

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA IMPLANTACIÓN DE UNA PLANTA FOTOVOLTAICA EN ILLORA (GRANADA)

Trabajo de Fin de Grado



1.INTRODUCCION

2.OBJETO

3.ALCANCE

4.ESTADO DEL ARTE

4.1 LA ENERGÍA RENOVABLE

4.1.1. TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES

4.1.2. VENTAJAS ENERGÍAS RENOVABLES

4.2. LA ENERGÍA SOLAR

4.2.1. LA RADIACIÓN SOLAR

4.2.2. LA RADIACIÓN SOLAR ATRAVIESA LA ATMÓSFERA

4.2.3. RADIACION DE LOS CUERPOS

4.2.4. CÓMO TRABAJA LA RADIACIÓN SOLAR

4.2.5. ¿CÓMO MEDIMOS LA RADIACIÓN?

4.2.6. LA RADIACIÓN SOLAR Y EFECTO INVERNADERO.

4.2.7. LA RADIACIÓN SOLAR Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

4.3. HISTORIA Y DESARROLLO ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.

4.3.1. DESARROLLO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

4.3.2. LA SITUACIÓN EN ESPAÑA

4.3.3. EXPECTATIVAS Y PROYECCIONES DE FUTURO

4.4. EL EFECTO VOLTAICO

4.4.1. ¿QUÉ ES EL EFECTO FOTOVOLTAICO?

4.4.2 EXPLICACIÓN DEL EFECTO FOTOVOLTAICO:

4.5. ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

4.5.1. EL PANEL FOTOVOLTAICO

4.5.1.1. MATERIALES DE LAS PLACAS FOTOVOLTAICAS

4.5.1.2. TIPOS DE PANELES SOLARES EN EL SECTOR FOTOVOLTAICO

4.5.2. INVERSOR-TRANSFORMADOR

4.5.3. ESTRUCTURA SOPORTE

4.5.4. CABLEADO BAJA TENSIÓN Y CAJAS DE CONEXIÓN:

4.5.5. PUESTA A TIERRA:

4.5.6. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (CT):

4.5.7. PROTECCIONES:

4.5.8. CUADRO DE PROTECCIONES Y MEDIDA (CPM)

4.5.9. LÍNEA ELÉCTRICA DE EVACUACIÓN

4.5.10. SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

4.5.11. VALLADO

4.6. SEGURIDAD, MANTENIMIENTO Y VIDA ÚTIL

4.6.1. SEGURIDAD

4.6.2. MANTENIMIENTO

4.6.3. VIDA ÚTIL

4.7. PRECIO Y COSTES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

4.8. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

4.9. CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS

4.9.1. AISLADOS

4.9.2. CONECTADOS A RED

4.9.3. HIBRIDOS

4.10. EL SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL

4.10.1. AGENTES QUE INTERVIENEN

4.10.2. RED DE TRANSPORTE REE

4.10.3. DATOS FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA

4.10.4. DATOS RADIACIÓN SOLAR ESPAÑA

4.11. ANALISIS CIENTÍFICO.

5. APLICACIÓN A CASO DE ESTUDIO.

5.1. CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO

5.1.1. ENCUADRE GEOGRÁFICO

5.1.2. VÍAS DE ACCESO

5.1.3. LITOLOGÍA

5.1.4. USOS DEL SUELO

5.1.5. EDAFOLOGÍA

5.1.6. HIDROLOGÍA

5.1.7. PLUVIOMETRÍA

5.1.8. CLIMATOLOGÍA

5.1.9. IRRADIACIÓN

5.1.10. VIENTO

5.1.11. FLORA Y FAUNA

5.1.12. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

5.2. DATOS DE IRRADIACIÓN EN ILLORA

5.2.1. DATOS DE IRRADIACIÓN SOBRE UN PLANO CON INCLINACIÓN ÓPTIMA

5.2.2. DATOS DE IRRADIACIÓN SOBRE UN PLANO HORIZONTAL

5.3. NORMATIVA APLICABLE

5.3.1. RESPECTO A CONSIDERACIONES ELÉCTRICAS

5.3.2. RESPECTO A OBRA CIVIL

5.3.3. IMPACTO AMBIENTAL

6. ESTRUCTURA DEL PROCESO DE IMPLANTACIÓN

6.1. SELECCIÓN DEL MODULO

6.2. SELECCIÓN DEL INVERSOR

6.3. SELECCION ESTRUCTURA SOPORTE

6.4. DETERMINACIÓN DE LA INTERCONEXIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

6.5. SELECCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS SOPORTE Y CÁLCULO DEL ESPACIO ENTRE FILAS

6.6. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DE LA INSTALACIÓN

6.7. CÁLCULO DEL CABLEADO

6.8. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO ENERGÉTICO DE LA INSTALACIÓN

6.9. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

7. ESTRUCTURA DEL ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS

7.1. DATOS DEL EMPLAZAMIENTO

7.1.1 SUPERFICIE ÚTIL

7.1.2. RADIACIÓN SOLAR

7.1.3. TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES

7.1.4. ANGULO DE INCLINACION OPTIMO

7.1.5. PÉRDIDAS DE ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS

7.1.5.1. ESTIMACIÓN DE SOMBRAS

7.1.5.2. PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

7.1.5.3. PERDIDAS LIMITES

8. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

8.1. EMPLAZAMIENTO

8.2. OPCION A: INSTALACION FIJA

8.2.1. EL PLANEL FOTOVOLTAICO

8.2.2. INVERSOR

8.2.3. ESTRUCTURA SOPORTE

8.2.4. DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FILAS DE PANELES. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

8.2.5. POTENCIA BRUTA A INSTALAR

8.2.6. INTERCONEXIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

8.2.7. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

8.2.7.1. METODO IDEA

8.2.7.2. SEGÚN PROGRAMA DE SIMULACIÓN (SAM)

8.2.7.3. ANALISIS ECONOMICO (SAM)

8.3. OPCION B: INSTALACION CON SEGUIDORES SOLARES

8.3.1. EL PANEL FOTOVOLTAICO

8.3.2. INVERSOR

8.3.3. SEGUIDOR SOLAR 1 EJE

8.3.4. DISTANCIA MINIMA ENTRE SEGUIDORES.DISTRIBUCION EN PLANTA

8.3.5. POTENCIA BRUTA A INSTALAR.

8.3.6. INTERCONEXION DE LOS MODULOS FOTOVOLTAICOS

8.3.7. ESTIMACION DE LA PRODUCCION ENERGETICA DE LA INSTALACION

8.3.7.1. METODO IDAE.

8.3.7.2. SEGÚN PROGRAMA DE SIMULACION (SAM)

8.3.7.3. ANALISIS ECONOMICO (SAM)

9. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

9.1. OPCION A:

9.1.1. ANALISIS ESTRUCTURAL

9.1.2. ANALISIS ENERGETICO

9.1.3. ANALISIS ECONOMICO

9.2. OPCION B:

9.2.1. ANALISIS ESTRUCTURAL

9.2.2. ANALISIS ENERGETICO

9.2.3. ANALISIS ECONOMICO

9.3. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

9.3.1. INTRODUCCIO, ESQUEMA Y OBJETIVOS

9.3.2. MEDIO FISICO

9.3.3. MEDIO BIOLOGICO

9.3.4. MEDIO SOCIOECONOMICO

9.3.5. MEDIO PERCEPTUAL

9.3.6. DEFINICIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES E IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

9.3.7. IMPACTOS RELACIONADOS CON LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

9.3.8. IMPACTOS DERIVADOS DE LA EXPLOTACIÓN DE LA INSTALACIÓN

9.3.9. IMPACTOS RELACIONADOS CON LA FABRICACIÓN DE LOS COMPONENTES

9.3.10. COMPARACIÓN Y VALORACIÓN AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS

9.3.11. EMISIONES EVITADAS POR EL USO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

9.3.12. MEDIDAS CORRECTORAS Y PROTECTORAS

9.3.13. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

10.CONCLUSIONES

11.BIBLIOGRAFÍA.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la dependencia de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica supone un problema asociado a la contaminación, ya que estas formas de energía se conocen como “sucias” por los niveles de emisiones nocivas que se derivan de la extracción de carbón y petróleo. Además de ser catalogadas como sucias, estas formas de energía son finitas, es decir, tarde o temprano terminarían por agotarse.

Por ello, en los últimos años está cobrando más fuerza las energías renovables o energías limpias. Son muchas las formas de aprovechamiento de energías limpias, pero en la actualidad destacan la energía solar fotovoltaica y termosolar, y la energía eólica.

La radiación solar interceptada por la Tierra constituye la principal fuente de energía renovable a nuestro alcance. La cantidad de energía solar captada por la Tierra anualmente es aproximadamente de $5,4 \times 10^{24}$ J, una cifra que representa 4.500 veces la energía que se consume.

La energía solar ha protagonizado en los últimos años una progresión debido a las mejoras de la tecnología, lo que implica una reducción de costes en forma de ayudas y subvenciones debido al interés mostrado por las diferentes administraciones en materia de promover este tipo de aprovechamiento de energía.

Este hecho unido a la voluntad de contribuir en la medida de lo posible a la sostenibilidad energética, ha desembocado en el incremento de este tipo de proyectos de energía solar fotovoltaica conectados a red.

2. OBJETO

Objetivo general

Este estudio tiene como finalidad la evaluación de la viabilidad para una implantación de una planta fotovoltaica de 5 MW para generación de energía eléctrica que estará conectada a la red de transporte. la planta fotovoltaica eje de estudio se situará en la localidad de Illora, en la provincia de Granada y tiene como finalidad la captación de energía solar para la posterior producción de energía eléctrica gracias al efecto voltaico asociado a las células fotovoltaicas de los módulos que se instalaran.

Objetivos específicos

Se estudiará la tecnología fotovoltaica, su historia y desarrollo en el marco mundial y en concreto en el marco de España.

También otro objetivo será conocer los principales elementos de una instalación fotovoltaica, así como los tipos y ventajas de los diferentes tipos de instalaciones fotovoltaicas.

Tener una idea clara de la situación y magnitudes que se manejan dentro del mercado español para saber lo que pueden ofrecer este tipo de instalaciones.

Evaluar el impacto ambiental que se puede ocasionar.

Evaluar la viabilidad para la implantación de este tipo de sistemas

3. ALCANCE

El estudio analiza las posibilidades que ofrece una instalación de energía solar fotovoltaica, formada por un conjunto de módulos fotovoltaicos montados sobre cubierta. Se evaluará la implantación del sistema siguiendo dos alternativas en función de la estructura soporte de los paneles fotovoltaicos, una fija y otra con seguidores solares a un eje que giraran buscando el ángulo óptimo con el fin de captar la máxima radiación. Así mismo. Se buscará la mejor integración de las instalaciones en el emplazamiento haciendo que su afectación sea mínima.

El estudio realizado en este trabajo contempla la posibilidad de implementar la instalación fotovoltaica según diferentes tecnologías

A nivel técnico se exponen y analizan los diferentes elementos que integran la instalación para asegurar su correcto funcionamiento.

El estudio se ha redactado de manera que cumpla con las normativas de aplicación ligadas a este tipo de sistemas.

Para cada una de las alternativas propuestas se realiza una estimación de la producción en función de la potencia instalada, así como una estimación del gasto que conlleva, y de los ingresos que se obtendrán más adelante siguiendo el método que ofrece el IDAE en su pliego de condiciones técnicas para una instalación fotovoltaica conectada a red.

Por otro lado, y para obtener una comparativa fiable, se analizarán los datos obtenidos mediante el SAM (system advisor model), un programa de simulación para el cálculo de instalaciones fotovoltaicas.

Así pues, conociendo los resultados obtenidos de los dos métodos se podrá tener una idea clara a la hora de seleccionar la alternativa más adecuada en función de los requerimientos oportunos.

4. ESTADO DEL ARTE

4.1. LA ENERGIA RENOVABLE

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales que son a priori inagotables, unas debido a la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Clasificación de las Energías Renovables

Las fuentes de energía renovables se dividen en dos categorías: contaminantes y no contaminantes. Entre las limpias o no contaminantes aparecen:

- El Sol: energía solar.
- El viento: energía eólica.
- Los ríos y corrientes de agua dulce: energía hidráulica.
- Los mares y océanos: energía mareomotriz.
- El calor de la Tierra: energía geotérmica.
- Las olas: energía undimotriz.

Características

- Son limpias y no generan residuos de difícil eliminación.
- Tienen un reducido impacto ambiental. No producen emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes a la atmósfera.
- Son ilimitadas y se producen de forma continua.
- Son complementarias a otras fuentes de energía.
- Crean más puestos de trabajo que las energías convencionales lo que genera un impacto positivo en la región.
- Pueden sustituir a las energías convencionales.

Evolución histórica de las energías renovables.

Las energías renovables han sido utilizadas por los humanos desde tiempos remotos, principalmente la energía solar, eólica e hidráulica. Ejemplos de ello son la navegación a vela o los molinos de viento y de agua.

Posteriormente con el invento de la máquina de vapor, se dejan de lado estas formas de aprovechamiento, ya que se consideran inestables en el tiempo por lo que pasan a utilizarse cada vez más los motores térmicos y eléctricos los cual eran más eficientes. Este hecho hizo que se abandonasen momentáneamente las otras formas de aprovechamiento de energía

Unos año más tarde, se vuelven a considerar una alternativa a las energías tradicionales por varios motivos principales:

- tener garantizada la disponibilidad presenta
- por su menor impacto ambiental

Actualmente muchas de estas energías tienen gran importancia en el mix energético global.



IMAGEN 1. INTRODUCCIÓN ENERGIA RENOVABLE FUENTE:
ELFRENETICOINFORMATICO.COM

Tipos de energía: Diferencias entre renovables y no renovables

Las energías renovables:

- recursos limpios e inagotables existentes en la naturaleza
- disminuye la dependencia de mercados externos
- Favorecen el desarrollo tecnológico y la creación de empleo.

Las energías no renovables:

- Son aquellas cuyas reservas son limitadas q disminuyen a medida que se consumen.
- Cuando las reservas disminuyen hace que sea más difícil su extracción y hace que aumente su precio
- Se consideran energías no renovables el petróleo, el carbón, el gas natural o la energía nuclear.

4.1.1 Tipos de energía renovable

Las fuentes y tipos de energía renovable estarían formados principalmente por:

1. Energía solar. Aprovecha la radiación solar para producir electricidad o calor.
Podemos distinguir entre:
 - energía solar fotovoltaica, cuando la radiación solar que incide en unos módulos diseñados para tal fin generan energía eléctrica por efecto fotovoltaico.
 - energía solar térmica, cuando se utiliza la radiación solar directa concentrada para el calentamiento de un fluido.
2. Energía hidráulica. La energía hidráulica es una fuente de energía renovable cuyo fundamento se basa en aprovechar la caída de agua desde una cierta altura para generar energía eléctrica. Se aprovecha así la energía cinética de una corriente o salto de agua natural.

3. Energía del mar. El mar también puede ser utilizado como fuente de energía para producir electricidad.:
 - Cuando se aprovecha el movimiento de las olas, se denomina energía undimotriz.
 - Cuando se aprovechan las mareas es energía mareomotriz
 - También se pueden aprovechar las corrientes marinas, la térmica oceánica y de ósmosis para generar energía.
4. Energía eólica. Es una fuente de energía renovable que utiliza la fuerza del viento para generar electricidad. El principal medio para obtenerla son los aerogeneradores, que son molinos de viento que transforman con sus aspas la energía cinética del viento en energía mecánica. La energía del viento puede obtenerse instalando los aerogeneradores tanto en suelo firme como en el suelo marino.
5. Biomasa. Se basa en el aprovechamiento de la materia orgánica como fuente de energía. Existen varias materias orgánicas que se pueden aprovechar como biomasa, por lo que se trata de una fuente de energía muy heterogénea.
6. Geotermia. La energía geotérmica se basa en el aprovechamiento del calor del subsuelo para climatizar y obtener agua caliente sanitaria de forma ecológica. Es muy importante ya que bajo la superficie de la Tierra existe un gran volumen de energía en forma de calor que puede aprovecharse tanto para producir energía eléctrica o energía térmica.

Entre las ventajas de los tipos de energía renovable destaca que:

1. No contaminan y son respetuosas con el medio ambiente, por lo que también se denominan energías limpias.
2. No generan residuos y son fáciles de dismantelar lo que las hace más seguras para la salud de las personas.
3. Producción de energía ilimitada ya que generan a partir de fuentes inagotables como el sol, el viento, el movimiento del agua, etc.
4. Ayudan a la creación de puestos de trabajo en un nuevo sector, y su impacto económico es beneficiosos para la región en la que se instala.

4.1.2 Ventajas principales de las energías renovables:

- Trabajan contra el cambio climático: las energías renovables no emiten gases de efecto invernadero en la generación de energía, lo que las revela como la solución limpia y más viable frente a la degradación medioambiental.
- Son inagotables: al contrario que las fuentes tradicionales de energía como el carbón, el gas, el petróleo o la energía nuclear, cuyas reservas son finitas, las energías limpias cuentan con la misma disponibilidad que el sol donde tienen su origen y se adaptan a los ciclos naturales. Por ello son un elemento esencial de un sistema energético sostenible que permita el desarrollo presente sin poner en riesgo el de las futuras generaciones.
- Reducen la dependencia energética: la naturaleza autóctona de las fuentes limpias implica una ventaja diferencial para las economías locales y un avance para la independencia energética. La necesidad de importar combustibles fósiles produce dudas en cuanto a la coyuntura económica y política del país proveedor que puede comprometer la seguridad del suministro energético. siempre hay algún tipo de recurso renovable disponible–viento, sol, agua, materia orgánica- que puede ser aprovechado para producir energía de forma sostenible.

- Crecientemente competitivas: Las principales tecnologías renovables –como la eólica y la solar fotovoltaica- están reduciendo drásticamente sus costes, de forma que ya son plenamente competitivas con las convencionales en un número creciente de emplazamientos. Las economías de escala y la innovación están ya consiguiendo que las energías renovables lleguen a ser la solución más sostenible, no sólo ambiental sino también económicamente, para mover el mundo.
- Horizonte político favorable: La comunidad internacional ha entendido la obligación de robustecer la transición hacia una economía baja en carbono por el futuro sostenible del planeta. El clima de consenso internacional en favor de la des carbonización de la economía constituye un marco muy favorable para el impulso de las tecnologías energéticas limpias.

Fuente: acciona.com biodisol.com

4.2. LA ENERGÍA SOLAR

El término energía solar se refiere al aprovechamiento de la energía que proviene del Sol. Se trata de un tipo de energía renovable ya que se le considera inagotable.

La energía solar, además de ser inagotable es abundante: la cantidad de energía que el Sol vierte diariamente sobre la Tierra es muchísimo mayor que la que se consume al día en todo el planeta. La radiación recibida se distribuye de una forma más o menos uniforme sobre toda la superficie terrestre, lo que dificulta su aprovechamiento ya que hay zonas que disponen de mucha más radiación que otras.

El efecto de la radiación solar es clave para entender bien en que consiste la energía solar.

4.2.1 LA RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar describe la cantidad de calor que se recibe del sol en la superficie terrestre.

La radiación solar es capaz de calentar la superficie del suelo y de los objetos (incluso la nuestra) sin apenas calentar el aire. Esta cantidad de radiación solar está siendo alterada por el cambio climático y la retención de gases de efecto invernadero.

4.2.2. La radiación solar atraviesa la atmósfera

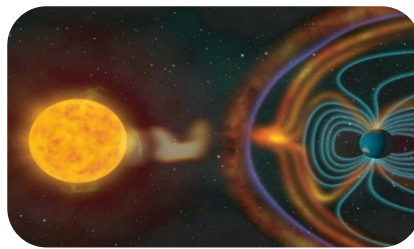


IMAGEN 2. RADIACIÓN SOLAR Y ATMÓSFERA FUENTE:
METEOROLOGIAENRED.COM

La atmósfera es casi transparente a la radiación solar, pero la superficie terrestre y otros cuerpos situados sobre ella sí la absorben. La energía transferida por el Sol a la Tierra es lo que se conoce como energía radiante o radiación. Esta radiación va viajando a través del espacio en forma de ondas que van transportando la energía. En función de la cantidad de energía que lleven, las ondas se van clasificando a lo largo del espectro electromagnético (según sus longitudes).

La clasificación engloba desde las ondas más energéticas: rayos gamma, rayos X y ultravioleta; hasta los de menos energía: infrarrojos, microondas y las ondas de radio.

4.2.3. Todos los cuerpos emiten radiación

La radiación es emitida por todos los cuerpos en función de su temperatura. Stefan-Boltzmann

Todos los cuerpos emiten radiación en función de su temperatura. Es por esto que tanto el Sol, como un trozo de leña ardiendo, como nuestro propio cuerpo están radiando energía continuamente.

Cuanto mayor sea la temperatura que alcancen los cuerpos, mayor será la cantidad de energía que emiten en sus ondas, y es por eso que serán más visibles.

El Sol se encuentra a unos 6.000 K y emite radiación principalmente en ondas del rango visible (ondas de luz), también emite radiación ultravioleta (que tiene más energía) y el resto que emite es radiación infrarroja (no la percibe el ojo humano).

4.2.4. Cómo trabaja la radiación solar:

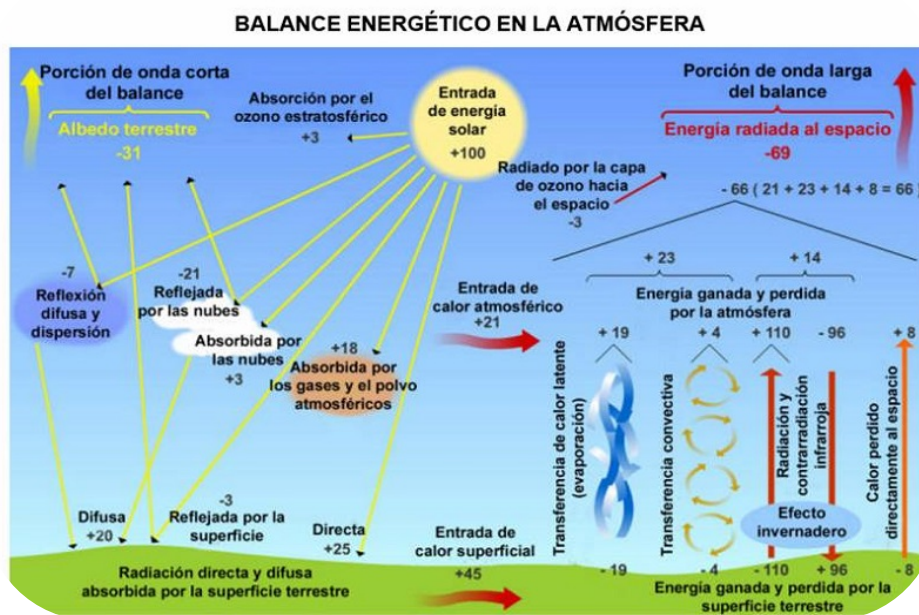


IMAGEN 3. BALANCE ENERGETICO EN LA ATMOSFERA.
FUENTE: METEOROLOGIA EN LA RED.COM

Según la ley del equilibrio radiativo: “un objeto emite la misma cantidad de energía que la que absorbe, es por eso que son capaces de mantener una temperatura constante” ley de Planck.

