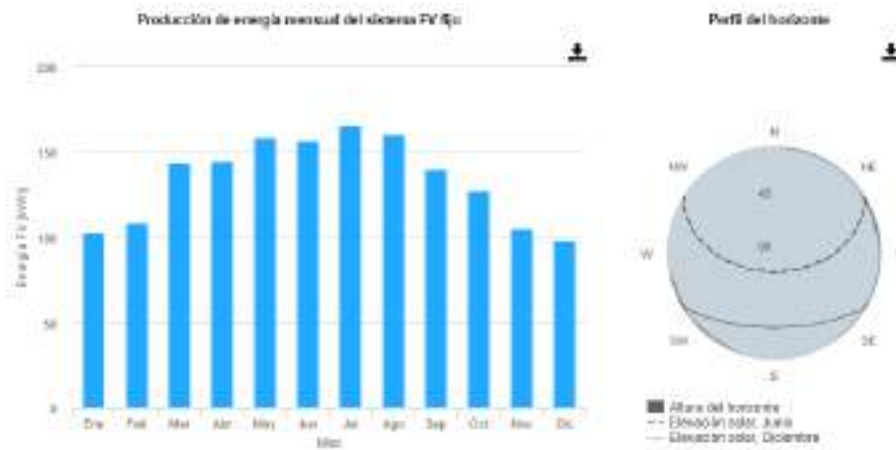
Tabla 2: Resultados Silicio Cristalino

○ RADIACIÓN MENSUAL SILICIO CRISTALINO



Radiación mensual silicio cristalino. [Ilustración 22]. Recuperado de : <https://photovoltaic-software.com/pv-softwares-calculators/online-free-photovoltaic-software/pvgis>

○ PRODUCCIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA MENSUAL CON SILICIOCRISTALINO



Producción de energía fotovoltaica mensual con silicio cristalino. [Ilustración 23]. Recuperado de: <https://photovoltaic-software.com/pv-softwares-calculators/online-free-photovoltaic-software/pvgis>

● SIMULACIÓN PARA TECNOLOGÍA DE CdTe

○ DATOS TECNOLOGÍA CdTe



Datos tecnología CdTe. [Ilustración 24]. Recuperado de: <https://photovoltaic-software.com/pv-softwares-calculators/online-free-photovoltaic-software/pvgis>

■ DATOS PROPORCIONADOS:

Localización [Lat/Lon]:	39.316, -1.034
Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-CMSAF
Tecnología FV:	CdTe
FV instalada [kWp]	1
Pérdidas sistema [%]	14

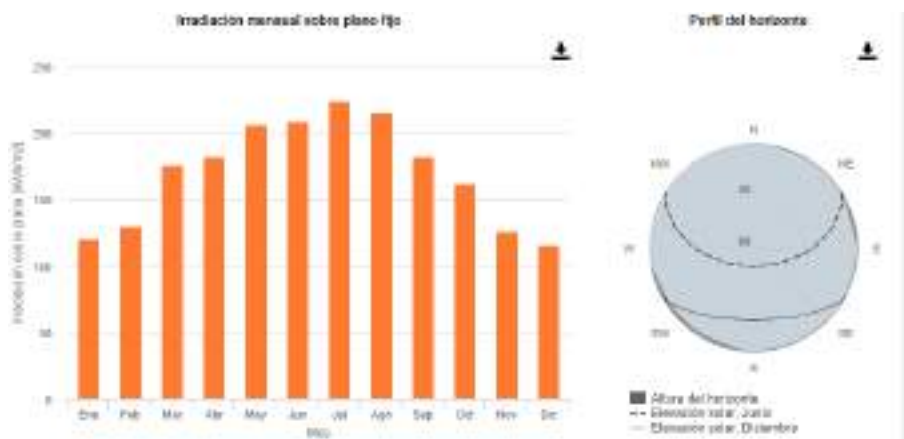
Tabla 3: Datos CdTe

▪ RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN:

Ángulo de inclinación [°]:	35 (opt)
Ángulo de azimut [°]:	-3 (opt)
Producción anual FV [kWh]:	1650
Irradiación anual [kWh/m]:	2050
Variación interanual [kWh]:	54.50
Cambios en la producción debido a:	
-Ángulo de incidencia [%]	-2.6
-Efectos espectrales [%]	1.3
-Temperatura y baja irradiancia [%]	-5.3
Pérdidas totales [%]:	-19.6

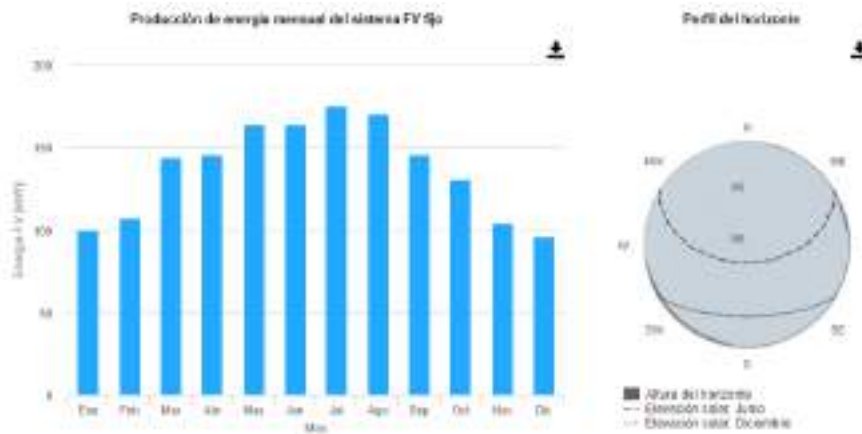
Tabla 4: Resultados CdTe

○ RADIACIÓN MENSUAL CdTe



Radiación mensual CdTe. [Ilustración 25]. Recuperado de: <https://photovoltaic-software.com/pv-softwares-calculators/online-free-photovoltaic-software/pvgis>

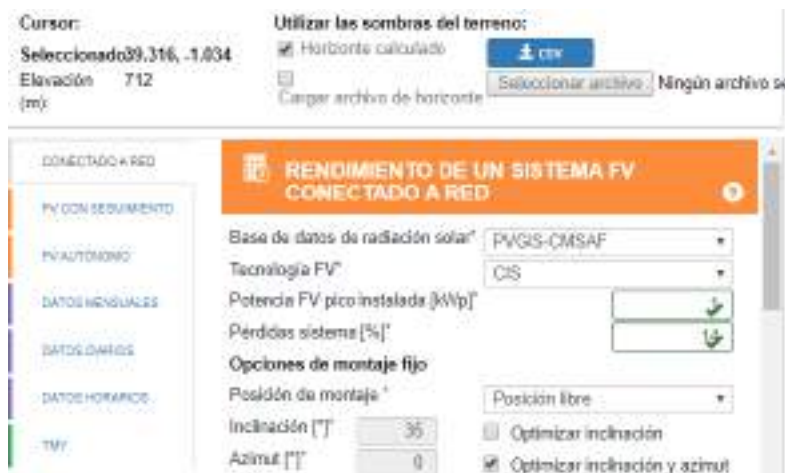
○ PRODUCCIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA MENSUAL CON CdTe



Producción de energía fotovoltaica mensual con CdTe. [Ilustración 26]. Recuperado de: <https://photovoltaic-software.com/pv-softwares-calculators/online-free-photovoltaic-software/pvgis>

● SIMULACIÓN PARA TECNOLOGÍA CIS

○ DATOS TECNOLOGÍA CIS



Datos tecnología CIS. [Ilustración 27]. Recuperado de: <https://photovoltaic-software.com/pv-softwares-calculators/online-free-photovoltaic-software/pvgis>

■ DATOS PROPORCIONADOS:

Localización [Lat/Lon]:	39.316, -1.034
Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-CMSAF
Tecnología FV:	CIS
FV instalada [kWp]	1
Pérdidas sistema [%]	14

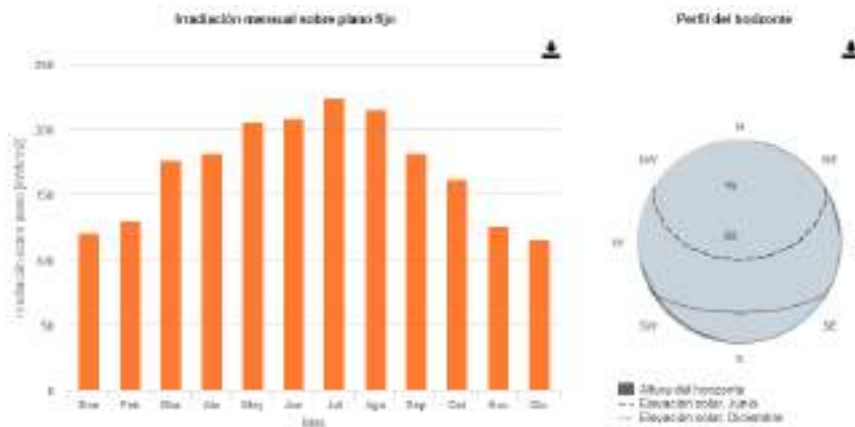
Tabla 5: Datos CIS

▪ RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN:

Ángulo de inclinación [°]:	35 (opt)
Ángulo de azimut [°]:	-3 (opt)
Producción anual FV [kWh]:	1580
Irradiación anual [kWh/m]:	2050
Variación interanual [kWh]:	50.10
Cambios en la producción debido a:	
-Ángulo de incidencia [%]	-2.6
-Efectos espectrales [%]	? (0)
-Temperatura y baja irradiancia [%]	-7.8
Pérdidas totales [%]:	-22.7

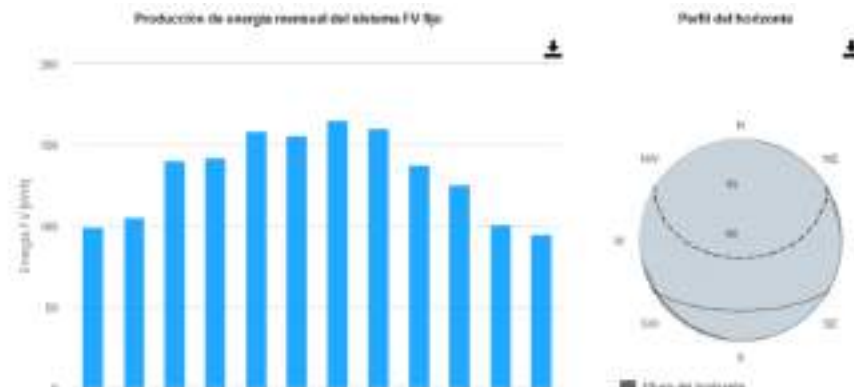
Tabla 6: Resultados CIS

○ RADIACIÓN MENSUAL CIS



Radiación mensual CIS. [Ilustración 28]. Recuperado de: <https://photovoltaic-software.com/pv-softwares-calculators/online-free-photovoltaic-software/pvgis>

○ PRODUCCIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA MENSUAL CON TECNOLOGÍA CIS



Producción de energía fotovoltaica mensual con tecnología Cis. [Ilustración 29]. Recuperado de: <https://photovoltaic-software.com/pv-softwares-calculators/online-free-photovoltaic-software/pvgis>

● ELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA MÁS ADECUADA

Tras el análisis realizado a través de la simulación con el software PVGIS, podemos observar que la tecnología que más energía nos va a proporcionar es la tecnología CdTe, por tanto una primera suposición sería usar este tipo de tecnología para desarrollar el proyecto, el inconveniente está en que este tipo de tecnología no se encuentra desarrollada al 100% por lo que se podrían tener inconvenientes a la hora de usarla, por tanto vamos a ir a lo convencional y a usar placas de silicio por ser las más comunes y las más desarrolladas en el mercado, en concreto usaremos las placas de silicio monocristalino en lugar de las de silicio policristalino ya que presentan mejores características.

El número de placas a utilizar dependerá de las dimensiones del terreno y de los Watios de potencia que se quieran generar.

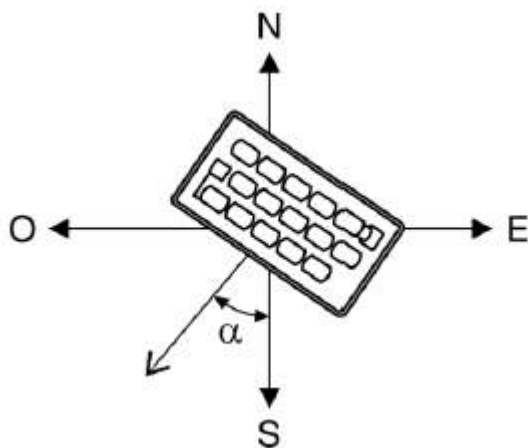
Para medir las dimensiones del terreno se va a hacer uso de la herramienta de Google llamada Google Earth, que nos permitirá obtener una vista adecuada del terreno sobre el que se van a colocar las placas solares, así como medir los metros cuadrados del mismo.

5.3.2.5 Cálculo de orientación e inclinación

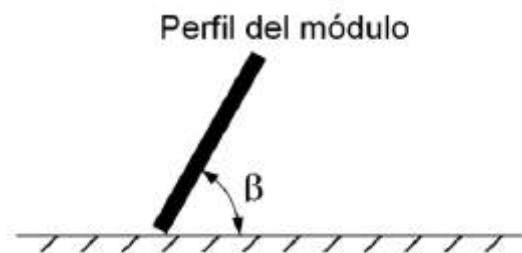
En este punto se va a comprobar si son corrector los límites de orientación e inclinación de los módulos solares fotovoltaicos del presente trabajo basado en el diseño de una instalación solar fotovoltaica atendiendo a las pérdidas máximas permitidas por este concepto según unas condiciones y unas normativas.

A la hora de conocer el ángulo óptimo de inclinación para la ubicación de la instalación solar, se ha elegido en el software gratuito PVGIS que optimizase la inclinación y el azimut, por lo que se ha obtenido un ángulo de inclinación para los módulos de 35° .

Las pérdidas por orientación e inclinación se calculan en función del ángulo de azimut α y del ángulo de inclinación β .



Ángulo de azimut. [Ilustración 31]. Recuperado de: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>



Ángulo de inclinación. [Ilustración 30] Recuperado de: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>

El ángulo de azimut de generador serán 0° , pues los módulos están orientados completamente al Sur. Una vez conocido el ángulo de azimut se procede a calcular los límites de inclinación aceptables de acuerdo a las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima establecida, que en este caso no se quiere que sean superiores al 10%.

Como ya se conoce el azimut, podemos determinar los límites para la inclinación en el caso de $\phi = 41^\circ$. Para este ángulo las pérdidas máximas son del 10% ya que los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de azimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima para latitud de $\phi = 41^\circ$.

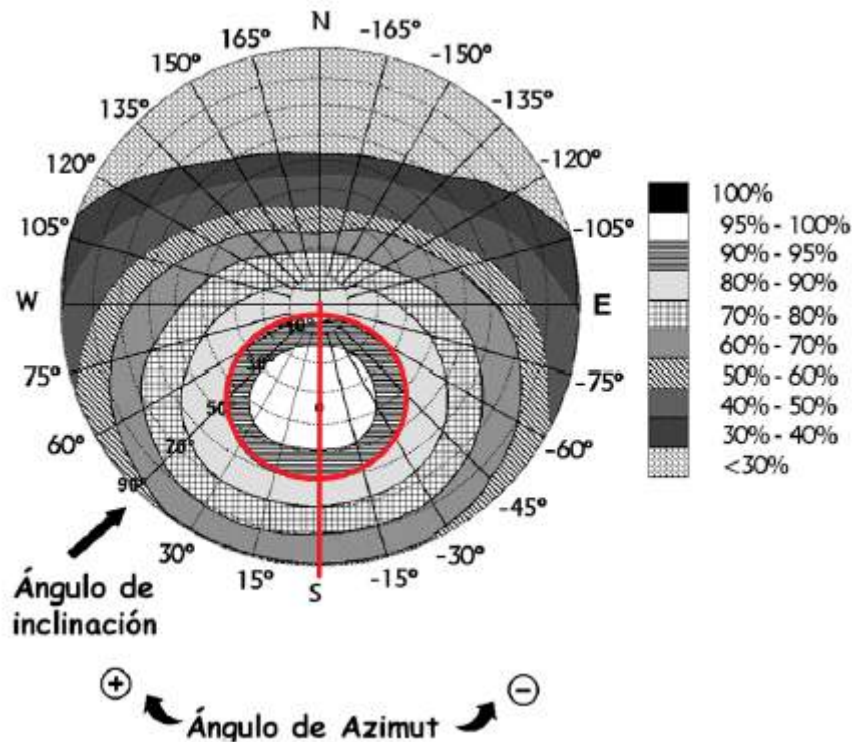


Diagrama de pérdidas. [Ilustración 32]. Recuperado de:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11378/C%C3%A0lculs.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Así pues, podemos ver que la inclinación máxima son 60° y la inclinación mínima son 6°.

Para corregir los límites de inclinación aceptables, se calcula la diferencia entre la latitud del lugar en cuestión y la de 41° según las siguientes expresiones:

$$\text{Inclinación máxima} = \text{Inclinación}(\phi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud})$$

$$\text{Inclinación mínima} = \text{Inclinación}(\phi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud})$$

Por tanto, para la latitud de la ubicación a analizar:

-Latitud: 39.317°

-Inclinación máxima = 60° - (41° - 39.317°) = 58.317°

-Inclinación mínima = 6° - (41° - 39.317°) = 4.317°

Una vez calculados los valores de inclinación máxima e inclinación mínima, podemos observar que se cumplen los requisitos para que la instalación tenga una inclinación de 35° ya que este valor se encuentra entre los rangos de máxima y mínima inclinación para no obtener pérdidas mayores al 10%.

5.3.3 Medida del terreno a través de Google Earth

Google Earth permite al usuario ver y utilizar contenido como datos de mapas, relieves, imágenes, tráfico y otros datos de Google.

El mapa de Google está formado por una superposición de imágenes satelitales, fotografías, áreas, información geográfica proveniente de datos SIG (Sistema de Información Geográfica) de todo el planeta.

En la siguiente imagen podemos ver donde se va a encontrar el parque solar fotovoltaico que se va a diseñar, seguidamente se irá mostrando más al detalle dicho terreno y sus respectivas dimensiones.

A continuación, se va a proceder a especificar las dimensiones del terreno que va a ocupar el parque solar fotovoltaico que se va a diseñar:



Lugar a vista de satélite del emplazamiento para el parque solar fotovoltaico [Ilustración 33]. Recuperado de: Google Earth. <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>



Vista más detalla de la ubicación del parque solar fotovoltaico [Ilustración 34]. Recuperado de: Google Earth. <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>



Área 1 parque solar fotovoltaico [Ilustración 35]. Recuperado de: Google Earth. <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>

El área encerrada en el polígono de color naranja es el área en la cual se van a situar las placas solares puesto que está el punto en el cual se ha realizado la simulación con PVGIS.

Ahora hay que calcular cuántas placas solares nos cabe en esa área comprendida, pero primero habrá que elegir el panel solar adecuado y una vez elegido ya se podrá calcular cuántos paneles solares son necesarios para cubrir esa área.

Inicialmente, se pretendía hacer el diseño de la instalación ocupando solo el área seleccionada en las imágenes puestas anteriormente, es decir, ocupando solo término municipal de Cortes de Pallás, en concreto de la aldea de La Cabezuela. Con este terreno no se puede obtener una instalación de grandes dimensiones como para abastecer de energía a mucha población por lo que se va a ampliar el terreno cogiendo más áreas. No es necesario que estas superficies estén juntas, pues las vamos a coger en diferentes puntos, que estén cercanos, y se unirán después en el inversor para llevar a la red eléctrica todo el conjunto.

La elección de las otras superficies se ha realizado teniendo en cuenta que estén a la misma latitud que la seleccionada anteriormente, puesto que se obtiene muy buena radiación como se ha podido ver en la simulación con PVGIS. Es por ello, por lo que las superficies que se van a seleccionar ya no se encuentran dentro del término municipal de Cortes de Pallás sino de Requena. Una de las características de esta zona es que es bastante llana y alta, aproximadamente igual que la seleccionada en La Cabezuela. Además, el terreno que se va a escoger no corresponde a ningún área protegida por lo que los permisos para la construcción del parque solar serán más accesibles.

Así pues, las otras zonas seleccionadas son:



Área 2 parque solar fotovoltaico [Ilustración 36]. Recuperado de: Google Earth. <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>



Área 3 parque solar fotovoltaico [Ilustración 37]. Recuperado de: Google Earth. <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>



Área 4 parque solar fotovoltaico [Ilustración 38]. Recuperado de: Google Earth. <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>

Se han seleccionado los terrenos de manera separada ya que entre estos discurre una carretera nacional, concretamente la N-330. Además, ubicar los paneles de forma separada no supone ningún problema ya que la potencia total de la planta será la suma de todas estas secciones. Este tipo de distribución no es algo nuevo, ya se ha realizado en la región de Aragón y se ha conseguido proporcionar una potencia de 800MW localizando los módulos solares en diferentes localidades de la región.

El área total sería aproximadamente de 5'14 km², que en hectáreas corresponde a 514 hectáreas.

Como se ha mencionado anteriormente, la elección de esta zona no ha sido al azar, sino que se ha tenido en cuenta la cercanía con la central nuclear de Cofrentes y la cercanía con la central hidroeléctrica de Cortes de Pallás con el fin de aprovechar los recursos de los que se disponen, en concreto de las líneas de alta tensión. Con la ayuda de Google Earth y Google Maps, se ha podido visualizar el terreno por el que discurren estas líneas de alta tensión, con ello se ha trazado una ruta mediante una línea en rojo que va desde la central hidroeléctrica de Cortes de Pallás hasta el terreno donde se desea construir el parque solar fotovoltaico:



Tramo 1 líneas de alta tensión [Ilustración 37]. Recuperado de: Google Earth. <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>



Tramo 2 líneas de alta tensión [Ilustración 40]. Recuperado de: Google Earth.
<https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>



Tramo 3 líneas de alta tensión [Ilustración 39]. Recuperado de: Google Earth.
<https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>

6. Diseño de una instalación solar fotovoltaica

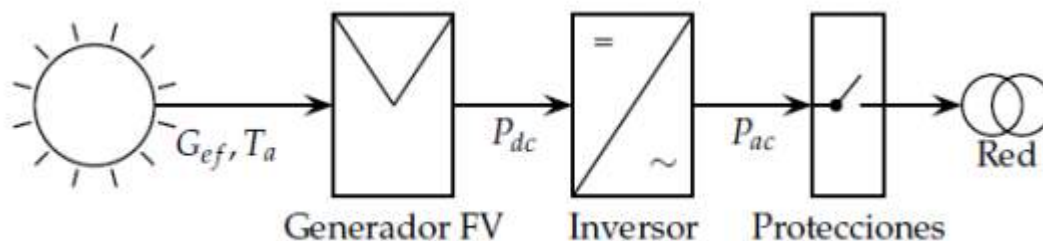
6.1 Introducción

Una instalación solar fotovoltaica consta de una agrupación de módulos que funcionando conjuntamente con otros equipos son capaces de regular, generar, almacenar y acondicionar energía.

Actualmente podemos encontrar diferentes tipos de instalaciones fotovoltaicas:

- **Conectadas:** instalaciones que se encuentran conectadas a la red eléctrica de distribución.
- **Aislada:** se trata de aquellas instalaciones que generan y consumen su propia energía. Este tipo de instalaciones se suele encontrar en lugares remotos.
- **Miniredes:** son sistemas centralizados que utilizan varias fuentes como energía, estas fuentes suelen ser energías renovables. Este tipo de instalaciones puede proveer de energía a grupos pequeños de usuarios de forma económica, es por eso por lo que es interesante en países subdesarrollados.

Los grandes parques solares fotovoltaicos suelen ser conectados a la red y siguen la siguiente estructura:



Esquema de instalación conectada a red [Ilustración 41]. Recuperado de: <https://hecteivi.blogspot.com/2013/08/autoconsumo-fotovoltaico-y-balance-neto.html>

6.2 Componentes de una instalación conectada a red

6.2.1 Módulo fotovoltaico

Los módulos fotovoltaicos son dispositivos capaces de captar la luz del sol y mediante un conjunto de células solares transformar esa luz en energía. Este fenómeno de transformar la luz en energía se llama efecto fotoeléctrico.

Los diferentes tipos de tecnologías de paneles solares se han explicado anteriormente cuando se ha hecho el estudio de la radiación solar en el terreno mediante PVGIS. No se han

mencionado todas las tecnologías existentes, pero sí las que se disponían en el software que son la que nos interesan.

La eficiencia del panel hace referencia al porcentaje de potencia convertida en energía eléctrica de la luz solar total absorbida por un panel.

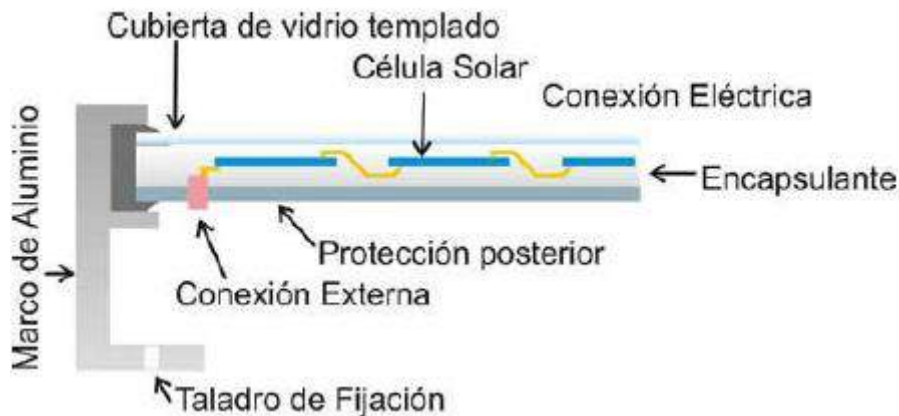
$$\eta = \frac{P_m}{E * A_c}$$

- P_m : potencia máxima del panel medido en condiciones estándar (W)
- E : irradiancia que alcanza la célula (W/m²)
- A_c : área de la célula (m²)

Las condiciones estándar se dan para una temperatura de 25°C, irradiancia de 1000 W/m² y una masa de aire espectral de 1.5.

Todo cambio de irradiancia y temperatura producirá cambios en la eficiencia del panel, generalmente a peor, además la temperatura afecta en mayor medida a la eficiencia del panel que la irradiancia. De modo que a mayor temperatura menos eficiencia y viceversa.

El módulo cuenta con otros componentes destinados a darle consistencia y resistencia contra las crudezas climáticas. A continuación, se va a explicar brevemente dichos componentes siguiendo la sección transversal:



Corte transversal de un módulo fotovoltaico. [Ilustración 42]. Recuperado de: https://www2.ineel.mx/proyectorfotovoltaico/preg_14.html

- **Cubierta frontal:** compuesta normalmente por materiales polímeros, acrílicos o cristales. El material del que esté compuesto la cubierta frontal debe poseer una elevada transmisión en el rango de longitudes de onda que pueda ser aprovechados por la célula, además deberá tener también una baja reflexión de la luz en la superficie frontal para que no reboten fotones aprovechables. Otra característica fundamental que debe tener, es que debe ser impermeable al agua por su exposición a la lluvia y resistente al impacto en el caso de que se diera granizo. Además, debe presentar estabilidad estructural frente a la exposición a los elementos y rayos UV provenientes del Sol.

- **Encapsulante:** está compuesto por un material denominado EVA (Etilen-Vinil-Acetato). Este material desempeña un papel muy importante, pues es el encargado de la adhesión de las células solares, superficie frontal y posterior del módulo. Las propiedades buscadas son impermeabilidad frente al agua y resistencia a fatiga y abrasión.
- **Cubierta posterior:** compuesta por una película de Tedlar adosada a toda la superficie posterior del módulo.
- **Células fotovoltaicas:** es el componente principal de los módulos fotovoltaicos. Están compuestas por dos capas de semiconductores, que son los encargados de crear la corriente de electrones. Estos semiconductores son dos capas con relación entre sí, pues una capa tiene electrones de sobra y los otros huecos de sobra (tipos n y p respectivamente).

En el simulador PVGIS se ha decidido que la inclinación y el azimut se optimicen, es decir, el simulador decidirá cuál es la posición más adecuada.

Azimut del Sol: ángulo formado por la proyección del Sol sobre el plano horizontal en la dirección sur. Positivo (0° a 180°) hacia el oeste y negativo hacia el este (0° a 180°).

Azimut del captador: define la orientación del captador. Es el ángulo que forma la proyección horizontal de la norma a la superficie captadora y la dirección sur considerando la orientación sur 0° . Los ángulos entre el sur y el oeste son positivos y entre el sur y el este son negativos.

Inclinación del plano captador: ángulo que forma la superficie del captador con el plano horizontal. Su valor es 0° si el módulo se coloca horizontal y 90° si el módulo se coloca vertical.

El CTE (Código Técnico de la Edificación) recomienda las siguientes inclinaciones óptimas dependiendo del periodo de utilización:

1. Demanda constante anual: la latitud geográfica
2. Demanda preferente de invierno: la latitud geográfica + 10°
3. Demanda preferente de verano: la latitud geográfica - 10°

Otros datos que se tienen en cuenta en el simulador son:

- Base de datos de radiación solar: la utilizada ha sido PVGIS-CMSAF, es una base de datos que cubre Europa, África y partes de América del Sur.
- Tecnología FV: el rendimiento de los módulos solares fotovoltaicos depende de la radiación solar disponible y de su temperatura. Estos factores afectan de una forma u otra dependiendo del tipo de tecnología que se utilice. Este software permite calcular las pérdidas debidas a los factores de temperatura en el módulo solar y de la irradiancia recibida. Además, el software permite utilizar 3 tipos de tecnologías diferentes: Silicio Cristalino, módulos de lámina delgada de Teluro de Cadmio (CdTe) y módulos de lámina delgada CIS.
- Potencia fotovoltaica de pico instalada [kWp]: se le denomina a la potencia que el fabricante de los módulos fotovoltaicos da cuando estos se encuentran en condiciones estándar de

medida, es decir, 1000W de radiación solar sobre el plano de captación y una temperatura de módulo de 25°C. La potencia pico se define en kilowatio pico.

- Pérdidas estimadas del sistema: son todas aquellas pérdidas que hacen que la potencia realmente entregada a la red eléctrica sea inferior a la producida por los sistemas fotovoltaicos. Esto puede deberse a muchas causas como la suciedad sobre los módulos, pérdidas en el cableado, en los inversores, etc. También cabe destacar que a lo largo de los años el rendimiento en los módulos no será el mismo que en sus primeros años puesto que éste tiende a disminuir, es por ello por lo que la potencia entregada será menor con respecto a sus primeros años. Por defecto, se asumen unas pérdidas anuales del 14%.
- Posición de montaje: esta característica se usa para módulos solares de posición fija. La posición en la que se colocan los módulos afecta a la temperatura de los mismos, que a su vez afecta al rendimiento. La posición de montaje habrá que tenerla muy en cuenta para poder colocar los módulos a una distancia adecuada para que así pueda circular el aire por detrás de estos y así evitar un sobrecalentamiento (hasta 15°C por 1000W/m²). El software permite dos opciones de montaje: montaje libre para permitir la circulación de aire por detrás de los mismos e integrados al edificio con lo que no se tendría libre circulación de aire. Pero estas posiciones de montaje no son las únicas existentes, pues existe un montaje intermedio a ambas, que se da por ejemplo cuando los módulos se colocan en un tejado de tejas curvas, en tal caso se permitiría el paso del aire por detrás de los módulos.

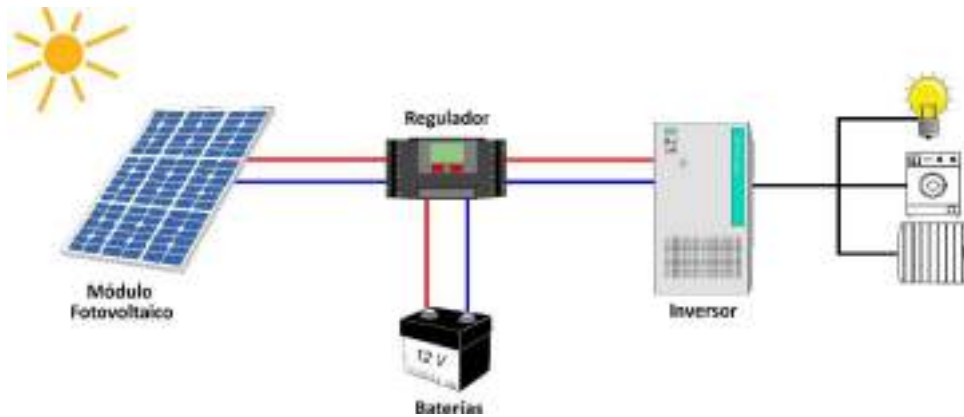
6.2.2 Inversor-Transformador

Como se ha visto en la figura que describe un esquema de instalación conectada a red, es preciso colocar tras los módulos fotovoltaicos un inversor de conexión de red que se encargue de transformar la corriente continua producida por los módulos solares en corriente alterna e inyectarla en frecuencia y fase con la línea distribuidora.

Las principales características eléctricas de un inversor fotovoltaico que aparecen en los catálogos comerciales son:

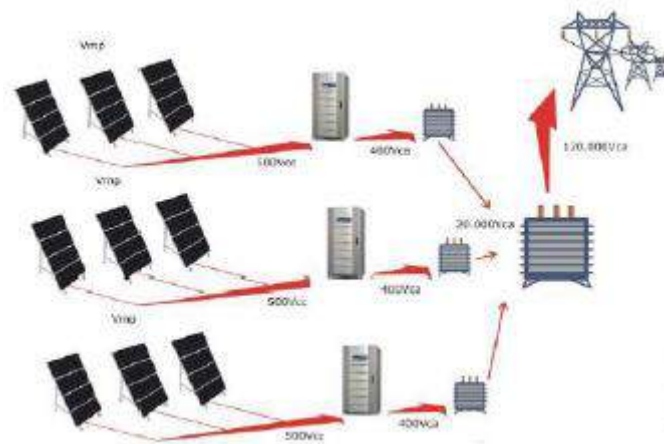
- Nivel máximo de tensión en corriente continua (en V) que puede soportar.
- Nivel de tensión en alterna (en V) y la frecuencia (en Hz) de la red sobre la que se puede inyectar corriente.
- La potencia nominal (en VA) que puede llegar a convertirse de corriente continua a corriente alterna.
- El consumo en vacío presente en el equipo cuando no se encuentra convertido.
- La calidad de la corriente de salida normalmente definida por la THD (Total Harmonic Distortion).
- La eficiencia que es la relación entre la potencia suministrada a red y la potencia consumida en corriente continua en condiciones normales de funcionamiento.
- El tipo de corriente o conexión: monofásica o trifásica. Va normalmente asociado al nivel de potencia. Por debajo de 10kVA suelen ser monofásicos y por arriba de 10kVA suelen ser trifásicos.-

Tipos de inversores:



Esquema de inversor de módulo. [Ilustración 43]. Recuperado de: http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica_red_esquema.php

- **Inversor de módulo:** inversor dedicado a un solo generador. Solo se usan para instalaciones domésticas o de muy baja potencia.
- **Inversor orientado a rama:** es aquel que se utiliza para generadores dispuestos en serie o string.
- **Inversor central:** inversor dedicado a un conjunto de ramas o strings.



Esquema de inversor central [Ilustración 44]. Recuperado de: http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica_esquema.php

En cuanto al transformador, se suele colocar a la salida del inversor y permite adecuar la salida de tensión del inversor a la red eléctrica o a la subestación donde se vaya a realizar la conexión.

Respecto al rendimiento de la instalación, ocurrirá lo mismo que con los módulos fotovoltaicos, es decir, al pasar la corriente por el inversor y por el transformador aparecerán una serie de pérdidas, las cuales afectarán al rendimiento de la instalación.

Los inversores suelen tener una eficiencia en torno al 98-98.8%, mientras que los transformadores de 98.8-99.2%.

Por otra parte, el transformador es elemento encargado de transformar la energía producida en baja tensión a media tensión para su transporte hasta la subestación y posterior vertido a la red.

El transformador es capaz de cambiar la intensidad y la tensión de la corriente eléctrica mediante procesos electromagnéticos. Además, es el encargado de que la potencia se mantenga constante y se cumpla la igualdad de $P = V * I$. Por ejemplo, cuando le llega energía eléctrica con una gran intensidad y baja caída de tensión, hace que la caída de tensión sea mayor y la intensidad menor para que la potencia se mantenga, aunque tenga pequeñas pérdidas eléctricas.

Los parámetros más característicos del transformador son:

- Tensión primaria: aquella a la cual se debe alimentar el transformador, corresponde a la tensión nominal del bobinado primario.
- Tensión secundaria: tensión nominal del segundo bobinado.
- Potencia nominal: es la potencia aparente máxima que puede suministrar el segundo bobinado, se mide en KVA.
- Tensión de cortocircuito: tensión que se debe aplicar al bobinado primario, teniendo el secundario cortocircuitado, para que circule por él la intensidad secundaria nominal.
- Relación de transformación: tensión nominal primaria frente a la tensión nominal secundaria. Se expresa como Rt.

6.3 Principios básicos de una instalación fotovoltaica

- **Potencia de pico:** es el resultado de la suma de todas las potencias de los módulos solares en condiciones estándar que componen una instalación fotovoltaica.
- **Potencia nominal:** suma de potencia de todos los inversores. La potencia total de una instalación vendrá dada por la potencia nominal y no por la potencia de pico.
- **Energía producida:** es aquella que se da a la red durante un período de tiempo de la instalación.
- **Factor de planta:** hace referencia al cociente entre la energía real generada durante un periodo de tiempo frente a la energía generada si hubiera trabajado a pleno rendimiento durante ese mismo periodo de tiempo.

$$\text{Factor de planta} = \frac{E_p}{P_m * h}$$

- E_p : energía neta producida en la planta.
- P_m : energía teórica máxima que podría llegar a producir la planta de acuerdo a su potencia nominal.
- h : duración en horas del periodo en el que se está midiendo.

- **Producción específica:** es aquella que se obtiene por cada unidad de pico instalado. Es el cociente de la potencia total frente a la potencia de pico instalada. La producción específica también recibe el nombre de horas equivalentes puesto que la producción tiene unidades de kWh y la potencia de pico instalada de kW.

$$\text{Producción específica} = \frac{E_p}{P_{\text{pico}}}$$

- **Performance Ratio (PR):** determina el rendimiento de una planta fotovoltaica. El PR que se suele esperar de una planta fotovoltaica está en torno al 78% y 84%.

6.4 Aspectos a considerar antes del inicio de la instalación

A la hora de planificar correctamente el montaje del parque solar fotovoltaico es necesario tener presentes unos cuantos aspectos:

- Se deben utilizar materiales, técnicas de montaje, terminación y equipos de alta calidad y garantía suficientemente probadas.
- Debe tenerse en cuenta durante el montaje todas aquellas normativas oficiales que sean aplicables a las instalaciones fotovoltaicas, ya sean normas UNE, Leyes, Reglamentos, Decretos Reales, Ordenanzas, etc.
- Es de vital importancia un buen diseño y una buena planificación, ya que en caso contrario comprometería todo el montaje.
- La facilidad de acceso para el montaje y mantenimiento de los equipos, en especial en el caso de los módulos fotovoltaicos.
- Se debe procurar que el trazado del cableado sea poco complejo, es decir, que tenga el menor número de curvas posibles y buena accesibilidad para su montaje.
- La longitud del cableado tiene que ser la menor posible y así reducir la inversión económica, además si la longitud del cableado entre el campo fotovoltaico y los inversores es menor habrá menos caídas de tensión.
- La seguridad de los operarios es fundamental, por tanto, se deberán cumplir las normas de seguridad establecidas en la Ley 31/95 y todas las modificaciones que se derivan de la misma.
- Se deberán adoptar medidas para cumplir con el CTE (Código Técnico de la Edificación).

6.5 Pérdidas en el proceso de generación de energía fotovoltaica

Son varios los factores que afectan en la generación de energía fotovoltaica, se van a explicar los más significativos, los que más problemas podrían ocasionar a la hora de generar este tipo de energía:

- **Sombras:** están provocadas tanto por obstáculos lejanos como pueden ser las montañas como por obstáculos cercanos como pueden ser otros módulos fotovoltaicos, árboles, casetas u otros elementos de la instalación que puedan provocar sombras sobre los módulos fotovoltaicos. Las pérdidas de sombreado eléctrico están causadas por un cambio en el comportamiento eléctrico del generador, este cambio ocurre cuando las sombras solo cubren una parte del módulo, por lo que las pérdidas no se producen por la falta de irradiancia sino por esa sombra parcial. Las sombras producidas por los obstáculos lejanos suelen ser despreciables, por lo que no deberían superar el 5%. Por otro lado, las pérdidas por obstáculos cercanos suelen estar entre 1.5% y 4.5%.
- **Pérdidas angulares y factor de IAM:** las pérdidas de potencia asociada al ángulo tienen que ver en la incidencia de la luz sobre los módulos cuando esta incide en un ángulo no perpendicular a la superficie. Esto quiere decir que cuando la luz incide sobre la superficie del módulo con un ángulo diferente de 0° se producen unas pérdidas denominadas pérdidas angulares. Estas pérdidas aumentan según va aumentando el ángulo de incidencia. Por ejemplo, en un ángulo de incidencia de 60° las pérdidas son de alrededor a un 10%, una vez se sobrepasa dicho ángulo las pérdidas aumentan considerablemente.

Por otra parte, encontramos otro tipo de pérdidas debidas a la reactancia espectral. La corriente que genera cada semiconductor es diferente dependiendo de la longitud de onda de la luz incidente, es a lo que se denomina respuesta espectral. Las diferencias horarias y estacionarias afectan a los módulos tanto con pérdidas como con ganancias comparando estas variaciones con el espectro normalizado del módulo.

Las pérdidas IAM son diferentes para cada módulo, pero suelen estar comprendidas entre un 1.5% y un 3%.
- **Polvo y suciedad:** estos dos factores varían mucho en función del entorno en el que se encuentren los módulos, de las precipitaciones que haya en la zona, etcétera. Por ejemplo, en las zonas agrícolas el rendimiento puede verse gravemente afectado en las temporadas de alta actividad, en cambio en lugares con clima medio-lluvioso como por ejemplo el centro de Europa las pérdidas debidas a este factor suelen ser bajas y se pueden despreciar. Estas pérdidas pueden disminuir con una correcta limpieza en la instalación. Por lo general, en el plan de mantenimiento está prevista una limpieza con agua a presión de los módulos mínimo dos veces al año, una de ella se realiza antes de verano y la otra cuando ocurra algo que pueda afectar a la producción del parque solar.

Por lo general, las pérdidas producidas por polvo y suciedad no suelen ser muy elevadas, un 0.7% para climas con bastantes precipitaciones (el agua limpia los módulos) y un 3.5% en climas desérticos.
- **Eficiencia del módulo:** tanto el funcionamiento del módulo como su eficiencia son diferentes dependiendo de las condiciones en las que se encuentre. A temperaturas altas la corriente del módulo se mantiene estable pero el voltaje disminuye por lo que se produce una caída de potencia causada por el aumento de la temperatura en el módulo fotovoltaico.

Características Térmicas	
Rango de Temperatura	-40–80 °C
Coefficiente de Temperatura de Pmax	-0,37 %/°C
Coefficiente de Temperatura de Voc	-0,28 %/°C
Coefficiente de Temperatura de Isc	0,048 %/°C

Tabla 7: Coeficiente de temperatura y características térmicas del módulo solar TP380-410W PERC Half cell Mono de ENF

- Pérdidas de cableado en corriente continua:** hace referencia a las pérdidas debidas al cableado que va de los módulos al inversor. Estas pérdidas dependerán de la longitud de los cables, el material del que esté formado y la sección. Las pérdidas se pueden obtener a partir de la caída de tensión producida. Normalmente estas pérdidas suponen un 1% a un 1.5%.
- Pérdidas de cableado en corriente alterna:** son aquellas que se dan desde el transformador al punto de interconexión. Por lo general, se desprecian las pérdidas que se producen desde el inversor al transformador ya que suelen encontrarse a escasos metros de distancia. Como en las pérdidas producidas por el cableado en corriente continua, las pérdidas por cableado en corriente alterna dependen de la longitud del conductor, el material y la sección del mismo. Del mismo modo, podemos calcular estas pérdidas a través de la caída de tensión producida. Las pérdidas en corriente alterna varían en torno a un 0.4% y un 0.5%.
- Pérdidas por dispersión de parámetros:** también son conocidas como mismatch. Este tipo de pérdidas están asociadas a la no uniformidad de radiación y a que los módulos que forman el generador eléctrico no presentan todos los parámetros electrónicos idénticos. Para hacer una instalación se suelen tener en cuenta unos valores de pérdidas debidas al mismatch de entorno a un 1% y un 1.5%.
- Rendimiento del inversor:** el inversor se encuentra conectado directamente al generador fotovoltaico, el inversor dispone de un dispositivo electrónico que detecta el punto de máxima potencia del generador. Este punto de control varía en función de los fabricantes y de los diferentes modelos de inversores que se encuentren. A la hora de diseñar una planta, es necesario realizar un sobredimensionamiento de la potencia de pico para que el inversor trabaje cerca de su punto de máxima potencia, teniendo en cuenta que un sobredimensionamiento excesivo puede acarrear pérdidas muy elevadas al paso por el inversor. Este tipo de pérdidas dependerán del fabricante, pero normalmente suelen dar unos valores de entre 1.5% y un 2.5%.

- **Pérdidas en el transformador:** vienen definidas por las pérdidas en carga y las pérdidas en vacío. Las primeras dependen de la intensidad que circule en cada momento, mientras que las otras son constantes. Se pueden observar las pérdidas en vacío y en cortocircuito en la ficha técnica de cualquier transformador.

6.6 Otros factores de pérdidas

- **Disponibilidad:** reside en calcular las horas de pleno rendimiento de la planta sobre el total de las horas de producción. Normalmente se encuentra en torno a unos valores de 99% y 99.5%.
- **Autoconsumo:** si bien es cierto que el objetivo de una planta fotovoltaica es producir energía para abastecer de la misma a la población, pero la instalación fotovoltaica cuenta con dispositivos que también requieren de energía para su funcionamiento. El autoconsumo incluye a los transformadores, inversores, sistemas de seguridad, etcétera. Por lo que, este conjunto suele suponer un 0.3-0.5%.
- **Degradación:** las pérdidas por degradación son las asociadas a los módulos fotovoltaicos durante su vida útil. A medida que avanza la degradación bajará la producción ya que se producirá una reducción en la potencia instalada.

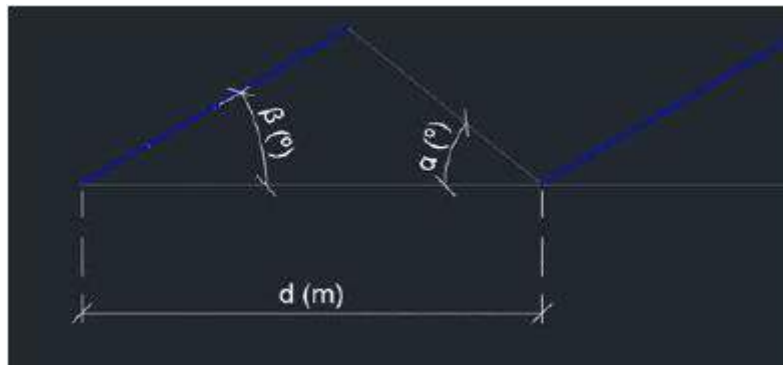
6.7 Parámetros de diseño de una planta solar fotovoltaica

En este apartado se van a explicar los diferentes parámetros que se deben tener en cuenta para diseñar una planta solar fotovoltaica. Cada uno de los parámetros que se van a estudiar están en relación unos con otros.

6.7.1 Potencia de planta

La potencia de planta se define como la potencia que admite la instalación. Suele venir dada por la limitación en el punto de interconexión que limita la potencia nominal vertida a la red o por la potencia de pico que admite la instalación debido al número de módulos que es posible instalar en el terreno en el que se vaya a disponer la planta.

6.7.2 Estructura de montaje de módulos



Esquema de estructura fija. [Ilustración 45]. Recuperado de: http://opex-energy.com/fotovoltaica/componentes_fotovoltaicos.html

- **ESTRUCTURA FIJA:** consiste en un emparillado que sostiene los módulos con cierta inclinación. Si la instalación se encuentra en el hemisferio norte los módulos se dispondrán orientados hacia el sur y si se encuentra en el hemisferio sur los módulos estarán orientados hacia el norte. Los dos parámetros principales que definen este tipo de estructura son la inclinación de la estructura (β) y la distancia entre ejes (d).

La **inclinación β** permite que la radiación solar impacte perpendicularmente con la superficie del generador, esto permite aumentar la radiación que alcanza el plano con respecto a la radiación global horizontal. Pero se debe tener en cuenta que la inclinación óptima no es la que más radiación genera puesto que se tiene que tener en cuenta otros aspectos como la distancia entre filas, pérdidas por sombras, la producción en diferentes épocas del año, etcétera.

También se tiene que tener en cuenta que la altura del sol no es constante debido a los ciclos del sol. Ya que para diferentes estaciones del año el sol tiene alturas distintas, y no solo para las diferentes estaciones sino a lo largo del día también cambia debido a la rotación terrestre y a las diferentes latitudes.

Para el diseño de un parque solar fotovoltaico es fundamental entender los conceptos de altura solar y cómo afecta ésta a la ganancia de radiación y a la proyección de sombras.

La **distancia entre filas d** hace referencia a la distancia entre filas de la estructura. Para acimut cero la dirección que se suele tomar es la norte sur. La potencia guarda una íntima relación con la distancia entre filas, ya que de esta distancia depende el aprovechamiento del terreno y cuanto más óptimo sea éste, más potencia se obtendrá. Por ejemplo, cuanto mayor sea la distancia menor potencia de pico será instalada en el término geográfico seleccionado.

Una vez estén diseñados los parámetros de inclinación β y la distancia entre filas d , se podrán obtener las pérdidas por sombreado de la instalación y así obtener el **ángulo de inclinación α** .

El ángulo de inclinación α hace referencia a la altura mínima a la cual no habrá sombras. Este ángulo resulta muy importante pues puede ser de carácter decisivo a la hora de aceptar o descartar la compra de proyectos ya que este parámetro está directamente relacionado con las pérdidas y por tanto con el PR.