Muy poca parte de la radiación incidente es absorbida puesto que la mayor parte de la radiación es reflejada por la superficie, los gases, las nubes y es devuelta al espacio exterior.

A la cantidad de radiación que es reflejada por un cuerpo respecto a la radiación incidente, se le conoce como albedo. Por tanto, podemos decir que:

- sistema tierra-atmósfera tiene un albedo promedio del 30%.
- La nieve recién caída presenta un albedo cercano al 90%
- los desiertos tienen cerca del 25%
- los océanos, alrededor de un 10% (absorben casi toda la radiación que les llega).

4.2.5. ¿Cómo se mide la radiación?

Para medir la radiación solar que se recibe en un punto se utiliza el piranómetro.

También, mediante el número de horas del sol que se tiene, se puede obtener una estimación de la cantidad de radiación solar recibida. Para ello, se usa el heliógrafo.

El heliógrafo está formado por una esfera de vidrio orientada hacia el sur geográfico, que actúa como una gran lupa, concentrando toda la radiación recibida en un punto incandescente que va quemando una cinta de un papel especial graduada con las horas del día.

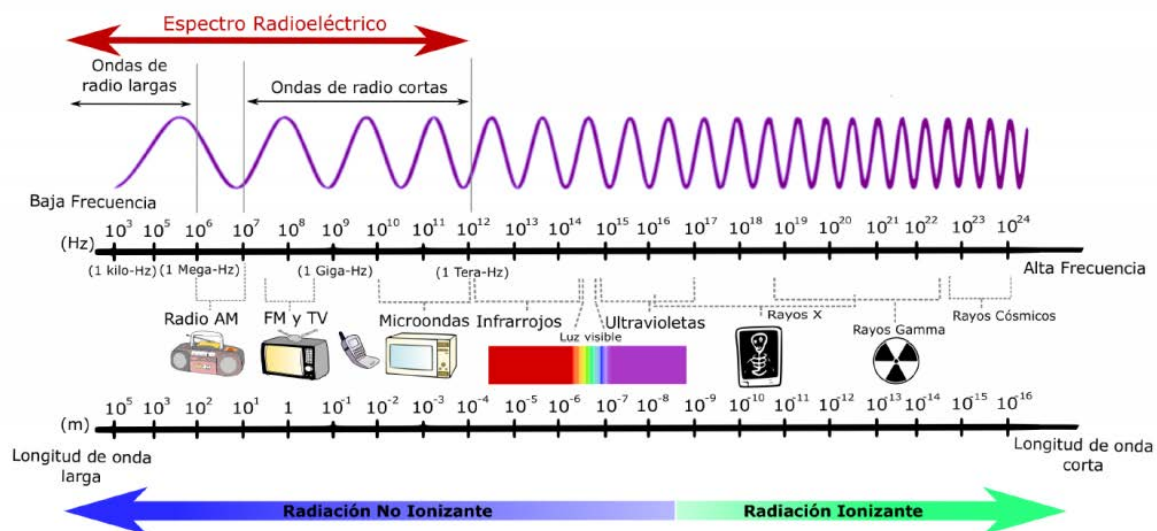


IMAGEN 4. ESPECTRO ELECTROMAGNETICO. FUENTE:ESOP

4.2.6. La radiación solar y el aumento del efecto invernadero.

El aumento del efecto invernadero hace aumentar la cantidad de radiación absorbida en la atmósfera y con ello aumentan las temperaturas.

Se dice que la cantidad de radiación solar que entra en la Tierra y la que sale es la misma. Esto no es del todo cierto, ya que, de ser así, la temperatura media global de nuestro planeta sería de -88 grados.

Es aquí donde adquiere importancia el efecto invernadero.

Los gases de efecto invernadero son aquellos gases que retienen parte de la temperatura que emite la superficie terrestre que devuelve de nuevo a la atmósfera. Los gases de efecto invernadero son:

- el vapor de agua
- el dióxido de carbono (CO₂)
- los óxidos de nitrógeno
- los óxidos de azufre.
- el metano, etc.

Cada gas de efecto invernadero tiene una capacidad distinta para absorber radiación solar. Mientras más capacidad tenga para absorber radiación, más calor retendrá y no dejará que vuelva al espacio exterior.

4.2.7. La radiación solar y el cambio climático

El calentamiento global se entiende como un aumento de las temperaturas debido a la retención de radiación solar, la cual provoca un cambio en el clima global. Esto implica que las temperaturas medias del planeta van a aumentar además de que el clima sufrirá cambios importantes con todo lo que conlleva.

“El aumento de temperaturas provoca desestabilizaciones en las corrientes de aire, masas oceánicas, distribución de especies, sucesión de las estaciones, aumento de fenómenos

meteorológicos extremos (como sequías, inundaciones, huracanes...), etc. Es por eso que para poder volver a tener nuestro equilibrio radiativo de una manera estable, hay que reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.”, German Portillo. *Meteorología en la red. La radiación solar*.

4.3 HISTORIA Y DESARROLLO ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.

4.3.1. Primeros pasos y desarrollo de la energía solar fotovoltaica

El descubrimiento del efecto fotovoltaico, que es la base de funcionamiento de las células solares, lo describió Becquerel en 1839, aunque la explicación precisa del no se produjo hasta comienzos del siglo XX.

En el año 1954 se fabrica la primera célula solar de silicio en los laboratorios Bell Telephone (EEUU). Este hecho tuvo gran importancia ya que suponía el comienzo de una nueva era ya que ofrecía la posibilidad de aprovechar la energía ilimitada del sol para uso humano.

Un año más tarde ciertas industrias, impulsadas por el comienzo del programa espacial estadounidense, recibieron el encargo de producir células solares para aplicaciones espaciales. Una de estas empresas era Hoffman Electronic, que fue la primera en fabricar estos dispositivos para uso comercial, aunque al principio ofrecía unas eficiencias de conversión muy bajas.

Fue ya en 1958 cuando se lanzó al espacio el satélite Vanguard-I, que fue el primero que utilizó células solares como fuente de energía y que estaría operativo durante 8 años. Aparece en la siguiente imagen:

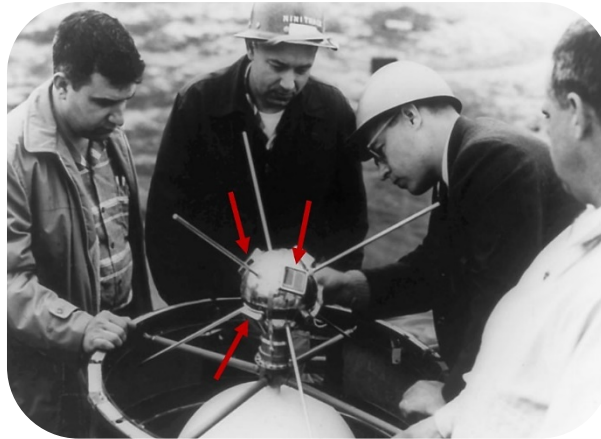


IMAGEN 5. SATÉLITE VANGUARD I [blogs.cdecomunicacion.es
origen-y-primeros-pasos-de-la-energia-solar-fotovoltaica/](https://blogs.cdecomunicacion.es/origen-y-primeros-pasos-de-la-energia-solar-fotovoltaica/)

Las flechas señalan la ubicación de las células solares que suministraban la energía del satélite.

La tecnología de las células solares se impulsó gracias a la industria microelectrónica, de la que tomó buena parte de sus procesos de fabricación. Debido a este impulso, en muy pocos años se obtuvieron dispositivos con eficiencias de conversión de energía solar en eléctrica del 15%. El desarrollo en el ámbito espacial continuó durante la década de los 60 y 70.

En el año 1973, la primera estación espacial estadounidense, el Skylab, tenía instalados 20 kW de potencia en paneles fotovoltaicos. Con el paso de los años las aplicaciones espaciales fueron superadas por las terrestres (faros y pequeñas plantas experimentales).

A partir de entonces, su desarrollo en el mundo ha atravesado tres fases claramente diferenciadas que se explican a continuación:

Fase I: 1975-1985. Las sucesivas crisis del petróleo de los años 1973 debido a la guerra del Yom Kipur y en 1979 con motivo de la revolución de Irán, hicieron tomar conciencia a los principales países industrializados de que era necesario buscar nuevas fuentes de energía alternativas al petróleo, debido al incremento del precio del crudo, ya que entre 1973 y 1979, el precio del barril se multiplicó por seis. Otro motivo fue que la conciencia ecológica

se fue extendiendo por todo el planeta y se comenzó a plantear la necesidad de limitar las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera (principalmente CO₂) debido a las consecuencias que podría tener en el futuro. Debido a esto, algunos países como Estados Unidos comenzaron los programas de ayuda a las energías no basadas en combustibles fósiles, incentivados por la administración Carter. En esos años se instalaron los primeros huertos solares experimentales los cuales eran de tamaño muy reducido (decenas de kW).

Fase II: 1985-1995. Después de la crisis del petróleo, el precio del barril se redujo y se estabilizó en valores bajos suponiendo un descenso del interés y de las ayudas estatales e incentivos a las energías renovables. Durante este período, las principales actividades destinadas al diseño y mejora de la tecnología fotovoltaica corrieron a cargo de grandes empresas petroleras, ya que eran las grandes potencias por aquel entonces (British Petroleum era una de las más representativas). A pesar de esto, otros laboratorios de investigación siguieron mejorando la tecnología de fabricación de las células solares, mejorando año tras año las eficiencias de conversión.

Fase III: 1995-Actualidad. El uso de energías renovables se ha ido extendiendo poco a poco en el mundo en general y principalmente en los países desarrollados. A comienzos del siglo XXI, numerosos países, como Alemania, España, Italia, Estados Unidos y otros comenzaron a incentivar intensamente el uso de esta fuente de energía mediante el pago de primas por la electricidad producida. A su vez, los fabricantes de paneles fotovoltaicos pasaron del ámbito de las compañías petroleras y de las industrias electrónicas a ser fabricantes específicos.

En la actualidad, a la cabeza del ranking mundial de fabricantes de células solares, se encuentran las empresas asiáticas, con China a la cabeza (Yingli) y alguna norteamericana (First Solar) mientras que los fabricantes europeos han desaparecido o han sido absorbidos por los grandes fabricantes asiáticos, que han establecido unas políticas de precios con las que es muy difícil competir.

En los últimos años, la potencia fotovoltaica instalada acumulada en todo el mundo no ha parado de crecer un año tras otro, como muestra la imagen 6. Los valores mostrados en la gráfica son una prueba de que la apuesta por esta fuente de energía es imparable y alcanza a todo el planeta:

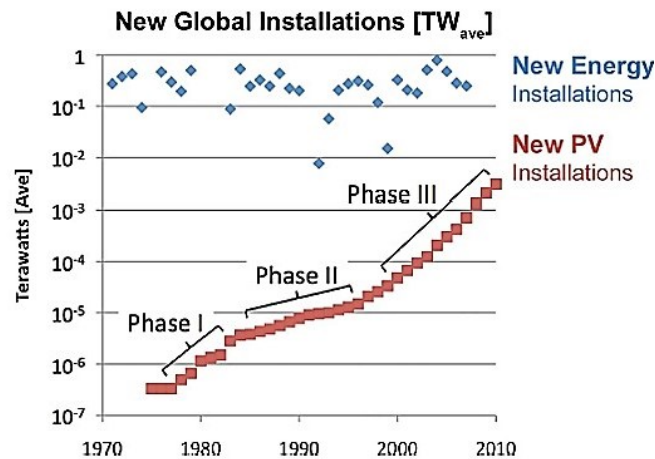


IMAGEN 6. POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA EN EL MUNDO EN BILLONES DE VATIOS FUENTE: MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Gráfico: (tw; 1 tw = 1.000.000.000.000) en función del año. la escala vertical es logarítmica.

La energía solar fotovoltaica se ha convertido en los últimos años en una de las fuentes de generación de energía eléctrica esenciales para frenar el cambio climático. Se debe a varias razones entre las que destaca la importante reducción que han sufrido los precios de los paneles solares.

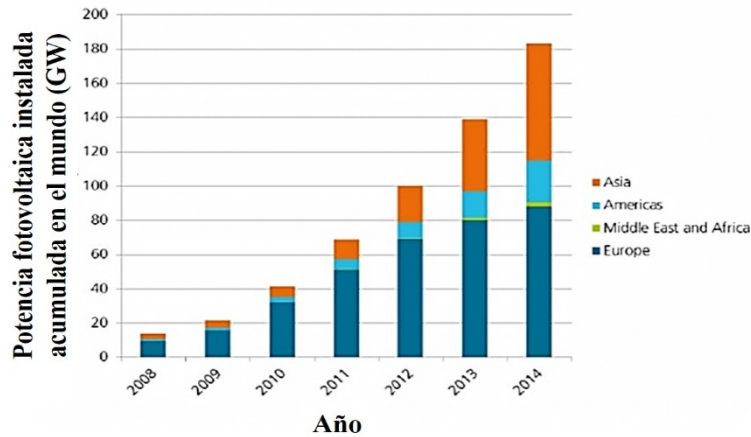


IMAGEN 7.POTENCIA FOTOVOLTAICA INSTALADA ACUMULADA MUNDIAL FUENTE: ASTURBULLA.ORG

4.3.2. La situación en España: del boom del 2007 a la moratoria renovable en la actualidad

En España, desde el año 2004 y principalmente 2007, el primer Gobierno Zapatero hizo una apuesta firme por esta fuente de energía, mediante varios decretos reales, que establecieron primas a los productores de energía fotovoltaica. Sin embargo, el sistema de retribuciones establecidas en 2007 estuvo mal diseñado, ya que no se pusieron límites a la capacidad instalada, provocando una gran aparición de instalaciones en el año 2008 y todo el caos regulatorio que vino después. La evolución de la potencia instalada año a año en España se muestra en la siguiente gráfica:

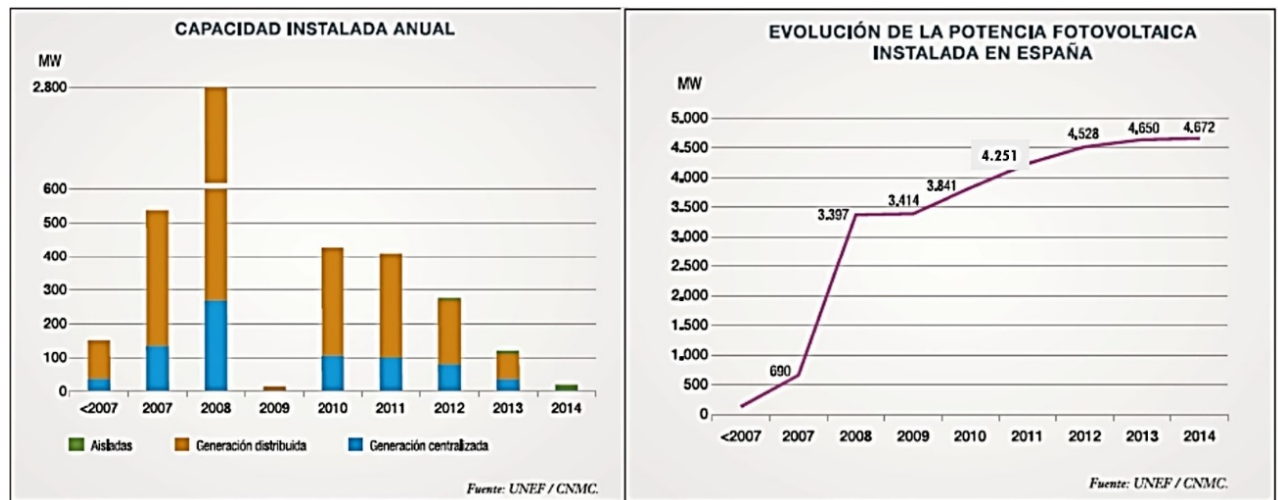


IMAGEN 8. EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA SOLAR FOTOVOLTAICA INSTALADA ANUALMENTE (IZQUIERDA) Y ACUMULADA (DERECHA) EN ESPAÑA, EXPRESADA EN MW. FUENTE: UNIÓN ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA, INFORME ANUAL 2015.

En la imagen se parecía el boom del año 2008, el corte brusco en 2009 debido a la mala planificación y el freno en nuevas instalaciones desde el año 2012.



IMAGEN 9. EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA SOLAR FOTOVOLTAICA INSTALADA Y ACUMULADA EN ESPAÑA, EXPRESADA EN MW (1 MW = 1.000.000 W FUENTE: INFORME ANUAL 2015. UNIÓN ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA.

Desde el 2011, coincidiendo con la llegada del PP, se han sucedido toda una serie de normas destinadas a reducir las primas a las energías renovables. El freno al sector fotovoltaico ha llegado hasta el punto de que mientras que, en 2015, en el mundo se instalaron 51.000

MW, (en los países de nuestro entorno, 4.000 MW en Reino Unido, 1.400 MW Alemania, 1.100 MW Francia); en España sólo se añadieron 49 MW.

4.3.3. Expectativas y proyecciones de futuro

Fuera de España, la energía solar fotovoltaica ha alcanzado en los últimos años la característica de tecnología global. Es una realidad creciente a escala mundial, lo que ayudará a que sigan disminuyendo los costes. La evolución prevista para el precio de los paneles fotovoltaicos de aquí a 2050 se muestra en la siguiente gráfica:

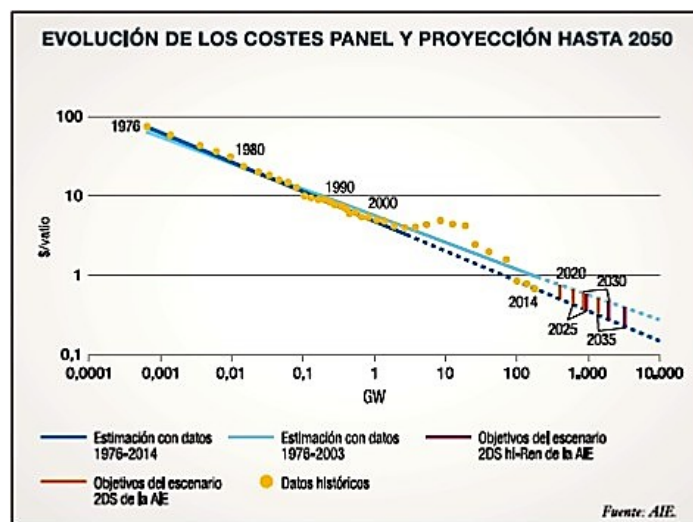


IMAGEN 10. EVOLUCIÓN DE LOS COSTES DEL PANEL FOTOVOLTAICO. FUENTE: AIE 2014

Evolución de costes medios de paneles fotovoltaicos en el mundo según diversas estimaciones.

Eje vertical: precio del vatio fotovoltaico en 2015.

Eje horizontal: potencia instalada acumulada en el mundo en Gigavatios (1 GW = 1.000 MW). Ambas escalas son logarítmicas

Las principales agencias internacionales (IEA, IRENA) cifran las expectativas de crecimiento para esta fuente energía en 540 GW de potencia instalada en 2020, frente a los 230 GW que había a finales de 2015 y sitúan el crecimiento anual en torno a 45-50 GW. Este crecimiento se basa principalmente en el desarrollo de la tecnología en China, con importancia creciente en otros mercados como India, Japón y EEUU y va de la mano con una continuada reducción del precio del vatio solar.

En lo que se refiere a España, el precio del kwh se sitúa en torno a 8-12 céntimos de euro siendo competitivo con el precio del kwh obtenido con fuentes de energía no renovables. Seguramente, ese precio seguirá reduciéndose un año tras otro. En las últimas dos décadas, pocos sectores han mostrado un nivel de excelencia en I+D+i similar al ocurrido en el sector fotovoltaico en España. En España durante los años 2005-2010 se produjo un fenómeno sin precedentes ya que se creó una gran tecnología fotovoltaica que con el paso de los años ha ido decreciendo en vez de evolucionando, principalmente por las trabas impuestas por el gobierno.

“El futuro de la energía pasará necesariamente por el desarrollo de las energías renovables en general y de la fotovoltaica en particular, especialmente en España, ya que gozamos de una privilegiada posición geográfica con elevados niveles de irradiación durante la mayor parte del año en la práctica totalidad del territorio, lo que hace una fuente de energía especialmente atractiva. Con un marco regulatorio mínimamente sensato, el sector fotovoltaico debería tener un futuro espléndido.” *público. evolución y perspectivas energía solar fotovoltaica.*

4.4. EL EFECTO VOLTAICO

4.4.1. ¿Qué es el efecto fotovoltaico?

El efecto fotovoltaico es el efecto fotoeléctrico caracterizado por la producción de una corriente eléctrica entre dos piezas de material diferente que están en contacto y expuestas a la luz o, en general, a una radiación electromagnética.

El efecto fotovoltaico constituye el principio de funcionamiento de las células fotovoltaicas y es fundamental para la producción de electricidad mediante energía solar.

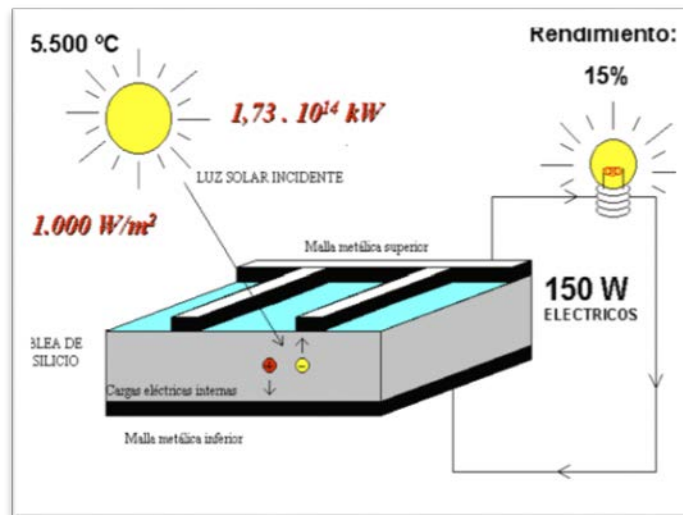


IMAGEN 11. EXPLICACIÓN EFECTO VOLTAICO. CÉLULA FOTOVOLTAICA FUENTE: SFE-SOLAR.COM

4.4.2. Explicación del efecto fotovoltaico:

La explicación de cómo se genera dicha corriente, o el efecto fotovoltaico, es la siguiente:

1. La unión de dos elementos semiconductores (tipo p y tipo n) provoca una diferencia de potencial.
2. Los fotones transfieren la energía de la radiación solar incidente a los electrones de los semiconductores.
3. La diferencia de potencial existente en la unión provoca un flujo de electrones fotogenerados, lo que origina una diferencia de potencial en la célula.