Como último paso habrá que diseñar la disposición de los módulos solares o strings. Debido al circuito interno de los módulos, no se obtendrá la misma reacción si las pérdidas se producen de forma vertical que de forma horizontal. Así pues, si entendemos un string como un conjunto de módulos solares conectados en serie, el módulo que menos intensidad genere será el que decidirá la intensidad final de la rama o string. Con lo que se puede deducir que no es conveniente colocar en un mismo string los módulos inferiores de la estructura, que son los más afectados por las sombras, con los superiores ya que esto conllevaría unas pérdidas elevadas por sombreado.

	GlobHor	GlobInc	T Amb	TempLss	InvLoss	ShdElec	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh	kWh	kWh	kWh	
Enero	23.7	40.7	4.30	-19583	8716	120389	276612	0.567
Febrero	40.1	56.6	4.50	-21958	11251	13780	596378	0.677
Marzo	77.4	94.8	6.00	-19783	16125	269	1018373	0.894
Abril	112.5	127.0	8.20	-646	21880	0	1343147	0.882
Mayo	143.8	149.6	11.20	24871	27492	0	1552550	0.865
Junio	152.5	155.3	14.20	42565	27187	0	1595127	0.856
Julio	153.5	158.5	16.50	57529	27112	0	1615571	0.850
Agosto	126.1	136.4	16.60	42174	21944	0	1396514	0.853
Septiembre	88.6	108.1	14.20	20434	18042	0	1123427	0.866
Octubre	55.9	75.4	11.00	458	13860	6235	782575	0.865
Noviembre	28.2	42.9	7.40	-15483	8612	74455	360543	0.701
Diciembre	18.6	31.8	4.60	-16377	6787	144545	153311	0.402
Año	1020.9	1177.0	9.92	94201	209010	369673	11811128	0.836

Tabla de pérdidas de un proyecto con elevado sombreado eléctrico. [Ilustración 46]. Recuperado de: <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/05/22/tutorial-pvsyst-predimensionamiento-instalacion-conectada-a-red/>

Como se puede observar en la tabla adjunta, referente a un diseño en el cual no se tuvieron en cuenta las pérdidas por sombreado eléctrico, el PR en los meses de enero y diciembre es demasiado bajo para un diseño con niveles adecuados. Por otro lado, la producción en estos meses es muy baja por lo que no tendrá un peso significativo a la producción anual.

Para un diseño de una estructura fija hay que tener en cuenta todos los parámetros y la relación que guardan entre ellos. Es decir, se trata de un proceso iterativo de cálculo en el que fijando unos parámetros obtendremos otros.

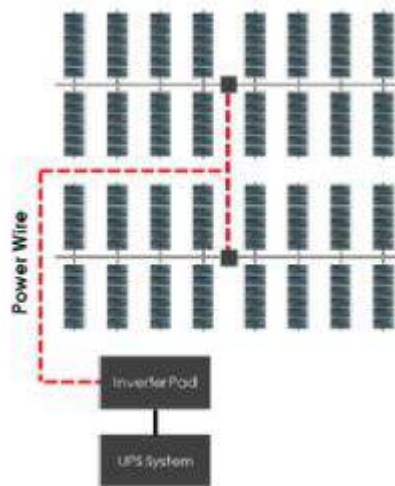


Proceso iterativo de diseño de los parámetros de una estructura fija [Ilustración 47].
Recuperado de: <https://mecasolar.com/estructura-fija/>

- **SEGUIDOR SOLAR:** en lo referente a seguidores solares, encontramos 3 tipos diferentes: seguidor a un eje, seguidor a dos ejes y seguidor a un eje con plano inclinado. En cuanto al segundo como al último tipo de seguidor es necesario de mucho más espacio, más inversión y además el coste de mantenimiento también será mayor, como consecuencia su uso está limitado y solo se les da uso a estos dos tipos de seguidores cuando el precio de venta de energía es lo suficientemente elevado como para amortizar la inversión.

Actualmente los seguidores solares a un eje son los más utilizados, concretamente los orientados en dirección norte sur. El principio de funcionamiento de estos seguidores solares es que siguen los movimientos del Sol desde que sale el Sol hasta su puesta, con lo que se genera una energía un 20% superior que con una estructura fija. Dentro de esta primera división de seguidores solares, seguidor a un solo eje, se diferencian dos tipos de seguidores solares a un eje: estructura vinculada de seguimiento o monofila.

Los seguidores solares a un eje con estructura vinculada de movimiento están formados por un motor central, el cual es el encargado de transmitir el movimiento a todas las filas a través de unas correas.



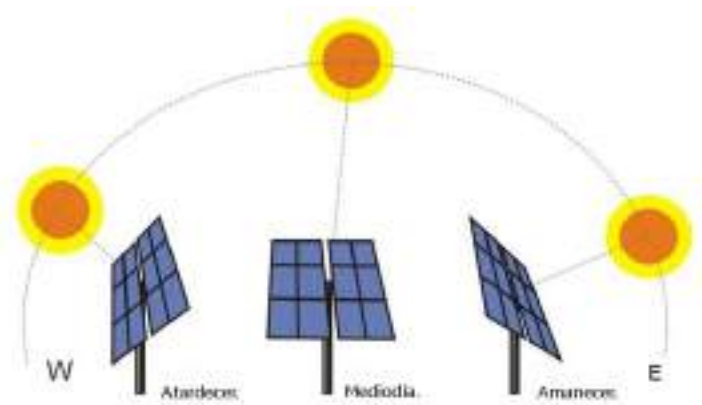
Estructura vinculada de movimiento [Ilustración 48]. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/figure/The-mechanical-structure-for-the-positioning-of-the-solar-panels_fig1_264568948

Por otro lado, los seguidores monofila cuentan con un motor individual para cada fila, lo cual es mejor ya que cada fila es independiente de la otra y suele ocupar menor terreno que la opción anterior.



Estructura monofila [Ilustración 49]. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/figure/The-mechanical-structure-for-the-positioning-of-the-solar-panels_fig1_264568948

Respecto a los parámetros que hay que tener en cuenta para el diseño de estas estructuras, destaca que son muy similares a los de estructura fija: **rango de giro (α) y distancia entre filas (d)**. Como diferencia a destacar entre la estructura fija y el seguidores es que la estructura fija se encuentra situada con orientación sur con una inclinación constante, mientras que los seguidores están orientados en dirección norte-sur con un motor que les permite seguir la trayectoria del Sol.



Esquema de seguidor solar a un eje [Ilustración 49]. Recuperado de: <https://www.instructables.com/id/Un-Rastreador-Solar-Simple-que-Tiene-Ejes-Duales/>

Uno de los parámetros viene fijado por el fabricante, **el rango de giro (α)**, y suele estar entre unos valores de $\pm 40^\circ$ y $\pm 60^\circ$. Este parámetro no es el más importante ya que la nueva generación de seguidores cuenta con un microprocesador capaz de controlar el movimiento de los seguidores para que así no se causen sombras entre ellos, esta característica se llama **backtracking**. Con esto se consigue que independientemente de la situación de giro del seguidor, la inclinación de cada panel dependerá en todo momento de las sombras que se proyectan sobre los que le siguen.

Del mismo modo que en el diseño con estructura fija, nos encontramos con la problemática de la distancia entre ejes o filas, ya que ésta afectará de manera directa en la programación del backtracking. Es por ello por lo que, desde el punto de vista de diseño, la distancia entre filas es la única variable que puede estudiarse.

Te permite un seguimiento efectivo de la trayectoria solar y además se puede evitar las sombras producidas por la distancia entre filas gracias al backtracking.

Sin embargo, una distancia entre filas elevada conlleva un aumento del terreno necesario para la instalación, con lo que aumentaría el coste, por otro lado, si no se ampliase el terreno la potencia de pico de la instalación disminuiría. Como regla general, se suelen considerar 6 metros de distancia como óptimos para una ocupación de terreno no muy alta. Como conclusión, cuanto mayor sea la distancia entre ejes mayor será la producción, pero a su vez mayor será el coste de la inversión ya que sería necesario un terreno muy amplio.

6.7.2.1 Cálculo de la distancia entre filas de módulos

Para el cálculo de este apartado se utilizan dos métodos para así comparar el resultado de ambos y emplear aquel que nos ofrezca mayor equilibrio entre la superficie disponible para la instalación y la potencia del generador fotovoltaico a instalar.

Estos cálculos se han realizado una vez se ha escogido el módulo solar del que va a estar compuesta nuestra planta solar fotovoltaica, en concreto se trata del módulo solar TP380-410W PERC Half Cell Mono. Más adelante se verán detalladamente todas las características del mismo.

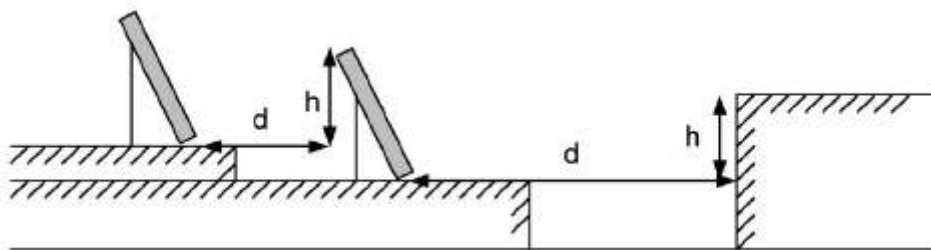
6.7.2.1.1 Cálculo de la distancia mínima según IDAE

El IDAE establece una fórmula muy sencilla para calcular la distancia mínima entre filas de los módulos en su Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red. Según éste, la distancia entre filas debe garantizar un mínimo de 4 horas de radiación solar en torno al mediodía del solsticio de invierno. Así pues, la distancia mínima d deberá ser superior al valor obtenido por la siguiente expresión:

$$d = h / \tan(61^\circ - \varnothing) \quad \text{para superficie horizontal}$$

Para calcular la altura de los paneles respecto de la horizontal se hace un cálculo trigonométrico una vez conocido el ángulo de inclinación de los módulos:

$$h = L * \sin(\alpha)$$



Cálculo distancia mínima [Ilustración 50]. Recuperado de: <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/01/18/calculo-de-la-distancia-minima-entre-placas-solares/>

Los parámetros de la imagen hacen referencia a:

- h = altura de la placa respecto a la horizontal.
- \varnothing = latitud del lugar.
- d = distancia mínima.
- α = ángulo de inclinación de los paneles.

Dimensiones del módulo solar TP380-410W PERC Half cell Mono:

- Largo: 2000 mm

-Ancho: 991 mm

-Grosor: 40 mm

$$h = L * \sin(35^\circ) = 1.15m$$

Por tanto, la distancia mínima que resulta mediante este primer método es de:

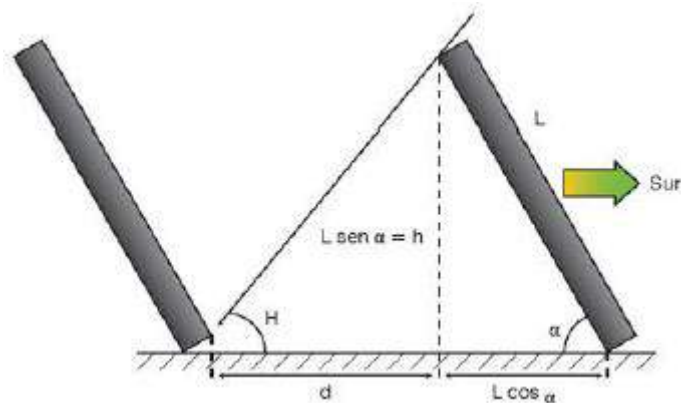
$$d = \frac{h}{\tan(61 - 39.317)} = 3.77m$$

$$\text{distanciaentreiniciodefilas} = d + (L * \cos(\alpha)) = 5.41m$$

No obstante, esta fórmula solo es válida para superficies planas u horizontales, es decir, cuyo azimut no es muy diferente de 0°. Este aspecto hay que tenerlo mucho en cuenta ya que mucha gente suele aplicar esta fórmula sin tener en cuenta que tiene determinadas limitaciones.

Una vez conocida la separación mínima recomendada por el IDAE, es conveniente aplicar otro método y así comparar los resultados ya que el aprovechamiento de la superficie es un factor muy importante en este tipo de proyectos.

6.7.2.1.2 Cálculo de la distancia mínima geoméricamente



Cálculo de la distancia mínima geoméricamente [Ilustración 51: Recuperado de: http://edii.uclm.es/~arodenas/Solar/calculo_aislados4.htm

$$\text{distanciaentreiniciodefilas} = d + (L * \cos(\alpha))$$

Siendo d:

$$d = L * \left(\frac{\sin(\alpha)}{\tan(H)} \right)$$

Los parámetros son:

- H = ángulo de la altura solar.
- L = longitud del panel fotovoltaico.
- α = ángulo de inclinación de los paneles.
- d = distancia mínima.

Para la obtención de este cálculo es necesario conocer la altura solar. Ya que se tienen que garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía durante el solsticio de invierno, 21 de diciembre, puesto que es el día más desfavorable del año, se busca la altura para que no se proyecten sombras a las 12:00 AM.

Para obtener los datos meteorológicos se ha utilizado el software online llamado SunEarthTools.com. En este software solo ha sido necesario introducir los datos de la localización del emplazamiento, el día del año del que queremos saber la altura solar y la hora. Una vez introducidos los datos obtenemos la siguiente tabla:

Fecha:	21/12/2019 GMT1	
coordinar:	39.3193333, -1.0403542	
ubicación:	39.31933330,-1.04035420	
hora	Elevación	Azimet
09:20:11	-0.833°	120.14°
10:00:00	5.59°	126.64°
11:00:00	14.2°	137.53°
12:00:00	21.07°	150.05°
13:00:00	25.59°	164.2°
14:00:00	27.24°	179.45°
15:00:00	25.8°	194.75°
16:00:00	21.47°	209.01°
17:00:00	14.75°	221.64°
18:00:00	6.24°	232.64°
18:44:02	-0.833°	239.85°

Datos meteorológicos solsticio invierno. [Ilustración 52]. Recuperado de: SunEarthTools.com

Por tanto, el ángulo de la altura del sol para asegurar 4 horas solares en el día más desfavorable del año es de 21.07°.

Una vez conocido el valor del ángulo de la altura solar, la inclinación de los paneles (35°), y la longitud de los paneles solares, 2 metros, pasamos a calcular la separación mínima resultante del segundo método empleado.

$$d = L * \left(\frac{\sin(35)}{\tan(21.07)} \right) = 2.98m$$

$$\text{distanciaentreiniciodefilas} = 2.98m + (L * \cos(35)) = 4.62m$$

6.7.3 Sobredimensionamiento de la potencia de pico

El sobredimensionamiento de la potencia de pico en una planta solar fotovoltaica es el cociente de la potencia de pico entre la potencia nominal:

$$\text{SOBREDIMENSIONAMIENTO} = \frac{\text{POTENCIADEPICO}}{\text{POTENCIANOMINAL}}$$

La potencia nominal es la suma de las potencias de los inversores. Esta potencia es la máxima que la planta fotovoltaica genera en corriente alterna proveniente de los módulos en un instante. Por otro lado, los módulos no siempre funcionan a la potencia especificada ya que esto depende de las condiciones climatológicas que se den, como por ejemplo en invierno o en días nublados que no se dan las condiciones de trabajo para que la planta funcione a su potencia de pico. Es por ello por lo que se sobredimensiona la planta añadiendo más potencia para que el impacto debido a las condiciones climatológicas adversas sea menor y así evitar que los inversores estén trabajando muy por debajo de sus condiciones nominales de carga.

Para un correcto sobredimensionamiento también se debe de tener en cuenta la localización del emplazamiento ya que se debe de mirar las condiciones climatológicas que se dan, en concreto la más importante en este caso sería la temperatura.

En condiciones desfavorables, gracias al sobredimensionamiento de la planta se obtendrá un aumento en la producción, sin embargo cuando los módulos estén trabajando bajo condiciones estándar, el inversor se saturará ya que no podrá transformar toda la energía en corriente continua que se está produciendo en corriente alterna por lo que la energía que el inversor no sea capaz de transformar se disipará en forma de calor y las pérdidas del inversor aumentarán y como consecuencia el PR de la planta disminuirá.

Desde el punto de vista de la producción, se puede deducir que cuanto mayor sea el sobredimensionamiento mayor será la producción. Esta conclusión es bastante evidente ya que a mayor potencia de pico la producción será mayor.

Por otra parte, a medida que el sobredimensionamiento aumenta baja la producción de energía por cada kWp instalado.

Ahora bien, se dan dos situaciones que deben estudiarse. Por una parte, se tiene la posibilidad de aumentar la producción haciendo al sistema menos eficiente o por otra parte se puede reducir la producción y así sacarle mayor partido a la potencia instalada. A la hora de decidir con que opción es la más adecuada se deberá tener en cuenta otro factor de diseño: los costes de inversión.

6.7.4 Costes de inversión

Este punto es uno de los más críticos a la hora de presentar un proyecto, ya que es lo que se va a invertir en la construcción del parque solar fotovoltaico.

Los costes de una instalación solar fotovoltaica se pueden resumir en:

- Módulos: cuánto van a costar todos los módulos.
- Inversores: costes de los transformadores y de los inversores.
- Conexión: infraestructura mediante la cual se llevará la energía producida en la planta a la red.
- Balance of System (BOS): hace referencia al resto de los componentes e infraestructura necesarios para la planta como el cableado, switch, etc. En este balance no se incluyen ni los inversores ni los módulos.
- Estructura: importe de la estructura sobre la que se colocarán los módulos. Una estructura de un módulo fijo será más barata que una estructura de un seguidor.

Así, cada factor de diseño mencionado anteriormente tendrá un coste asociado.

A día de hoy, merece la pena aumentar la inversión inicial y disponer de un seguidor a un eje en lugar de estructura fija siempre y cuando la localización del parque solar fotovoltaico disponga de un recurso medio-alto del cual se pueda beneficiar el seguidor. Además, en el caso de elegir un seguidor solar la localización del emplazamiento no será tan decisiva como en el caso de una estructura fija y se tendrán en cuenta menos parámetros de diseño.

Sin embargo, si el diseño que se va a realizar va a ser con estructura fija se tendrán más posibilidades de diseño, como se ha visto anteriormente se requiere de un proceso iterativo de estudio y además dependerá de la latitud a la que se encuentre el proyecto.

Con esto, se ha decidido realizar el estudio de los costes para una instalación con seguidor norte-sur.

7 Descripción de componentes y equipos

A la hora de realizar cualquier proyecto, siempre se busca encontrar la mejor opción para hacer que el proyecto sea lo más barato y mejor posible. Es por ello por lo que ha de buscarse un punto de equilibrio entre calidad y precio en los elementos y materiales para conseguirlo, por tanto, realizar un estudio de las variantes que ofrece el mercado es indispensable para poder elegir correctamente.

A continuación, se indican las alternativas estudiadas para los componentes necesarios, así como una justificación de la elección final.

7.1 Módulos fotovoltaicos

Como se ha mencionado anteriormente, en base a los estudios realizados para ver cuál de las tecnologías sería la más adecuada, y quedándonos, así como opción de tecnología el silicio, encontramos una división dentro de estos debido a su composición atómica, pudiendo ser monocristalinos o policristalinos. Los monocristalinos son los que mejores cualidades de captación energética presentan y aunque su construcción industrial es mucho más costosa, es la mejor opción para la construcción del parque solar fotovoltaico que se está diseñando como se ha podido justificar anteriormente.

Es muy importante tener en cuenta la potencia entregada por metro cuadrado a la hora de elegir el módulo fotovoltaico. En este momento, debido al auge en el uso de esta tecnología, casi todos los fabricantes se encuentran dentro de los mismos estándares respecto a esto.

El módulo elegido es TP380-410W PERC Half cell Mono de ENF Solar por sus características físicas y eléctricas, relación calidad precio y por su buen funcionamiento probado durante años. Concretamente vamos a escoger el de 405Wp PERC Half cell Mono panel.

A continuación, se adjuntará una tabla con las características del módulo:

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS	
Rango de temperatura	-40-80°C
Coefficiente de Temperatura de Pmax	-0'37%/°C
Coefficiente de Temperatura de Voc	-0'28%/°C
Coefficiente de Temperatura de Isc	0'048%/°C

Tabla 8: Características térmicas del módulo solar

PARÁMETROS DEL SISTEMA	
Tensión máxima del sistema	1500V
Límite de corriente	20A

Tabla 9: Parámetros del sistema

CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO	
No de Modelo	405Wp PERC Half cell Mono panel.
Garantía del producto	25 años
Garantía de energía	10 años de 90% de potencia de salida, 25 años de 80% de potencia de salida
Potencia máxima (Pmax)	405Wp
Tensión en el punto de Máxima Potencia (Vmax)	40'55V
Corriente en el punto de Máxima Potencia (Imax)	10A
Tensión en Circuito Abierto (Voc)	49'5V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9'96A
Eficiencia	20'19%
Tolerancia de Potencia (+)	+3%

Tabla 10: Características eléctricas módulo solar

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	
Dimensiones	200x991x40 mm
Peso	22'5 kg
Tipo de células	PERC
Tamaño de las células	156'75x156'75 mm
Número de células	144
Tipo de Vidrio	TCO Templado, Capa Antirreflejo, Altro Transparente, Bajo Hierro
Grosor del Vidrio	3'2 mm
Encapsulado de células	EVA
Cobertura posterior	TPT
Tipo de Trama	Aleación de aluminio

No. De Diodos Bypass Incorporados	3
Caja de Protección de Uniones	IP 67
Tipo de conector	MC4
Cables	4 mm

Tabla 11: Características mecánicas módulo solar

La instalación contará con un total de **474.000 módulos**. Produciendo así una potencia de **190 MW**.

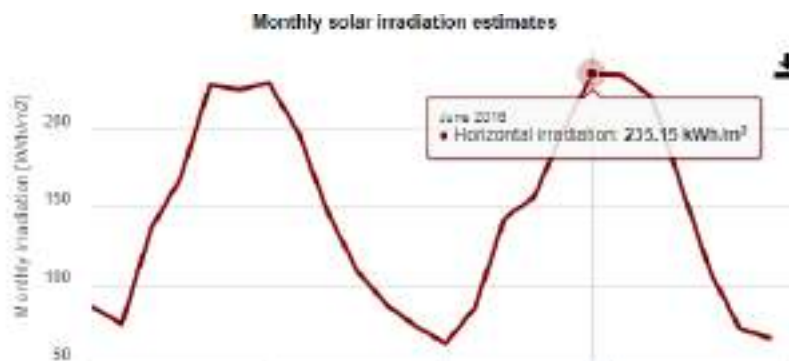
7.1.1 Número de paneles en serie por rama

El número mínimo de paneles que podremos instalar en serie por rama viene establecido por la tensión de entrada del inversor. Las especificaciones del módulo que se van a emplear para los cálculos ya son conocidas pues se han explicado en el apartado anterior.

La tensión mínima de funcionamiento se obtendrá en las condiciones máximas de temperatura y mínimas de radiación.

Para observar la variación de la tensión con la temperatura realizamos el siguiente cálculo:

$$\frac{\alpha V_{oc}}{100} * V_{oc} = \frac{-0'28}{100} * 49'5 = 0'1386 \left(\frac{\Delta V}{^{\circ}C} \right)$$



Irradiación anual en La Cabezuela [Ilustración 53]. Recuperado de: <https://photovoltaic-software.com/pv-software-calculators/online-free-photovoltaic-software/pvgis>

Para los cálculos se ha cogido un valor máximo de temperatura ambiente de **40°C** y una irradiancia máxima de **946 W/m²**. Estos valores se han extraído del simulador PVGIS. Por tanto, con estos datos se puede calcular lo siguiente:

$$T_{cm\acute{a}x} = T_{am\acute{a}x} + \frac{T_{ONC}-20}{800} * E_{max} = 40 + \frac{45-20}{800} * 946 = 69'56 \text{ }^{\circ}C$$

Para el cálculo anterior hemos supuesto un TONC de 45 °C ya que este valor suele estar en torno a los 42-46 °C.

Los datos escogidos para el inversor son los del datasheet correspondiente al inversor HEMK 660V.

$$V_{min} = V_{mpp} * \left(1 + \frac{V_{mpp}}{V_{oc}} * \alpha * V_{oc} * (T_{c_{max}} - 25) \right) = 40'5 * \left(1 + \frac{40'5}{49'5} * -0'28 * (69'56 - 25) \right) = 36'36V$$

$$N_{smin} = \frac{V_{mininversor}}{V_{min}} = \frac{934}{36'36} = 25'69 \text{ paneles en serie como mínimo}$$

Una vez conocido el número mínimo de paneles que podemos conectar en serie, calculamos el número máximo de paneles que podemos conectar en serie.