4. Con ayuda de los contactos existentes en la célula puede conectarse a un circuito exterior, por el que circulará una corriente eléctrica.
5. Por último, cabe mencionar que la célula FV no es un acumulador eléctrico. Su capacidad de generar energía eléctrica está ligada a la radiación solar incidente sobre ella, es decir, si no hay radiación la célula no generará energía eléctrica.

La célula fotovoltaica es, sin duda alguna, la parte más importante de una placa fotovoltaica. La calidad de la misma determinará la calidad y rendimiento de un panel a lo largo de su vida útil.

4.5. ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

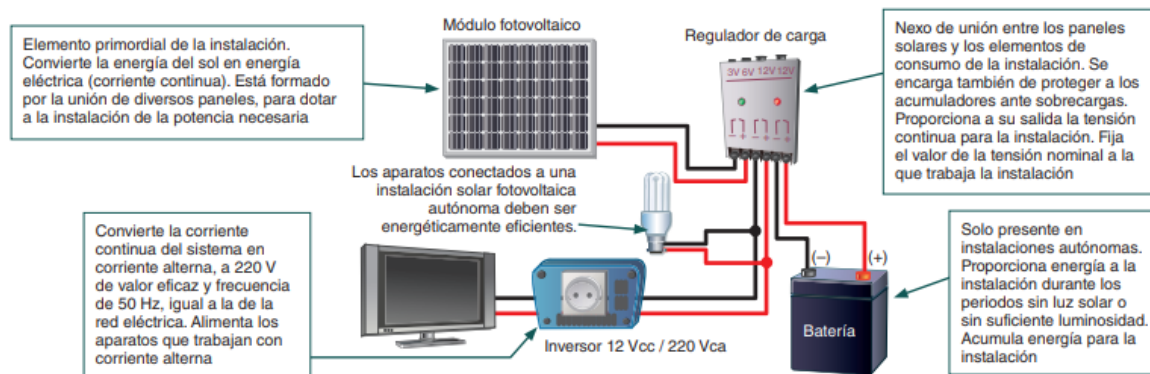


IMAGEN 12. ELEMENTOS INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. FUENTE: www.profesaulosuna.com ENERGIASOLAR.pdf

4.5.1. EL PANEL FOTOVOLTAICO

Un panel fotovoltaico es un tipo de panel solar diseñado para el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica. Su función es transformar la energía solar en electricidad. Los paneles fotovoltaicos se pueden utilizar para generar energía eléctrica tanto en aplicaciones domésticas o en aplicaciones comerciales.

Los módulos fotovoltaicos están formados por un conjunto de celdas fotovoltaicas interconectadas entre ellas.

El panel fotovoltaico es el encargado de transformar de una manera directa la energía de la radiación solar en electricidad, en forma de corriente continua.

La placa fotovoltaica está diseñada para soportar las condiciones que se dan al aire libre y poder formar parte de la piel del edificio. Su vida útil se considera de 25 años.

Las células se encapsulan en una resina, y se colocan entre dos láminas para formar los módulos fotovoltaicos. La lámina exterior es de vidrio y la posterior puede ser de plástico opaco o de vidrio, si se quiere hacer un módulo semitransparente.

En el hemisferio norte, hay que orientar las placas, en dirección sur y con una inclinación determinada. La más apropiada en cada emplazamiento depende de la latitud y de la época del año, siendo aconsejable el estudio de radiación solar recibida para cada emplazamiento. Por otro lado, la inclinación de los módulos variará en función de las necesidades energéticas previstas y del período de utilización, a fin de hacer un balance estacional (invierno, verano) o anual.



IMAGEN 13: ELEMENTOS DE UN PANEL FOTOVOLTAICO FUENTE: ELISEOSEBASTIAN.COM/DIADOS-EN-LOS-PANELES-FOTOVOLTAICOS/DIODO-FV/

4.5.1.1. Materiales de las placas fotovoltaicas

Para el soporte de los módulos solares, se deben emplear materiales que presenten buenas propiedades mecánicas, además de una gran durabilidad, teniendo en cuenta la larga vida útil de las instalaciones. Normalmente, los elementos de soporte son de:

- Aluminio anodizado (de poco peso y gran resistencia)
- Hierro galvanizado (apropiado para grandes cargas)
- Acero inoxidable (para ambientes muy corrosivos, es el de más calidad y precio más elevado).

En ocasiones se realizan las estructuras de los módulos fotovoltaicos con madera, debidamente tratada; con unas operaciones mínimas de mantenimiento, ya que presentan unas condiciones aceptables para este uso. Las piezas de fijación, como los tornillos, deberían ser siempre de acero inoxidable.

4.5.1.2. Tipos de paneles solares en el sector fotovoltaico

Clasificación de los tipos de placas solares por su tecnología.

Hay 3 tecnologías que destacan sobre el resto y que son las que se instalan en el 90% de los sistemas fotovoltaicos actuales. Son los módulos solares monocristalinos, policristalinos y amorfos.

A. Paneles monocristalinos:

están compuestos por células monocristalinas. Son ese tipo de célula que se diferencia por su color negro y con las esquinas recortadas con un chaflán (resultado del corte de la célula).



IMAGEN 14: CÉLULA SOLAR MONOCRISTALINA FUENTE:DIRECTINDUSTRY.ES

los paneles solares monocristalinos son los que mayor eficiencia tienen de entre todos los disponibles en el sector.

B. Módulos policristalinos:

Al igual que comentamos con los modelos monocristalinos, los paneles solares policristalinos están compuestos por células policristalinas. Se diferencia por su color “azulado” y no poseen el chaflán del recorte de las esquinas como los monocristalinos.

Las células de silicio policristalino (mc-Si) también utilizan obleas de silicio como sustrato, pero a diferencia de las monocristalinas, éstas proceden del corte de un bloque de silicio que se ha dejado solidificar lentamente en un crisol y que está formado por muchos pequeños cristales de silicio.

Son menos costosas en su fabricación, pero también menos eficientes.



IMAGEN 15. CÉLULA SOLAR POLICRISTALINA FUENTE.DIRECTINDUSTRY.ES

En la imagen se aprecia la diferencia visual entre una célula policristalina y la anterior monocristalina del punto anterior.

Los avances más recientes, como cortadoras de obleas con diamante utilizadas por fabricantes como SolarWorld, han supuesto una mejora en la eficiencia de utilización del silicio (se desperdicia menos cantidad de material) y permiten obtener obleas de menos 200 micras de espesor, aunque este espesor está cerca de su límite físico ya que se debe tener en cuenta que la célula debe ser lo suficientemente resistente para no romperse en su posterior manipulación para la fabricación del panel.

Además, se han logrado mejorar las pérdidas por reflexión y una mejor captación de la luz en el interior de la célula mediante técnicas de texturizado y tratados anti reflectantes.

Se puede apreciar un ejemplo de texturizado en la imagen siguiente:

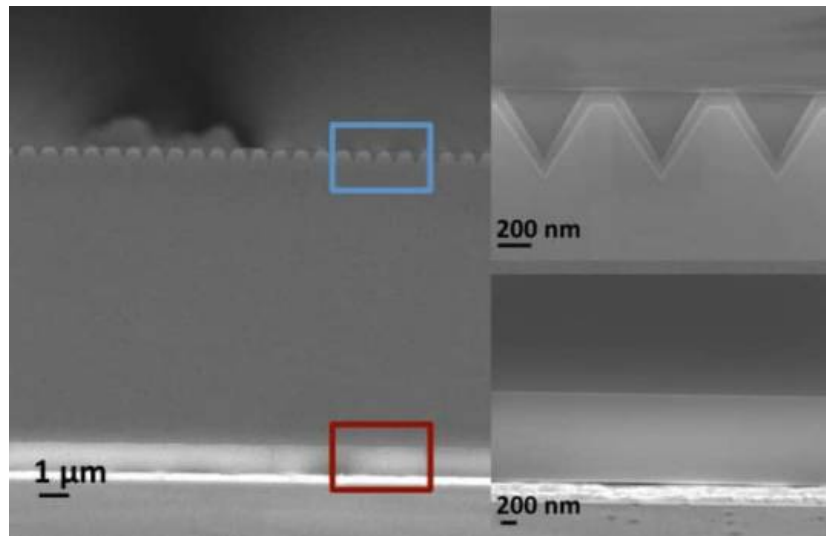


IMAGEN 16: TEXTURIZADO SUPERFICIE CÉLULA SOLAR FUENTE: SFE-SOLAR.COM

Tal como se ve en la imagen, se han practicado sobre la célula una serie de micro-perforaciones en forma de pirámide invertida que lo que hacen es ayudar a mejorar la captación de la luz solar de la célula, y, en consecuencia, del panel solar.

Tanto las células mono como policristalinas descritas tienen unas características eléctricas aproximadas de 0,5 voltios en circuito abierto (V_{oc}) y unos 3 amperios en cortocircuito (la intensidad es directamente proporcional al área de la célula).

Tipos de paneles solares monocristalinos y policristalinos:

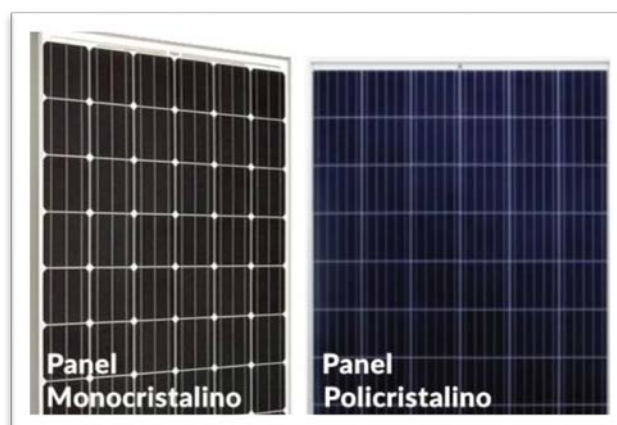


IMAGEN 17: TIPOS DE PANELES FUENTE: SOLEX.SOLAR.COM

Una vez obtenidas las células, se ensamblan y pasan un proceso de producción hasta dar lugar a los paneles solares monocristalinos o policristalinos según el tipo de célula

C. Paneles silicio amorfo (capa fina):

Aunque no es tan habitual verlos, también están las placas solares de silicio amorfo, o llamadas también de capa fina.

El funcionamiento de una célula solar de capa fina de silicio amorfo es el mismo que las cristalinas pero su elaboración es muy diferente. Los aspectos característicos de esta tecnología son:

- Proceso de fabricación sencillo y de fácil automatización.
- Necesidad de poco material activo lo que conlleva una reducción del gasto energético y del coste.
- Facilidad para realizar módulos flexibles y con una buena eficiencia cuántica en un amplio rango del espectro.

Las células de silicio amorfo han sido las primeras células de capa fina que se comenzaron a comercializar, sin embargo, debido a la bajada de precios experimentado por los paneles solares cristalinos, han ido perdiendo posiciones en el mercado y actualmente su implantación es muy reducida.

La tecnología del silicio amorfo a-Si tiene una eficiencia bastante menor que las basadas en silicio cristalino, debido principalmente a la mala calidad del silicio utilizado.

este tipo de placas, son especialmente adecuadas para uso en interiores y en atmósferas con mucho polvo, etc.



IMAGEN 18: PANEL SOLAR SILICIO AMORFO FUENTE: LIDERSOLAR.ES

Las placas solares de silicio amorfo consisten en una lámina cortada a medida en la que se observan unas tiras delgadas que separan las células, creadas y conectadas entre sí durante la elaboración del propio módulo, de forma que el enmarcado ayuda en el trabajo y el montaje del mismo. El rango de tensiones que maneja también es más amplio que en los de silicio cristalino, lo que los hace adecuados para sistemas de bombeo solar.

Comercialmente, las placas solares se clasifican por su potencia pico (Wp), que es la potencia que pueden generar en condiciones estándar de medida (STC), dicho de otro modo, es la potencia que viene indicada en la ficha técnica del producto. Otro de los datos que se suelen mirar la tensión nominal, que nos va indicar si el panel va a ser adecuado para sistemas aislados de 12V, de 24V o bien para conexión a red y autoconsumo.

Fuente: sfe-solar.com

4.5.2. INVERSOR-TRANSFORMADOR

Un inversor de conexión a red es un aparato capaz de convertir la corriente continua generada por los módulos solares fotovoltaicos en corriente alterna e inyectarla en frecuencia y fase con la línea de distribución. Se distinguen diferentes tipos de inversores:

- 1) Inversor de modulo: inversor dedicado a un único generador. adecuados para instalaciones domésticas y de muy baja potencia

- 2) Inversor orientado a rama: inversor dedicado a un conjunto de generadores en serie o string.
- 3) Inversor central: inversor dedicado a un conjunto de ramas o strings.

A la salida del inversor de una instalación fotovoltaica se suele colocar un transformador que permite adecuar la tensión de salida del inversor a la red eléctrica o subestación donde se va a realizar la conexión.

Al igual que en los módulos fotovoltaicos, al pasar la corriente por el inversor y transformador se producirán una serie de pérdidas que afectarán al rendimiento de la instalación.

La eficacia de los inversores suele ser del 98% -98.8% y la de los transformadores de 98.7-99.2%

4.5.3. ESTRUCTURA SOPORTE

Los módulos fotovoltaicos que forman el generador, están montados sobre una estructura mecánica cuyo objetivo es el de sujetarlos y optimizar la radiación solar. En este apartado se describen las estructuras posibles a utilizar:

- Estructura fija: La posición más habitual y más sencilla de los paneles es la fija. En este tipo de diseños, los paneles, agrupados, se fijan a una estructura soporte que asegure la orientación e inclinación definida por cálculo. Asimismo, debe garantizar una sujeción segura de los equipos y facilitar el montaje y el conexionado.

En instalaciones en campo abierto la cimentación de la estructura soporte depende de la capacidad portante del terreno en el que se encuentre, del número de paneles que haya sobre la estructura y de la carga de viento o nieve a resistir (en función de la norma del CTE).

Los métodos más utilizados son el anclaje al suelo, el hincado del fuste en él con unas profundidades que las van a dar los anteriores condicionantes. El modelo de fijación garantizará las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos.

Los materiales más comunes son el acero galvanizado y el aluminio ya que son estructuras que trabajan a intemperie y a larga duración. Por último, mencionar que, aunque es la más barata es la que presenta menor rendimiento en relación con el coste. Éste se debe a que la estructura siempre mantiene la misma inclinación y no aprovecha la radiación solar como los seguidores solares.

Una ventaja que presenta es que permite una mayor relación potencia por unidad de superficie debido a que hay que dejar menos distancias entre filas de paneles

- Seguidores solares: Son estructuras con soportes móviles o conseguimiento solar donde su función va mucho más allá de la sujeción de los paneles. Se busca en estos casos un incremento en la recepción de energía que, como es de suponer, implica también un aumento del rendimiento y del coste de la instalación. Las estructuras llevan incorporadas una unidad de control que posiciona el eje en la orientación óptima determinada mediante un programa que lleva en una memoria interna.

Como referencia, para latitudes como las de la España peninsular se obtiene una mejora en la recepción solar de entre un 25 y un 40% anual respecto a la posición fija con inclinación de unos 30º y orientación Sur. Se encuentran diversos tipos de estructuras para el seguimiento solar:

-Seguimiento en un eje horizontal, Norte-Sur En este tipo de seguimiento los paneles están orientados hacia el Este por la mañana, moviéndose a lo largo del día sobre el eje Norte-Sur hasta la posición Oeste al atardecer. Después de la puesta de Sol se puede volver a la posición inicial en preparación para la mañana

siguiente. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol. Dentro de los sistemas con seguimiento es de los que presenta una mayor sencillez, robustez y menor coste. Es apropiado para sistemas muy grandes, ya que el aprovechamiento del terreno es máximo porque no existe casi sombreado en la dirección Norte-Sur y se pueden colocar paneles contiguos en largas filas.

-Seguimiento en un eje acimutal (vertical) en esta configuración, el eje de giro es vertical, estando los paneles inclinados un valor igual a la latitud, de forma constante. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano local que contiene al Sol, es decir, que el acimut de la superficie sea igual al acimut local del Sol. La velocidad de giro es variable a lo largo del día. En latitudes mayores se mejora la recepción energética con este tipo de seguimiento.

-Seguimiento en un eje inclinado (polar) En el seguimiento con un eje inclinado, la superficie de la estructura gira sobre un eje orientado hacia el Sur. Cuando la inclinación de este eje es igual a la latitud recibe el nombre de seguimiento polar. En este movimiento, el giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol. La velocidad de giro es de 15° por hora. Es una configuración que combina una buena recepción energética con un buen aprovechamiento de terreno consiguiendo aproximadamente un 96% de captación, comparado con el sistema de dos ejes.

-Seguimiento en 2 ejes Esta configuración hace un seguimiento Norte-Sur (buscando el ángulo óptimo de incidencia) y Este-Oeste (siguiendo la trayectoria del Sol). Este doble movimiento ocasiona que los paneles se encuentren orientados perpendicularmente al Sol en todo momento, obteniéndose una ganancia por encima del 40% respecto a los sistemas sin

seguimiento. En el diseño de toda planta debe evaluarse, sin embargo, no sólo el incremento de radiación por posicionamiento, sino también los efectos de sombreado sobre el resto de seguidores y lógicamente, el coste de equipos, montaje y mantenimiento ya que son las más caras de las mencionadas. Los grandes seguidores a 2 ejes provocan mayor sombreado que las configuraciones a un eje o fijas antes descritas, por lo que en determinadas circunstancias de limitación de terreno deben estudiarse todas las opciones.

4.5.4. CABLEADO BAJA TENSIÓN Y CAJAS DE CONEXIÓN:

La salida de los paneles es corriente continua. La agrupación de paneles dará una salida en corriente y tensión compatible con el inversor seleccionado, por lo que la sección de los cables del generador fotovoltaico se determinará en función de su longitud para que no se produzca cizalladura, y evitando así pérdidas de tensión y calentamientos no admisibles.

El Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE establece unas caídas de tensión porcentuales máximas del 1,5% en la parte de continua y del 2% en alterna para cualquier situación de trabajo.

La caída de tensión ΔV (V), en un cable de sección S (mm²), con resistividad ρ ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$) y longitud L (m), para una corriente I (A) se relacionen mediante la siguiente expresión:

$$\Delta V = 2 \rho I L / S$$

Por tanto, la sección mínima de cable que cumple con las recomendaciones de caídas de tensión porcentuales máximas se obtiene, a la máxima corriente de circulación, como:

$$S_{\min} = 2 \rho L I_{\max} 100 / (v_a (\%). V_{\text{vino}})$$

Si bien pueden darse condiciones de radiación ligeramente por encima de los 1.000 W/m², la máxima corriente de circulación en operación normal que se emplea para el cálculo anterior puede estimarse como:

$$I_{max} = N \text{ Paralelo } \times I \text{ Panel}$$

Los conductores más habituales son de cobre (con resistividad de $\rho_{Cu} = 0,01724 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ a 20°C) y normalmente suelen ir enterrados con los positivos y los negativos de cada grupo de módulos separados y protegidos de acuerdo con la normativa vigente.

4.5.5. PUESTA A TIERRA:

Todas las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una red de tierras garantizando el valor normalizado de resistencia de puesta a tierra de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, así como de las masas del resto del suministro.

Esta red de tierras será independiente de la del neutro del centro de transformación, y no alterará las condiciones de puesta a tierra de la empresa distribuidora asegurándose que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución para lo que se aislará el conductor de puesta a tierra del neutro del transformador y se guardarán las distancias necesarias con la puesta a tierra del parque fotovoltaico. La red de tierras se efectúa a través de picas de cobre con una sección mínima de 16 mm^2 . La configuración de las mismas debe ser redonda y de alta resistencia, asegurando una máxima rigidez para facilitar su introducción en el terreno y una resistencia de puesta a tierra lo más baja posible. La línea principal de tierra formará un anillo general alrededor del generador y se conectarán las partes metálicas de los soportes de los generadores y caja de conexión y la electrónica de la central (Inversor).

Para la conexión de los dispositivos al circuito de puesta a tierra, será necesario disponer de bornes o elementos de conexión que garanticen una unión perfecta, teniendo en cuenta los esfuerzos dinámicos y térmicos que se producen en caso de cortocircuito.

4.5.6. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (CT):

Debido a que las plantas solares vierten la energía a la red eléctrica en media tensión es necesario elevar la tensión de salida de los inversores a media tensión (15 – 30 KV). Para ello se emplean los centros de transformación, que, en este caso, son elevadores e incorporan todos los elementos propios de un centro de transformación y aparamenta necesarios. Los CT se suministran e instalan prefabricados y en potencias normalizadas con lo que todo el montaje y verificación interna se hace en fábrica. El lugar de colocación normalmente es junto a la caseta de los inversores. Puede haber más de un CT, esto dependerá de la potencia de salida final de la planta y la potencia suministrada por los inversores. Se suelen dimensionar al menos para una potencia del doble de la planta según la normativa. Por último, mencionar que los CT suelen conectarse en anillo y disponerse perimetralmente al generador fotovoltaico y de tal manera que puedan tener un fácil acceso. Asimismo, la tensión de salida ha de coincidir con la tensión de la línea donde se va a evacuar la energía eléctrica.

4.5.7. PROTECCIONES:

Las protecciones que debe incorporar toda instalación fotovoltaica en conexión a red, según el REBT, son las siguientes:

- **Interruptor general manual**, que será un interruptor magneto térmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. Este interruptor tiene que ser accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizarla desconexión manual.

- **Interruptor automático diferencial**, con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento de la parte alterna de la instalación. Este interruptor reacciona con toda intensidad de derivación a tierra que alcance o supere el valor de la sensibilidad del interruptor. La capacidad de maniobra debe garantizar que se produzca una desconexión perfecta en caso de cortocircuito y simultánea derivación a tierra. Por él también pasan todos los conductores que sirvan de alimentación a los aparatos receptores, incluso el neutro.

De forma interna en el inversor existirán las siguientes protecciones:

- **Interruptor automático de la interconexión**, para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento.

- **Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia** (50.5 y 49.5 Hz, respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 y 0,9Um respectivamente).

- **Interruptor Magneto térmico General**: suele estar integrado en el inversor y su función es la de proteger la instalación en la parte de alterna de posibles sobre intensidades. Debe estar debidamente calibrado y proteger todas las fases.

- **Interruptor General de corte CC**: este elemento permite aislar el inversor de los generadores en el lado de continua. Estas protecciones pueden ser precintadas por la empresa distribuidora, tras las verificaciones correspondientes. El sistema de protecciones tiene que cumplir las exigencias previstas en la reglamentación vigente.

Se debe de dotar de protecciones de cabecera a todas las instalaciones, y se retrasará su actuación con respecto a la de las protecciones de cada línea de generación con el fin de aislar la zona de fallo sin parar toda la instalación.