Suponemos que $T_{cmin} = T_{amin}$.

$$V_{máx} = V_{oc} * \left(1 + \alpha * V_{oc} * (T_{cmin} - 25) \right) = 49'5 * \left(1 + \frac{0'28}{100} * (0 - 25) \right) = 52'965V$$

$$N_{smáx} = \frac{V_{maxinversor}}{V_{max}} = \frac{1500}{52'965} = 28'32 \text{ paneles en serie como máximo}$$

El número de paneles en serie que se va a colocar será de **26** ya que se encuentra dentro del intervalo máximo y mínimo de número de paneles en serie. Ahora procedemos a comprobar que el número de paneles en serie escogido es admisible para el inversor.

$$\begin{aligned} V_{mppmax} &= V_{mpp} * \left(1 + \frac{V_{mpp}}{V_{oc}} * \alpha * V_{oc} * (T_{cmin} - 25) \right) \\ &= 40'5 * \left(1 + \frac{40'5}{49'5} * -0'28 * (0 - 25) \right) = 42'82V \end{aligned}$$

Ahora comprobamos que se cumple la siguiente igualdad:

$$N_s * V_{mppmax} \leq V_{mppinversor}$$

$$26 * 42'82 = 1070 \leq 1450V$$

7.1.2 Número de ramas en paralelo por inversor

El inversor lleva integrado 4 seguidores de punto de máxima potencia (MTTP). Cada entrada de MTTP es de 22 Amperios, por lo que la corriente máxima de entrada del inversor que hay que emplear para el cálculo es de 88 Amperios.

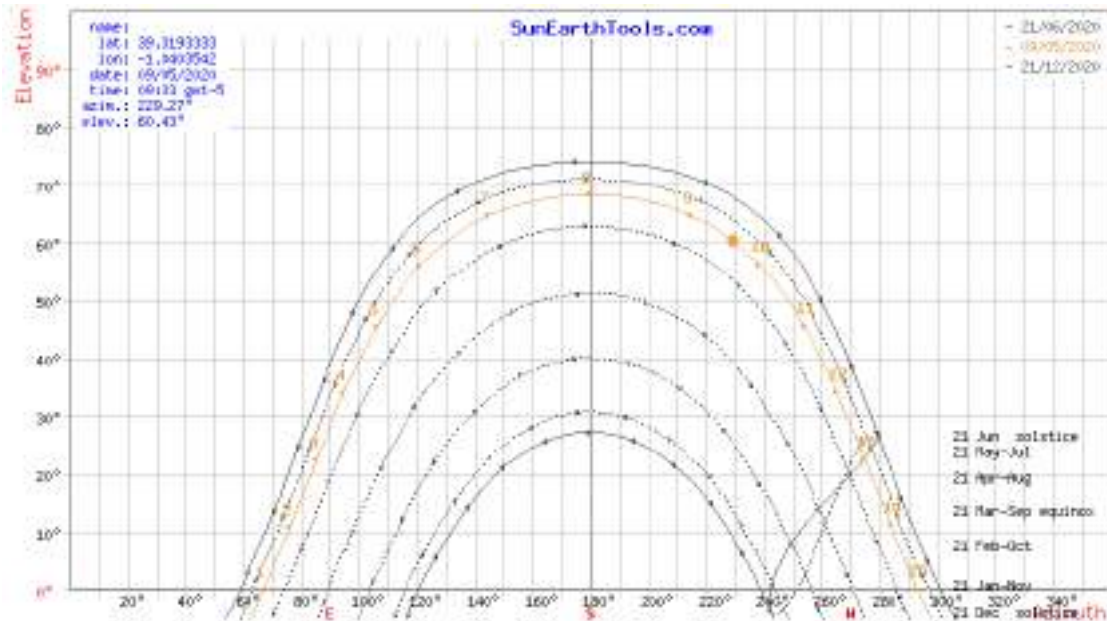
$$I_{scm\acute{a}x} = I_{sc} * (1 + \alpha I * (T_{cmax} - 25)) = 10 * \left(1 + \frac{0'048}{100} * (69'56 - 25) \right) = 10A$$

$$N_{pm\acute{a}x} = \frac{I_{m\acute{a}xinversor}}{I_{scm\acute{a}x}} = \frac{88}{10} = 8'8ramasporinversor$$

Escogeremos **8 ramas por inversor** ya que se facilitará en gran medida la instalación al poseer el inversor 8 entradas.

7.1.3 Sombras y distancia entre paneles

Dadas las dimensiones de la instalación es preciso realizar un estudio de las sombras que puedan interferir en el buen funcionamiento de los módulos. Para obtener este dato, es necesario tener un diagrama de la posición del sol a lo largo del año con respecto al emplazamiento en cuestión.



Posición del Sol a lo largo del año en la ubicación de la instalación, orientación sur [Ilustración 54]. Recuperado de: [SunEarthTools](http://SunEarthTools.com).

La imagen anterior refleja la posición del Sol a lo largo del año en la ubicación de la instalación. Se observa claramente que la dirección sur no hay ningún obstáculo que pueda provocar sombras, es por ello por lo que el único criterio de construcción a tener en cuenta será que las líneas de los módulos fotovoltaicos se encuentren a una distancia mínima dependiendo del ángulo de inclinación del ángulo de incidencia del Sol.

Lo mencionado anteriormente se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$s = a * \left(\cos\beta + \frac{\sin\beta}{\tan\beta_s} \right)$$

En la que 'a' es la altura de línea de los módulos fotovoltaicos, 'β' es el ángulo de inclinación de la línea de los módulos y 'βs' es el ángulo de incidencia del Sol.

Para el valor de βs tomaremos el ángulo de incidencia del Sol en el día más desfavorable del año, que como la instalación estará situada en el hemisferio norte, corresponde al día 21 de diciembre, tomando un valor de 24°.

Los paneles tienen unas dimensiones de 991x2000x40 mm. La inclinación de 35°, pues nos queda que:

$$s = 2000 * \left(\cos 35 + \frac{\sin 35}{\tan 24} \right) = 4214.85 \text{ mm}$$

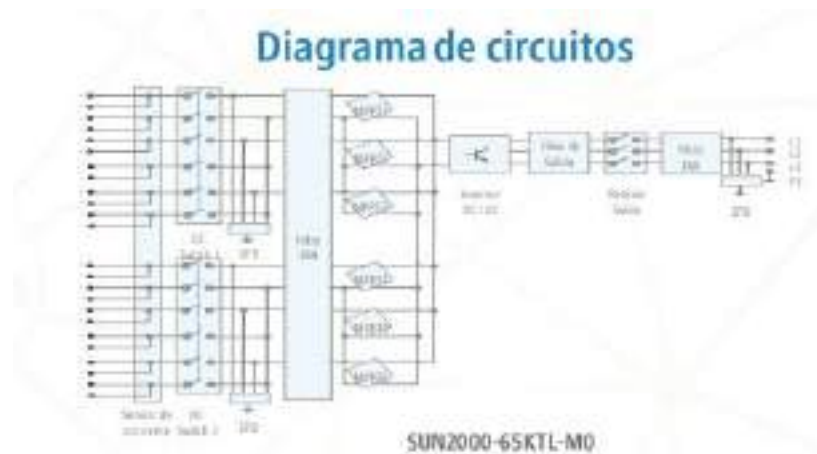
7.2 Centro de inversión

El inversor, como ya se ha comentado anteriormente, es un elemento muy importante en una instalación fotovoltaica. Su importancia deriva en que los módulos producen energía en corriente continua y esta energía debe transformarse en corriente alterna para poder ser transportada largas distancias, y es de lo que se encarga el inversor, de transformar la corriente continua en corriente alterna.

El centro de inversión es un edificio de hormigón o metálicos, prefabricado o construido in situ, que alberga en su interior el inversor o los inversores. Además, en este edificio también puede encontrarse el transformador de potencia y sus correspondientes protecciones.

Lo más óptimo es colocar los inversores y el transformador cerca, si es posible en el mismo centro y así ahorrar cableado.

Se ha optado por elegir el inversor inteligente HUAWEI SUN200-60KTL-HV-D1-001. Es un inversor inteligente formado por 8 strings. Con una eficiencia máxima del 99% lo convierte en un inversor ideal para instalaciones solares. Posee un sistema de refrigeración natural y grado de protección IP65.



Esquema eléctrico interno del inversor [Ilustración 55]. Recuperado de: <https://solar.huawei.com/es-CL/download?p=%2F-%2Fmedia%2FSolar%2Fattachment%2Fpdf%2F1a%2Fservice%2Fcommercial%2Fproduct%2Fdatasheet%2FFusionSolar-Catalogue-SP.pdf>

Debido a las grandes dimensiones de la instalación en cuanto a potencia y tamaño del terreno, para cubrir los 474.000 módulos solares de los que va a estar formada la instalación, se necesitarán **2.279 inversores**.

7.3 Diseño del generador fotovoltaico

En este apartado se comprobará el correcto dimensionamiento bajo las condiciones de potencia de los módulos y del inversor.

Calculamos la potencia de pico que habrá en cada inversor:

$$P_{pico\ inversor} = 405 * 8 * 26 = 84.240\varphi$$

El resultado que obtenemos es que la potencia máxima de entrada del inversor que encontramos en el datasheet es menor que la que obtenemos mediante el cálculo anterior. Esto no supone ningún problema ya que se ha contactado con el fabricante para consultar acerca de la posibilidad de sobredimensionar los inversores, siendo la respuesta que sí es posible y que además no se perdería la garantía de los equipos. Es una opción que nos presenta varias ventajas ya que cuanto más largas sean las series de paneles menor inversión se hará en estructuras, se reduce el cableado y además se aumenta la potencia de pico de la instalación con el mismo número de paneles.

$$N_{paneles} = N_p * n_s * N_{inversores} = 8 * 26 * 2.279 = 474.000\text{paneles}$$

Ahora se calcula la potencia de pico de la instalación bajo estas condiciones:

$$P_{pico\ instalación} = N_p * N_s * N_{inversores} * P_{panel} = 190\text{MW}$$

7.4 Seguidor solar

Para el diseño basado en seguidor solar, los parámetros de diseño son mucho más limitados. Se va a hacer uso de seguidores monofila, los cuales permiten sacar un mayor partido a un terreno más pequeño, ya que el aprovechamiento del espacio es un punto clave a la hora de la producción.

Actualmente, las empresas líderes en seguidores monofila son Nextracker y GameChange. Estas dos empresas ofrecen un rango de giro respecto del eje de $\pm 60^\circ$.

Para el seguidor solar de la instalación hemos contado con la empresa Nextracker ya que fue la primera marca en producir seguidores monofila y, además sus seguidores cuentan con una pequeña placa fotovoltaica junto con una batería para ser autosuficiente, es decir, para abastecer la energía consumida por el motor del seguidor. Es una forma de disminuir el consumo de la planta.

La distancia entre ejes es un parámetro muy importante a tener en cuenta. 6 metros se consideran como la distancia óptima y 4.5 metros como la mínima. Por lo que para que nos quepan los máximos módulos fotovoltaicos vamos a escoger la distancia mínima como la predeterminada para la instalación, ya que de esta forma la potencia de pico será más elevada.

Se ha escogido el seguidor NX Horizon de Nextracker el cual ha sido elegido para más de 30 GW en proyectos de todo el mundo, teniendo una cuota de mercado mundial número uno en montaje e instalación rápida. Además, cuenta con una rotación de 120°



Seguidor solar NX Horizon de Nextracker [Ilustración 56]. Recuperado de: https://www.nextracker.com/wp-content/uploads/2019/11/11-06-19_NEXT_SellSheet_NXHorizon.pdf

7.5 Cajas de combinación

Las cajas de combinación son elementos utilizados para juntar la energía proveniente de las series conectadas a ella y enviarlas por un único cable de sección mayor que todos los anteriores para evitar así caídas de tensión en los cables de string reduciendo así en una cantidad notable el número de cables.

A la hora de elegir una caja de combinación hay que tener en cuenta los parámetros de voltaje e intensidad que soporta y el número de entradas.

Para nuestra instalación se ha optado por escoger una caja de combinación por cada rama de paneles fotovoltaicos, de esta manera en caso de producirse algún error solo afectaría a una pequeña parte de la instalación.

Se ha escogido de la marca AMB Greenpower, en concreto la STC1 25A. La caja de combinación se basa en un cuadro de protección de series fotovoltaicas sin monitorización. Salida con seccionador hasta 900Vdc y 25^a, sin contacto con auxiliar de estado.



Cuadro STC1 25ª. [Ilustración 57]. Recuperado de: http://www.ambgreenpower.com/Archivos/FichasTecnicas/Ficha_tecnica_STC1.pdf

7.6 Cableado de interconexión

En una instalación de estas características se pueden distinguir dos tipos diferentes de cableado de interconexión dependiendo de la tensión a la que trabajen, el de baja tensión y el de media tensión.

- Cableado de baja tensión

Este cableado se divide a su vez en cableado de string y cableado DC.

7.6.1.1 Cableado de string

El cableado de string hace referencia a cada uno de los cableados que unen los módulos con su correspondiente caja de combinación. Están situados detrás de la estructura, en concreto van por las correas hasta bajar a la caja de combinación si ésta se encuentra en la misma fila que la serie en cuestión. En caso de que la caja de combinación no se encuentre en la misma fila, el cableado baja hasta una zanja protegido por tubos de PVC para ir a la caja de combinación.

La principal característica de este cableado es que solamente tiene que soportar la intensidad y el voltaje otorgado por el módulo fotovoltaico, además se deberá tener en cuenta que no se produzca una caída de tensión superior a los criterios marcados por la norma vigente.

Para facilitar la reparación de averías y el mantenimiento de la instalación, lo ideal es tener todo el cable del mismo tipo y sección. No siempre es posible mantener esta condición, pues hay

ocasiones en una serie de strings se produce una caída de tensión demasiado grande, en tal caso se deberá recurrir a cables con secciones mayores.

Lo normal en este tipo de instalaciones es utilizar cables de cobre aislados con XLPE y conductor de cobre de 6 mm², y en el caso de que la caída de tensión no sea aceptable se utilizarán de 10 mm².

Los cables seleccionados deben agrupar una serie de características como:

- Resistencia al ozono.
- Resistencia a temperaturas extremas.
- Resistencia a los rayos ultravioletas.
- Resistencia al impacto.
- Resistencia a la abrasión.
- Alta vida útil, por lo menos de 30 años.

Los cables escogidos deben estar de acuerdo a lo marcado en la norma EN50618, y estos son: EXZHELLENT H1Z2Z2-K 1,8kV DC-03/1kV AC con código de identificación 1643109 para el de 6 mm² y 1643110 para el de 10 mm².

DATOS TÉCNICOS CABLEADO DE BAJA TENSIÓN (6 mm ²)	
Modelo tipo	EXZHELLENT H1Z2Z2-K 1,8 kV DC-06/1 kV AC
Código general del cable (mm ²)	1643109
Sección	1 x 6
Diámetro exterior (mm)	6,6
Aislamiento	XLPE
Peso (Kg/Km)	84
Radio mínimo de curvatura (mm)	27
Intensidad admisible al aire (A)	70
Caída de tensión en DC (V/A-Km)	9,445
R.c.c. a 20 °C (Ω/Km)	3,39

Tabla 12: Datos técnicos del cableado de string de 6 mm² (Fuente: Catálogo Exzhellent class solar H1Z2Z2 -K 1,8kV DC-06/1kV AC).

DATOS TÉCNICOS CABLEADO DE BAJA TENSIÓN (10 mm ²)	
Modelo tipo	EXZHELLENT H1Z2Z2-K 1,8 kV DC-06/1 kV AC
Código general del cable (mm ²)	1643110
Sección	1 x 10
Diámetro exterior (mm)	8
Aislamiento	XLPE
Peso (Kg/Km)	135
Radio mínimo de curvatura (mm)	32
Intensidad admisible al aire (A)	1,95
Caída de tensión en DC (V/A-Km)	96
R.c.c. a 20 °C (Ω/Km)	5,433

Tabla 13: Datos técnicos del cableado de string de 10 mm² (Fuente: Catálogo Exzhellent class solar H1Z2Z2-K 1,8kV DC-06/1kV AC).

7.6.1.2 Cableado de DC

El cableado DC es el que une las cajas de combinación con su correspondiente inversor. A diferencia del cableado de string, la sección del cableado de DC es considerablemente más grande, por lo que la inversión será mayor.

Para el transporte de energía se suelen usar aluminio o cobre. El cobre es el más común ya que presenta mejores propiedades conductoras, pero tiene el inconveniente de que es muy caro, a diferencia del aluminio que es más barato y aun así tiene muy buenas propiedades conductoras.

Para ajustar el presupuesto, se ha elegido como conductor aluminio con aislamiento XLPE. La sección necesaria es de 240 mm² cuando es posible y 300 mm² cuando la caída de tensión sea demasiado grande.

7.6.2 Cableado de media tensión

El cableado de media tensión es el que sale del transformador hacia los centros de corte de la instalación. Es el que junta toda la energía proveniente del generador fotovoltaico, además para su elección se deben seguir unos criterios más rigurosos que con el cableado de baja tensión.

El cableado de media tensión escogido es de aluminio clase 2 según IEC 60228. Los hilos serán de cobre y el aislamiento de polietileno reticulado tipo XLPE, siendo la cubierta exterior de Polietileno (PE).

Además, el cableado debe ser resistente al desgarro y a la abrasión y también tener fácil deslizamiento. Igualmente debe cumplir con las leyes IEC 60754-1 e IEC 60752-2 respecto a la reacción al fuego.

Los cables elegidos tienen las siguientes características:

DATOS TÉCNICOS CABLEADO DE MEDIA TENSIÓN	
Modelo tipo	HERSATENE RHZ1-OL H16 12/20 (24 kV)
Código general del cable (mm ²)	1282116
Sección	3 x 95
Conductor	Aluminio
Aislante	XLPE
Diámetro sobre aislamiento (MM)	23,1
Diámetro exterior (mm)	31,8
Peso (Kg/Km)	1035
Radio mínimo de curvatura (mm)	475
Intensidad admisible al aire (A)	255
Intensidad admisible enterrado (A)	205
R.c.c. a 20 °C (Ω/Km)	0,32
R.c. a 50 Hz (Ω/Km)	0,411
Inductancia (mH/Km)	0,405
Reactancia a 50 Hz (Ω/Km)	0,127
Capacidad (μF/Km)	0,202

Tabla 14: Datos técnicos cableado de media tensión (Fuente: Catálogo Hersanete RHZ1-OL H16 12/20(24) kV y 18/30 (36) kV).

7.7 Puesta a tierra

Como en cualquier instalación eléctrica, la puesta a tierra es un mecanismo de seguridad consistente en conducir en determinadas ocasiones corrientes hacia tierra para que así el usuario no entre en contacto con la electricidad.

Durante el diseño de las puestas a tierra siempre se ha de cumplir el Reglamento de Baja Tensión, especialmente las instrucciones ITC-BT18, ITC-BT19, ITC-BT24 e ITC-BT26. Estas instrucciones declaran que la profundidad nunca será menor a 0,5 metros y su configuración será tal que no se permita tensión de contacto superior a 24 Voltios.

Es una forma de evitar que se produzcan sobretensiones que pudieran derivar hacia personas o componentes de la instalación, por ello se disponen de tres tomas de tierra independientes entre ellas. Una corresponde al pararrayos, otra al centro de inversión y otra a las estructuras fotovoltaicas y demás elementos en general.

7.7.1 Puesta a tierra general

La primera toma de tierra, la general, consta de dos partes: por un lado, están los cables que se encargan de unir los módulos entre si y por otro lado tenemos un cable de cobre desnudo de 50 mm² de sección que recorre transversalmente la instalación al que se conectarán todas las bases de las estructuras, cajas de combinación y cualquier elemento por el que pase corriente.

A esta toma de tierra irá conectado el varistor del transformador tal y como se indican en las instrucciones ITC-BT-18 e ITC-BT-26.

Esta puesta a tierra general consta además de dos partes, por un lado, tenemos un cable de cobre sin revestir de 50 mm² que irá enterrado bajo la misma zanja que el resto de cableados a una profundidad de 0,8 metros, que recorrerá toda la instalación. Por otro lado, tendremos un cable de cobre aislado para unir las estructuras entre sí, este cable estará aislado con PVC de tipo TI1. El aislamiento será de color amarillo/verde para poder distinguirlo fácilmente. Estos cables deben estar de acuerdo con las normas:

- Clasificación respecto al fuego: EN 13501-6.
- Norma de referencia: UNE-EN 50525-2-31.
- IEC60332-1 sobre la no propagación de la llama.
- IEC 603323-24 sobre la no propagación de incendio.
- IEC 60754-1 sobre la reducida emisión de halógenos.

Los datos técnicos del cable tipo de cobre desnudo de 50 mm² de sección escogido son los siguientes:

DATOS TÉCNICOS CABLE DE TIERRA 50 mm ² AISLADO	
Modelo tipo	WIREPOL CPRO H07V-K 750 V
Sección	50
Conductor	Cobre desnudo flexible clase 5
Aislamiento	Mezcla termoplástico PVC tipo TI1
Temperatura de servicio	(-25) °C a 70 °C
Tensión nominal de servicio	750 V

Tabla 15: Datos técnicos de cable de tierra aislado de 50mm² (Fuente: Catálogo Prysmian Group RFQ2015, H07V-R YG 1 x 50. Fecha 21/10/2016).

Por otra parte, tenemos el cable que se colocará enterrado bajo las zanjas, que está construido en base a las normas IEC 60228 y UNE EN 60228. Sus características más relevantes son las siguientes:

DATOS TECNICOS CABLE DE TIERRA 50 mm ² Cu DESNUDO	
Modelo tipo	PRYSMIAN COPPER CONDUCTOR CLASS 2
Sección (mm)	50
Diámetro (mm)	8
Resistencia máxima (a 20 °C) (Ω/Km)	0,387
Peso (Kg/Km)	405

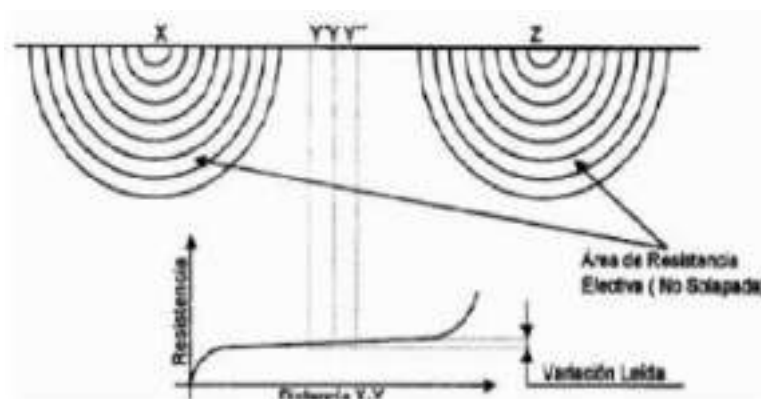
Tabla 16: Datos técnicos de cable de tierra de cobre desnudo de 50 mm² (Fuente: Catálogo Prysmian Group CONDUCTOR DE CU CLASE 2, fecha 02/03/2017).

7.7.2 Puesta a tierra del centro de inversión

La segunda toma de tierra será un cable cerrado en forma de rectángulo que rodea al centro de inversión y al que irá conectado cualquier parte metálica del mismo. Para asegurar que la toma de tierra cumple con todas las reglamentaciones y condicionantes marcados por la normativa, se añade una varilla de hierro recubierta por cobre galvanizado que hace de electrodo de tierra del tipo G10180-1018 de 3 metros de longitud.

En esta puesta a tierra es donde más actividad electromagnética habrá, por lo que es el punto más propenso a sufrir sobretensiones. Para cumplir con el Reglamento Técnico de Baja Tensión, este centro debe tener una red de puesta a tierra propia.

Esta puesta a tierra se va a colocar alejada de la toma de tierra principal con el fin de evitar solapamientos de potencial como se muestra en la siguiente figura:



Curva de resistencia frente a distancia sin solapamiento de potencial. [Ilustración 58]. Recuperado de: <http://electronicapascual.com/blog/?p=53>

En este caso se va a utilizar un rectángulo de hilo conductor desnudo de 50 mm² del mismo tipo que el anterior alrededor del centro de inversión. Se colocará una varilla de tres metros de longitud para asegurar que se descarga la sobretensión correctamente, esta varilla se colocará completamente enterrada en el suelo y así asegurar que la resistencia que ofrece el terreno es

menor que la marcada por la norma. En la norma se especifica que no se permiten las tensiones de contacto que superen los 24 V en cualquier punto del centro.

La varilla tiene las siguientes características:

DATOS TÉCNICOS ELECTRODO TIPO VARILLA DE PUESTA A TIERRA	
Modelo tipo	G10180-1018
Longitud (m)	3
Peso (Kg)	4
Diámetro (mm)	15,9
Espesor del galvanizado (mm)	0,254

Tabla 17: Datos técnicos de los electrodos tipo varilla (Fuente: Tierra física.com. Ficha técnica electrodo tipo varilla)

7.7.3 Puesta a tierra del pararrayos

Por último, la tercera toma de tierra estará destinada únicamente para evacuar la energía de los posibles rayos que caigan sobre el pararrayos. Con derivarla a tierra no es suficiente puesto que la energía de un rayo es enorme, por lo que habrá que hacerlo a cierta profundidad. La toma de tierra del pararrayos será un conductor de 50 mm² de sección vertical, enterrado verticalmente a una profundidad de 40 metros, con los primeros 20 metros aislados en mezcla termoplástico PVC tipo TI1 y los 20 siguientes desnudos para que se pueda descargar la energía eléctrica. El objetivo de esta toma a tierra es que el rayo se descargue lo suficientemente lejos de las demás cargas y así evitar que la corriente del rayo derive por ellas.