4.5.8. CUADRO DE PROTECCIONES Y MEDIDA (CPM)

Del inversor parte la línea de CA hasta el CPM que incorpora el contador bidireccional de medida para la facturación de venta y para la facturación de consumo propio del parque solar, así como los elementos de protección apropiados. Este cuadro se suele encontrar dentro del armario de inversor y de éste se llega hasta el cuadro general de baja tensión que estará a la entrada del transformador. Generalmente los consumos eléctricos en el mismo emplazamiento que la instalación fotovoltaica, se sitúan en circuitos independientes de los circuitos eléctricos de la instalación fotovoltaica y de sus equipos de medida. La medida de tales consumos se realiza con equipos propios e independientes, que sirven de base para su facturación. El contador de salida más utilizado es el bidireccional para medida en alta tensión con tele medida. La energía eléctrica que el titular de la instalación facturará a la empresa distribuidora será la diferencia entre la energía eléctrica de salida menos la de entrada a la instalación fotovoltaica. En el caso de instalación de dos contadores, no es necesario contrato de suministro para la instalación fotovoltaica. Todos los elementos integrantes del equipo de medida, tanto a la entrada como a la salida de energía, son precintados por la empresa distribuidora. Los puestos de los contadores se deben señalar de forma indeleble, de manera que la asignación a cada titular de la instalación quede patente sin lugar a la confusión. Además, se indicará, para cada titular de la instalación, si se trata de un contador de entrada de energía procedente de la empresa distribuidora o de un contador de salida de energía de la instalación fotovoltaica. Los contadores se tiene que ajustar a la normativa metrológica vigente y su precisión debe ser como mínimo la correspondiente a la regulada por el Real Decreto 875/1984 de 28 de Marzo, por el que se aprueba el Reglamento para la aprobación del modelo y verificación primitiva de contadores de uso corriente en conexión directa, nueva, a tarifa simple o a tarifas múltiples, destinadas a la medida de energía en corriente monofásica o polifásica de 50Hz de frecuencia. Las características del equipo de medida de salida son tales que la intensidad correspondiente a la potencia nominal de la instalación fotovoltaica se

encuentre entre el 50% de la intensidad nominal y la intensidad máxima de precisión de dicho equipo.

4.5.9. LÍNEA ELÉCTRICA DE EVACUACIÓN

La línea eléctrica de evacuación es una línea de nueva construcción que conecta la salida de los centros de transformación con el punto de evacuación a media tensión de la red de distribución ya existente. Esta línea puede ser aérea o subterránea y su longitud dependerá de la distancia al punto de conexión. Se optará por líneas aéreas cuando haya que salvar obstáculos del terreno como cerros, viviendas, etc. Y subterránea cuando se den las condiciones necesarias en el terreno de humedad, cruzamientos, etc. A la hora de elegir el emplazamiento de la planta solar uno de los aspectos a tener en cuenta es la distancia del punto de conexión siendo el óptimo cuando estuviera junto a la salida de centro de transformación en cuyo caso no haría falta ningún tramo de línea.

4.5.10. SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

El sistema de monitorización se emplea para controlar el estado de las plantas solares fotovoltaicas mediante un sistema global, el cual permite realizar estudios de la producción de los campos de un modo individual (por inversor) o conjunto (por cada grupo de inversores). Permite también la consulta del histórico de datos y tratamiento predictivo de las plantas (estudios de la evolución de la producción) que permita detectar diferencias de producciones y por tanto posibles defectos en algún elemento (panel, inversor, etc.). Además, permite la elaboración de estadísticas y comparativas de las producciones de los distintos inversores en diferentes escalas de tiempo y la generación de la facturación individual de la energía cedida por cada inversor (o grupo de ellos según esté configurada) de cada uno de los campos. Para esta adquisición de datos se requiere un sistema de adquisición de datos conexión red-PC. Algunas de las variables que se almacenan son:

- Voltaje y corriente D.C. a la entrada del inversor.
- Voltaje de fases en la red, potencia total de salida de inversor
- Radiación solar en el plano de los módulos medida con una célula o módulo de tecnología equivalente.
- Temperatura ambiente a la sombra. Los sistemas de monitorización son fácilmente accesibles por el usuario y en principio se pueden integrar en los inversores pudiendo tener seguimiento a distancia.

4.5.11. VALLADO

En toda planta solar se debe de instalar un vallado perimetral a dicha planta para evitar el acceso a la misma. Este vallado suele ser de unos 2 metros de altura y presentará una cancela de 5 metros de longitud que estará junto al camino de acceso a la planta si existe. Asimismo, existirá un puesto de control a la entrada de la parcela.

4.6. SEGURIDAD, MANTENIMIENTO Y VIDA ÚTIL.

4.6.1. SEGURIDAD

En los sistemas fotovoltaicos conectados a red resulta de aplicación el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Como en cualquier otro tipo de instalación eléctrica de baja tensión existe la posibilidad de descarga eléctrica y/o cortocircuito, aunque se trata de un riesgo muy bajo, para evitarlo se utilizan dispositivos de protección, tales como:

- magneto térmica, diferenciales, derivaciones a tierra, aislantes, etc.

Los generadores fotovoltaicos conectados a la red no exigen la instalación de pararrayos, aunque la instalación puede dañarse por la acción de estos. En este sentido, la instalación de conductores a tierra en los elementos externos puede contribuir a paliar el efecto electrostático de los rayos. Frente al problema de seguridad por robo o vandalismo en

plantas de generación de energía eléctrica fotovoltaica la recomendación principal es una adecuada protección perimetral o vallado para evitar cualquier intento de acceso.

4.6.2. MANTENIMIENTO

El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red es mínimo, y de carácter preventivo. Para los sistemas con seguidores este mantenimiento no es tan simple ya que incluye revisarlas partes móviles sometidas a desgaste, cambio de piezas y lubricación. es recomendable realizar revisiones periódicas de las instalaciones, para asegurar que todos los componentes funcionan correctamente. Dos aspectos a tener en cuenta son, por un lado, asegurar que ningún obstáculo haga sombra sobre los módulos; y por el otro, mantener limpios los módulos fotovoltaicos, concretamente las caras expuestas al sol. Normalmente la lluvia ya se encarga de hacerlo, pero es importante asegurarlo. Las pérdidas, lo que se deja de generar, producidas por la suciedad pueden llegar a ser de un 5%, y se pueden evitar con una limpieza con agua después de muchos días sin llover, después de una lluvia de fango o de una nevada es recomendable a la hora de limpiar los paneles, sobre todo en verano, que se haga fuera de las horas centrales del día, para evitar cambios bruscos de temperatura entre el agua y el panel. Es difícil pensar en una fuente de energía con un mantenimiento tan sencillo. La experiencia demuestra que los sistemas fotovoltaicos conectados a red tienen muy pocas posibilidades de avería, especialmente si la instalación se ha realizado correctamente y si se realiza un mantenimiento preventivo.

4.6.3. VIDA ÚTIL

La duración de una instalación fotovoltaica depende de los componentes que la forman. Si ésta está bien diseñada y se realiza el mantenimiento adecuado, en España, los módulos fotovoltaicos pueden tener una vida útil de hasta 40 años. Normalmente se considera la vida útil de unos 25-30 años. La experiencia ha demostrado que estos componentes en realidad nunca dejan de generar electricidad, aunque con el paso del tiempo las células

fotovoltaicas reducen su rendimiento energético. Generalmente los fabricantes ofrecen unas garantías del panel de 25 años contemplando:

- 90% de la potencia a 10 años.
- 80% de la potencia a 25 años.

Los dispositivos electrónicos suelen tener una vida útil alrededor de los 30 años. El resto de elementos auxiliares tales como cableado, canalizaciones, etc., pueden alcanzar una vida útil de más de 40 años.

4.7. **PRECIO Y COSTES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

En los últimos años ha habido una mejora significativa de la aceptación de la tecnología fotovoltaica, así como muchos países han apostado por esta tecnología como forma de generación de energía eléctrica, haciendo que la aportación de este tipo de tecnología al mix total de la producción de energía, lo que implica una disminución del coste de esta tecnología.

A día de hoy, el coste del kilovatio-hora producido con fotovoltaica ya compite con el resto de fuentes de generación tradicionales.

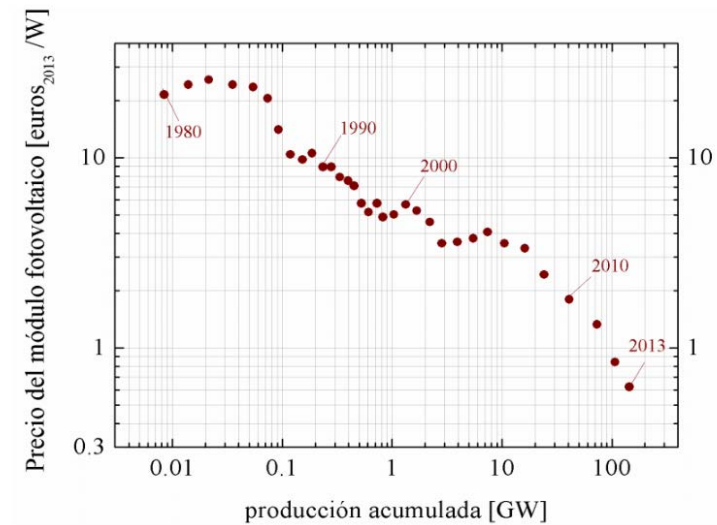


IMAGEN 19: EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL MODULO FOTOVOLTAICO DE PANEL PLANO

FUENTE: C. BREYERAND A. GERLACH., PROG. IN PHOT.: RES. AND APP., 21(1):121-136, 2013Y

NavigantConsultin

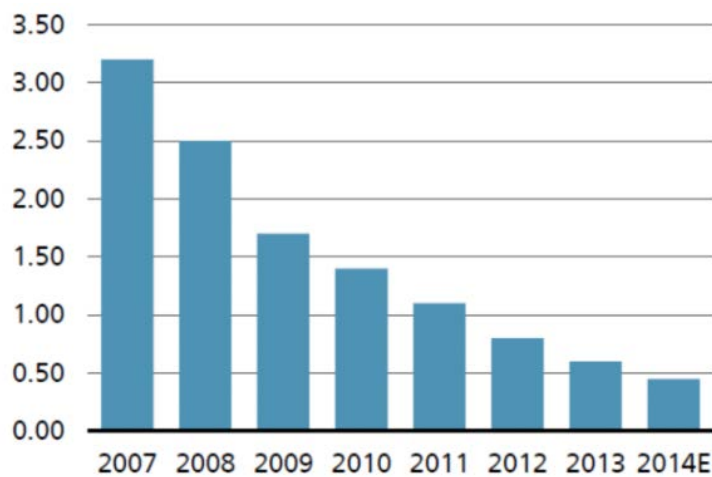


IMAGEN 20: EVOLUCION DE LOS PRECIOS DEL PANEL SOLAR PLANO FUENTE: INDEPENDENCIAENERGETICA.ES

FUENTE: UBS, ¿AGOSTO 2015, WILL SOLAR, BATTERIES AND ELECTRIC CARS RE-SHAPE THE ELECTRICITY SYSTEM?

EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO DE PANEL PLANO.

4.8. Ventajas e inconvenientes de las instalaciones fotovoltaicas

La energía solar fotovoltaica es una de las fuentes más prometedoras de las energías renovables en el mundo. Comparada con las fuentes no renovables, las ventajas son claras:

Ventajas

- es no contaminante, no tiene partes móviles que analizar y no requiere mucho mantenimiento.
- No requiere de una extensa instalación para operar. Los generadores de energía pueden ser instalados de una forma distribuida en la cual los edificios ya contruidos, pueden generar su propia energía de forma segura y silenciosa
- No consume combustibles fósiles.
- No genera residuos
- No produce ruidos es totalmente silenciosa.
- Es una fuente inagotable. Ofrece una elevada fiabilidad y disponibilidad operativa excelente.

En resumen, la energía fotovoltaica es generada directamente del sol. Los sistemas fotovoltaicos no tienen partes móviles, por lo tanto, no requieren mantenimiento y sus celdas duran décadas. Además de las ventajas ambientales también debemos tener en cuenta las socio-económicas.

- Instalación simple.
- Tienen una vida larga (Los paneles solares duran aproximadamente 30 años).
- Resisten condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad.
- No existe una dependencia de los países productores de combustibles.
- Puede instalarse en zonas rurales desarrollo de tecnologías propias. Se puede utilizar en lugares de bajo consumo y en casas ubicadas en parajes rurales donde no llega la red eléctrica general.

- Puede venderse el excedente de electricidad a una compañía eléctrica.
- Puede aumentarse la potencia mediante la incorporación de nuevos módulos fotovoltaicos.

Inconvenientes

De este sistema de generación de energía, no es tanto el origen de dicha energía que es el Sol, que tiene reservas que exceden de nuestras necesidades, ni tampoco la materia prima de donde se extrae el silicio, que consiste en arena común muy abundante en la naturaleza: se trata de la técnica de construcción y fabricación de los módulos fotovoltaicos que es complejo y caro.

- Requiere una importante inversión inicial.
- Es una energía de difícil almacenamiento.
- No es económicamente competitiva con otras energías actuales.
- Producción variable según climatología del lugar y época del año.
- Otro inconveniente es el rendimiento obtenido y el espacio de terreno ocupado por los elementos captadores: el rendimiento final se estima en solo un 13%.

4.9. CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar la energía solar disponible y transformarla en energía eléctrica. Estos sistemas independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, se pueden clasificar en tres grandes grupos:

4.9.1. AISLADOS

Las instalaciones fotovoltaicas aisladas son, como su propio nombre indica, sistemas que no están conectados a la red eléctrica. Este sistema está compuesto, generalmente, por paneles solares, acumuladores a base de baterías, reguladores de carga e inversores como

se muestra en la figura siguiente que esquematiza además el funcionamiento de esta instalación.

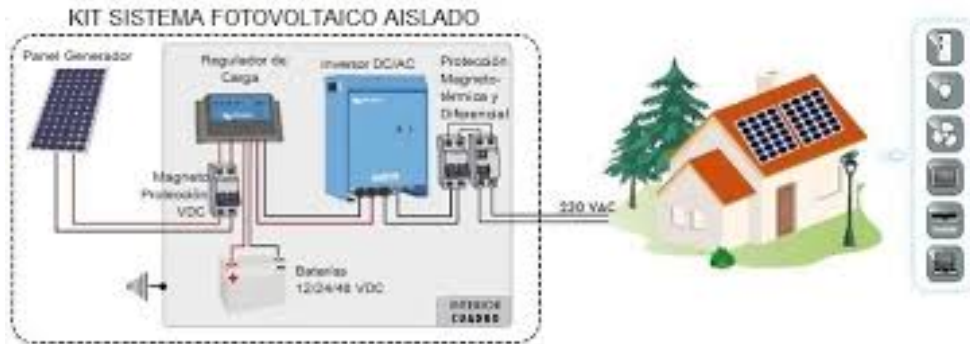


IMAGEN 21: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA AISLADO FUENTE:QUETZALINGENIERIA.ES

4.9.2. CONECTADOS A RED

Los sistemas conectados a red no tienen sistema de acumulación ya que la energía producida durante las horas de insolación es canalizada a la red eléctrica. Tienen como objetivo fundamental generar energía eléctrica, e inyectarla en su totalidad a la red eléctrica de distribución. Estas instalaciones se suelen ubicar en tejados, estructuras fotovoltaicas en edificios, o a modo de grandes centrales de generación fotovoltaica como son los denominados “huertos solares”. El esquema general de la instalación se presenta en la siguiente figura.

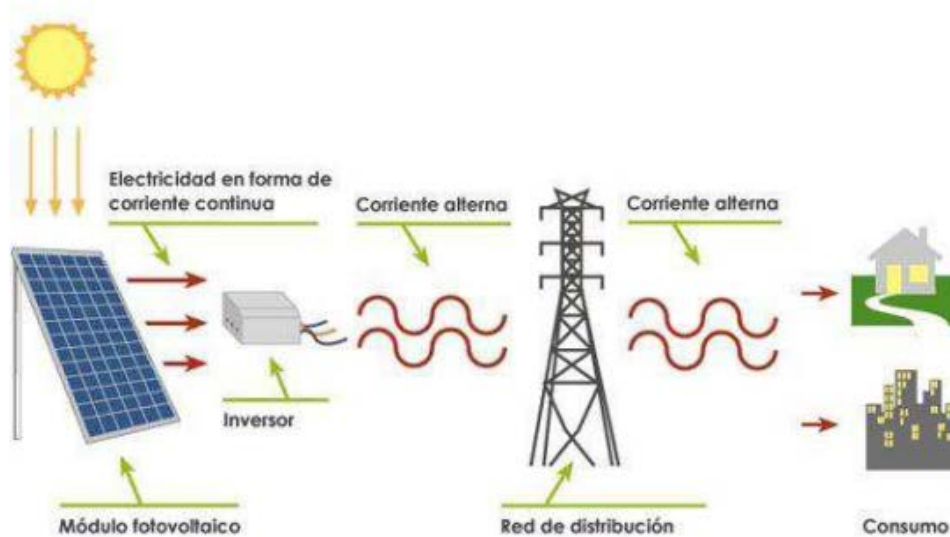


IMAGEN 22: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED FUENTE: TERSA.CAT

La duración de una instalación fotovoltaica depende de los componentes que la forman. Si ésta está bien diseñada y se realiza el mantenimiento adecuado, en España, los módulos fotovoltaicos pueden tener una vida útil de hasta 40 años. Normalmente se considera la vida útil de unos 25-30 años. La experiencia ha demostrado que estos componentes en realidad nunca dejan de generar electricidad, aunque con el paso del tiempo las células fotovoltaicas reducen su rendimiento energético. El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red es mínimo, y de carácter preventivo. Para los sistemas con seguidores este mantenimiento no es tan simple ya que incluye revisarlas partes móviles sometidas a desgaste, cambio de piezas y lubricación. Dos aspectos a tener en cuenta son, por un lado, asegurar que ningún obstáculo haga sombra sobre los módulos; y por el otro, mantener limpios los módulos fotovoltaicos, concretamente las caras expuestas al sol. Normalmente la lluvia ya se encarga de hacerlo, pero es importante asegurarlo. Por último, mencionar que, respecto a los costes, los sistemas fotovoltaicos requieren una importante inversión de capital inicial, como se podrá comprobar más adelante.

4.9.3. HÍBRIDOS

Los sistemas combinados son instalaciones con otro tipo de generación de energía eléctrica a fin de tener mayores garantías de disponer de electricidad. Su número es notablemente inferior a las anteriores y en ellas se complementa una instalación fotovoltaica aislada con otro tipo de recurso energético como pueden ser los grupos electrógenos o aerogeneradores.

4.10. EL SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL

4.10.1. AGENTES QUE INTERVIENEN

El mapa de agentes que intervienen en el sistema eléctrico español está compuesto básicamente por los siguientes participantes:

Generadores: tienen la función de producir electricidad, así como construir, operar y mantener las centrales de generación. Operan en libre competencia desde la creación del mercado liberalizado de electricidad y venden su generación al mercado mayorista

Productores en régimen especial: son empresas productoras que tienen un tratamiento económico especial al mejorar la eficiencia energética y reducir el impacto medioambiental, debido a la utilización de fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración

Transportistas: llevan la electricidad desde los centros de producción hasta la red de distribución y, además, construyen, mantienen y maniobran las instalaciones de la red de transporte

Distribuidores: tienen la función de situar la energía en el punto de consumo y proceder a su venta, así como construir, mantener y operar las instalaciones de la red de distribución. Gestionan por tanto la red de distribución, compran la energía en el mercado mayorista y la suministran a sus clientes facturándoles a una tarifa establecida por la ley. Las obligaciones de la Distribuidora son:

- Garantizar la calidad del servicio de acuerdo a los parámetros establecidos por la Administración
- Realizar la Lectura de los contadores
- Responsable de la inspección y calidad de las instalaciones del distribuidor hasta el equipo de medida y realizar las pruebas previas a la conexión de nuevos usuarios o modificaciones de los existentes
- Mantener un sistema operativo que asegure el servicio de atención permanente y resolución de incidencias de sus clientes
- Mantener en correcto funcionamiento el Sistema de Intercambio de Información

Comercializadores: ostentan esta figura todas las personas jurídicas que, accediendo a las redes de transporte o distribución, tienen como función la venta de energía eléctrica a los consumidores cualificados o a otros sujetos del sistema.

La Comercializadora realiza las ventas de energía en competencia en un entorno de mercado libre para aquellos clientes que hayan optado por pasar al mercado liberalizado

Consumidor cualificado: se adquiere la condición de cualificado cuando el nivel de consumo anual por punto de suministro es superior a una cantidad establecida por Ley. Desde el 1 de enero de 2003, lo son todos los consumidores que pueden acogerse al sistema de elegibilidad.

REGULADORES

La Administración General del Estado: Ejerce las facultades de la planificación eléctrica, regula la organización y el funcionamiento del mercado de producción, establece la regulación básica de la generación, transporte, distribución y comercialización de energía eléctrica y determina los requisitos mínimos de calidad y seguridad en el suministro eléctrico.

La Comisión Nacional de Energía: Es el ente regulador de los sectores energéticos. Sus objetivos son garantizar la competencia real en el sector energético y la objetividad y transparencia de su funcionamiento.

OPERADORES

Operador del Sistema: Es el responsable de la gestión técnica del sistema, transporte y del funcionamiento del sistema en el mercado mayorista y garantiza la continuidad y seguridad del suministro eléctrico y la correcta coordinación del sistema de producción y transporte. La Ley asigna esta función a RED ELÉCTRICA.

La operación del sistema hace posible que el mercado funcione y aporta una liquidez absoluta a generadores y consumidores. Con independencia de la oferta y la demanda que resulte del mercado, RED ELÉCTRICA asegura:

- La sustitución de la energía que un grupo generador no pudo producir
- Controla y opera el sistema en tiempo real y garantiza la correcta coordinación entre la generación de las centrales eléctricas y el transporte de energía, asegurando, en todo momento, la continuidad y seguridad del suministro eléctrico
- Desarrolla y amplía la red de transporte de alta tensión, y garantiza su mantenimiento y mejora bajo criterios homogéneos y coherentes. Así proporciona a los agentes del sistema una red de transporte fiable y segura, con unos índices de disponibilidad y calidad de servicio muy satisfactorios
- Gestiona las interconexiones internacionales y el tránsito de electricidad entre sistemas exteriores

El Operador del Mercado es el responsable de la gestión económica: gestiona el sistema de ofertas de compra y venta de energía que los diferentes agentes efectúan en el mercado de producción y realiza la liquidación final resultante. La Ley asigna esta función a la Compañía Operadora del Mercado Español de Electricidad.