El pararrayos se colocará sobre el techo del centro de inversión ya que es el elemento más importante y costoso de la instalación, pero también podría colocarse en cualquier otro punto.

El cable escogido es el siguiente:

DATOS TÉCNICOS CABLE DE TIERRA 50 mm ² AISLADO	
Modelo tipo	WIREPOL CPRO H07V-K 750 V
Sección	50
Conductor	Cobre desnudo flexible clase 5
Aislamiento	Mezcla termoplástico PVC tipo TI1
Temperatura de servicio	(-25) °C a 70 °C
Tensión nominal de servicio	750 V

Tabla 18: Datos técnicos de cable de tierra aislado de 50mm² (Fuente: Catálogo Prysmian Group RFQ2015, H07V-R YG 1x50. Fecha 21/10/2016).

7.8 Centro de monitorización y control

El centro de monitorización y control del parque solar fotovoltaico estará situado a la entrada de la primera finca, será de 5 m², y en él se encontrarán:

- **Caja de monitorización:** el objetivo es controlar todo el funcionamiento de la instalación y recoger todos los datos que se originen en la misma. La caja de monitorización cumple las directivas 1999/05/EC R8 TTE, 2004/104/EC y 2002/95/EC ROHS. Sus características más relevantes son las siguientes:

DATOS TÉCNICOS CAJA DE MONITORIZACIÓN	
Modelo tipo	MONSOL COMBOX COMPUTER
Procesador	ARM9/400
Ethernet	Si
Temperatura de operación (°C)	(-30) °C a 80 °C
Voltaje de alimentación (V)	7 – 48

Tabla 19: Datos técnicos caja de monitorización (Fuente: Catálogo Monsol Combox Computer)

- **Rack de seguridad:** un rack es una caja de seguridad para guardar elementos o equipos. En este caso, en este rack, se guardarán los equipos, herramientas y accesorios utilizados para controlar los sistemas de seguridad.

Los armarios rack tipo elegidos están de acuerdo a lo acordado en las normas ANS/EIA-310-D, IEC 297-2, DIN 41491, PART1, DIN 41419, PART 7 y ETS1.

Las características son las siguientes:

DATOS TÉCNICOS RACKS	
Modelo tipo	Tecatel. Armario rack 19" 600 x 600 6U
Material	Acero laminado en frío
Carga máxima (Kg)	100
Protección	IP20
Dimensiones	Ancho 600 x largo 600

Tabla 20: Datos técnicos de los armarios racks (Fuente: Catálogo TECATEL. Código ITC-RACK12U).



Armario rack. [Ilustración 59]. Recuperado de: https://www.tecatel.com/tienda-online.html?PATH_INFO=tienda-online/05:06.html

- Rack de internet:** en este rack se encontrará un sistema de conexión ADSL para el control remoto de la planta y todos los accesorios necesarios para llevar a cabo este control remoto. Aquí encontraremos el router, que es un dispositivo de hardware que permite la conexión de ordenadores a la red. La finalidad del router será compartir los datos recogidos en la caja de monitorización para que así la planta pueda ser controlada remotamente. El router debe cumplir con los estándares de red especificados en IEEE 802.3 e IECC 802.11. Las características del router escogido son las siguientes:

DATOS TÉCNICOS ROUTER	
Modelo tipo	Router inalámbrico Wireless-G LinksysWRT54GL
Puertos	1 10/100 WAN a 10/100 LAN conmutada 1 alimentación
Indicadores LED	Alimentación, DMZ, WLAN, Ethernet (1,2,3,4), internet
Tasa de enlace máxima	54 Mbps
Temperatura de funcionamiento	0-40 °C

Tabla 21: Datos técnicos del router (Fuente: linksys. Router inalámbrico Wireless-G LinksysWRT54G. Código SKU WRT54GL.EU)

- Cuadro de baja tensión:** para alimentación eléctrica en el interior del edificio.
- Contador:** será trifásico de energía activa y reactiva, esto quiere decir que cuenta con las energías de diferentes tarifas seleccionables. Se encargará de contabilizar la energía que se produzca en el parque, así como la energía que consume la propia instalación. Los equipos de medida deben seguir la norma MIE BT O15. Las características del contador son las siguientes:

DATOS TÉCNICOS CONTADOR	
Modelo tipo	MKD-ITF-C2
Consumo máximo (W)	5
Frecuencia (Hz)	45...65
Tensión nominal (V)	300 - 500
Corriente mínima (mA)	160
Corriente nominal (A)	40
Corriente máxima (A)	120
Clase de precisión Energía activa	Clase 1-IEC81038
Clase de precisión Energía reactiva	Clase 2-IEC 81228
Rango de temperaturas (°C)	(-20) °C a 60 °C

Tabla 22: Datos técnicos del contador (Fuente: catálogo M.3-MKD contadores de energía eléctrica para consumos parciales).

7.9 Cableado de monitorización

El cableado de monitorización es el que se utiliza para transmitir las lecturas hechas hasta el centro de control y monitorización. Este tipo de cableado será de dos tipos diferentes en función de la parte de la instalación en la que se encuentre.

Un tipo de cable será de cobre trenzado, que funciona bien siempre y cuando no compartan zanja con el cableado de media tensión. En el caso en el que se comparta zanja se utilizará fibra óptica para evitar distorsiones.

El cableado de cobre debe cumplir la norma de referencia VDE 0812 y la IEC 60332-1-2 sobre la no propagación de la llama.

Las características del cable de cobre son las siguientes:

DATOS TÉCNICOS CABLEADO DE MONITORIZACIÓN	
Modelo tipo	LAPP GROUP UNITRONIC L2YCYv (TP)
Interfaz de señal	RS485 y RS422
Ámbito de uso	Hasta 10Mbps/s. Interfase de señal RS422
Aislamiento	Polietileno (PE)
Nº de hilos	7
Tensión de cresta de trabajo (V)	250
Rango de temperaturas	(-40) °C a 80 °C
Clasificación	ETIM 5.0 class-ID: EC000830

Tabla 23: Datos técnicos cableado de monitorización (Fuente: Catálogo LAPPGROUP PN0456/02/03/2016).

El cableado de monitorización que se encuentra en la misma zanja que el cableado de media tensión será de fibra óptica. El cable escogido sigue las normas EN 187000 y CEI 60794, de los ensayos mecánicos y térmicos, y también cumple las normas UNE-EN 50266 e IEC 60332-3 con respecto al comportamiento frente al fuego.

Las características más importantes que cumple el cableado de fibra óptica son:

DATOS TÉCNICOS FIBRA ÓPTICA	
Modelo tipo	Mini CDIR-SP-2.1
Nº de cables	4
Diámetro exterior (mm)	8,3±0,3
Sección de cada cable (mm)	2,1
Material	Fibras de Vidrio reforzadas WB
Peso (Kg/Km)	57
Tracción (N)	1050
Rango de temperaturas	(-20) °C a 70 °C

Tabla 24: Datos técnicos de la fibra óptica (Fuente: Catálogo Mini CDIR-SP-2.1. Referencia: ET.74.200. 02/2010).

7.10 Centros de corte

Los centros de corte tienen la capacidad de desconectar física y eléctricamente la instalación de la red cuando se dé la situación en la que sea necesario. La empresa distribuidora tendrá acceso al interior de estos centros, que en este caso se instalarán dos centros de corte, uno propio y otro perteneciente a la empresa eléctrica distribuidora. La empresa distribuidora tendrá que tener acceso a su centro de corte sin tener que entrar a la instalación, por lo que se colocará un vallado.

El centro de corte de la compañía eléctrica correrá a cargo de su cuenta, por lo que las dimensiones y características del mismo las diseñarán ellos.

El centro de corte del propietario de la instalación será un edificio prefabricado de hormigón que constará con las siguientes protecciones:

- Celda de línea con aislamiento y corte en SF₆: se encarga de proteger los cables que provienen de la instalación, es decir los de entrada al edificio.
- Celda de protección y medida de tensión en barras, con aislamiento y corte en SF₆: protege el transformador de servicios auxiliares que se encuentra dentro del edificio.
- Celda de medida: es donde se toman las medidas de tensión e intensidad para comprobar que todo funciona según las condiciones previstas.
- Celda de línea con aislamiento y corte en SF₆: es igual que la primera solo que en lugar de encargarse de proteger los cables de entrada, protege los de salida del edificio.

7.11 Pararrayos

El pararrayos estará situado en la parte superior del centro de inversión ya que es el elemento más caro de la instalación. La función del pararrayos es atraer los posibles rayos que puedan dañar

la instalación y derivarlos a tierra y así no solo proteger la infraestructura de la instalación, sino también a las personas.

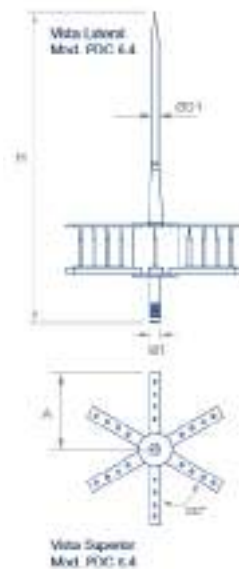
Las ventajas que se obtienen de colocar un pararrayos es que reconduce la energía del rayo, drena las cargas estáticas, estabiliza el voltaje y limita la tensión de tierra.

Las características del pararrayos elegido son:

- Estructura fabricada en acero inoxidable.
- Alta resistencia a temperaturas
- Alta resistencia a la intemperie y a atmósferas corrosivas.
- Dispone de un dispositivo de cebado con anticipación de trazado ascendente, condensado electro atmosférico y acelerador atmosférico.

Estas características aseguran su funcionamiento en cualquier condición atmosférica y ambiental. No obstante, el pararrayos diseñado debe cumplir también las normas CTE SUA-08, IEC 62305, UNE 21.186:2011, IEC 62.561/1, NFC 17.102:2011 y NP 4426:2013.

La vista en alzado y planta del pararrayos escogido es la siguiente:



Acotación de la pica del pararrayos. [Ilustración 60]. Recuperado de: <https://www.ingesco.com/es/productos/pararrayos-ingesco-pdc>

Así mismo, sus características principales son:

DATOS TÉCNICOS PARARRAYOS	
Modelo tipo	INGESCO mod. PDC 6.4
Materiales	Inox
H (mm)	598
D1(mm)	16
M1 (mm)	M20
A (mm)	188
Peso (g)	4150

Tabla 25: Datos técnicos del pararrayos (Fuente: Pararrayos INGESCO @PDC).

7.12 Vallado

El vallado es una de las medidas anti robo de las que dispondrá la instalación. Una opción para no tener que poner vallado sería colocar los módulos a bastante altura sobre el suelo, pero resultaría muy costoso y es necesario ajustar el presupuesto. Es por ello por lo que se ha optado por colocar vallado y cámaras a lo largo del perímetro.

A la hora de elegir el vallado se deben de tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Montaje rápido.
- Recubrimiento anticorrosión.
- Rigidez y calidad de los materiales.

El vallado elegido tiene las siguientes características:

DATOS TECNICOS VALLADO		
Modelo Tipo	Verja RITMO CLIP	
Altura (m)	2,4	
Bastidor	Longitud (m)	2,495
	altura (m)	2,43
Poste	tipo	RITMOCLIP 1,2 mm
	longitud total (m)	2,9
PLIEGUES	4	
Nº de clips por poste	4+4	
Distancia entre ejes de poste (m)	2,504	

Tabla 26: Datos técnicos del vallado (Fuente: Catálogo Verja TIRMOCLIP).

7.13 Cámaras de seguridad

Es uno de los sistemas de protección de la instalación junto con el vallado y los sensores a la entrada de la finca. Cuentan con un nivel de protección ambiental IP67 ya que las cámaras de seguridad se van a encontrar expuestas al entorno.

Para grabar correctamente por la noche tenemos dos opciones: la primera sería diseñar un sistema de iluminación, mientras que la segunda sería adquirir cámaras que pudieran grabar por la noche. Se ha escogido la última ya que es más simple y además iluminar toda la instalación resultaría muy costoso.

Las cámaras de seguridad escogidas cuentan con las siguientes características:

DATOS TÉCNICOS CÁMARAS DE SEGURIDAD	
Modelo tipo	HIKVISION DS-2CD4A24FWD-IZ(H)(S) (B)
Incluido foco infrarrojo	Si
Alcance de visión (m)	120
Condiciones de operación	(-30) °C a 60 °C
Consumo energético (W)	10,8
Dimensiones (mm)	100 x 103,9 x 311,8
Peso (g)	2000
Nivel de protección	IP67

Tabla 27: Datos técnicos de las cámaras de seguridad (Fuente: Catálogo HIKVISION DS-2CD4A24FWD-IZ(H)(S) (B) 2MP Smart IP Outdoor Bullet Camera).

Estas cámaras tienen que ser capaces de grabar por las noches, por lo que contarán con un foco infrarrojo de las siguientes características:

DATOS TÉCNICOS FOCOS	
Modelo tipo	LIR-IC88
Ángulo (°)	40
Potencia emitida (W)	15
Distancia iluminada (m)	180
Consumo (V)	12 (en DC) / 24 (en AC)
Dimensiones (mm)	620 x 210 x 470
Peso (Kg)	2330
Rango de temperaturas	(-30) °C a 40 °C
Nivel de protección	IP66

Tabla 28: Datos técnicos de los focos (Fuente: Catálogo IR LAB LIR-IC88)

7.14 Sensores de movimiento

Para complementar el sistema de seguridad formado por las cámaras de seguridad y el vallado, se ha optado por colocar sensores de movimiento a la entrada de cada una de las fincas, como tenemos 7 fincas se colocarán 14 sensores de movimiento, dos por cada finca.

Los sensores escogidos son de alta precisión, emiten ondas de alta frecuencia electromagnética (5.8 GHz) y reciben el eco. Cuando detectan alguna variación en la recepción del eco, encienden la luz.

Las características de los sensores son las siguientes:

DATOS TÉCNICOS SENSORES	
Modelo tipo	Microwave YCE2001
Suministro eléctrico (V en AC)	220-240
Sistema HF	Radar, 5,8 GHz, banda ISM
Potencia	1200
Potencia de transmisión (mW)	< 10
Angulo de detección (°)	360
Radio de acción (m)	3 a 10
Control de luz (LUX)	2 a 2000
Consumo eléctrico (W)	0,9

Tabla 29: Datos técnicos del sensor. (Fuente: catálogo EKANLUX LED, sensor de movimiento Microwave YCE2001).

7.15 Piranómetros

Los piranómetros son elementos meteorológicos, también son conocidos como actinómetro o solarímetro, que se encargan de medir de manera precisa la radiación solar incidente sobre la superficie de la Tierra.

En la instalación se van a colocar dos piranómetros, uno a la altura de los paneles y otro a la altura del suelo.

El objetivo principal de estos instrumentos es conocer la energía que se esperaría que entregara el generador fotovoltaico. Gracias a estos instrumentos se podrá detectar más fácilmente fallos en la instalación.

El piranómetro escogido cumple las normas ISO9060 y E2848, así como la guía WMO.

Sus características más importantes son las siguientes:

DATOS TÉCNICOS PIRANÓMETRO	
Modelo tipo	SENSOVANT SR11
Clasificación ISO	Primera clase
Incertidumbre de calibración	< 1,8 % (k = 2)
Rango espectral (m)	De 300 a 2800 x 10 ⁻⁹
Sensibilidad nominal (V/(W/m ²))	15 x 10 ⁻⁵
Rango de temperaturas (°C)	(-40) °C a 80 °C

Tabla 30: Datos técnicos piranómetro (Fuente: Catálogo SENSOVAT SR11 first class pyranometer).

7.16 Velela y anemómetro

La veleta y el anemómetro también estarán situados en la parte superior del centro de inversión, como el pararrayos. El objetivo de estos dos instrumentos es registrar la fuerza del viento y su dirección.

Estos equipos no son imprescindibles en la instalación solar fotovoltaica, pero puede ser de gran ayuda tenerlos ya que si se da algún problema en la instalación por culpa del viento se pueda justificar para que cubra los daños el seguro.

El funcionamiento del anemómetro se basa en que entrega una corriente eléctrica de manera proporcional a la velocidad del viento, realizando una conversión es capaz de obtener la velocidad del viento.

Los parámetros del anemómetro escogido son los siguientes:

DATOS TÉCNICOS ANEMÓMETRO	
Modelo tipo	Windsensor-IES 101010 Versión 1.0
Altura (mm)	160
Diámetro del zócalo (mm)	50
Diámetro de las aspas (mm)	134
Frecuencia proporcional para la velocidad del viento	100 Hz para 40 m/s
Rango de mediciones (m/s)	De 0,8 hasta 40
Condiciones ambientales de funcionamiento	(-25) °C - 60 °C

Tabla 31: Datos técnicos del anemómetro (Fuente: Instrucciones de instalación SMA Solar Technology AG Windsensor-IES101010 | 98-0025310 | Versión 1.0).

La veleta indica la dirección y sentido del viento incidente. La veleta escogida tiene las siguientes características:

DATOS TÉCNICOS VELETA	
Modelo tipo	ied electronics. WV4403 4-20 mA
Alimentación (Vdc)	15...24
Rango (°)	0 – 360
Velocidad de arranque (Km/h)	3
Velocidad máxima (Km/h)	200
Dimensiones (mm)	129 x 190
Tª de funcionamiento (°C)	(-20) °C - 60 °C

Tabla 32: Datos técnicos veleta (Fuente: Catálogo ied electronics. Veleta WV4403 4-20mA/WV5H25 4-20mA (calefactado)).

7.17 Tubos de plástico corrugado

Los tubos de plástico corrugado serán utilizados para llevar los cables hasta el centro de inversión, de allí a los centros de seccionamiento y corte.

A través de estos tubos se conducirán los cables de string cuando la caja de combinación en la que conectan se encuentre en una fila diferente, al igual que los cables de monitorización, pero no los cables de DC.

Estarán situados dentro de las zanjas para así conducir los cables de string y los cables de monitorización hasta sus respectivos destinos.

El tipo de tubo a utilizar cumple las normas UNE-EN 61386-2-4 sobre dimensiones de fabricación y la norma UNE-EN 61386-2-4 sobre el grado de protección, que en este caso cuenta con un nivel de protección IP54.

Las características más importantes de los tubos son:

DATOS TECNICOS DEL TUBO DE PLASTICO CORRUGADO	
Modelo tipo	AISCAN DP90
Composición	Polioléfina
Diámetro exterior (mm)	90
Diámetro interior (mm)	73
Secuencia de espiras	6-5-6-5-6
Capas	5
Radio mínimo de curvatura (mm)	252
Resistencia al impacto a -5 °C (J)	20

Tabla 33: Datos técnicos de los tubos de plástico corrugado (Fuente: Aiscan nº de ficha EP-DPNR edición 13, en 10/2013).

7.18 Camino

El camino es imprescindible en el parque solar fotovoltaico ya que para realizar las operaciones de mantenimiento o reparaciones de averías el personal deberá desplazarse por la instalación. Lo ideal será dejar un espacio intermedio más o menos a la mitad de cada finca para comunicar los extremos superior e inferior de la misma.

La construcción del camino se llevará a cabo excavándolo y después volviéndolo a llenar con grava tipo 1 en el fondo y tipo 2 en la superficie. Después se pasará el rodillo para asegurar que la grava quede en perfectas condiciones.

7.19 Protecciones generales de la instalación fotovoltaica

Los elementos de protección de los que dispondrá la instalación solar fotovoltaica, están basados en lo que se recoge en el Real Decreto 1663/2000, así como las propuestas de seguridad del pliego técnico del IDAE. Los elementos de protección son los siguientes:

- Interruptor general manual, interruptor magnetotérmico o diferencial. Este interruptor tendrá intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora energética, siendo éste accesible por dicha empresa para la desconexión manual.
- Interruptor magnetotérmico diferencial para proteger contra posibles derivaciones en la parte alterna de la instalación.
- Interruptor automático de interconexión controlado por software, controlador permanente de aislamiento.
- Puesta a tierra del marco de módulos y de la estructura mediante cable de cobre desnudo y puya de tierra, siguiendo la normativa vigente, como ya se ha expuesto en los puntos anteriores.
- Puesta a tierra de la carcasa del inversor.
- Fusible en cada polo del generador fotovoltaico.

7.20 Costes de inversión

A la hora de desarrollar cualquier proyecto se debe tener en cuenta la inversión económica que supondrá. En este tipo de proyectos también es de vital importancia el rendimiento económico de la instalación, así como la ocupación del terreno. Pues se ha visto que uno de los factores que afecta en mayor o menor medida a la producción es la ocupación del terreno, por lo que si ésta se optimiza obtendremos una mayor producción.

Los costes de la instalación pueden resumirse en:

- El coste de los inversores y de los transformadores.
- El coste de la infraestructura de transporte para conectar a la red la energía producida por el parque solar fotovoltaico.
- El coste por la compra de todos los módulos solares.
- El coste de la estructura en la que se colocan los módulos, que en este caso serán seguidores por lo que este coste será más elevado que si se tratase de una estructura fija.
- El coste del resto de los componentes e infraestructura necesaria como el cableado, cajas de combinación, switches, etc.

Una de las causas por las que se ha elegido utilizar un seguidor en lugar de una estructura fija es el beneficio que da, pues obtendremos una mayor producción dado que aumenta la potencia generada en toda la planta, por lo que podremos amortizar en mayor medida todos los costes mencionados anteriormente.

8 Análisis de riesgos y su prevención

A la hora de analizar los riesgos que puedan darse durante una obra, lo más sencillo es dividir los grupos de trabajo en función de las especialidades de los trabajadores. Por ello, se va a realizar un estudio dividido en las fases del montaje de la instalación, atendiendo a la maquinaria, equipos y medios auxiliares que se van a utilizar en cada una de las fases.

8.1 Análisis de riesgos generales en el montaje de la instalación solar fotovoltaica

- Riesgos generales

Se entiende por riesgos generales aquellos que incluyen a todas o casi todas las fases de la obra, es decir, que no solo se pueden dar en una fase sino en más. Estos riesgos son:

- Caídas de objetos.
- Incendios.
- Explosiones.
- Caídas de trabajadores.
- Atrapamiento o aplastamiento entre objetos o maquinaria.
- Riesgos por sustancias químicas.
- Contactos eléctricos.
- Daños físicos por posturas inadecuadas, sobreesfuerzos o movimientos bruscos.

- Medidas de prevención a adoptar

Como medidas de prevención a adoptar durante la obra se entiende que son aquellas que deben ser respetadas durante todo el proceso de construcción, así como las que son más específicas para cada fase.

- *Sistemas de protección colectiva*: son aquellas que deben ser respetadas por todos los trabajadores de la obra para su correcta instalación. En la siguiente tabla se muestran las más comunes:

SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD				
Tipo de señal	Forma	Color de seguridad	Color de contraste	Color del símbolo
Señales de prohibición	Círculo	Rojo	Blanco	Negro
Señales de advertencia	Triángulo equilátero	Amarillo	Negro	Negro
Señales de salvamento	Rectangular	Verde	Blanco	Blanco
Señales de obligación	Círculo	Azul	Blanco	Blanco
Señales relativas a equipos de lucha contra incendios	Rectangular	Rojo	Blanco	Blanco

Tabla 34: Código de señalización por colores (Fuente: Iberdrola)

Es muy habitual encontrarse las señales de seguridad completadas por letreros o elementos auxiliares como son:

- Cinta de señalización: señala objetos u obstáculos, de color amarillo y negro inclinadas 60º con la horizontal.
 - Cinta de delimitación de la zona de trabajo: para evitar la intrusión de personas ajenas a la faena, son de color rojo y blanco.
 - Señales óptico-acústicas de vehículos de obra: bocina, señales sonoras o luminosas para la realización de la maniobra de marcha atrás, dispositivos de balizamiento de posición y señalización, etc.
 - Iluminación: tendrá 20 lux en zonas de paso y entre 200-300 lux en zonas de trabajo, las linternas serán de 24 V y se excluye la iluminación por llama.
 - Protección de personas contra contactos eléctricos: la instalación atenderá al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y será verificada por el instalador autorizado, todos los cables estarán conexiados mediante uniones antihumedad y antichoque, además los cables estarán acordes a la carga que han de soportar. Las máquinas fijas dispondrán de toma de tierra independiente, mientras que las líneas de suministro interno de la obra tendrán toma de tierra continua. Las tomas de corriente serán blindadas, además dispondrán de neutro.
 - Prevención de caídas de personas: si el riesgo de caída es superior a 2 metros, el operario estará protegido mediante un arnés de seguridad anclado a un punto fijo de sujeción.
 - Prevención de incendios: cada grupo electrógeno dispondrá de un extintor con agente seco o producto similar para combatir incendios.
- *Normas de carácter general:*
 - Prohibida la presencia de personal cuando las máquinas se encuentran en movimiento.

- El operador de la máquina debe realizar los controles pertinentes indicados en el manual del fabricante antes de poner en marcha la máquina.
 - Los operarios de la máquina deben estar correctamente habilitados para su manipulación.
 - Prohibido trabajar en zonas de posibles desprendimientos de tierra.
 - Aquellos trabajos que se realicen en las proximidades de la línea de tensión, deberán ser supervisados por un vigilante de la empresa suministradora.
 - Los trabajos que deban realizarse a más de 2 metros de altura deberán llevar a más anclado a un punto de seguridad.
- *Circulación en la obra:*
 - Los vehículos pesados no deberán sobrepasar los 20 km/h y los vehículos ligeros los 40km/h.
 - Las máquinas que circulen por el interior de la obra deberán estar lo suficientemente separada de los bordes del talud con el fin de evitar desprendimientos dado que su cercanía a este tipo de terrenos puede provocar inestabilidad.
 - A la hora de realizar un movimiento imprevisto con cualquier vehículo o máquina, deberá realizarse una señal acústica para avisar de la maniobra.
 - El acceso del personal a la obra será diferente del de los vehículos con el fin de evitar accidentes.
 - Los transportes de material o maquinaria por la vía pública se realizarán siempre bajo las normas viales establecidas por la autoridad competente.

8.2 Obra civil

La obra va a seguir las siguientes fases para el desarrollo de los trabajos: movimientos de tierras, extendido de materiales, excavaciones y montaje de elementos.

- Excavación de zanjas
- *Riesgos asociados a esta actividad:* caídas de personas y objetos, pisadas sobre objetos, golpes, atrapamientos por vuelco de maquinaria o entre objetos, sobreesfuerzos, atropellos, proyección de fragmentos, etc.
- *Medidas de prevención a aplicar:*
 - Cumplirse la prohibición de presencia de personal en las cercanías de la maquinaria durante su trabajo.
 - Cumplir la prohibición de estar alejado de las zanjas.
 - Establecer fortificaciones y revestimientos de contención de tierra.

- Los trabajos que deban realizarse en las proximidades de los taludes se realizarán armados con un cinturón de seguridad.
 - En caso de encontrar agua cerca de las zanjas, se efectuará un achique para evitar que los taludes se vuelvan inestables.
 - Si la profundidad de la zanja es superior a 2 metros, se protegerán los bordes con una barandilla reglamentaria.
 - Se señalará correctamente el recinto de obra mediante el vallado correspondiente.
 - Si los trabajadores requieren de iluminación, utilizarán lámparas portátiles de 24 Voltios.
 - Durante la noche las excavaciones se señalarán con balizas indicativas de riesgos de caídas y con cintas reflectantes.
- *Equipos de protección individual a utilizar:*
 - Casco de seguridad reglamentario.
 - Gafas de protección reglamentarias.
 - Mascarillas de protección reglamentarias.
 - Guantes de trabajo.
 - Botas de seguridad y botas de agua con puntera reforzada en acero.
 - Ropa de protección.
 - Cinturón de seguridad, cuerdas o cables de sujeción salvavidas con el amarre establecido correctamente.

8.3 Riesgos generales

- Manipulación manual de cargas

La manipulación manual de cargas incluye todas aquellas acciones que impliquen transporte, levantamiento, sujeción, colocación o desplazamiento de cualquier carga por parte de los trabajadores de la obra.

- *Riesgos asociados a esta actividad:*
 - Caídas a distinto o mismo nivel.
 - Sobreesfuerzo del personal.
 - Pisadas sobre objetos.
 - Golpes.
 - Caídas del objeto que se esté manipulando.
 - Choque contra objetos.
- *Medidas de prevención a aplicar:*
 - A la hora de levantar cualquier tipo de carga, el operario deberá tener su centro de gravedad lo más próximo posible a la carga siempre que se pueda, de manera que le resultará más sencillo conservar el equilibrio.

- Si la carga pesa más de 50 kilos, la manipulación se deberá realizar entre dos personas.
- Se debe mantener libre de obstáculos el espacio en el que se vaya a realizar la manipulación.
- Es aconsejable preparar la carga antes de cogerla, ya que podría generar inestabilidad y se podría romper.

- *Equipo de protección de personal:*

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad con suela antideslizante y puntera de acero.
- Guantes de trabajo.
- Ropa de protección.
- Cinturón de banda ancha para las vértebras dorsolumbares.

- Trabajos próximos a elementos en tensión

- *Riesgos asociados a esta actividad:*

- Caídas al mismo y distinto nivel.
- Electrocuciiones.
- Incendios.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.

- *Medidas de prevención a aplicar:*

- Se deben respetar todas las normas establecidas en el Real Decreto 614/2001 para la protección de la seguridad y salud de los empleados frente al riesgo eléctrico.
- Por la peligrosidad que implica trabajar cerca de los elementos de tensión, los trabajos deberán ir dirigidos por un jefe cualificado, el cual será el responsable de que se cumplan todas las normas de seguridad.
- Utilizar equipos adecuados como son alfombrillas aislantes, cascos, guantes, pantalla facial, herramientas aisladas, así como cualquier otro elemento de protección.
- Delimitar la zona de trabajo respecto de las zonas de peligro colocando balizas que sean visibles para evitar riesgos.
- Informar a los trabajadores de la situación de los elementos de tensión y cuáles son las medidas de precaución y seguridad que se deben tomar para no invadir la zona de peligro.

Un	D _{PEL-1}	D _{PEL-2}	D _{PROX-1}	D _{PROX-2}
≤1	50	50	70	300
110	160	100	210	500
132	180	110	330	500
220	260	160	410	500
380	390	250	540	700

Tabla 35: Distancias mínimas de seguridad a elementos en tensión según voltaje (Fuente: Iberdrola)

- Las distancias de seguridad para trabajos que se realicen en las proximidades de las líneas eléctricas, mantendrán las siguientes distancias de seguridad:

Siendo:

- D_{PEL-1} : distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm).
- D_{PEL-2} : distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando no exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm).
- D_{PROX-1} : distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm).
- D_{PROX-d} : distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando no resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo.

- *Equipos de protección a utilizar:*

- Cascos de seguridad contra arco eléctrico.
- Guantes dieléctricos para alta y baja tensión.
- Botas de seguridad con suela antideslizante y puntera reforzada.
- Gafas de protección o pantalla de protección facial contra arco eléctrico.

- Trabajos en tensión

- *Riesgos asociados a esta actividad:*

- Caídas al mismo y distinto nivel.
- Caídas de objetos.
- Incendios.
- Contactos eléctricos.

- *Medidas de prevención a aplicar:*

- A la hora de realizar este tipo de trabajos, los trabajadores deberán estar formados y cualificados adecuadamente para ello. Los equipos que utilicen para realizar el trabajo deben de ser los adecuados, así como los procedimientos que utilicen para el mismo. Se atenderá a lo marcado en el Real Decreto 614/2001 para asegurar las protecciones adecuadas para la salud y la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Los operarios utilizarán equipos de protección individual perfectamente adecuados a las circunstancias de trabajo.
- Los materiales inflamables o aquellos materiales que dificulten el acceso a la zona de trabajo, deberán mantenerse alejados de las zonas con riesgo de arco eléctrico. Solo se realizarán los trabajos en dicha zona una vez se haya suprimido cualquier riesgo de incendio o explosión.
- Aquella zona en la que se vaya a realizar un trabajo de este tipo deberá estar señalizada correctamente, así como tener la suficiente iluminación.

- Si el trabajo se realiza en una zona poco accesible, se llevará a cabo por un mínimo de 2 operarios con al menos uno de ellos conocimientos en primeros auxilios por si ocurriera algún accidente.
 - Todo aquel material o equipo que se vaya a utilizar en los trabajos de alta tensión, deberán estar perfectamente definidos, así como su conservación, transporte, inspección o almacenamiento. Además, se tendrá también en cuenta la altitud y contaminación que exista ya que se puede deteriorar la calidad del aislamiento de las herramientas o equipos.
 - En el caso de que se diera una condición climatológica complicada, los trabajadores deberán alejarse de manera segura de la zona de trabajo de alta tensión, así como dejar los materiales y equipos de manera segura para evitar posibles incidencias.
- *Equipos de protección individual a utilizar:*
 - Casco de seguridad contra arco eléctrico.
 - Guantes de seguridad para alta y baja tensión.
 - Arnés de seguridad.
 - Ropa de trabajo de seguridad.
 - Gafas de protección o pantalla de protección facial contra arco eléctrico.
 - Botas de seguridad con puntera reforzada y suela aislante y antideslizante

8.4 Maquinaria a emplear

- Retroexcavadora
- *Riesgos asociados a esta actividad:*
 - Caídas al mismo y distinto nivel.
 - Caída de los objetos que se estén manipulando.
 - Choque contra objetos.
 - Contactos eléctricos.
 - Atropellos.
 - Atrapamientos por la posible vuelta de la máquina.
 - Exposición a ambientes con mucho polvo que dificulte tanto la vista como la respiración.
- *Medidas de prevención a aplicar:*
 - Toda la maquinaria que se vaya a emplear durante la obra deberá estar en perfectas condiciones de trabajo, así como cumplir todas las normas en vigor que le atañen. Además, todas las maquinas deberán estar provistas de todos los mecanismos y dispositivos de seguridad que se requieran con el fin de evitar cualquier accidente

que pueda afectar a los trabajadores que se encuentren en las proximidades de la misma.

- Todo el personal encargado de vehículos o maquinaria en movimiento deberá estar correctamente formado para ello.
- Tanto la maquina como sus componentes deberán pasar revisiones periódicas para asegurar su correcto funcionamiento.
- Todo movimiento realizado por la máquina deberá estar correctamente señalizado y realizado a velocidades lentas, especialmente en aquellos lugares con más riesgo.
- La cabina contará con un extintor de incendios.

- *Equipos de protección a utilizar:*

- Casco de seguridad.
- Guantes de trabajo.
- Botas antideslizantes y con puntera de seguridad.
- Gafas de protección.
- Mascarilla de protección.
- Cinturón de seguridad.
- Ropa de protección.

- Grúa

- *Riesgos asociados a esta actividad:*

- Caídas al mismo y distinto nivel.
- Caídas de objetos en manipulación.
- Colisión contra objetos.
- Atrapamiento por vuelco de máquina.
- Atropellos.
- Contactos eléctricos.

- *Medidas de prevención a aplicar:*

- Todos los trabajos estarán adaptados a las características de la grúa, es decir, la carga máxima, la longitud de la pluma, la carga de contrapeso, etc. Con el fin de evitar posibles accidentes por mal uso.
- El gancho que se utiliza para elevar los objetos dispondrá de un limitador de ascenso, y dispondrá de pestillo de seguridad.
- La armadura de la grúa deberá estar conectada a tierra.
- Está totalmente prohibido el transporte de personas en la grúa, así como arrastrar cargas o el uso de la grúa para trabajos que no le corresponden.
- Para usar la grúa, el maquinista encargado deberá estar correctamente cualificado para ello. Además del maquinista, se necesitarán otros operarios para enganchar y

realizar las señalizaciones pertinentes para asegurar el transporte de la carga en condiciones óptimas de seguridad.

- *Equipos de protección a utilizar:*

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad con suela antideslizante y puntera reforzada.
- Guantes de trabajo.
- Gafas de protección.
- Mascarilla de protección.
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares.
- Ropa de protección.

- Amasadora

- *Medidas de prevención a aplicar:*

- La máquina ha de estar en una superficie llana y robusta durante toda su utilización.
- Las partes móviles y de transmisión estarán protegidas con carcasa.
- Solo se podrá manipular manualmente la amasadora cuando se encuentre totalmente desconectada de la alimentación general.

- *Equipos de protección a utilizar:*

- Casco de seguridad.
- Gafas de protección.
- Mascarilla de protección.
- Protecciones auditivas.
- Botas de seguridad con suela antideslizante y puntera reforzada con acero.
- Ropa de trabajo ajustada para evitar atrapamientos por el tambor cuando gira.

8.5 Máquinas y herramientas manuales

- *Riesgos asociados a esta actividad:*

- Cortes o golpes con los objetos que se estén manipulando.
- Salpicadura de partículas o fragmentos.
- Exposición a ambientes con mucho polvo.
- Exposición al ruido.

- *Medidas de prevención a aplicar:*

- Si fuera necesario cortar el objeto, se trabajará a la presión recomendada por el fabricante. En el caso de cortar dicho objeto con un soplete, al acabar el trabajo se

deberá colocar la boca del soplete hacia un espacio libre o en dirección a elementos no inflamables.

- Si el trabajo se realiza en un recinto cerrado se verá tener una ventilación adecuada.
- Las herramientas de combustión pasarán por revisiones periódicas ya que es importante tenerlas siempre en buen estado. Cuando se llene el depósito de las mismas, se hará con el motor parado.
- Las herramientas estarán sujetas a elementos de protección para impedir que dichas herramientas salten.
- Las herramientas que funcionen con aire también pasarán por revisiones periódicas.
- Para las herramientas hidráulicas se debe fijar con una cadena el extremo de la manguera para impedir su descompresión brusca.
- En todo momento se utilizarán gafas de seguridad y guantes de trabajo.
- Las herramientas eléctricas también pasarán por revisiones periódicas, especialmente comprobando el estado de las protecciones.
- Está totalmente prohibido arrastras cualquier herramienta o accesorio de la misma.
- La desconexión de las herramientas se hará adecuadamente y no de un tirón brusco.
- Cualquier operario que vaya a utilizar una herramienta deberá estar formado para su uso.
- La ropa de trabajo será ajustada, pues al llevarla holgada podrían sufrir atrapamientos.

8.6 Instalaciones provisionales

En este apartado se van a considerar los riesgos y medidas preventivas asociados a las instalaciones provisionales de la obra.

- **Instalación provisional eléctrica**

La instalación provisional eléctrica irá montada en un punto fijado por los propietarios de la distribuidora eléctrica. Dicha instalación dispondrá de un armario de protección de módulos normalizados, un cuadro general de mando y protección del que saldrán todos los circuitos necesarios para suministrar los cuadros secundarios para la alimentación de los diferentes medios auxiliares. Además, del cuadro general saldrá un circuito para alimentación de los cuadros secundarios, donde se conectarán las herramientas portátiles para la realización de los trabajos

- *Riesgos asociados a esta actividad:*
 - Caídas al mismo y distinto nivel.
 - Golpes contra objetos.
 - Contactos eléctricos.

- *Medidas de prevención a aplicar:*
 - Solamente podrán manipular los equipos eléctricos el personal capacitado para ello.
 - Se deberá tener en cuenta que cualquier parte de la instalación está conectada a tensión, por lo que se deberá ser muy precavido para evitar contactos eléctricos.
 - En el caso de que los conductores vayan por el suelo, no podrán ser pisados ni colocar ningún objeto encima de ellos. A ser posible los cables irán enterrados en el suelo y señalados correctamente.
 - Los cuadros eléctricos serán metálicos de tipo para intemperie, con puerta y cerrojo de seguridad según la norma UNE 20-324.
 - Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra y estarán señalizados con la baliza normalizada correspondiente.
 - Los interruptores estarán en el interior de las cajas normalizadas para que no puedan ser manipulados por cualquier operario.
 - Solo se conectará un aparato por toma de corriente.
 - El neutro de la instalación estará conectado a tierra.
 - Se señalará la prohibición de paso a la instalación de equipo eléctrico a toda persona no autorizada.
 - Se darán instrucciones sobre las medidas a adoptar en caso de incendio u otro accidente de origen eléctrico.
 - Todo equipo de la instalación provisional eléctrica que presente cualquier deterioro será sustituido inmediatamente.

- *Equipos de protección individual a utilizar:*
 - Casco de seguridad contra arco eléctrico.
 - Guantes de trabajo.
 - Guantes aislantes para baja tensión.
 - Ropa de trabajo.
 - Botas de seguridad con suela antideslizante, aislante y puntera reforzada.

8.7 Asistencia a accidentados

- Centros asistenciales en caso de accidente

En caso de accidente en la obra se contará con los servicios auxiliares adecuados. Es por ello por lo que la obra contará con un lugar visible en el que haya un botiquín de primeros auxilios y una lista de teléfonos y direcciones de los centros de salud asignados.

- Botiquín de primeros auxilios

Se dispondrá de varios botiquines de primeros auxilios en toda la obra, de manera que cada botiquín esté a cargo de una persona capacitada por la empresa, con los conocimientos adecuados para efectuar una cura de emergencia en caso de accidente.

En el botiquín se encontrarán los siguientes elementos:

- Agua oxigenada.
- Alcohol de 96°.
- Tintura de iodo.
- Gasa estéril.
- Amoniaco.
- Algodón hidrófilo estéril.
- Esparadrupo antialérgico.
- Torniquetes antihemorrágicos.
- Guantes esterilizados.
- Termómetro.
- Bolsa para agua o hielo.
- Antiespasmódicos.
- Analgésicos.
- Jeringuillas desechables.
- Tónicos cardiacos de urgencia.

9 Puesta en marcha de la instalación

Antes de poner en marcha la instalación de manera definitiva, se deberán realizar una serie de comprobaciones con el fin de asegurar la perfecta ejecución del proyecto y el correcto funcionamiento de toda la instalación.

Ya que todos los equipos empleados en el proyecto son de alta fiabilidad, los fallos de los componentes son muy escasos, por lo que la gran mayoría de los fallos se dan durante el montaje de la instalación, por lo que las comprobaciones finales del correcto funcionamiento serán sencillas.

La verificación del correcto funcionamiento de la instalación la rigen las normas UNE 20460 parte 6-61 y la ITC-BT-19. Estas se dividen en dos partes: por una parte, una verificación por examen, en la cual no es precisa la toma de medidas y por otro lado, en la otra parte sí que será necesario la toma de medidas.

9.1 Verificación por examen

En esta comprobación se hacen ensayos y medidas del conjunto de la instalación cuando se encuentra sin tensión. Comprobándose los siguientes aspectos:

- Se comprueba que el material eléctrico que se ha empleado es el que se establece en las prescripciones establecidas en el proyecto.
- Se comprueba que el material ha sido elegido e instalado correctamente conforme a las prescripciones del fabricante del material y que éste no presente ningún daño visible que pueda comprometer la seguridad.
- Se comprueban las medidas de protección contra choques eléctricos por contacto directo, así como los derivados por fallos de aislamiento de las partes activas de la instalación, es decir, de los contactos indirectos.
- Se comprueba la existencia y calibrado de dispositivos de señalización y protección.
- Se comprueba la correcta visibilidad de circuitos, interruptores, enchufes, fusibles, etc.
- Se comprueba que los conductores estén conexiados correctamente.

9.2 Verificación mediante medidas y ensayos

Las siguientes pruebas de verificación están desarrolladas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), en concreto en las ITC-BT-18 e ITC-BT-19. Las comprobaciones que se van a realizar son las siguientes:

- Comprobar la correcta continuidad de los conductores de protección.
- Comprobar la resistencia de la puesta a tierra.
- Comprobar la resistencia de aislamiento de suelos y paredes, así como la resistencia de aislamiento de los conductores.
- Comprobación de la rigidez dieléctrica.

- Comprobación de la impedancia en bucle.
- Comprobación de las corrientes de fuga.
- Comprobación de la intensidad de disparo de los diferenciales.

10. Conclusiones y líneas futuras

Con todo lo detallado anteriormente, se pretende que el presente proyecto pueda llevarse a cabo en la vida real, pues se han estudiado todas las características para que el mismo resulte viable. Pues atendiendo a todas las características técnicas del proyecto así como a todas las especificaciones que se han detallado para el transcurso de la obra, la instalación solar fotovoltaica diseñada atiende a todas las características necesarias para el correcto desarrollo y funcionamiento de la misma.

Además, a día de hoy lo que se espera de un estudiante de ingeniería que ha finalizado su formación es que sea capaz de afrontar problemas tecnológicos que se le presentan en la sociedad, afrontando estos problemas de forma respetuosa con el medio ambiente pensando en el desarrollo sostenible y, por último, que las soluciones propuestas sean viables económicamente y en ellas se aprovechen todos los recursos que se tengan al alcance. Todas estas cuestiones se abarcan dentro del marco que representa la energía solar fotovoltaica.

Uno de los retos que nos estamos encontrando a día de hoy y que seguiremos encontrándonos en un futuro, es el crecimiento de la demanda de energía a nivel mundial. La energía solar se presenta como una alternativa sostenible tanto en países con gran demanda energética como en poblaciones aisladas con gran dependencia aún de los combustibles fósiles.

Poniendo un punto de vista más futurista, estamos entrando en la denominada era espacial. Por lo que es muy importante tener en cuenta que la energía solar representa, hoy en día, la principal fuente de energía para el consumo en el espacio, lo que nos motiva aún más a desarrollar y perfeccionar esta tecnología.

Para desarrollar y perfeccionar la tecnología basada en energía solar fotovoltaica, es necesario formar profesionales que continúen con el desarrollo de las energías renovables para hacer frente al gran reto ambiental que tenemos delante.

El sector privado dedicado al desarrollo de las energías renovables es cada vez más fuerte, recibe más ayudas por parte de los estados a nivel mundial y es más competitivo. De hecho, la bajada de los precios en todos los componentes de las instalaciones, motivadas por la creciente competencia dentro del sector, así como la apuesta por las energías renovables en muchos países ha provocado un crecimiento exponencial de la potencia fotovoltaica instalada.

No obstante, el trabajo por desarrollar esta fuerte fuente de energía debe continuar, por lo que el gasto en investigación debe aumentar y el objetivo debe ser el alcanzar la máxima producción de energía limpia y renovable posible.

11. Bibliografía y fuentes consultadas

EQUIPO EDITORIAL: UF0153: Montaje eléctrico y electrónico en instalaciones solares fotovoltaicas, España, 2014.

ANTONIO AGUILERA NIEVES: Mantenimiento de instalaciones solares fotovoltaicas, Editorial Vértice, España, 2011.

VICENTE SALAS MERINO: Legislación y Normativa de los Sistemas Fotovoltaicos de Conexión a Red, Editorial Liber Factory.

ROLDÁN VILORIA, J. Necesidades energéticas y propuestas de instalaciones solares. Ediciones Paraninfo S.A, España, 2014.

ANA MARÍA NAVARRO GOZALBO: EE1028 - Instalaciones de Energías Renovables, Universitat Jaume I, España, 2018.

HÉCTOR BELTRÁN SAN SEGUNDO: EE1021 - Instalaciones eléctricas de baja y media tensión, Universitat Jaume I, España, 2018.

SALVADOR ESCODA S.A. Libro blanco de las energías renovables. Ediciones Salvador Escoda S.A, Edición 18.1, España, 2018

TOMÁS DÍAZ CORCOBADO Y GUADALUPE CARMONA RUBIO: Instalaciones solares fotovoltaicas, Editorial McGraw-Hill Interamericana, España, 2010.

Ventajas y desventajas de los paneles solares: mono, policristalinos y de película delgada, <https://energiasolarfotovoltaica.org/ventajas-y-desventajas-de-los-paneles-solares-2>.