4.10.2. Red de Transporte (RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA)

Gestor de la red y transportista

Red Eléctrica transporta la energía eléctrica en alta tensión. Para ello, gestiona las infraestructuras eléctricas que componen la red de transporte y conectan las centrales de generación con los puntos de distribución a los consumidores.

Instalación eléctrica

La Ley 17/2007, de 4 de julio, confirmó la condición de Red Eléctrica como gestor de la red de transporte y le atribuyó la función de transportista único, en régimen de exclusividad. En cumplimiento de esta ley Red Eléctrica adquirió, en 2010, los activos de Baleares y Canarias y el resto de los activos peninsulares pendientes de transferir de las empresas eléctricas. Esta compra supuso la consolidación definitiva del modelo de transportista único y operador del sistema.

Como gestor de la red de transporte, Red Eléctrica es responsable del desarrollo y ampliación de la red, de realizar su mantenimiento, de gestionar el tránsito de electricidad entre sistemas exteriores y la península y de garantizar el acceso de terceros a la red de transporte en condiciones de igualdad.

Instalaciones en servicio

La red de transporte de Red Eléctrica está compuesta por más de 43.000 kilómetros de líneas de alta tensión, más de 5.000 posiciones de subestaciones y más de 85.000 MVA de capacidad de transformación. Estos activos configuran una red mallada, fiable y segura, que ofrece unos índices de calidad de servicio de máximo nivel al sistema eléctrico nacional.

4.10.3. DATOS FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA

GENERACIÓN.

En 2016 la energía solar fotovoltaica cubrió el 3% de la demanda eléctrica anual de España.

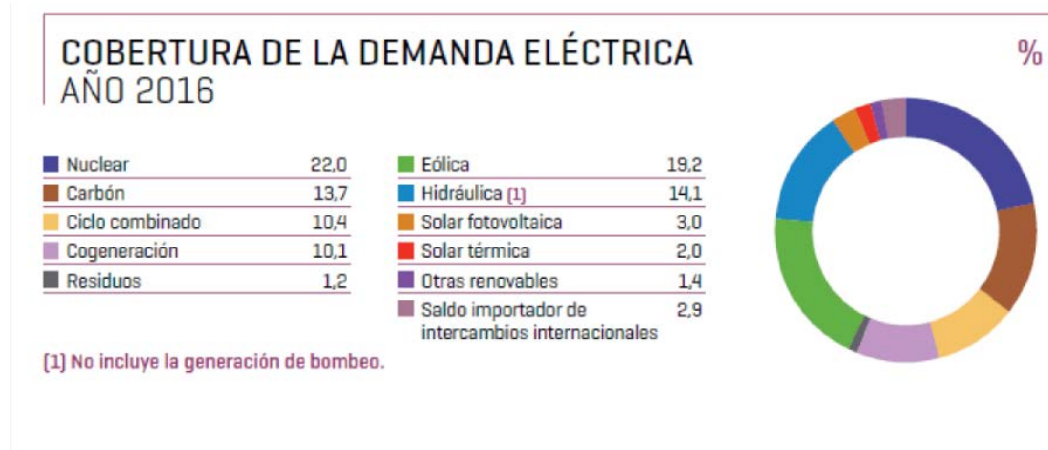


IMAGEN23: COBERTURA DE LA DEMANDA ELÉCTRICA. FUENTE: EL SISTEMA ELECTRICO ESPAÑOL, INFORME REE, AVANCE 2016

POTENCIA INSTALADA

La potencia fotovoltaica instalada en España reportada por REE es la correspondiente en AC (4,4GW). La tendencia habitual en otros países es reportar esta potencia en DC, por ello se indica el valor correspondiente para la potencia fotovoltaica instalada en España en DC (5,4GW).

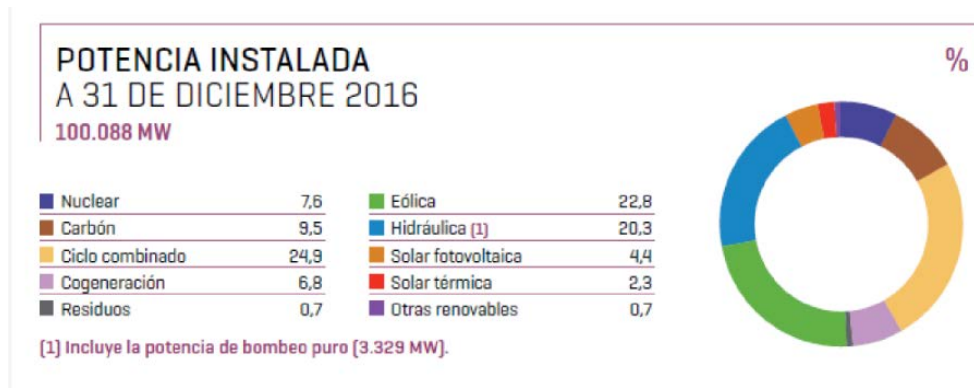


IMAGEN 24: POTENCIA INSTALADA. FUENTE: EL SISTEMA ELECTRICO ESPAÑOL, INFORME REE, AVANCE 2016

EVOLUCION DE LA POTENCIA INSTALADA EN ESPAÑA

en el siguiente grafico podemos observar cómo ha sido la evolución de la potencia instalada para fotovoltaica en España en los últimos años

como se ve con claridad, fue en 2008 cuando más se impulsó el desarrollo de este tipo de tecnología con la instalación de varias plantas de producción, pero las cuales a partir de 2008 y principalmente por motivos políticos ha visto reducida su aportación al mix y ha dejado de seguir la tendencia ascendente que llevaba para reducirse año a año hasta la actualidad.

España ha pasado de ser un productor importante de este tipo de fuente de generación a ser simplemente uno más y verse superado por otros países europeos y de todo el mundo.

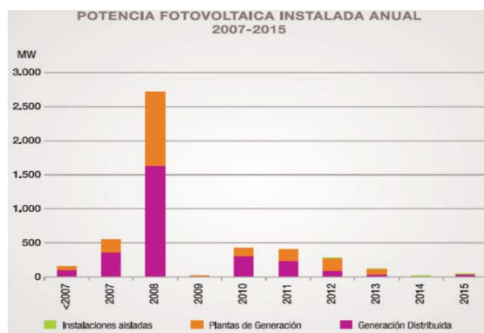


IMAGEN 25. POTENCIA FOTOVOLTAICA INSTALADA ANUAL FUENTE: INFORME ANUAL UNEF 2016

COMPONENTES VARIACIÓN DEMANDA ELÉCTRICA

en primer lugar, tenemos los diferentes componentes que tienen que ver o afectan directamente a la demanda eléctrica peninsular

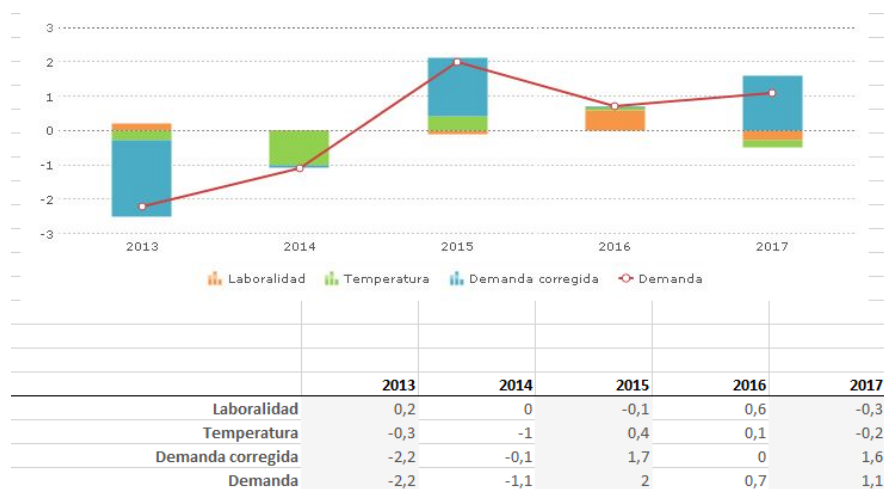


IMAGEN 26: COMPONENTES DE LA VARIACIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PENINSULAR. FUENTE: REE

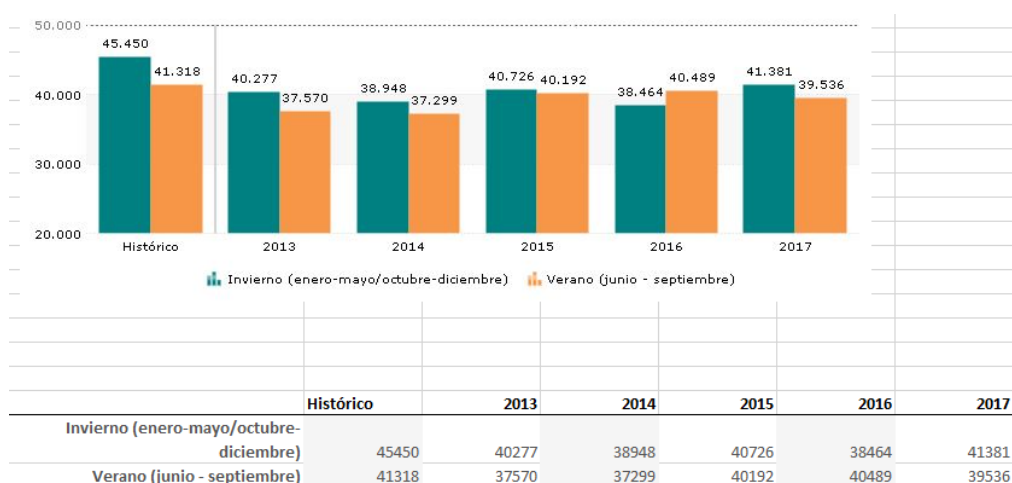


IMAGEN 27: POTENCIA MÁXIMA INSTANTÁNEA PENINSULAR FUENTE: REE

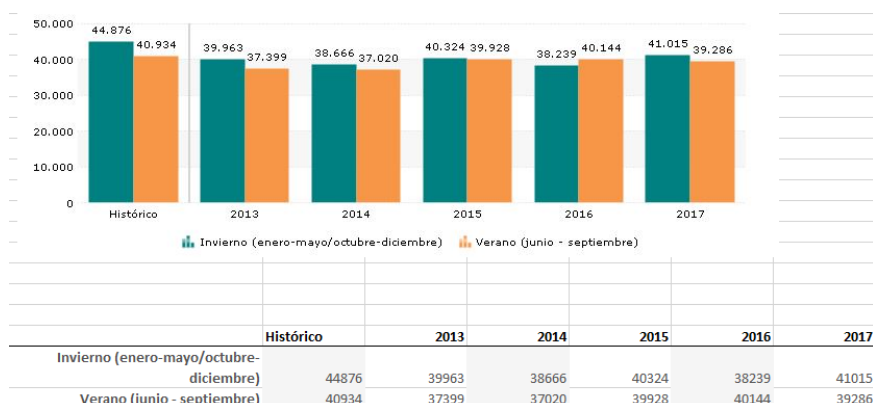


IMAGEN 28: MÁXIMA DEMANDA HORARIA PENINSULAR FUENTE: REE

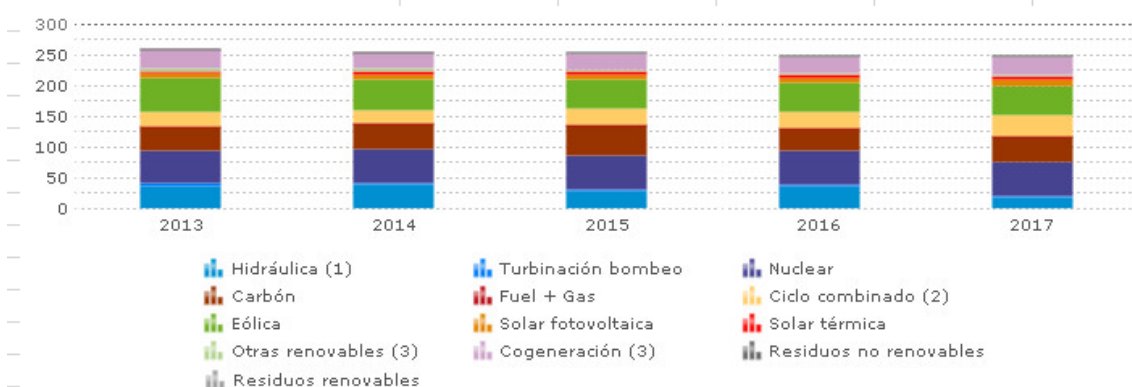
	2013	2014	2015	2016	2017
Hidráulica (1)	17	17	17	17	17
Turbinación bombeo	2,5	2,5	3,3	3,3	3,3
Nuclear	7,6	7,6	7,6	7,6	7,1
Carbón	10,6	10,5	10,5	9,5	9,5
Fuel + Gas	0,5	0,5	0	0	0
Ciclo combinado	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9
Eólica	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9
Solar fotovoltaica	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
Solar térmica	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Otras renovables (2)	0,9	1	0,9	0,9	0,9
Cogeneración (2)	7,1	7	6,2	6	5,8
Residuos no renovables	0	0	0,5	0,5	0,5
Residuos renovables	0	0	0,1	0,1	0,1

IMAGEN 29: POTENCIA INSTALADA: EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA PENINSULAR
FUENTE: REE

Producción energía eléctrica.

En general, la generación de energía eléctrica consiste en transformar alguna clase de energía (química, cinética, térmica, lumínica, nuclear, solar entre otras), en energía eléctrica. Para la generación industrial se recurre a instalaciones denominadas centrales eléctricas, que ejecutan alguna de las transformaciones citadas. Estas constituyen el primer escalón del sistema de suministro eléctrico. La generación eléctrica se realiza, básicamente, mediante un generador eléctrico; si bien estos no difieren entre sí en cuanto a su principio de funcionamiento, varían en función a la forma en que se accionan.

Evolución de la estructura de la generación peninsular



	2013	2014	2015	2016	2017
Hidráulica (1)	37,4	39,1	28,3	36	18,4
Turbinación bombeo	3,3	3,4	2,9	3,1	2,2
Nuclear	54,3	54,9	54,8	56,1	55,6
Carbón	37,2	41,1	50,9	35,2	42,6
Fuel + Gas	0	0	0	0	0
Ciclo combinado (2)	24,4	21,3	25,3	25,7	33,9
Eólica	54,3	50,6	47,7	47,3	47,5
Solar fotovoltaica	7,9	7,8	7,8	7,6	8
Solar térmica	4,4	5	5,1	5,1	5,3
Otras renovables (3)	5,1	4,7	3,2	3,4	3,6
Cogeneración (3)	32	25,6	25,4	25,9	28,1
Residuos no renovables	0	0	2,3	2,5	2,5
Residuos renovables	0	0	0,7	0,6	0,7

IMAGEN 30: EVOLUCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA GENERACIÓN PENINSULAR FUENTE: REE

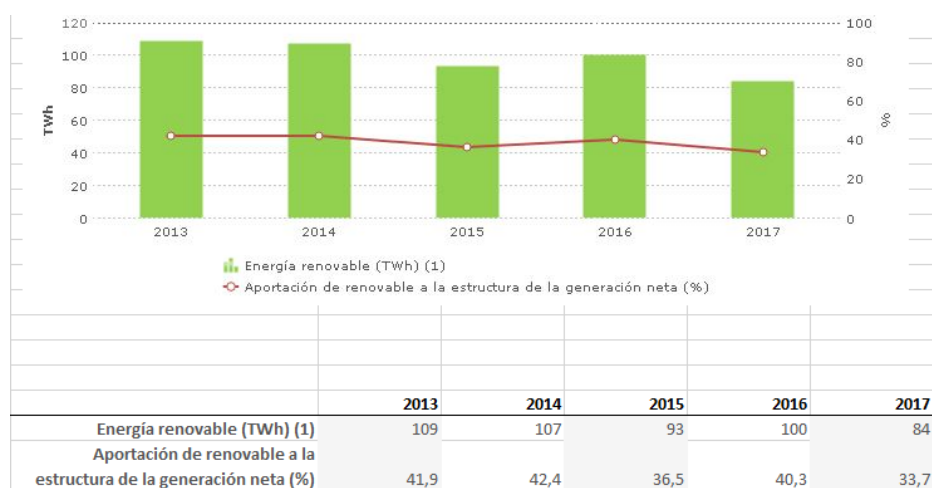


IMAGEN 31: EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA RENOVABLE PENINSULAR FUENTE: REE

Red de transporte y calidad de servicio

La red de transporte de Red Eléctrica está compuesta por más de 43.000 kilómetros de líneas de alta tensión, más de 5.000 posiciones de subestaciones y más de 85.000 MVA de capacidad de transformación. Estos activos configuran una red mallada, fiable y segura, que ofrece unos índices de calidad de servicio de máximo nivel al sistema eléctrico nacional.

Red de transporte peninsular y no peninsular de Red Eléctrica (Datos acumulados a 31 de diciembre del 2017)

Km de circuito	2013	2014	2015	2016	2017
400kV	20.639	21.094	21.184	21.619	21.728
220kV	19.053	19.192	19.386	19.479	19.507
150 - 132 - 110kV	272	272	398	523	523
< 110kV	2.014	2.015	2.023	2.025	2.035
Total	41.978	42.572	42.989	43.646	43.793

IMAGEN 32: RED DE TRANSPORTE DE RED ELECTRICA FUENTE: REE

Capacidad de transformación red de transporte peninsular.

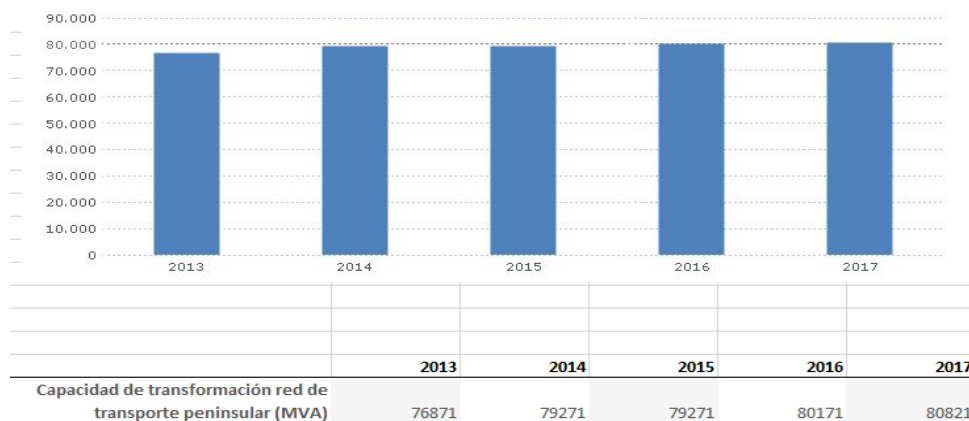


IMAGEN 33. CAPACIDAD DE TRANSFORMACION RED DE TRANSPORTE PENINSULAR FUENTE: REE

4.10.4. DATOS SOLARES EN ESPAÑA

4.10.4.1. Datos de insolación anual en España.

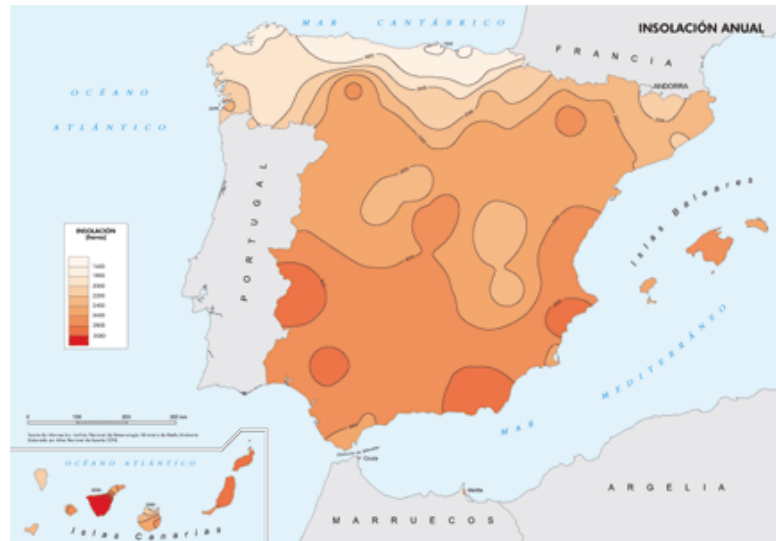


IMAGEN 34: INSOLACIÓN ANUAL EN ESPAÑA FUENTE: CENTRO NACIONAL DE INFORMACION GEOGRAFICA. IGN

En este mapa se muestra la insolación anual, que se obtiene a partir del número de horas de sol registradas a lo largo del año. La insolación aumenta de norte a sur. En Galicia, Cantábrico y alto Ebro es de 1.600 a 2.000 horas. Los valores más altos de insolación se dan en Badajoz, Sevilla, Almería y Alicante. En Baleares los valores de insolación están cerca de las 2.800 horas en Mallorca, y 2.600 horas en Ibiza y Menorca. En Canarias, debido a la nubosidad ligada a los vientos alisios, el número de horas de sol es variable según las islas.

La siguiente gráfica ofrece datos de irradiación solar global horizontal. Los datos aparecen en forma de valores diarios y se mide en kWh/m^2 , es decir, irradiación por área.

Las zonas de colores rojos vivos o rosados y principalmente violeta son las zonas más adecuadas para aprovechamiento de energía solar fotovoltaica.

4.10.4.2. Irradiación media diaria.

El siguiente grafico nos muestra tambien valores de irradiacion media diaria según la zona climatica donde se encuentre

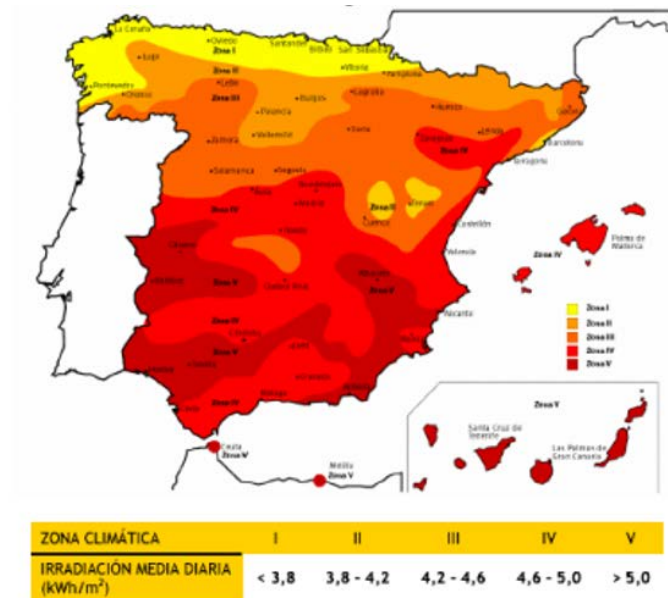


IMAGEN 35: IRRADIACIÓN MEDIA DIARIA FUENTE: IDAE

4.10.4.3. Horas anuales de sol.

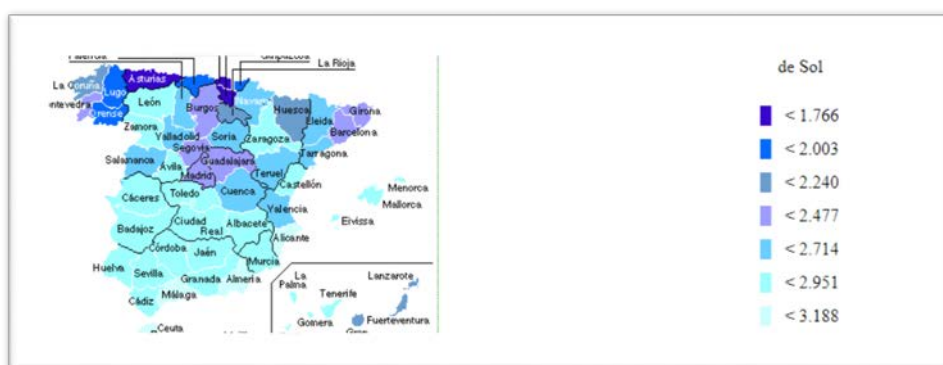


IMAGEN 36: HORAS ANUALES DE SOL FUENTE: SUELOSOLAR.COM

4.10.4.4. Determinación zonas climáticas

En relación a la determinación de las zonas climáticas, en la sección HE 5 del Código Técnico de la Edificación, titulada "Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica del Código Técnico de Edificación", se dan a conocer los límites de zonas homogéneas a efectos de la exigencia.