IRENA Electricity Storage Costs, 2017.

a. Páginas webs consultadas

- <https://energia-nuclear.net/reactor-nuclear/reactores-agua-presion-pwr>
- <https://www.csn.es/reactores-de-agua-a-presion-pwr->
- <https://energia-nuclear.net/reactor-nuclear/reactor-agua-ebullicion-bwr>
- <https://www.factorenergia.com/es/blog/noticias/energias-renovables-caracteristicas-tipos-nuevos-retos/>
- <https://www.csn.es/reactores-de-agua-en-ebullicion-bwr->
- <http://www.rtve.es/noticias/20170806/centrales-nucleares-espana-seis-activo-entre-29-36-anos-antiguedad/1592460.shtml>
- [https://mat.camino.upm.es/wiki/Estudio de Localizaci%C3%B3n de una Central Nuclear](https://mat.camino.upm.es/wiki/Estudio_de_Localizaci%C3%B3n_de_una_Central_Nuclear)
- https://www.sne.es/images/stories/recursos/publicaciones/posicionamiento/SNE_Posicionamiento_Vida_Util.pdf

- <https://www.csn.es/documents/10182/932653/La+vida+%C3%BAtil+de+las+centrales+nucleares+espa%C3%B1olas>
- <http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/is-32.pdf>
- <https://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/glossary/nuclear-steam-supply-system.html>
- <https://www.euronuclear.org/info/encyclopedia/m/mwe.htm>
- <https://www.elmundo.es/comunidad-valenciana/2015/10/16/56212eb6ca47414f0f8b4589.html>
- <http://biokima.com/la-importancia-de-las-energias-renovables/>
- <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>
- <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/>
- <https://autosolar.es/blog/energia-solar-fotovoltaica>
- <https://como-funciona.co/la-energia-termica/>
- <https://www.energyavm.es/que-es-la-energia-termica/>
- <https://solar-energia.net/definiciones/energia-termica.html>
- <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/que-es-energia-hidroelectrica>
- <https://www.aura-energia.com/energia-hidroelectrica/>
- <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/energia-hidroelectrica>
- <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/energia-eolica/>
- <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/energia-eolica>
- <https://www.obremo.es/biomasa/>
- http://www.ecobiogas.es/archivos/es/biogas_biogasienergia.php
- <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biogas>
- <https://energiasolarhoy.com/biogas-ventajas-y-desventajas/>
- <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/energias-del-mar>
- <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/energias-del-mar>
- <https://www.bioambientes.es/11-bioetanol>
- <https://www.ecologiaverde.com/que-es-el-bioetanol-y-para-que-sirve-1147.html>
- <https://www.hechosdehoy.com/ventajas-e-inconvenientes-del-bioetanol-y-tecnologia-w2b-en-babilafuente-29283.htm>
- <http://www.rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/que-es-el-biodiesel>
- <https://www.fenieenergia.es/situacion-sector-fotovoltaico-autoconsumo/>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_en_Espa%C3%B1a
- https://unef.es/wp-content/uploads/dlm_uploads/2018/09/11092018-informe_final.pdf
- <https://www.evwind.com/2020/01/17/la-energia-solar-fotovoltaica-en-espana/>
- <https://www.solarnews.es/2020/01/16/la-energia-solar-fotovoltaica-en-espana-desde-sus-inicios-a-sus-objetivos-en-2030/>
- <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/crece-en-dos-anos-casi-un-500-20190204>
- <https://www.lavanguardia.com/natural/actualidad/20190621/463014867279/solar-solar-fotovoltaica-unef-jose-donoso.html>

12.Documentación técnica

a. Módulo Fotovoltaico

es.ensolar.com



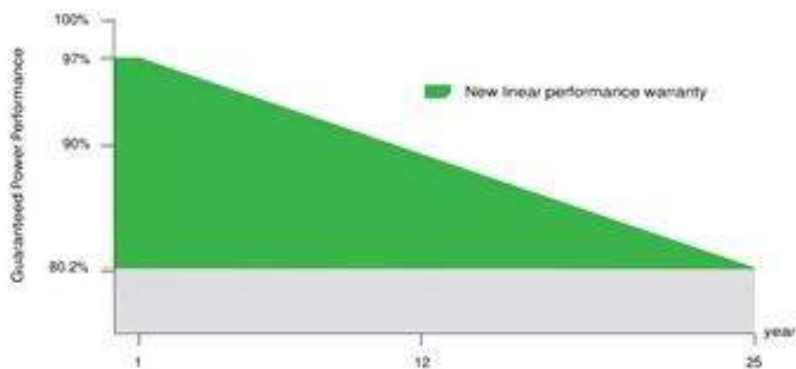
Parte frontal módulo fotovoltaico TP380-410W PERC Half cell Mono de ENF [Ilustración 61]. Recuperado de: <https://es.ensolar.com/pv/panel>



Parte trasera módulo fotovoltaico TP380-410W PERC Half cell Mono de ENF. [Ilustración 63]. Recuperado de: <https://es.ensolar.com/pv/panel>

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



Garantía de rendimiento lineal del módulo solar fotovoltaico TP380-410W PERC Halfcell Mono de ENF. [Ilustración64]. Recuperado de: <https://es.ensolar.com/pv/panel>

b. Inversor de potencia

Todas las imágenes que se muestran a continuación han sido recuperadas de: <https://solar.huawei.com/es-CL/download?p=%2F-%2Fmedia%2FSolar%2Fattachment%2Fpdf%2F%2Fservice%2Fcommercial%2Fproduct%2Fdatasheet%2FFusionSolar-Catalogue-SP.pdf>



Ilustración 62: Inversor de potencia SUN2000-60KTL-HV-D1-001

Smart

- 8 strings intelligent monitoring and fast trouble-shooting
- Power Line Communication (PLC) supported
- Smart I-V Curve Diagnosis supported

Safe

- DC switch integrated, safe and convenient for maintenance
- Residual Current Monitoring Unit (RCMU) integrated
- Fuse free design

Efficient

- Max. efficiency 99.0%
- European efficiency 98.8%
- 4 MPPT per unit, effectively reducing string mismatch

Reliable

- Natural cooling technology
- Protection degree of IP65
- Type II surge arresters for both DC and AC



Ilustración 63: Curva de eficiencia del inversor de potencia SUN2000-60KTL-HV-D1-001

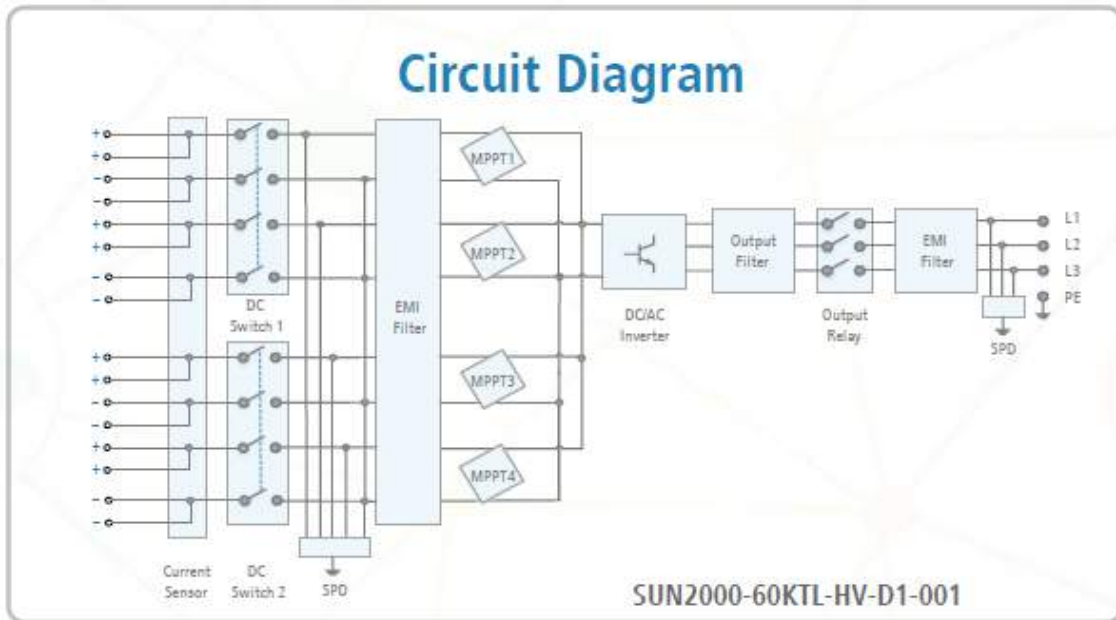


Ilustración 64: Diagrama del circuito del inversor de potencia SUN2000-60KTL-HV-D1-001

Technical Specifications	SUN2000-60KTL-HV-D1-001
	Efficiency
Max. Efficiency	99.0%
European Efficiency	98.8%
	Input
Max. Input Voltage	1,500 V
Max. Current per MPPT	12 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	10 A
Start Voltage	250 V
MPPT Operating Voltage Range	600 V – 1,450 V
Rated Input Voltage	1,000 V
Number of Input	6
Number of MPPT Tracked	4

Ilustración 65: Especificaciones de eficiencia y entrada del inversor de potencia SUN2000-60KTL-HV-D1-001

Rated AC Active Power	60,000 W
Max. AC Apparent Power	66,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	66,000 W
Rated Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	43.3 A
Max. Output Current	48 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 L6 - 0.8 L0
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%

Ilustración 66: Especificaciones de salida del inversor de potencia SUN2000-60KTL-HV-D1-001

	Protection
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
TV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes

Ilustración 67: Especificaciones de protección del inversor de potencia SUN2000-60KTL-HV-D1-001

Communication	
Display	LED Indicators, Bluetooth + APP
RS485	Yes
USB	Yes
Power Line Communication (PLC)	Yes

Ilustración 68: Especificaciones de comunicación del inversor de potencia SUN2000-60KTL-HV-D1-001

General	
Dimensions (W x H x D)	330 x 680 x 270 mm (26.6 x 23.6 x 10.6 inch)
Weight (with mounting plate)	62 kg (136.7 lb.)
Operating Temperature Range	-35°C ~ 60°C (-32°F ~ 140°F)
Cooling Method	Natural Convection
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,121 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Amphenol UT0
AC Connector	Waterproof PG Terminal + DT Connector
Protection Degree	IP55
Topology	Transformerless

Ilustración 69: Especificaciones generales del inversor de potencia SUN2000-60KTL-HV-D1-001

Standard Compliance (where available, see notes)	
Certificates	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 60330, IEC 62116, IEC 60060, IEC 61882
Grid Code	IEC 61717, G490, ITC C 16-112-1, RD 661, RD 611, RD 669, P.D. 12-3, RD 664, VDE 4110, UNE 200307-1 IN, UNE 2106306 IM, ABNT NBR 16140, ABNT NBR 16150, ABNT NBR IEC 62116

Ilustración 70: Cumplimiento estándar del inversor de potencia SUN2000-60KTL-HV-D1-001

c. Seguidor solar

Todas las imágenes que se muestran a continuación han sido recuperadas de: https://www.nextracker.com/wp-content/uploads/2019/09/09-11-19_NEXT_SellSheet_NXHorizon.pdf

Tracking type	Horizontal single-axis, independent row
String voltage	1,500 V _{DC} or 1,000 V _{DC}
Typical row size	78 - 90 modules, depending on module string length
Drive type	Non-backdriving, high accuracy slew gear
Motor type	24V brushless DC motor
Array height	Rotation axis elevation 1.3 to 1.8 m / 4'3" to 5'10"
Ground coverage ratio (GCR)	Configurable. Typical range 28-50%
Modules supported	Mounting options available for virtually all utility-scale crystalline modules, First Solar Series 6 and First Solar Series 4.
Bifacial features	High-rise mounting rails, bearing + driveline gaps and round torque tube

Características generales y mecánicas del seguidor solar NX Horizon de Nextracker. [Ilustración74].

Tracking range of motion	Options for $\pm 60^\circ$ or $\pm 50^\circ$
Operating temperature range	Self powered: -30°C to 55°C (-22°F to 131°F) AC powered: -40°C to 55°C (-40°F to 131°F)
Module configuration	1 in portrait. 3 x 1,500V or 4 x 1,000V strings per standard tracker. Partial length trackers available.
Module attachment	Self-grounding, electric tool-actuated fasteners
Materials	Galvanized steel
Allowable wind speed	Configurable up to 200 kph (125 mph) 3-second gust.
Wind protection	Intelligent wind stowing with symmetric dampers for maximum array stability in all wind conditions.
Foundations	Standard W6 section foundation posts

Características generales y mecánicas del seguidor solar NX Horizon de Nextracker. [Ilustración 75].

Solar tracking method	Astronomical algorithm with backtracking. TrueCapture™ upgrades available for terrain adaptive backtracking and diffuse tracking mode.
Control electronics	NX tracker controller with inbuilt inclinometer and backup battery.
Communications	Zigbee wireless communications to all tracker rows and weather stations via network control units (NCUs).
Nighttime stow	Yes
Power supply	Self powered: NX provided 30 or 60W Smart Panel AC powered: Customer-provided 120-240 V _{AC} circuit

Características electrónicas y controles del seguidor solar NX Horizon de Nextracker [Ilustración 76].

PE stamped structural calculations and drawings	Included
Onsite training and system commissioning	Included
Installation requirements	Simple assembly using swaged fasteners and bolted connections. No field cutting, drilling or welding.
Monitoring	NX Data Hub™ centralized data aggregation and monitoring
Module cleaning compatibility	Compatible with NX qualified cleaning systems.
Warranty	10-year structural, 5-year drive and control components
Codes and standards	UL 3703, UL 2703, IEC 62817

Instalación, control y operación del seguidor solar NX Horizon de Nextacker. [Ilustración 77].

d. Caja de combinación

CARACTERÍSTICAS GLOBALES DEL MONTAJE	
Tensión máxima de uso	900Vdc
Corriente máxima de uso	25A
Tensión de aislamiento	1000Vdc
Capacidad de seccionamiento	Si, por interruptor de corte en carga
Protección por fusible	Si
Protección contra sobretensiones	Si
IP	55
Prensaestopas	Si

Características globales del montaje de la caja de combinación. [Ilustración 78]. Recuperado de: <https://www.tecatel.com/>

CARACTERÍSTICAS DEL INTERRUPTOR	
Marca	Telergon / Socomec
Tensión máxima de corte	900Vdc
Corriente máxima de corte	25A
Tensión de aislamiento	1000Vdc
Accionamiento	Por mando directo
Categoría de empleo	DC21
Tipo de conexión	Disponible en pletina ó brida

Características del interruptor de la caja de combinación. [Ilustración 79]. Recuperado de: <https://www.telergon.es/en/Telergon/Inicio-en.aspx>

CARACTERÍSTICAS DEL FUSIBLE	
Marca	DF
Tensión máxima de uso	900Vdc
Corriente de fusión de fusible	16A
Tensión de aislamiento (base)	1000Vdc
Corriente máxima de la base	32 A
Tipo de base	UTE
Calibre	10x38
Montaje	Carril
Conexión	Brida

Características del fusible de la caja de combinación. [Ilustración 80]. Recuperado de: <https://www.dfelectric.es/es/>

CARACTERÍSTICAS DEL PROTECTOR	
Marca	Weidmüller
Tipo	Tipo II
Tensión de uso	1000Vdc
I de descarga	40kA

Características del protector de la caja de combinación [Ilustración 81]. Recuperado de: <https://www.weidmuller.es/es/index.jsp>

CARACTERÍSTICAS DE LA ENVOLVENTE	
Marca	Claved
Dimensiones máximas	380x380x225mm
IP	55
IK	10
Tapa	Transparente
Prensaestopas	Si (M16 y 20)
IP Prensas	66
Placa de montaje	Aislante

Características de la envolvente de la caja de combinación. [Ilustración 82]. Recuperado de: <http://www.claved.es/>

Anexo I

Normativa

Para la elaboración del presente trabajo se han aplicado en los puntos que le es de aplicación y cumple en su totalidad la siguiente legislación.

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 2019/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el Mercado de Producción de Energía Eléctrica.
- Real decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de Instalaciones Fotovoltaicas a la Red de Baja Tensión.
- IDAE, octubre de 2002, Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red.
- Borrador del 26 de julio de 2011 del Plan de Energías Renovables 2011-2020.
- 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 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja 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 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. BOE número 310, de 27 de diciembre de 2013.
- Código Técnico de la Edificación (CTE). RD 314/2006, de 17 de marzo por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Norma UNE-EN 50618. Marzo 2015. Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos.
- Norma UNE-HD 60634-7-712:2017. Instalaciones eléctricas de Baja Tensión Parte 7-712 Requisitos para instalaciones o emplazamientos especiales. Sistemas de instalación solar fotovoltaica (FV).
- Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.

- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Otras Normas UNE de aplicación de instalaciones y equipos eléctricos.
- Demás condiciones impuestas por los Organismos públicos afectados y ordenanzas Municipales.
- Directiva 89/336/CEE del consejo de 2 de mayo de 1989, sobre la aproximación de las legislaciones de los estados miembros relativas a la compatibilidad electromagnética (publicada en el D.O. nº L139 de 23/05/1989, páginas de 19 a 26).
- Directiva 92/31/CEE del consejo de 28 de abril de 1992, por el que se modifica la directiva 89/336/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre la compatibilidad electromagnética (publicado en el D.O. nº L126 de 12/05/1992 página 11).

Anexo II

1. Análisis de riesgos y su prevención

A la hora de analizar los riesgos que puedan darse durante una obra, lo más sencillo es dividir los grupos de trabajo en función de las especialidades de los trabajadores. Por ello, se va a realizar un estudio dividido en las fases del montaje de la instalación, atendiendo a la maquinaria, equipos y medios auxiliares que se van a utilizar en cada una de las fases.

b) Análisis de riesgos generales en el montaje de la instalación solar fotovoltaica

i) Riesgos generales

Se entiende por riesgos generales aquellos que incluyen a todas o casi todas las fases de la obra, es decir, que no solo se pueden dar en una fase sino en más. Estos riesgos son:

- Caídas de objetos.
- Incendios.
- Explosiones.
- Caídas de trabajadores.
- Atrapamiento o aplastamiento entre objetos o maquinaria.
- Riesgos por sustancias químicas.
- Contactos eléctricos.
- Daños físicos por posturas inadecuadas, sobreesfuerzos o movimientos bruscos.

ii) Medidas de prevención a adoptar

Como medidas de prevención a adoptar durante la obra se entiende que son aquellas que deben ser respetadas durante todo el proceso de construcción, así como las que son más específicas para cada fase.

- *Sistemas de protección colectiva*: son aquellas que deben ser respetadas por todos los trabajadores de la obra para su correcta instalación. En la siguiente tabla se muestran las más comunes:

SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD				
Tipo de señal	Forma	Color de seguridad	Color de contraste	Color del símbolo
Señales de prohibición	Círculo	Rojo	Blanco	Negro
Señales de advertencia	Triángulo equilátero	Amarillo	Negro	Negro
Señales de salvamento	Rectangular	Verde	Blanco	Blanco
Señales de obligación	Círculo	Azul	Blanco	Blanco
Señales relativas a equipos de lucha contra incendios	Rectangular	Rojo	Blanco	Blanco

Tabla 36: Código de señalización por colores (Fuente: Iberdrola)

Es muy habitual encontrarse las señales de seguridad completadas por letreros o elementos auxiliares como son:

- Cinta de señalización: señala objetos u obstáculos, de color amarillo y negro inclinadas 60° con la horizontal.
- Cinta de delimitación de la zona de trabajo: para evitar la intrusión de personas ajenas a la faena, son de color rojo y blanco.
- Señales óptico-acústicas de vehículos de obra: bocina, señales sonoras o luminosas para la realización de la maniobra de marcha atrás, dispositivos de balizamiento de posición y señalización, etc.
- Iluminación: tendrá 20 lux en zonas de paso y entre 200-300 lux en zonas de trabajo, las linternas serán de 24 V y se excluye la iluminación por llama.
- Protección de personas contra contactos eléctricos: la instalación atenderá al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y será verificada por el instalador autorizado, todos los cables estarán conexonados mediante uniones antihumedad y antichoque, además los cables estarán acordes a la carga que han de soportar. Las máquinas fijas dispondrán de toma de tierra independiente, mientras que las líneas de suministro interno de la obra tendrán toma de tierra continua. Las tomas de corriente serán blindadas, además dispondrán de neutro.
- Prevención de caídas de personas: si el riesgo de caída es superior a 2 metros, el operario estará protegido mediante un arnés de seguridad anclado a un punto fijo de sujeción.
- Prevención de incendios: cada grupo electrógeno dispondrá de un extintor con agente seco o producto similar para combatir incendios.

- *Normas de carácter general:*
 - Prohibida la presencia de personal cuando las máquinas se encuentran en movimiento.
 - El operador de la máquina debe realizar los controles pertinentes indicados en el manual del fabricante antes de poner en marcha la máquina.
 - Los operarios de la máquina deben estar correctamente habilitados para su manipulación.
 - Prohibido trabajar en zonas de posibles desprendimientos de tierra.
 - Aquellos trabajos que se realicen en las proximidades de la línea de tensión, deberán ser supervisados por un vigilante de la empresa suministradora.
 - Los trabajos que deban realizarse a más de 2 metros de altura deberán llevar además anclado a un punto de seguridad.

- *Circulación en la obra:*
 - Los vehículos pesados no deberán sobrepasar los 20 km/h y los vehículos ligeros los 40km/h.
 - Las máquinas que circulen por el interior de la obra deberán estar lo suficientemente separada de los bordes del talud con el fin de evitar desprendimientos dado que su cercanía a este tipo de terrenos puede provocar inestabilidad.
 - A la hora de realizar un movimiento imprevisto con cualquier vehículo o máquina, deberá realizarse una señal acústica para avisar de la maniobra.
 - El acceso del personal a la obra será diferente del de los vehículos con el fin de evitar accidentes.
 - Los transportes de material o maquinaria por la vía pública se realizarán siempre bajo las normas viales establecidas por la autoridad competente.

c) Obra civil

La obra va a seguir las siguientes fases para el desarrollo de los trabajos: movimientos de tierras, extendido de materiales, excavaciones y montaje de elementos.

i) Excavación de zanjas

- *Riesgos asociados a esta actividad:* caídas de personas y objetos, pisadas sobre objetos, golpes, atrapamientos por vuelco de maquinaria o entre objetos, sobreesfuerzos, atropellos, proyección de fragmentos, etc.

- *Medidas de prevención a aplicar:*
 - Cumplirse la prohibición de presencia de personal en las cercanías de la maquinaria durante su trabajo.

- Cumplir la prohibición de estar alejado de las zanjas.
 - Establecer fortificaciones y revestimientos de contención de tierra.
 - Los trabajos que deban realizarse en las proximidades de los taludes se realizarán armados con un cinturón de seguridad.
 - En caso de encontrar agua cerca de las zanjas, se efectuará un achique para evitar que los taludes se vuelvan inestables.
 - Si la profundidad de la zanja es superior a 2 metros, se protegerán los bordes con una barandilla reglamentaria.
 - Se señalará correctamente el recinto de obra mediante el vallado correspondiente.
 - Si los trabajadores requieren de iluminación, utilizarán lámparas portátiles de 24 Voltios.
 - Durante la noche las excavaciones se señalarán con balizas indicativas de riesgos de caídas y con cintas reflectantes.
- *Equipos de protección individual a utilizar:*
 - Casco de seguridad reglamentario.
 - Gafas de protección reglamentarias.
 - Mascarillas de protección reglamentarias.
 - Guantes de trabajo.
 - Botas de seguridad y botas de agua con puntera reforzada en acero.
 - Ropa de protección.
 - Cinturón de seguridad, cuerdas o cables de sujeción salvavidas con el amarre establecido correctamente.

d) Riesgos generales

i) Manipulación manual de cargas

La manipulación manual de cargas incluye todas aquellas acciones que impliquen transporte, levantamiento, sujeción, colocación o desplazamiento de cualquier carga por parte de los trabajadores de la obra.

- *Riesgos asociados a esta actividad:*
 - Caídas a distinto o mismo nivel.
 - Sobreesfuerzo del personal.
 - Pisadas sobre objetos.
 - Golpes.
 - Caídas del objeto que se esté manipulando.
 - Choque contra objetos.

- *Medidas de prevención a aplicar:*
 - A la hora de levantar cualquier tipo de carga, el operario deberá tener su centro de gravedad lo más próximo posible a la carga siempre que se pueda, de manera que le resultará más sencillo conservar el equilibrio.
 - Si la carga pesa más de 50 kilos, la manipulación se deberá realizar entre dos personas.
 - Se debe mantener libre de obstáculos el espacio en el que se vaya a realizar la manipulación.
 - Es aconsejable preparar la carga antes de cogerla, ya que podría generar inestabilidad y se podría romper.

- *Equipo de protección de personal:*
 - Casco de seguridad.
 - Botas de seguridad con suela antideslizante y puntera de acero.
 - Guantes de trabajo.
 - Ropa de protección.
 - Cinturón de banda ancha para las vértebras dorsolumbares.

ii) Trabajos próximos a elementos en tensión

- *Riesgos asociados a esta actividad:*
 - Caídas al mismo y distinto nivel.
 - Electrocuciiones.
 - Incendios.
 - Contactos eléctricos directos e indirectos.

- *Medidas de prevención a aplicar:*
 - Se deben respetar todas las normas establecidas en el Real Decreto 614/2001 para la protección de la seguridad y salud de los empleados frente al riesgo eléctrico.
 - Por la peligrosidad que implica trabajar cerca de los elementos de tensión, los trabajos deberán ir dirigidos por un jefe cualificado, el cual será el responsable de que se cumplan todas las normas de seguridad.
 - Utilizar equipos adecuados como son alfombrillas aislantes, cascos, guantes, pantalla facial, herramientas aisladas, así como cualquier otro elemento de protección.
 - Delimitar la zona de trabajo respecto de las zonas de peligro colocando balizas que sean visibles para evitar riesgos.

- Informar a los trabajadores de la situación de los elementos de tensión y cuáles son las medidas de precaución y seguridad que se deben tomar para no invadir la zona de peligro.

Un	D _{PEL-1}	D _{PEL-2}	D _{PROX-1}	D _{PROX-2}
≤1	50	50	70	300
110	160	100	210	500
132	180	110	330	500
220	260	160	410	500
380	390	250	540	700

Tabla 37: Distancias mínimas de seguridad a elementos en tensión según voltaje (Fuente: Iberdrola)

- Las distancias de seguridad para trabajos que se realicen en las proximidades de las líneas eléctricas, mantendrán las siguientes distancias de seguridad:

Siendo:

- D_{PEL-1}: distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm).
- D_{PEL-2}: distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando no exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm).
- D_{PROX-1}: distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm).
- D_{PROX-d}: distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando no resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo.

- *Equipos de protección a utilizar:*

- Cascos de seguridad contra arco eléctrico.
- Guantes dieléctricos para alta y baja tensión.
- Botas de seguridad con suela antideslizante y puntera reforzada.
- Gafas de protección o pantalla de protección facial contra arco eléctrico.

iii) Trabajos en tensión

- *Riesgos asociados a esta actividad:*

- Caídas al mismo y distinto nivel.
- Caídas de objetos.
- Incendios.
- Contactos eléctricos.

- *Medidas de prevención a aplicar:*

- A la hora de realizar este tipo de trabajos, los trabajadores deberán estar formados y cualificados adecuadamente para ello. Los equipos que utilicen para realizar el

trabajo deben de ser los adecuados, así como los procedimientos que utilicen para el mismo. Se atenderá a lo marcado en el Real Decreto 614/2001 para asegurar las protecciones adecuadas para la salud y la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Los operarios utilizarán equipos de protección individual perfectamente adecuados a las circunstancias de trabajo.

- Los materiales inflamables o aquellos materiales que dificulten el acceso a la zona de trabajo, deberán mantenerse alejados de las zonas con riesgo de arco eléctrico. Solo se realizarán los trabajos en dicha zona una vez se haya suprimido cualquier riesgo de incendio o explosión.
- Aquella zona en la que se vaya a realizar un trabajo de este tipo deberá estar señalizada correctamente, así como tener la suficiente iluminación.
- Si el trabajo se realiza en una zona poco accesible, se llevará a cabo por un mínimo de 2 operarios con al menos uno de ellos conocimientos en primeros auxilios por si ocurriera algún accidente.
- Todo aquel material o equipo que se vaya a utilizar en los trabajos de alta tensión, deberán estar perfectamente definidos, así como su conservación, transporte, inspección o almacenamiento. Además, se tendrá también en cuenta la altitud y contaminación que exista ya que se puede deteriorar la calidad del aislamiento de las herramientas o equipos.
- En el caso de que se diera una condición climatológica complicada, los trabajadores deberán alejarse de manera segura de la zona de trabajo de alta tensión, así como dejar los materiales y equipos de manera segura para evitar posibles incidencias.

- *Equipos de protección individual a utilizar:*

- Casco de seguridad contra arco eléctrico.
- Guantes de seguridad para alta y baja tensión.
- Arnés de seguridad.
- Ropa de trabajo de seguridad.
- Gafas de protección o pantalla de protección facial contra arco eléctrico.
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suelta aislante y antideslizante.

e) Maquinaria a emplear

i) Retroexcavadora

- *Riesgos asociados a esta actividad:*

- Caídas al mismo y distinto nivel.
- Caída de los objetos que se estén manipulando.
- Choque contra objetos.
- Contactos eléctricos.
- Atropellos.
- Atrapamientos por la posible vuelta de la máquina.

- Exposición a ambientes con mucho polvo que dificulte tanto la vista como la respiración.
- *Medidas de prevención a aplicar:*
 - Toda la maquinaria que se vaya a emplear durante la obra deberá estar en perfectas condiciones de trabajo, así como cumplir todas las normas en vigor que le atañen. Además, todas las maquinas deberán estar provistas de todos los mecanismos y dispositivos de seguridad que se requieran con el fin de evitar cualquier accidente que pueda afectar a los trabajadores que se encuentren en las proximidades de la misma.
 - Todo el personal encargado de vehículos o maquinaria en movimiento deberá estar correctamente formado para ello.
 - Tanto la maquina como sus componentes deberán pasar revisiones periódicas para asegurar su correcto funcionamiento.
 - Todo movimiento realizado por la máquina deberá estar correctamente señalizado y realizado a velocidades lentas, especialmente en aquellos lugares con más riesgo.
 - La cabina contará con un extintor de incendios.
- *Equipos de protección a utilizar:*
 - Casco de seguridad.
 - Guantes de trabajo.
 - Botas antideslizantes y con puntera de seguridad.
 - Gafas de protección.
 - Mascarilla de protección.
 - Cinturón de seguridad.
 - Ropa de protección.

ii) Grúa

- *Riesgos asociados a esta actividad:*
 - Caídas al mismo y distinto nivel.
 - Caídas de objetos en manipulación.
 - Colisión contra objetos.
 - Atrapamiento por vuelco de máquina.
 - Atropellos.
 - Contactos eléctricos.
- *Medidas de prevención a aplicar:*
 - Todos los trabajos estarán adaptados a las características de la grúa, es decir, la carga máxima, la longitud de la pluma, la carga de contrapeso, etc. Con el fin de evitar posibles accidentes por mal uso.

- El gancho que se utiliza para elevar los objetos dispondrá de un limitador de ascenso, y dispondrá de pestillo de seguridad.
 - La armadura de la grúa deberá estar conectada a tierra.
 - Está totalmente prohibido el transporte de personas en la grúa, así como arrastrar cargas o el uso de la grúa para trabajos que no le corresponden.
 - Para usar la grúa, el maquinista encargado deberá estar correctamente cualificado para ello. Además del maquinista, se necesitarán otros operarios para enganchar y realizar las señalizaciones pertinentes para asegurar el transporte de la carga en condiciones óptimas de seguridad.
- *Equipos de protección a utilizar:*
 - Casco de seguridad.
 - Botas de seguridad con suela antideslizante y puntera reforzada.
 - Guantes de trabajo.
 - Gafas de protección.
 - Mascarilla de protección.
 - Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares.
 - Ropa de protección.

iii) Amasadora

- *Medidas de prevención a aplicar:*
 - La máquina ha de estar en una superficie llana y robusta durante toda su utilización.
 - Las partes móviles y de transmisión estarán protegidas con carcasa.
 - Solo se podrá manipular manualmente la amasadora cuando se encuentre totalmente desconectada de la alimentación general.
- *Equipos de protección a utilizar:*
 - Casco de seguridad.
 - Gafas de protección.
 - Mascarilla de protección.
 - Protecciones auditivas.
 - Botas de seguridad con suela antideslizante y puntera reforzada con acero.
 - Ropa de trabajo ajustada para evitar atrapamientos por el tambor cuando gira.

f) Máquinas y herramientas manuales

- *Riesgos asociados a esta actividad:*
 - Cortes o golpes con los objetos que se estén manipulando.
 - Salpicadura de partículas o fragmentos.
 - Exposición a ambientes con mucho polvo.
 - Exposición al ruido.

- *Medidas de prevención a aplicar:*

- Si fuera necesario cortar el objeto, se trabajará a la presión recomendada por el fabricante. En el caso de cortar dicho objeto con un soplete, al acabar el trabajo se deberá colocar la boca del soplete hacia un espacio libre o en dirección a elementos no inflamables.
- Si el trabajo se realiza en un recinto cerrado se verá tener una ventilación adecuada.
- Las herramientas de combustión pasarán por revisiones periódicas ya que es importante tenerlas siempre en buen estado. Cuando se llene el depósito de las mismas, se hará con el motor parado.
- Las herramientas estarán sujetas a elementos de protección para impedir que dichas herramientas salten.
- Las herramientas que funcionen con aire también pasarán por revisiones periódicas.
- Para las herramientas hidráulicas se debe fijar con una cadena el extremo de la manguera para impedir su descompresión brusca.
- En todo momento se utilizarán gafas de seguridad y guantes de trabajo.
- Las herramientas eléctricas también pasarán por revisiones periódicas, especialmente comprobando el estado de las protecciones.
- Está totalmente prohibido arrastrar cualquier herramienta o accesorio de la misma.
- La desconexión de las herramientas se hará adecuadamente y no de un tirón brusco.
- Cualquier operario que vaya a utilizar una herramienta deberá estar formado para su uso.
- La ropa de trabajo será ajustada, pues al llevarla holgada podrían sufrir atrapamientos.

g) Instalaciones provisionales

En este apartado se van a considerar los riesgos y medidas preventivas asociados a las instalaciones provisionales de la obra.

i) Instalación provisional eléctrica

La instalación provisional eléctrica irá montada en un punto fijado por los propietarios de la distribuidora eléctrica. Dicha instalación dispondrá de un armario de protección de módulos normalizados, un cuadro general de mando y protección del que saldrán todos los circuitos necesarios para suministrar los cuadros secundarios para la alimentación de los diferentes medios auxiliares. Además, del cuadro general saldrá un circuito para alimentación de los cuadros secundarios, donde se conectarán las herramientas portátiles para la realización de los trabajos

- *Riesgos asociados a esta actividad:*

- Caídas al mismo y distinto nivel.

- Golpes contra objetos.
- Contactos eléctricos.
- *Medidas de prevención a aplicar:*
 - Solamente podrán manipular los equipos eléctricos el personal capacitado para ello.
 - Se deberá tener en cuenta que cualquier parte de la instalación está conectada a tensión, por lo que se deberá ser muy precavido para evitar contactos eléctricos.
 - En el caso de que los conductores vayan por el suelo, no podrán ser pisados ni colocar ningún objeto encima de ellos. A ser posible los cables irán enterrados en el suelo y señalados correctamente.
 - Los cuadros eléctricos serán metálicos de tipo para intemperie, con puerta y cerrojo de seguridad según la norma UNE 20-324.
 - Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra y estarán señalizados con la baliza normalizada correspondiente.
 - Los interruptores estarán en el interior de las cajas normalizadas para que no puedan ser manipulados por cualquier operario.
 - Solo se conectará un aparato por toma de corriente.
 - El neutro de la instalación estará conectado a tierra.
 - Se señalará la prohibición de paso a la instalación de equipo eléctrico a toda persona no autorizada.
 - Se darán instrucciones sobre las medidas a adoptar en caso de incendio u otro accidente de origen eléctrico.
 - Todo equipo de la instalación provisional eléctrica que presente cualquier deterioro será sustituido inmediatamente.
- *Equipos de protección individual a utilizar:*
 - Casco de seguridad contra arco eléctrico.
 - Guantes de trabajo.
 - Guantes aislantes para baja tensión.
 - Ropa de trabajo.
 - Botas de seguridad con suela antideslizante, aislante y puntera reforzada.

h) Asistencia a accidentados

i) Centros asistenciales en caso de accidente

En caso de accidente en la obra se contará con los servicios auxiliares adecuados. Es por ello por lo que la obra contará con un lugar visible en el que haya un botiquín de primeros auxilios y una lista de teléfonos y direcciones de los centros de salud asignados.

ii) Botiquín de primeros auxilios

Se dispondrá de varios botiquines de primeros auxilios en toda la obra, de manera que cada botiquín esté a cargo de una persona capacitada por la empresa, con los conocimientos adecuados para efectuar una cura de emergencia en caso de accidente.

En el botiquín se encontrarán los siguientes elementos:

- Agua oxigenada.
- Alcohol de 96°.
- Tintura de iodo.
- Gasa estéril.
- Amoniaco.
- Algodón hidrófilo estéril.
- Esparadrappo antialérgico.
- Torniquetes antihemorrágicos.
- Guantes esterilizados.
- Termómetro.
- Bolsa para agua o hielo.
- Antiespasmódicos.
- Analgésicos.
- Jeringuillas desechables.
- Tónicos cardiacos de urgencia.

Anexo III

1) Mantenimiento preventivo

a) Paneles fotovoltaicos

La configuración de los paneles solares es tal que carecen de partes móviles y los contactos eléctricos interiores de las células se sitúan en la parte trasera del módulo muy protegidos por el ambiente exterior mediante unas capas protectoras. El mantenimiento de los paneles fotovoltaicos se procede de la siguiente manera:

- *Limpieza periódica de los paneles:*

Es recomendable realizar una limpieza de los equipos mensualmente para así mantenerlos en las mejores condiciones posibles, procurando así que la cubierta frontal de los paneles se encuentre lo más limpia posible ya que la suciedad acumulada puede producir efectos parecidos a las sombras. La acumulación de suciedad en la cara frontal de los paneles ocasiona una reducción del rendimiento y puede ser causante de los llamados hot spots, pudiendo llegar incluso a la destrucción de la célula. La gravedad del problema depende del tipo de residuo que sea, por lo general los más problemáticos son los que proceden de residuos industriales o de las defecaciones de las aves. Para este último caso, para que no se posen las aves en el módulo, se pueden instalar antenas elásticas en la parte superior del módulo. Por otra parte, el polvo no supone tanto problema ya que se distribuye de una forma más o menos homogénea.

En cuanto a la periodicidad de la limpieza, depende sobre todo de la intensidad de ensuciamiento. La acción de la lluvia puede en determinados casos reducir al mínimo las acciones del mantenimiento de limpieza.

Las acciones de limpieza son llevadas a cabo por el personal encargado del mantenimiento de instalación. Esta limpieza está basada en la limpieza de la cubierta frontal del panel fotovoltaico con agua y productos detergentes no abrasivos, realizándose de manera delicada y sin utilizar herramientas metálicas para no dañar los paneles. Otro aspecto a tener en cuenta, es que la limpieza debe llevarse a cabo en las horas que menos incidencia solar



Limpieza de placas solares. [Ilustración 71]. Recuperado de: http://opex-energy.com/fotovoltaica/mantenimiento_fotovoltaico.html

se tenga, para que así no se produzca una gran diferencia de temperatura por el contacto con el agua fría, especialmente en verano, lo que podría causar un choque térmico, que podría desencadenar en la rotura del cristal protector superior. No se podrá utilizar bajo ninguna circunstancia el uso de mangueras a presión para la limpieza de la cubierta superior.

El objetivo de este punto es detectar posibles fallos o roturas. La periodicidad recomendada de esta comprobación es cada dos meses y se ha de prestar especial atención a posibles roturas en el cristal que pueden ser ocasionadas por acciones externas como el granizo, se pueden producir también por fatiga de los materiales ocasionado por un mal montaje y también se ha de prestar especial atención a las oxidaciones de los circuitos y soldaduras de células fotovoltaicas, éstas pueden estar causadas a la entrada de humedad en el interior del módulo.

- *Mantenimiento de las células individuales:*

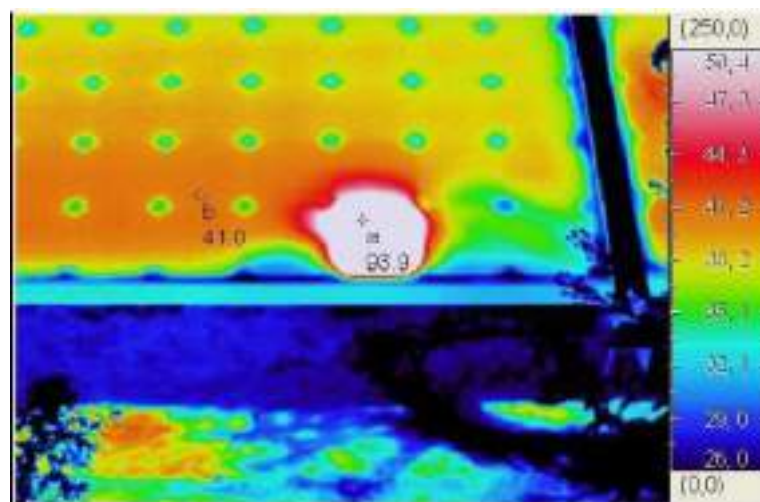


Imagen termográfica de un módulo fotovoltaico [Ilustración 72]. Recuperado de: <http://opex-energy.com/>

Este punto se lleva a cabo para conocer el rendimiento de cada uno de los paneles, para ello se debe analizar el comportamiento de las células fotovoltaicas que lo integran. Este procedimiento se realiza a través de una termografía infrarroja a cada módulo, obteniéndose así la información del rango de temperaturas a la que está operando cada una de las células. Esta información recogida se contrastará con los datos aportados por el fabricante para así tener una buena información contrastada con el buen funcionamiento de los mismos o en caso contrario, encontrar alguna anomalía que se hubiera podido generar. Es recomendable hacer estas mediciones de manera trimestral.

- *Control del estado de conexiones eléctricas y del cableado:*

Este tipo de control es recomendable hacerlo de manera anual, realizándose así un exhaustivo examen de las características eléctricas de los paneles, realizando como mínimo las siguientes actuaciones:

- Comprobar el estado general de los cables de conexionado de los paneles.
- Comprobar la caja de terminales, para así sustituir los elementos afectados y proceder de manera adecuada a la limpieza de los terminales.
- Comprobar que ninguna de las conexiones supera bajo ningún concepto temperaturas superiores a 60°C, sustituyéndose las mismas en caso de originarse dicha situación.
- Por último, se comprobará la ausencia de sulfatación en los contactos.

b) Mantenimiento de las puestas a tierra

En las instalaciones que cuentan con puestas a tierra se ha de tener en cuenta que la resistencia del terreno a lo largo del año puede variar. Estas variaciones son debidas principalmente a la humedad, aunque también influyen otros factores como la corrosión de los electrodos puestos a tierra, la acumulación de polvo, etcétera.

Estas variaciones harán que la instalación se vea condicionada en cuanto a su buen funcionamiento. Por tanto, se deberá seguir un plan de mantenimiento basado en las siguientes operaciones:

- Revisiones periódicas de las puestas a tierra para detectar posibles defectos de la instalación.
- Eliminación de dichos desperfectos.

Es aconsejable que estas revisiones se realicen de manera anual, en concreto en la época más seca del año y realizándose las siguientes medidas:

- Medida de la resistencia de la tierra. Esta medición se realiza en el punto de puesta a tierra.
- Medida de la resistencia de cada electrodo, previa desconexión de la línea de enlace a tierra.
- Medida del conjunto de carcassas metálicas para anotar la resistencia total que ofrecen.

Con estas medidas se podrá conocer la eficacia global de la puesta a tierra, el estado de los electrodos y las líneas de tierra.

Por último, quedaría eliminar estos defectos reparando los cables y las uniones afectadas, limpiando y apretando las uniones y regando la superficie del terreno si se da el caso de que la resistencia del mismo aumente demasiado.

c) Mantenimiento de la estructura de soporte de los paneles

Normalmente los elementos de los que está compuesto la estructura de soporte de los paneles es de aluminio o acero inoxidable, por lo que no será necesario aplicar un mantenimiento anticorrosivo. Apesar de ello se debe realizar una serie de medidas para asegurar que la estructura se encuentra en buenas condiciones. Es aconsejable realizar estas mediciones cada 6 meses, y consistirán en:

- Comprobación de posibles degradaciones, las cuales pueden ocasionar deformaciones o grietas.
- Comprobación del estado de fijación de la estructura a la cubierta. Se comprueba mediante el estado de apriete de los tornillos, sustituyéndose aquellos elementos de fijación que presenten algún defecto por otro nuevo.
- Comprobación de la estanqueidad de la cubierta. Esto se realiza asegurándose de que las juntas están bien cerradas, y si no se da el caso se procede a su reparación o sustitución.
- Comprobación del estado de fijación de los módulos a la estructura.
- Comprobación de la toma de tierra y resistencia de paso al potencial de tierra.

d) Mantenimiento del transformador de potencia

El transformador es un elemento de vital importancia en la instalación de un parque solar fotovoltaico, pues una avería en él supone la parada total de la producción ocasionando grandes pérdidas. Es por ello por lo que se deben realizar una serie de operaciones para asegurar su perfecto estado:

- Comprobar que el sistema no está funcionando a una temperatura demasiado elevada.
- Comprobar que la presión en el interior del transformador es la correcta.
- Desconectar el equipo de la Red de tensión y realizar todas las medidas pertinentes establecidas en el protocolo. Las medidas más habituales son:
 - Puesta a tierra del equipo.
 - Bloqueo de todas las posibles conexiones entrantes y salientes.
 - Delimitación del área de trabajo.
- Comprobar los niveles de aceite, así como posibles fugas.
- Comprobar los sistemas de fuga a tierra, diferencial, etcétera, en función del tipo y modelo del transformador.
- Comprobar todos los demás indicadores y alarmas.
- Comprobación, limpieza y ajuste de las fijaciones, aisladores, conexiones eléctricas, guías, ruedas, soportes y espacios donde puedan generarse grietas o manchas donde puedan fijarse la suciedad y/o humedad.
- Comprobación del correcto funcionamiento de los ventiladores, limpieza de los radiadores y el resto de componentes de refrigeración.
- Limpieza y pintado de las carcasas y demás elementos exteriores que puedan deteriorarse u oxidarse.

e) Mantenimiento de la instalación

El fabricante de los equipos eléctricos como son el inversor y el transformador nos marca el mantenimiento de los mismo, pero es conveniente realizar una serie de acciones para asegurar el buen funcionamiento de la instalación:

- Mensualmente: lectura de los datos almacenados y de la memoria de fallos.
- Semestralmente:
 - Limpieza de las rejillas protectoras en las entradas y salidas de aire.
 - Limpieza o recambio de los filtros de entrada de aire.
 - Limpiar el inversor si es necesario y tomar las medidas que se consideren pertinentes.
 - En el armario de distribución se revisará la entrada de polvo, suciedad, humedad y filtraciones de agua.
 - Asegurar que todas las conexiones de cableado eléctrico están firmes, y en caso contrario apretarlas.
 - Comprobar si el aislamiento o los bornes presentan descoloración o alteraciones de otro tipo. Si es necesario se cambiarán las conexiones que se encuentren deterioradas o aquellos elementos de conexión que se encuentren oxidados.
 - Comprobar la temperatura de las conexiones. Esta comprobación se realiza mediante termografía infrarroja. Si se detecta alguna conexión con temperatura superior a 60º, se medirá la tensión e intensidad de la misma para controlarla.
 - Inspección de las protecciones de la instalación.
 - Pruebas de arranque y parada en distintos niveles de funcionamiento.
 - Comprobar el sistema de monitorización.
 - Comprobar que la potencia instalada y la inyectada a la red es la correcta.
 - Medición de todas las carcassas metálicas para conocer que resistencia total ofrecen, así como de las líneas de tierra como la toma de tierra.

2) Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo hace referencia a todas aquellas operaciones de sustitución necesarias para asegurar que la instalación funciona correctamente durante toda su vida útil. En este tipo de mantenimiento se incluyen:

- El análisis y la elaboración del presupuesto de los trabajos y sustituciones necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación.
- La visita a la instalación en caso de incidencia. En caso de incidencia se deberá ir a la instalación dentro de los plazos establecidos en el contrato de mantenimiento, normalmente suele ser menos de una semana.
- Los costes de mantenimiento correctivo van incluidos en el precio anual del contrato de mantenimiento

El mantenimiento correctivo lo deberán realizar trabajadores cualificados para ello y además, se incluye todas las operaciones de reparación de equipos necesarios para que el sistema funcione correctamente.

3) Costes de mantenimiento

Para el establecimiento de los costes de mantenimiento debemos prestar atención a la información técnica de cada uno de los dispositivos que se van a usar en la planta, el alcance de los trabajos a contratar, garantías, penalizaciones, recursos (humanos y materiales) y términos contractuales.

Así pues, también se deberá tener en cuenta que no siempre van a estar en perfectas condiciones los dispositivos usados en la planta por lo que muchas veces tendrán que hacerse reclamaciones tanto a los fabricantes de módulos, como a los de los inversores, seguidores y resto de dispositivos usados en la planta que cuenten con garantía.

La garantía de un dispositivo usado en la planta comprende la reparación o reposición de los componentes o las piezas que pudieran salir defectuosas, así mismo también comprende la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

No obstante, la garantía puede ser anulada en el caso de que la instalación haya sido modificada por personas ajenas a los suministradores de servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados.

Como se ha podido ver en los puntos anteriores, el mantenimiento de una instalación solar fotovoltaica es muy sencillo por lo que no se requiere gran inversión para el mismo. Es por ello por lo que no se va a realizar un estudio exhaustivo de estos costes, pues una vez montada la instalación, será la empresa distribuidora la encargada de realizar dichos trabajos.

Anexo IV

1) Condiciones económicas

a) Garantía de la obra

En el contrato deberán constar detalladamente todos y cada uno de los plazos de fianza de la obra.

Las partes que se puedan pactar entre ambas partes deberán redactarse en el contrato y tendrán carácter provisional. No se podrá pactar entre ambas partes criterios como la recepción de la obra en la finalización de la misma.

b) Precios

Al finalizar la obra el contratista deberá entregar la relación de precios de las unidades de obra que integran el proyecto. Entendiéndose como precios de las unidades de obra a la totalidad de la carga económica de la obra, incluyéndose así todos los trabajos completados: pagos a trabajadores, materiales, imposiciones fiscales y otros gastos que se puedan dar.

Las obras previstas no contempladas en el contrato con anterioridad, deberán ser aprobadas por el propietario antes de comenzarse, poniéndoles así un precio de cada unidad de obra.

Además, se debe establecer en el contrato la posibilidad o no de la revisión de los precios por parte del contratista, y en el caso de que sí se diera la posibilidad, adjuntar la fórmula pertinente para su caso.

Si se retrasase la obra, se podría aplicar una penalización por retraso de entrega, fijándose una tabla de cuantías y demoras.

c) Contrato

El contrato se formalizará mediante documento privado, teniendo la posibilidad de distinguir a escritura por reclamo de cualquiera de las partes.

El contrato debe incluir todo lo relativo a la realización de las obras, como por ejemplo la mano de obra, el transporte, la adquisición de todos los materiales, los medios auxiliares, etc. Así como las posibles modificaciones que crea conveniente el director técnico.

También se incluirá en el contrato todos los documentos del proyecto, los cuales deberán estar firmados por la propiedad y por el contratista con el fin de verificar su conocimiento y aceptación del proyecto.

d) Responsabilidades

El contratista será el responsable de la correcta ejecución de las obras, así como de la completa operatividad de la instalación al finalizar la obra y de que se cumplan todas las condiciones establecidas en el contrato. El contratista será el responsable de demoler aquellos elementos que estén mal ejecutados.

También será el contratista el único responsable de los accidentes o daños que se cometan por inexperiencia o error, así como de métodos que no se consideren los adecuados.

En el caso de incumplimiento de norma, ley o disposición que se encuentre vigente en el momento en que la obra se encuentre en proceso de construcción, el contratista será el único responsable.

e) Anulación del contrato

En el caso de la anulación del contrato por ambas partes, o bien por alguna de las causas que se van a mencionar a continuación, se deberá pagar al contratista todas aquellas unidades de obra finalizadas, así como los materiales que tenga ya almacenados a pie de obra.

Las posibles causas de anulación del contrato son las siguientes:

- Muerte o incapacitación del contratista.
- Modificación de las unidades de obra un 40% por encima de lo establecido en el contrato.
- Incumplimiento de las condiciones del contrato.
- Quiebra del contratista.
- El no comienzo de las obras en el plazo establecido.
- Finalizar la obra sin que ésta se haya llegado a completar.
- Actuar de malas formas en la ejecución de cualquiera de los trabajos que se realicen en la obra.