Las zonas se definen en el Código Técnico de la Edificación teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal (H), tomando los intervalos que se relacionan para cada una de las zonas.

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$



IMAGEN 37: ZONAS CLIMÁTICAS ESPAÑA FUENTE: CTE

Por ultimo, se hace mencion a las principales plantas para la produccion de energia fotovoltaica existentes en España y principales datos representativos como la potencia pico la produccion anual o su factor de capacidad.

4.10.4.5. Mayores plantas fotovoltaicas en España.

Nombre	Potencia pico (MW)	GHz/año	Factor de capacidad	Fecha construcción finalizada
Parque Fotovoltaico Puerto Llano (Ciudad Real)	70			Noviembre de 2009
Parque Fotovoltaico Olmedilla de Alarcón (Cuenca)	60	85	0,16	Septiembre de 2008
Planta solar fotovoltaica La Magascona y La Magasquilla (Cáceres)	34,5			2008
Planta Solar Arnedo (La Rioja)	30		0,24	Octubre de 2008
Planta Solar Osa de la Vega (Cuenca)	30			2008
Parque Solar "SPEX" Mérida/Don Álvaro (Badajoz)	30			Septiembre de 2008
Parque Fotovoltaico Casas de Los Pinos (Cuenca)	28			2008
Planta solar Fuente Álamo (Murcia)	26	44	0,19	Agosto de 2008
Planta fotovoltaica de Lucainena de las Torres (Almería)	23,2			Agosto de 2008
Parque Fotovoltaico Abertura Solar (Cáceres)	23,1	47	0,23	2008
Parque Solar Hoya de Los Vincentes, Jumilla (Murcia)	23	41	0,2	Enero de 2008
Huerta Solar Almaraz (Cáceres)	22,1			Septiembre de 2008
Parque solar El Coronil (Sevilla)	21,47	40		2008
Parque solar Calaverón (Albacete)	21,2	40	0,22	2008
Planta solar fotovoltaico Calasparra (Murcia)	20			2008
Parque fotovoltaico Beneixama (Alicante)	20	30	0,17	Septiembre de 2007
Parque Solar Guadarranque (Cádiz)	13,6	20	0,17	Septiembre de 2007
Huerta Solar El Realengo (Alicante)	13,24		0,17	2008
Parque Fotovoltaico SOLTEN I (Islas Canarias)	13		0,17	2008

TABLA 1: MAYORES PLANTAS FOTOVOLTAICAS ESPAÑA. ELABORACIÓN PROPIA

4.11. ANÁLISIS CIENTÍFICO

El sector fotovoltaico es un sector que se desarrolla constantemente. Desde la aparición de las células fotovoltaicas, el desarrollo de este tipo de tecnología es continuo y se ve incrementado por la necesidad de evitar la dependencia de los combustibles fósiles.

Las empresas buscan la mejora de la eficiencia de los paneles con el objetivo de aumentar la producción de los módulos dentro de los parques solares. Por esto, continuamente se producen avances enfocados a la mejora de las eficiencias.

Son muchos los artículos relacionados con este tema, y a continuación se hará mención a algunos de ellos.

En lo que se refiere a la eficiencia de los paneles fotovoltaicos, en la actualidad siguen desarrollándose con el objetivo de mejorarse y es habitual encontrarse con empresas que dedican gran parte de su capital a la investigación de la célula fotovoltaica. Como se recoge en el siguiente **artículo de Pablo G. Bejerano publicado en blogthinking.com, “la empresa Oxford PV crea un tipo de panel solar que ofrece una eficiencia del 27,3%, lo que se convierte en todo un récord dentro del sector energético fotovoltaico”**.

La empresa Oxford Photovoltaics u Oxford PV se fundó en el año 2010. Con raíces en la prestigiosa Universidad de Oxford, esta compañía se ha lanzado a investigar una variación de tecnología solar. Se trata de paneles que contienen un compuesto de perovskita. Esto se refiere a cualquier material con una determinada estructura cristalina.

Es una tecnología que ha avanzado rápido. En sus comienzos, en el año 2009, las eficiencias que se alcanzaban con paneles basados en perovskita estaban en el 3,8%. Eran más bajas que las conseguidas con otro tipo de placas solares, pero la tecnología prometía. Con el paso de los años, las investigaciones han aflorado, se han pulido los procesos de fabricación y se ha tendido a afinar siempre al máximo.

A finales de 2017, ya se tenía noticia de eficiencias del 22,7% e incluso algunas que superaban el 25%. Todo un hito teniendo en cuenta que un panel comercial convencional se mueve en torno al 16%. Esta es la tasa de energía que puede convertir en electricidad a partir de toda la que impacta en su superficie.

Durante todos estos años, Oxford PV ha estado en la brecha. La empresa ha sido punta de lanza en investigación y ha sumado esfuerzos para mejorar los paneles solares con perovskita. Recientemente, logró un récord del 26,7% de eficiencia en una placa de un centímetro cuadrado.

Los 25% de eficiencia los tiene superados, pero, en esta ocasión, la cifra que ha obtenido Oxford PV ha saltado hasta los 27,3%. Una tasa realmente alta para cualquier tecnología que trabaje en el ámbito solar.

El pasado año, la empresa japonesa Kaneko ya demostró una eficiencia del 26,6%, lo que supuso todo un récord en su momento. Se trata de marcas alcanzadas en paneles aptos para su comercialización. La cifra de Oxford PV la ha certificado el Fraunhofer ISE, especializado en energía solar. Existen otras tasas alcanzadas solo en laboratorio, bajo condiciones muy determinadas, que superan incluso el 40%.

La carrera por ganar eficiencia no solo ha hecho más competitiva a esta energía, también la ha abaratado. Y es que, ambos aspectos van de la mano. Cuanto mayor sea la eficiencia más valor tendrá un panel; y cuanto menos cueste este, mayor valor tendrá la tecnología.

“Evaluación de un sistema híbrido para mejorar la eficiencia de conversión de energía en paneles fotovoltaicos”, Juan Camilo Valencia. Universidad Pontificia Javeriana de Cali (Colombia)

dicho proyecto trata de realizar el diseño, implementación y las pruebas de funcionamiento de un sistema híbrido para paneles solares fotovoltaicos, con el objetivo de mejorar la eficiencia de conversión de energía eléctrica, y por lo tanto aumentar la producción de energía de un panel solar. Dicho sistema híbrido es la integración de un sistema de rastreo, un sistema de enfriamiento y un sistema de adquisición y almacenamiento de datos.

en el estudio se realizan pruebas con cargas eléctricas al veinte, cuarenta, sesenta, ochenta y ciento por ciento de la potencia nominal de un panel de 255W. Además, se compara con un sistema fotovoltaico de montura para el cual también se conectan las mismas cargas. Para realizar el estudio se analizan las variables de potencia entregada de ambos sistemas, radiación solar, temperaturas del sistema normal e híbrido, temperatura ambiente y las temperaturas de refrigeración y desagüe del sistema de enfriamiento. Los resultados obtenidos indican que la eficiencia de conversión del sistema híbrido es 5% mayor comparada con la obtenida por el sistema de montura fija; o en términos de producción de energía, es decir, en Vatios-hora puede producir alrededor de 40% más de energía eléctrica.

en el trabajo **“Dimensionamiento óptimo para pequeños sistemas híbridos aislados aplicado en las islas Galápagos”, de Macancela Cabrera, Jhon Paúl** también se hace mención a la implantación de estos sistemas híbridos, en este caso, en las islas Galápagos.

Otro detalle a tener en cuenta para mejorar el grado de eficiencia en los módulos fotovoltaicos es el implantar sistema de seguimiento con el objetivo de captar en todo momento la máxima radiación posible. Es por ello que se están desarrollando continuamente nuevos sistemas de seguimiento. En este caso se presta atención al siguiente artículo:

“Diseño análisis y simulación de un prototipo de soporte mecánico con dos grados de libertad para posicionamiento perpendicular a la luz de un panel fotovoltaico de 100 W”, de Tapia Cruz, Robinson Alberto.

En este trabajo se trata el diseño de un prototipo de seguidor solar con dos grados de libertad, para mejorar la captación de la radiación solar que incide sobre un panel fotovoltaico de 100 Watts. Para el desarrollo de este diseño se realizó un estudio referente a los tipos de seguidores solares y de las características de los paneles fotovoltaicos existentes en el mercado y conocer así, la ganancia extra que se podía obtener de un panel fotovoltaico al estar expuesto el mayor tiempo posible al lugar de máxima radiación solar.

En este prototipo de seguidor solar se utilizaron sensores LDR, los mismos que varían su resistencia frente al cambio de luminosidad detectada en el ambiente, la señal emitida por los sensores es capturada y procesada por un módulo de control, el cual acciona los actuadores, permitiendo que el sistema gire y posicione el panel al lugar donde exista la mayor cantidad de luz.

Finalmente, se realizaron pruebas de funcionamiento, permitiendo obtener los datos de voltaje, entregados por el panel fotovoltaico de 100 W, acoplado al prototipo de seguidor solar, con estos datos se elaboraron tablas en Excel y gráficas de la curva de voltaje, en las que se evidenció una ganancia de energía.

En la actualidad se está probando también con la implantación de sistemas o módulos solares que actúan a la vez como térmico y como fotovoltaico con el fin de proporcionar

tanto energía eléctrica como agua caliente. Estos sistemas son muy útiles para zonas pobres que no tienen acceso a luz y agua caliente.

En el siguiente trabajo de **Ingeniería: Investigación y Tecnología** denominado **“Diseño y evaluación de un panel solar fotovoltaico y térmico para poblaciones dispersas en regiones de gran amplitud térmica”**.

En este trabajo se presenta la evaluación de un panel solar diseñado para proveer energía eléctrica y agua caliente en regiones de buena insolación y gran amplitud térmica (clima continental, zonas de altura). El dispositivo propuesto es un panel que actúa a la vez como fotovoltaico y térmico, el que se construye colocando una capa de agua por encima de las celdas solares fotovoltaicas (“matriz fotovoltaica” construida modificando paneles fotovoltaicos comerciales). El agua actúa como refrigerante de las celdas reduciendo las pérdidas en la generación eléctrica producidas por el incremento de la temperatura del panel. Se aprovecha además la complementariedad en cuanto a absorción de energía de las celdas fotovoltaicas y el agua. De este modo es posible proveer electricidad y agua caliente en un dispositivo único, para uso doméstico en regiones de difícil llegada de las redes de provisión de energía, con poblaciones dispersas (no concentradas), ya sea para consumo familiar, puestos de vigilancia, de guarda parques, tanto para instalaciones fijas como portátiles. Se presentan los fundamentos teóricos y los resultados obtenidos con un prototipo de laboratorio instalado en Buenos Aires. Estos resultados se correspondieron con los predichos en los fundamentos teóricos, obteniéndose además de agua caliente, una importante mejora en el rendimiento fotovoltaico. La combinación de ambos efectos conduce a un mejor aprovechamiento del recurso solar.

En los últimos años, además de mejorar la eficiencia de los paneles solares, otro objetivo deseado por muchas empresas es la implantación de estos sistemas fotovoltaicos en sectores importantes de la economía como es la automoción.

Actualmente se está investigando la creación del denominado “coche solar”. Un ejemplo del desarrollo de estas tecnologías es el Sion de Sono Motors, un ejemplo de coche solar asequible. Esta propuesta de coche solar implicaría que los paneles no sean solo un elemento auxiliar. Se trata de una fuente de energía que permite desplazamientos diarios de cierta brevedad. A continuación se detalla en el artículo del ya mencionado Pablo G.Bejerano en el blogthinking.com, **“Sono Motors: llega Sion, el coche solar asequible”**.

La compañía alemana Sono Motors tiene una propuesta novedosa para el mercado de la automoción. No hablamos ya de coches eléctricos sino de coches solares. En su caso ha desarrollado el Sion, un utilitario forrado de paneles solares.

Pero el precio de este coche no estará por las nubes, se quedará más bien en el asfalto. La compañía pretende que sus vehículos salten a las carreteras en 2019 y que lo hagan siendo asequibles. Está previsto que el Sion cueste unos 25.000 euros.

Sono Motors ha dotado al vehículo de una batería capaz de aguantar 250 kilómetros y, sobre todo, lo ha cubierto de paneles solares. El fabricante afirma que, incluso con la batería agotada, el Sion podría rodar 30 kilómetros al día. La energía solar sería capaz, por tanto, de propulsar a este automóvil para viajes cortos, aquellos del día a día.

Esta propuesta de coche solar implicaría que los paneles no sean solo un elemento auxiliar. Se trata de una fuente de energía que permite desplazamientos diarios, de cierta brevedad. Y, si el automóvil permanece varios días aparcado sin moverse, como muchos de los coches de las ciudades, la batería se recarga a medida que pasa el tiempo.

Energía solar sobre ruedas

El de Sono Motors no es el único coche solar que se avecina en el mercado. Llama la atención el proyecto de la startup Lightyear, cuyo primer vehículo será el Lightyear One. Se trata de un coche tipo sedán, previsto para 2020. Su aspecto recuerda al del Model S de Tesla, y las comparaciones son inevitables. Si el Sion se dirige a la clase media, su rival se enmarcará dentro de la gama alta.

El Lightyear One tendrá una batería que durará significativamente más que la del Sion. El rango podría alcanzar hasta los 800 kilómetros si se cuentan sus capacidades solares. El precio, eso sí, será muy superior. Los responsables de la empresa calculan que rondará los 119.000 euros.

Pero es que no solo hay coches sustentados con energía solar. Un proyecto del fabricante de camiones AirFlow Truck y la compañía Shell Lubricants han creado un prototipo de camión solar. En realidad, los paneles solares representan aquí únicamente una asistencia.

La energía solar de Starship, así se llama este camión, cubrirá los componentes electrónicos, las luces, los limpiaparabrisas, el aire acondicionado y otros elementos auxiliares. A partir de ahí, el diésel hará mover el motor.

Más allá de las carreteras, hay proyectos que moldean barcos y hasta aviones solares. Hoy parecen futuribles lejos de nuestro alcance, pero esta tecnología progresa rápido. Tal vez pronto viajemos contaminando mucho menos de lo que lo hacemos ahora.

Como hemos visto, son muchos los ejemplos de innovación dentro del sector de la energía fotovoltaica, y actualmente como se explica en el siguiente artículo, vemos cuales han sido los países que más sistemas de captación de energía solar han instalado en el año 2017.

El primer trimestre del año ya queda atrás, pero aún se recogen los resultados del ejercicio anterior. Sobre todo, cuando estos son globales y los datos son difíciles de manejar. Hablamos aquí de instalaciones de capacidad solar. Y, en este caso, la estadística la trae la International Renewable Energy Agency (IRENA).

Según la información y las estimaciones de IRENA, durante 2017 se instalaron 94 GW de energía solar. La cifra coincide prácticamente con la expuesta unas semanas antes por el Informe Global Trends in Renewable Energy Investment 2018, de Naciones Unidas. Este documento cifraba en 98 GW el aumento a nivel mundial. Aquí también se ponía de relieve que la solar había superado a la capacidad instalada por el conjunto de combustibles fósiles. Estos solo desplegaron 70 GW de potencia el pasado año.

Pero los datos de IRENA se centran más en el crecimiento de la energía solar por países. Y en este ámbito existe un claro líder. Se trata, sin sorpresas, de China, que supera al resto por un amplio margen. En 2017 China instaló 53,1 GW de capacidad solar. Una desmesura en comparación con cualquier otro país o región. De hecho, representa casi el 57% de todas las adiciones.

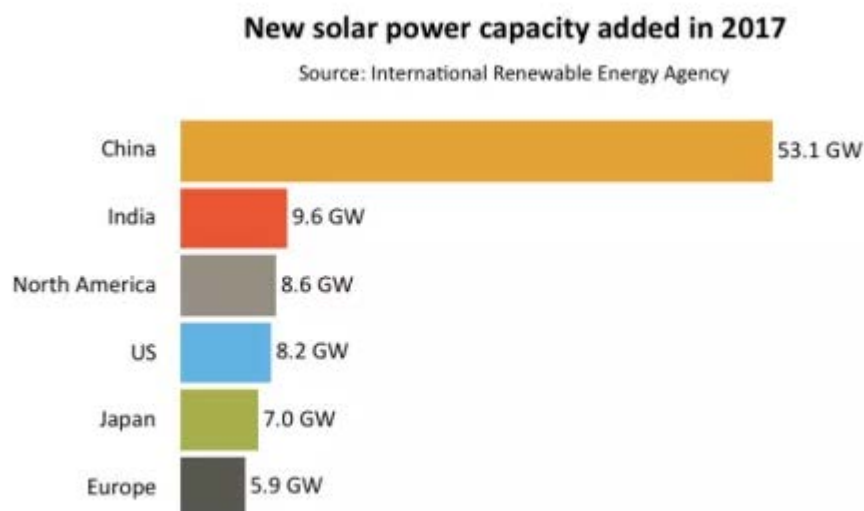
El reto energético de China la ha hecho acelerar en la carrera de las renovables. Tiene que aliviar su dependencia del carbón y de los combustibles fósiles. Especialmente ahora, que el país se encuentra en una fase donde la clase media cada vez consumirá más, lo que incrementará el gasto energético.

En una fase previa está India. Una parte considerable de la población no tiene el abastecimiento energético necesario. Para combatirlo el país ha tomado las renovables como una herramienta de trabajo. El pasado año alcanzó los objetivos que se había marcado para 2022 y sigue profundizando en su expansión. No en vano, los mayores parques solares ahora mismo se construyen en India.

El país de Gandhi instaló en 2017 un total de 9,6 GW de capacidad. Es el segundo en el ranking a nivel mundial. Y supera con creces a Estados Unidos, que desplegó el pasado año 8,2 GW.

Estados Unidos, Europa y Japón, en retroceso

En 2016, sin embargo, Estados Unidos había añadido 11,3 GW de capacidad. Es decir, ha reducido la potencia instalada de un año a otro. El gráfico del crecimiento de la energía solar por países muestra el lugar de los primeros (también regiones) en el ranking. Y Japón se sitúa en el penúltimo puesto, con 7 GW en 2017.



Pero Japón también ha reducido el número de GW instalados. En 2016 fueron 8,3 GW. En cambio, India instaló más del doble de la capacidad de 2016 (4,2 GW). La medida de Europa se da a nivel regional y es de 5,9 GW. La cifra está por debajo del resto de países que están por encima

5.APLICACIÓN A CASO DE ESTUDIO.

5.1. CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO

5.1.1. Encuadre geográfico:

El estudio para la implantación de la planta fotovoltaica se llevará a cabo en el municipio de Illora situado en la parte oriental de la comarca de Loja, en la provincia de Granada, comunidad autónoma de Andalucía.

Limita con los municipios granadinos de Moclín, Pinos Puente, Valderrubio, Moraleda de Zafayona, Villanueva Mesía, Montefrío, y con el municipio jienense de Alcalá la Real.

El municipio ilurquense comprende los núcleos de población de Íllora —capital municipal—, Alomartes, Tocón, Escóznar, Obéilar —también conocida como La Estación de Íllora—, y Brácana, así como los diseminados de Ventas de Algarra, Vallequemado y La Alhondiguilla.



IMAGEN 38: UBICACIÓN DE ILLORA EN ESPAÑA FUENTE: WIKIPEDIA.ORG

5.1.2. Vías de acceso:

Desde Granada--> Hay que tomar la carretera de Málaga, bien desde el Camino de Ronda o desde la Circunvalación, a continuación, el desvío hacia la N-432 o carretera de Córdoba. Tras dejar atrás Atarfe y Pinos Puente, encontramos un desvío a la derecha: la A-336(Casanueva/Zujaira). Continuamos por la carretera A-336 hasta Obéilar, primer pueblo del municipio, y a 4 Km nos encontramos con Íllora. Continuando por la A-336, a 4 Km llegamos al pueblo de Alomartes.

Otra forma de llegar sería a través de la A-92, salida 211 dirección Íllora, donde nos encontramos a 5 Km con Brácan, primer pueblo del municipio en esta ruta. A 2 Km localizamos Tocón, donde enlazamos con la A-336 para llegar a Íllora 12 Km más adelante.

5.1.3. Litología:

La composición del suelo en el municipio de Íllora en datos dados según el Instituto de estadística y cartografía de Andalucía se basa en una serie de rocas sedimentarias que cubren la mayoría del territorio municipal.

De los 193,77 km cuadrados que ocupa el municipio, el Instituto de Estadística y cartografía cuenta con que la total composición de los suelos está formada por rocas sedimentarias.

Íllora se encuentra situada en la denominada zona de los "Montes Occidentales" de la provincia de Granada y la podemos situar más concreta mente en la ladera sur-oeste de la Sierra de Parapanda, que será elemento importante para comprender la orografía de la zona.

Los materiales que componen los terrenos bajo la jurisprudencia ilurquense se basan en formas calizas formadas por los depósitos que quedaron integrados en un gran geosinclinal

(cubeta en la corteza que queda rellena de sedimentos) y dichos elementos se levantaron gracias a los movimientos orogénicos producidos durante la orogenia alpina durante el cenozoico en el terciario. Los movimientos tectónicos de África hacia el norte hicieron que se elevaran algunas zonas de la primigenia Península Ibérica, denominada Macizo Hespérico como fueron las cordilleras Béticas y los Pirineos, mientras se fracturaron otras zonas como las comprendidas en la meseta central.

La composición montañosa más importante es la Sierra de Parapanda, de la que ya hemos explicado su origen y que podemos integrar en la zona Subbética de las Cordilleras Béticas, de la misma forma queda aquí integrada la Sierra de Madrid, el otro gran elemento montañoso del municipio.

Estos dos conjuntos montañosos han venido ofreciendo una gran cantidad de recursos naturales de los que las diferentes culturas que han habitado estas zonas circundantes se han aprovechado para su subsistencia. Estos recursos han surgido por la acción conjunta de la orografía y litología de la zona unidas a la climatología propia de esta zona de la Península. Las acciones de los mismos sistemas montañosos propician a la localidad ilurquense un ámbito de continentalidad dentro del clima mediterráneo, característico de esta zona meridional del país.

5.1.4. Usos del suelo:

CLASES DE SUELO EN EL PLANEAMIENTO VIGENTE

El planeamiento vigente del municipio establece tres clases de suelo:

a. Urbano: Se define como suelo urbano el comprendido expresamente dentro del recinto grafiado como tal en los planos de ordenación de las NN.SS. (a escala 1:2.000, careciendo de valor legal el referenciación del suelo a escalas menos detalladas que tendrán únicamente valor indicativo.)

Según el artículo 8 de L.S.V. 6/98, constituirán el Suelo Urbano:

1. El suelo ya transformado por contar, como mínimo, con acceso rodado, abastecimiento de agua, evacuación de aguas y suministro de energía eléctrica o por estar consolidados por la edificación en la forma y con las características que establezca la legislación urbanística.
2. Los terrenos que en ejecución del planeamiento hayan sido urbanizados de acuerdo con el mismo.

b. Urbanizable:

El suelo que, a los efectos de la norma urbanística, no tenga la condición de urbano o de no urbanizable, tendrá la consideración de suelo urbanizable, y podrá ser objeto de transformación en los términos establecidos en la legislación urbanística y el planeamiento aplicable. Se ha delimitado esta clase de suelo de manera que apoye lo más posible en la infraestructura existente de comunicaciones, agua y saneamiento y garanticen un crecimiento armónico del casco urbano.

c. No urbanizable:

Tienen la condición de suelo no urbanizable, los terrenos en que concurra alguna de las circunstancias siguientes:

1. Que deban incluirse en esta clase por estar sometidos a algún régimen especial de protección incompatible con su transformación de acuerdo con los planes de ordenación territorial o la legislación sectorial, en razón de sus valores paisajísticos, históricos, arqueológicos, científicos, ambientales o culturales, de riesgos naturales acreditados en el planeamiento sectorial, o en función de su sujeción a limitaciones o servidumbres para la protección del dominio público.

2. Que el planeamiento general considere necesario preservar por los valores a que se ha hecho referencia en el punto anterior, por su valor agrícola, forestal, ganadero o por sus riquezas naturales.

CLASIFICACIÓN DEL SUELO:

ILLORA

NN.SS.	SUELO URBANO				SUELO URBANIZABLE	
	URBANO CONSOLIDADO		URBANO NO CONSOLIDADO		RESIDENCIAL m2	INDUSTRIAL m2
	902.595	CON UE		SIN UE	267.865	113.819
		212.141		50625		
	1.165.361				381.684	
1.547.045						

DESARROLLO DE PLANEAMIENTO	SUELO URBANO NO CONSOLIDADO TRANSFORMADO Y URBANIZADO		SUELO URBANO NO CONSOLIDADO NO TRANSFORMADO		SECTORES DE ORDENACIÓN DETALLADA	SECTORES SIN ORDENACIÓN
	CON UE	SIN UE	CON UE	SIN UE	SUR-3/A	SUR-1, SUR-2, SUR-3/B/1, SUR-3/B/2, SUI
	0	0	ue 0, ue 1, ue 2, ue 6, ue 7, ue 8, ue 9, ue 10, ue 11, ue 12, ue 15, ue 16	50.625		
	0	0	212.141	50.625	85.073	296.611

ADAPTACIÓN	URBANO CONSOLIDADO		URBANO NO CONSOLIDADO		URBANIZABLE ORDENADO	URBANIZABLE SECTORIZADO
	902.595		262.766		SUO-1	SUS-1,SUS-2, SUS-3, SUS-4, SUS-5
					85.073	296.611
	1.165.361				381.684	
	1.547.045					

TABLA 2: CLASIFICACION DEL SUELO ILLORA. FUENTE: PLAN ORDENACION URBANISTICA DE ILLORA

5.1.5. Edafología:

Los aspectos físicos, geológicos y climatológicos de una región determinan su vegetación, su fauna e incluso condicionan a sus habitantes.

Los factores edáficos son aquellos que tienen en cuenta la composición del suelo, sus usos y su posible degradación por efecto de la acción humana.

En Íllora podemos encontrar los siguientes tipos de suelos:

1. *Rendzinas y litosoles*: Estos suelos los podemos encontrar en las cumbres de Parapanda. En ellos las dolinas abundan por doquier, y son aptos sólo para piornales u pastos ralos, al ser pobres en elementos nutrientes. Es fácil observar derrubios y espejos de fallas, como en el caso del Tajo de las yeseras.
2. *Regosoles sobre conglomerado*: Suelos que, aunque se han utilizado para agricultura no tienen buenos resultados; aquí se instalarán las roturas de olivos y almendros.
3. *Regosoles litosólicos*: En estos suelos se encuentra gran parte de los encinares y monte bajo del municipio, como ocurre en el Espinar.
4. *Cambisoles y fluviosoles*: Son los suelos que ocupan los valles de ríos y arroyos. Muy horizontales, son buenos para la agricultura, con elementos inorgánicos que los hacen muy ricos, pero de difícil drenaje. Son abundantes en Escóznar, Brácana y Tocón.

5.1.6. Hidrología:

La hidrología es la disciplina que se ocupa de estudiar la distribución espacio temporal y las propiedades de las aguas subterráneas y continentales. Dentro del estudio de las aguas se incluyen las precipitaciones, la humedad que proviene del suelo, la escorrentía, las masas glaciares y la evatranspiración, consistente en la

perdida de humedad que padece una superficie y está asociada a la transpiración de la vegetación.

Mapa hidrológico de Granada

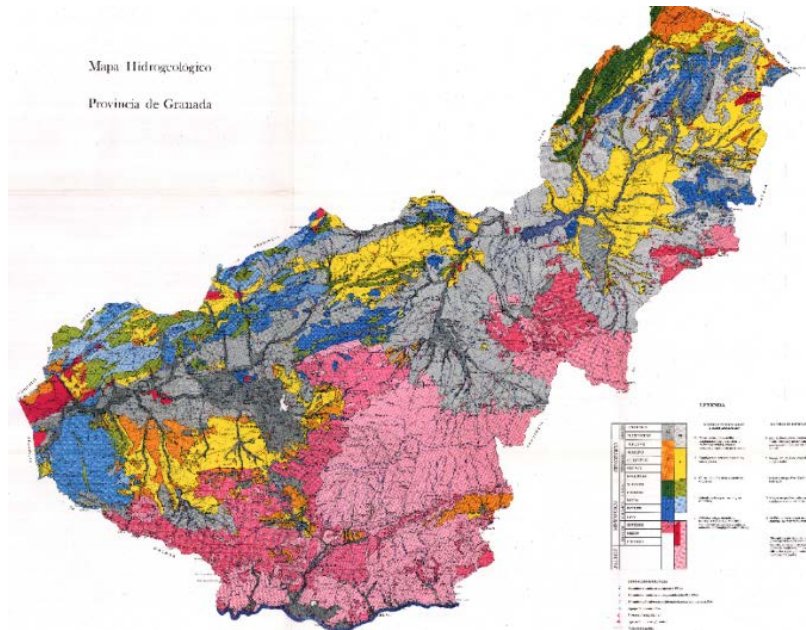


IMAGEN 39: MAPA HIDROLÓGICO DE GRANADA FUENTE: JUNTAEANDALUCIA.ES

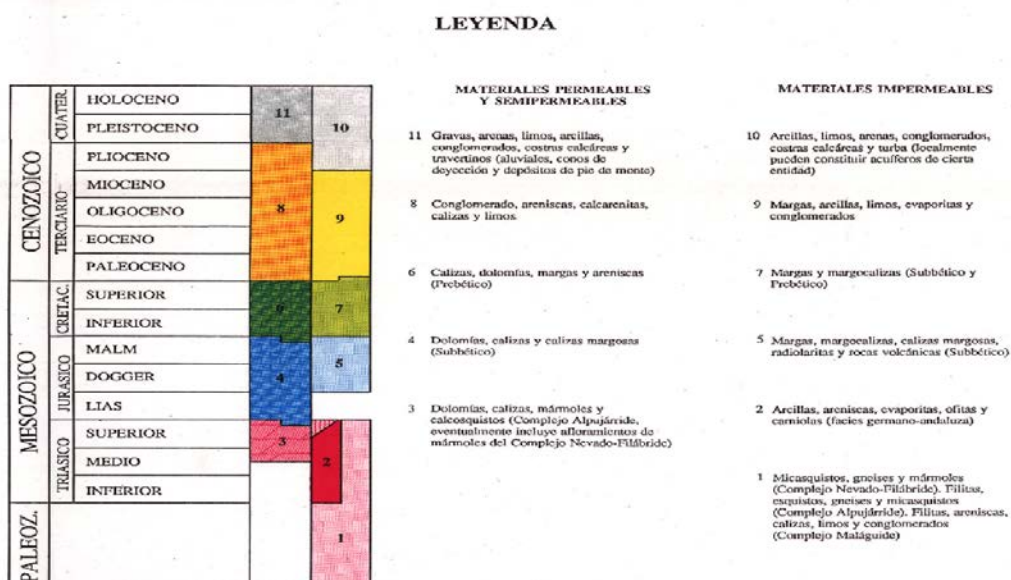


IMAGEN 40: LEYENDA DEL MAPA HIDROLOGICO. TERMINOS FUENTE: JUNTAEANDALUCIA.ES

5.1.7. Pluviometría:

Para conocer el nivel de precipitaciones que suele darse a lo largo del año en la zona de estudio, nos apoyaremos en el siguiente climograma donde se recogen datos de precipitaciones para cada uno de los meses del año. Se puede apreciar la sequía en los meses de verano donde nos encontramos con un promedio de 6mm en Julio, lo cual coincide con el mínimo valor anual.

Por otro lado, vemos que los mayores valores de precipitaciones se corresponden con los meses de invierno, más en concreto, el mes de Noviembre con un promedio de 67 mm

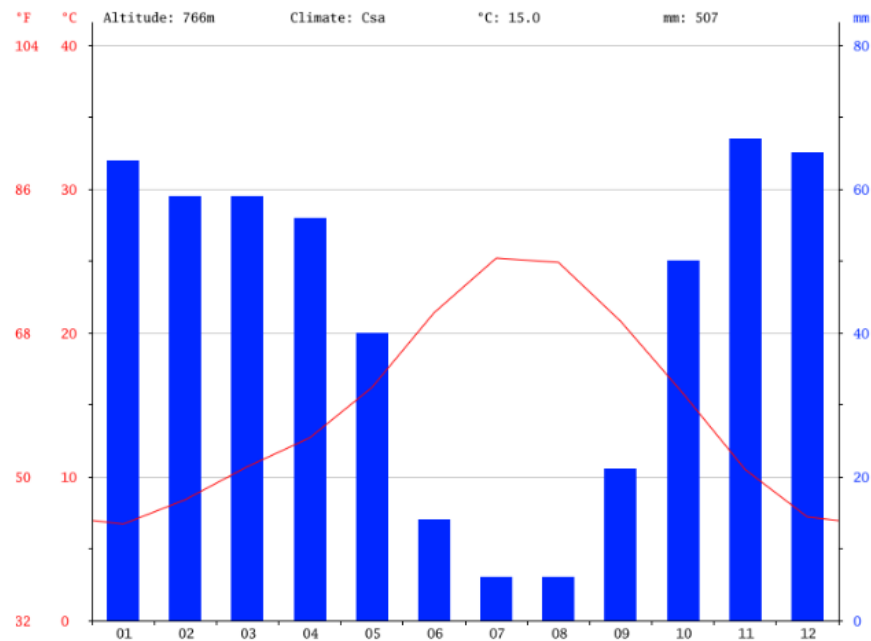


IMAGEN 41: PRECIPITACIONES A LO LARGO DEL AÑO (MM) FUENTE: CLIMATE-DATA.ORG

El diagrama de precipitación para Illora muestra cuántos días al mes, se alcanzan ciertas cantidades de precipitación.

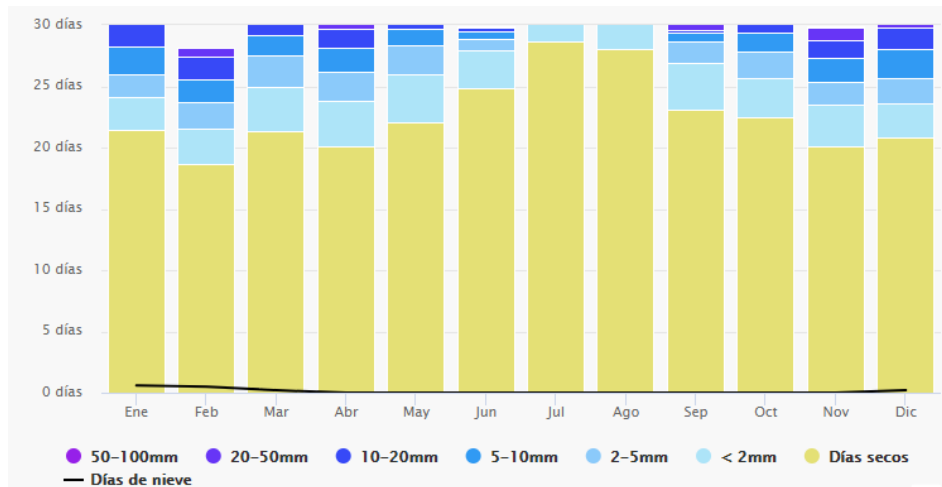


IMAGEN 42.DISTRIBUCION DE LAS PRECIPITACIONES FUENTE:CLIMATE-DATA.ORG

Precipitaciones por día:

MES	DIAS	DISPONIBILIDAD DE DATOS(%)
ENERO	9	96
FEBRERO	8,6	97
MARZO	9,1	98
ABRIL	8	97
MAYO	6,6	98
JUNIO	1,7	96
JULIO	0,2	98
AGOSTO	0,8	97
SEPTIEMBRE	4	96
OCTUBRE	6,8	97
NOVIEMBRE	7,9	96
DICIEMBRE	8,1	94

PROMEDIO VALOR : 70,8 DIAS

TABLA 3: PRECIPITACIONES POR DIAS. ELABROACIÓN PROPIA

En la siguiente tabla se recogen los valores de precipitaciones por mes que han tenido lugar en los últimos años, del 2000 hasta el 2018 (con los datos disponibles a esta altura del año). Se anotan el número de días en el que se han producido precipitaciones en cada uno de los meses. Se observa que cuando más días llueve es en los meses de septiembre a abril mientras que en los meses restantes es poco común que se produzcan lluvias. Lo cual es un buen indicativo a la hora de valorar la posible instalación fotovoltaica en este lugar.

5.1.8. Climatología:

La climatología es la ciencia que estudia el clima y sus variaciones a lo largo del tiempo. Aunque utiliza los mismos parámetros que la meteorología, su objetivo es distinto, ya que no pretende hacer previsiones inmediatas, sino estudiar las características climáticas a largo plazo. Con el siguiente grafico podemos tener una idea general del clima existente en Illora ya que se aprecia lo siguiente:

Valores de precipitación / Máxima temperatura diaria media / Máxima temperatura días calurosos / Mínima temperatura diaria media / Mínima temperatura en noches frías

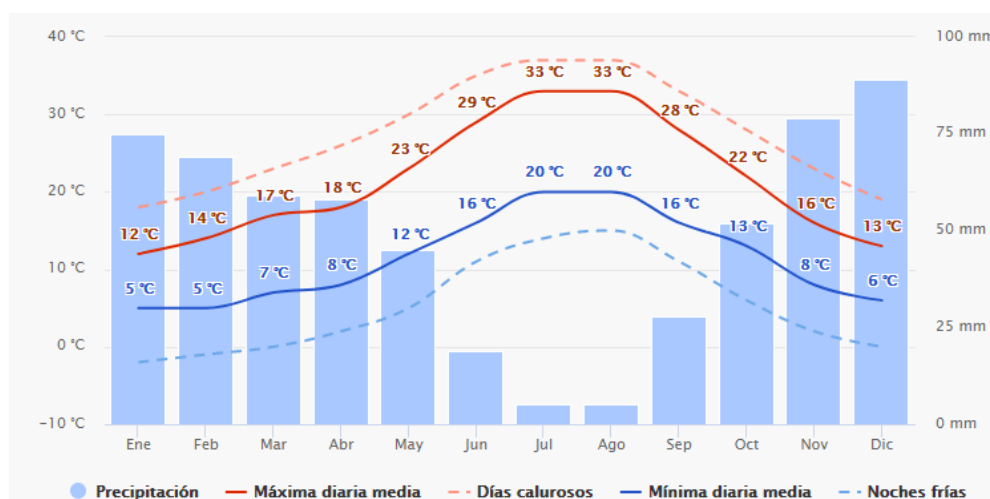


IMAGEN 43. GRAFICO CLIMA ULTIMOS 30 AÑOS FUENTE:CLIMATE-DATA.ORG

En cuanto a la temperatura se refiere el mes más caluroso del año es Julio y el más frío enero. Por otro lado, también se analiza la cantidad de días soleados nublados o lluviosos que se dan a lo largo del año en el municipio. Para ello se recurre a la siguiente tabla con datos acumulados de los últimos treinta años.

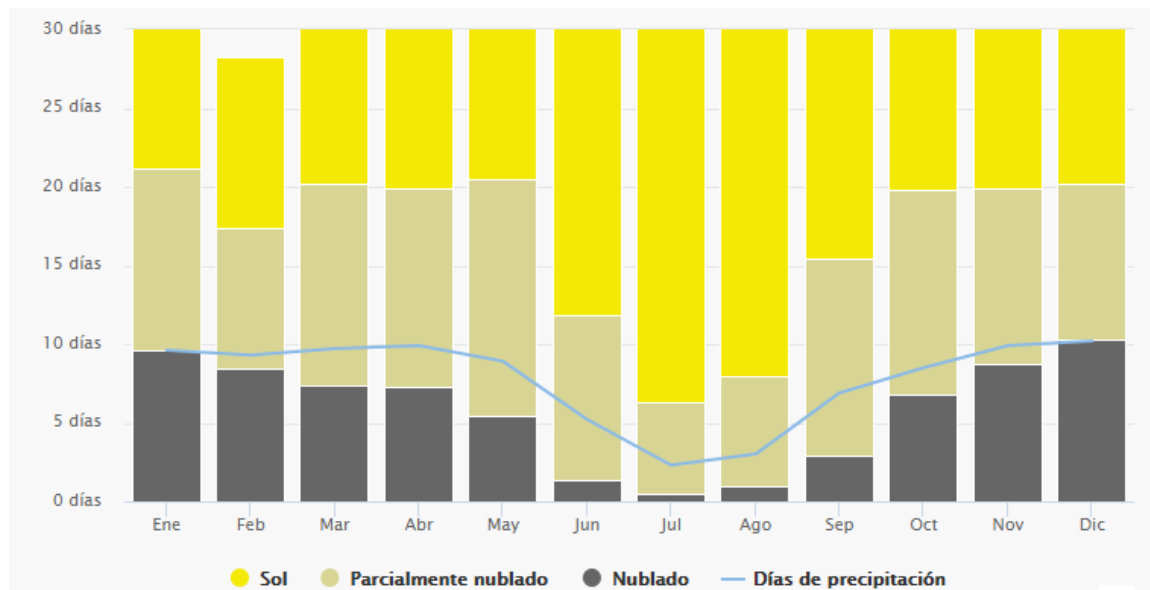


IMAGEN 44. DISTRIBUCION DIAS SOLEADOS. FUENTE: CLIMATE-DATA.ORG

En esta grafica se observa que la mayor parte de los días esta soleado o parcialmente nublado, días en los que se puede obtener buenas eficiencias en la producción de energía fotovoltaica. Mientras que por otro lado son muchos menos los días nublados o lluviosos en los que la generación podría reducirse. En definitiva, es una buena zona de sol para la ubicación de la planta fotovoltaica.

El siguiente diagrama de la temperatura máxima en Illora, muestra cuántos días al mes llegan a ciertas temperaturas que van desde 0 a los 40 °C.

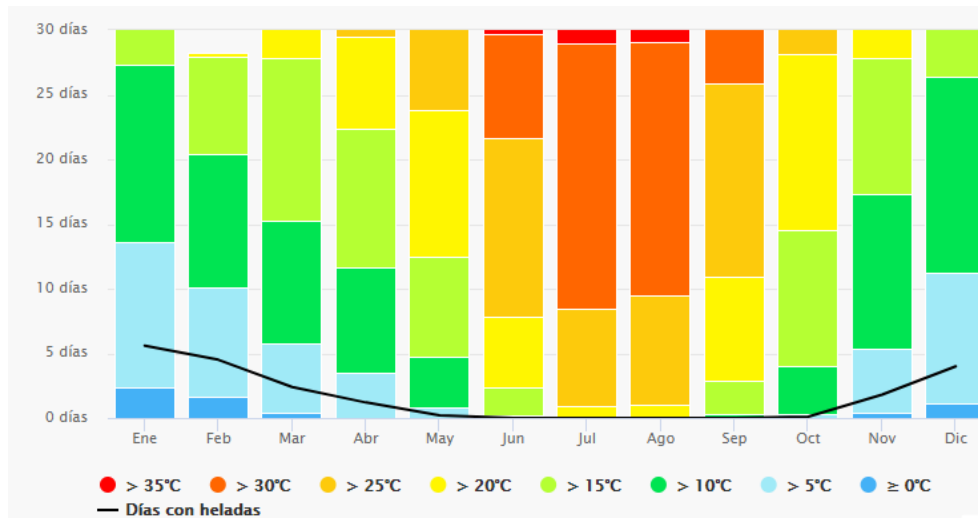


IMAGEN 45. DISTRIBUCION TEMPERATURAS POR DIAS FUENTE:CLIMATE-DATA.ORG

Determinación zonas climáticas

Teniendo en cuenta nuestra situación en el municipio de Illora, cabe destacar que está clasificada como zona C1 dentro del código técnico de la edificación.

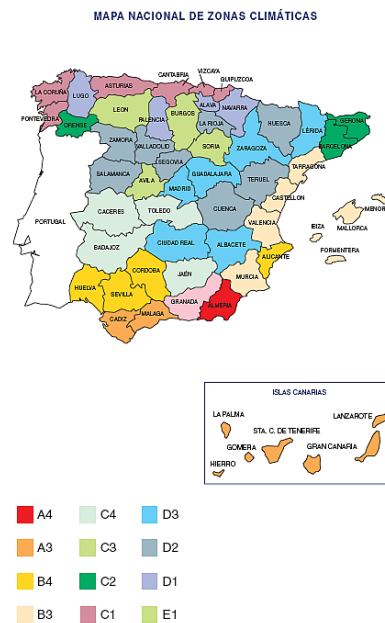


IMAGEN 46: MAPA NACIONAL ZONAS CLIMÁTICAS FUENTE: CTE

5.1.9. Irradiación:

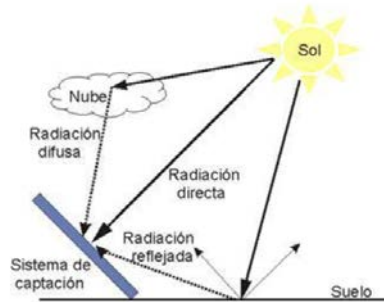


IMAGEN 47: CONCEPTO RADIACIÓN FUENTE: MONOGRAFIAS.COM CARLOS CIVILINO

Tipos de irradiación:

- La radiación directa: es aquella que proviene directamente del sol.
- La radiación difusa: es aquella que proviene de la atmosfera, por dispersión de parte de la radiación solar en ella. En los días más soleados sin presencia de nubosidades este tipo de radiación puede suponer aproximadamente el 15% del global, pero en los días nublados en los que se reduce la cantidad de radiación directa este tipo de radiación aumenta de manera considerable.
- La radiación reflejada es aquella que proviene “rebotada” de la superficie terrestre. La cantidad de este tipo de radiación depende del llamado coeficiente de reflexión de la superficie o “albedo”. Son únicamente las superficies verticales (perpendiculares a la superficie terrestre) las que reciben esta radiación.

5.1.10. Viento:

En lo referente a la aportación del viento dentro del ecosistema, he aquí una gráfica con la distribución de la dirección del viento a lo largo del año.

Observamos que los vientos del oeste son los más predominantes a lo largo del último año.

La rosa de los vientos nos ofrece una idea general de cómo ha soplado el viento y en qué dirección a lo largo del último año para poder tener una idea de clara de cómo afectan los vientos a la zona donde se desarrolla el estudio de implantación de la planta fotovoltaica.

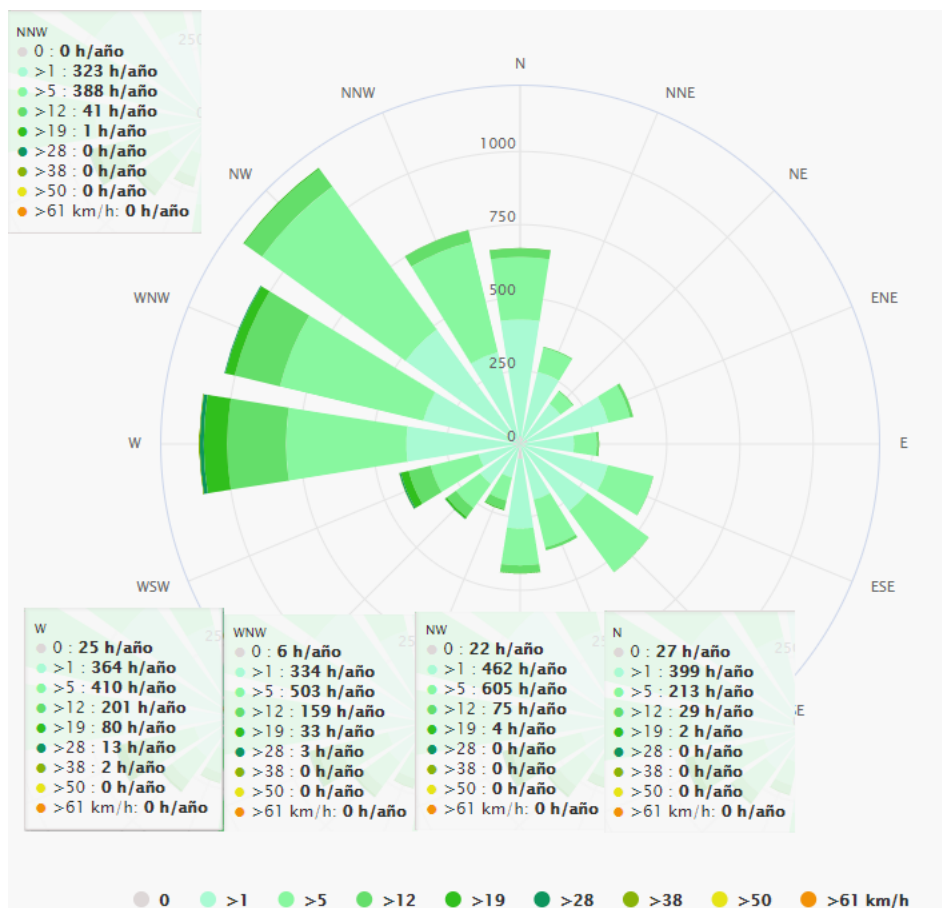


IMAGEN 48: DISTRIBUCION DEL VIENTO EN GRANADA FUENTE: METEOBLUE.ES

Podemos observar que el viento más común en esta zona es el noroeste y que el viento más común a lo largo del año es el noroeste con velocidades mayores de 5 km/h.

En lo referente a velocidades de viento, la siguiente gráfica muestra el número de días para cada vez en el cual se superan ciertos valores de velocidad de viento y la frecuencia con la que se producen.

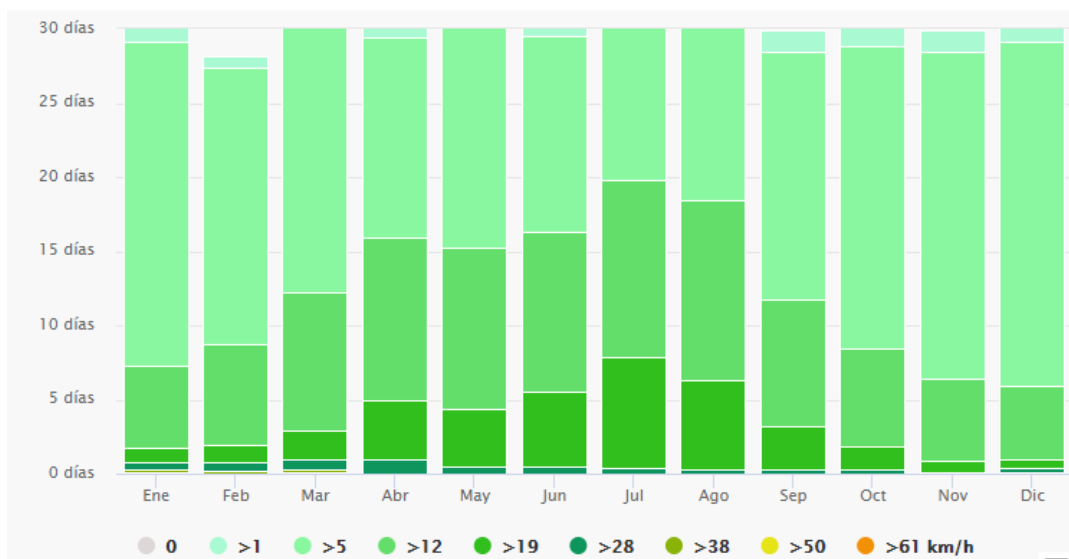


IMAGEN 49: DISTRIBUCION VELOCIDADES DEL VIENTO FUENTE.WINDFINDER.COM

5.1.11. Flora y fauna:

FLORA:

Las repoblaciones llenaron la sierra de Madrid y Parapanda con tres especies de pinos y algunas zonas con cipreses. La cara sur de Parapanda esta repoblada con pinos de tres especies diferentes, con una edad media que oscila en torno al medio siglo. La primera de estas especies es el pino carrasco (pinus alepensis), la de distribución a más baja altura y la que peor soporta el frío. A partir de los 1.000 m aparecen pinos rodenos o marítimos (pinus pinaster), y a partir de los 1.300 m se puede observar un bosque de pinos silvestres (pinus

silvestris), que no alcanzan su porte máximo debido a la meriodionalidad y la escasez del suelo.



IMAGEN 50. PINUS ALEPENSIS FUENTE: TURISMODEILLORA.COM

FLORA EN EL ENTORNO DE ILLORA:

-  Agrícola y prados artificiales (Agrícola y prados artificiales) >>> 60368.64000000 ha (91.32453359 %)
-  Encinares (A.F.M. (Bosquetes)) >>> 1992.76000000 ha (3.01460953 %)
-  Pinares de pino carrasco (Bosque) >>> 1131.63000000 ha (1.71190840 %)
-  Pastizal Matorral (Pastizal Matorral) >>> 897.99000000 ha (1.35846224 %)
-  Artificial (Artificial) >>> 398.34000000 ha (0.60260120 %)
-  Choperas y plataneras de producción (Bosque Plantación) >>> 301.01000000 ha (0.45536222 %)
-  Matorral (Matorral) >>> 292.10000000 ha (0.44188334 %)
-  Mezclas de coníferas y frondosas autóctonas en la región biogeográfica mediterránea (Bosque) >>> 241.68000000 ha (0.36560892 %)
-  Bosques ribereños (A.F.M. (Riberas)) >>> 121.39000000 ha (0.18363649 %)
-  Pinares de pino carrasco (Bosque Plantación) >>> 87.62000000 ha (0.13254987 %)
-  Bosques mixtos de frondosas en región biogeográfica mediterránea (Bosque) >>> 57.66000000 ha (0.08722695 %)

-  Herbazal (Herbazal) >>> 53.34000000 ha (0.08069174 %)
-  Arbolado disperso de frondosas (Bosque) >>> 49.94000000 ha (0.07554828 %)
-  Prado (Prado) >>> 47.30000000 ha (0.07155454 %)
-  Minería, escombreras y vertederos (Minería, escombreras y vertederos) >>> 18.64000000 ha (0.02819824 %)
-  Complementos del bosque (Complementos del bosque) >>> 13.92000000 ha (0.02105791 %)
-  Agua (Agua) >>> 12.03000000 ha (0.01819876 %)
-  Arbolado disperso de frondosas (A.F.M. (Bosquetes)) >>> 8.95000000 ha (0.01353939 %)
-  Monte sin vegetación superior (Monte sin vegetación superior) >>> 8.48000000 ha (0.01282838 %)

(*) Se toma como "entorno", los km2 del área total, tomados desde el epicentro del espacio protegido.

FUENTE: TURISMO DE ILLORA.COM

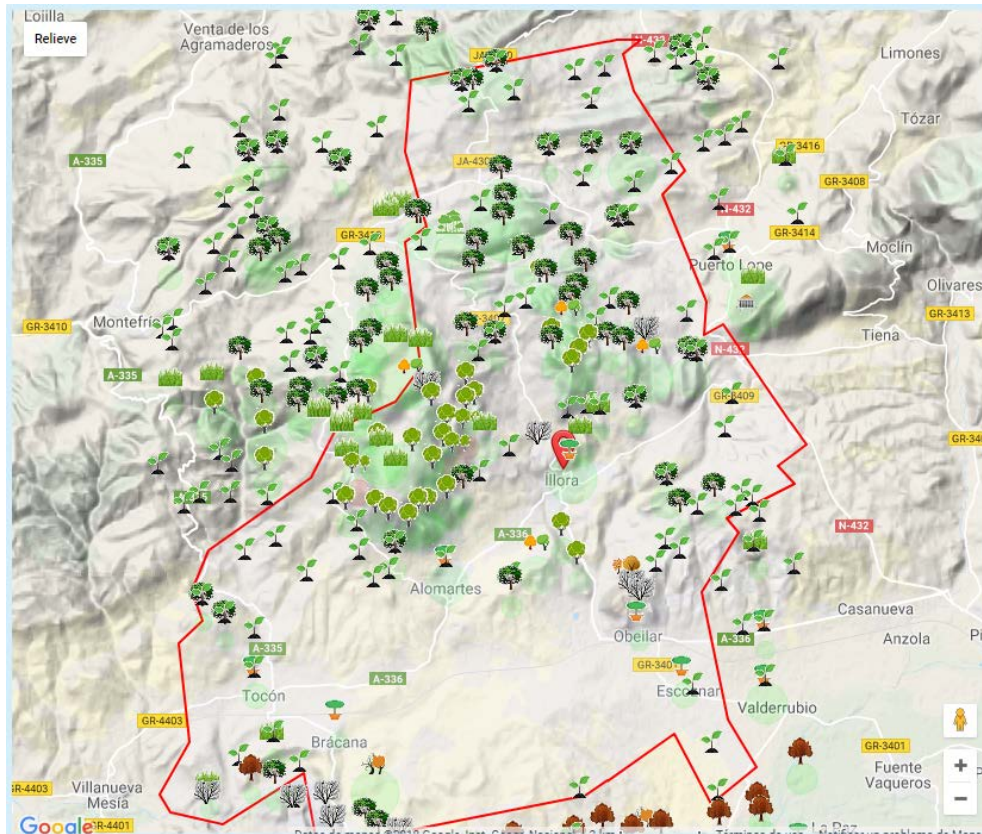


IMAGEN 51: FLORA PRESENTE EN ILLORA. FUENTE: NATURASPAIN.COM

FAUNA:

Son más de cien especies de aves las que nidifican en nuestro territorio, cifra que se incrementa en invierno por las aves invernantes. Contamos además con ocho especies de anfibios y dieciséis de reptiles, veintidós especies de mamíferos, sin contar los quirópteros (murciélagos), y una infinidad de invertebrados que habitan en roquedos, matorrales, encinares, arroyos...

5.1.12. Aspectos socioeconómicos:

POBLACIÓN:

2017	
población total	10233
hombres	5104
mujeres	5129
población en núcleos	9884
población diseminados	349
porcentaje menor de 20 años	19,02
porcentaje mayor de 65 años	20,1
2016	
número de extranjeros	191
principal procedencia	reino unido
emigraciones	199
inmigraciones	168
nacimientos	81
defunciones	118
matrimonios del mismo sexo	28
centros de educación	13
bibliotecas publicas	1
centros de salud	1
consultorios	5
viviendas familiares principales	4300
viviendas de alquiler	6

TABLA 4: ASPECTOS SOCIOECONOMICOS. ELABORACIÓN PROPIA
FUENTE: INSTITUTO DE ESTADISTICA Y CARTOGRAFÍA DE ANDALUCÍA

5.2. DATOS DE IRRADIACIÓN EN GRANADA

En la siguiente gráfica se recogen los valores de irradiancia en Granada en función del tipo de irradiación. Como se puede observar en la gráfica hay una relación directa entre la irradiación y la temperatura, alcanzando ambas sus máximos valores en los meses de verano.

Se han recogido datos en función de la inclinación de los módulos en dos condiciones diferentes:

Una, considerando un plano con inclinación óptima, y otra, considerando la proyección sobre una superficie horizontal.

5.2.1. Datos de irradiación sobre un plano con inclinación óptima

Valores acumulativos a lo largo del mes

Radiación Global (kWh/m ²)		
Mes	Media	Mediana
1 (Enero)	113,2	130,8
2 (Febrero)	131,7	156
3 (Marzo)	168,1	191,4
4 (Abril)	188,7	208,2
5 (Mayo)	206,1	224,7
6 (Junio)	220	228,4
7 (Julio)	230,7	235,8
8 (Agosto)	220,3	229,1
9 (Septiembre)	185,2	198,4
10 (Octubre)	145,4	161,7
11 (Noviembre)	110,9	128,3
12 (Diciembre)	93,6	110,9

TABLA 5. RADIACIÓN GLOBAL SOBRE PLANO CON INCLINACIÓN ÓPTIMA. ELABORACIÓN PROPIA

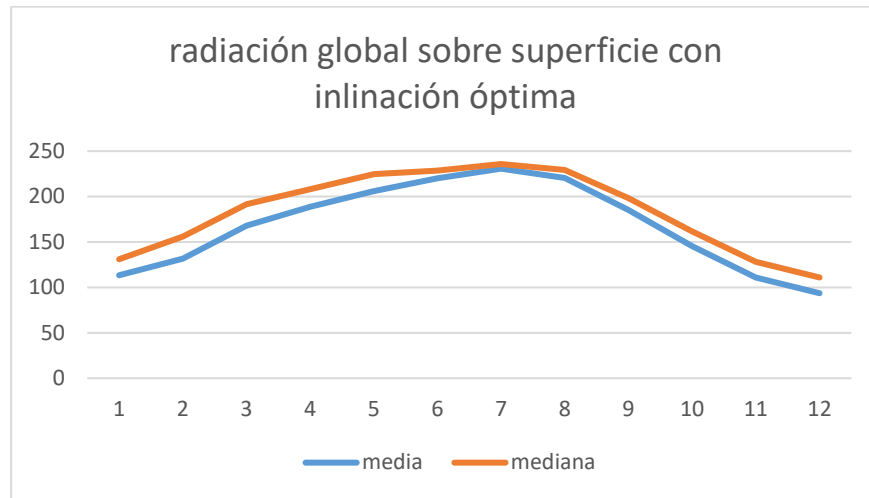


IMAGEN 52: GRAFICO RADIACIÓN GLOBAL.ELABORACIÓN PROPIA FUENTE: AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGIA

Radiación Difusa (kWh/m ²)		
Mes	Media	Mediana
1 (Enero)	46,4	42,3
2 (Febrero)	51,6	43,4
3 (Marzo)	71,5	62,4
4 (Abril)	77,4	65,8
5 (Mayo)	83,1	69
6 (Junio)	69,4	61,9
7 (Julio)	66,7	61,1
8 (Agosto)	66,8	60
9 (Septiembre)	64,7	57,3
10 (Octubre)	63,3	58,6
11 (Noviembre)	48,7	44,9
12 (Diciembre)	44	41,7

TABLA 6: RADIACIÓN DIFUSA SOBRE PLANO CON INCLINACIÓN ÓPTIMA.ELABORACIÓN PROPIA

Radiación Directa (kWh/m ²)		
Mes	Media	Mediana
1 (Enero)	65,7	87,6
2 (Febrero)	79,1	111,1
3 (Marzo)	95,6	127,9
4 (Abril)	109,8	140,4
5 (Mayo)	121,1	153,9
6 (Junio)	148,8	163,9
7 (Julio)	162	172
8 (Agosto)	151,6	167
9 (Septiembre)	119,1	139,4
10 (Octubre)	80,5	101,9
11 (Noviembre)	61,7	82,7
12 (Diciembre)	49,3	68,3

TABLA 7: RADIACIÓN DIRECTA SOBRE PLANO INCLINACIÓN ÓPTIMA. ELABORACIÓN PROPIA

5.2.2. Datos de irradiación sobre un plano horizontal

Radiación Global (kWh/m ²)		
Mes	Media	Mediana
1 (Enero)	78,1	86,2
2 (Febrero)	97,5	110,3
3 (Marzo)	140,8	156,2
4 (Abril)	174,3	190,5
5 (Mayo)	205,4	224,6
6 (Junio)	228,1	237,4
7 (Julio)	234,6	240,1
8 (Agosto)	208,8	216,5

9 (Septiembre)	159,6	169,4
10 (Octubre)	114,6	124
11 (Noviembre)	79,8	88,3
12 (Diciembre)	66,1	73

TABLA 8: RADIACIÓN GLOBAL SOBRE PLANO HORIZONTAL. ELABORACIÓN PROPIA

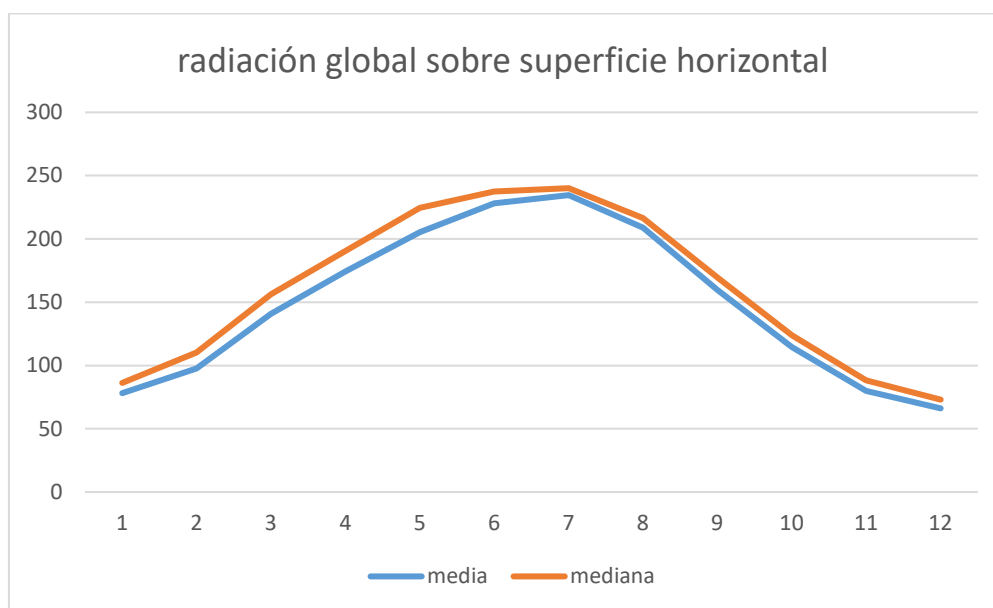


IMAGEN 53: GRÁFICO RADIACIÓN GLOBAL SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL. ELABORACIÓN PROPIA

Radiación Difusa (kWh/m²)		
Mes	Media	Mediana
1 (Enero)	39,9	34,5
2 (Febrero)	44,5	35,6
3 (Marzo)	64,7	54,5
4 (Abril)	72,4	60,2
5 (Mayo)	81	66
6 (Junio)	67,7	59,5

7 (Julio)	63,6	58,4
8 (Agosto)	61,8	54,5
9 (Septiembre)	57,9	50,3
10 (Octubre)	56,3	51
11 (Noviembre)	42,4	37,8
12 (Diciembre)	38,3	34,5

TABLA 9: RADIACION DIFUSA SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL. ELABORACIÓN PROPIA

Radiación Directa (kWh/m ²)		
Mes	Media	Mediana
1 (Enero)	38,5	51,2
2 (Febrero)	53,2	74,5
3 (Marzo)	76,3	101,6
4 (Abril)	101,3	130,3
5 (Mayo)	124,8	158,3
6 (Junio)	160,4	177,6
7 (Julio)	171,2	181,6
8 (Agosto)	146,9	161,8
9 (Septiembre)	102	118,9
10 (Octubre)	58,1	72,8
11 (Noviembre)	37,5	50,6
12 (Diciembre)	27,7	38,3

TABLA 10: RADIACION DIRECTA SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL. ELABORACIÓN PROPIA

5.3. NORMATIVA APLICABLE

5.3.1. RESPECTO A CONSIDERACIONES ELÉCTRICAS

Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico. Reglamento de Centrales Generadoras de Energía Eléctrica. 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 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (Decreto 842/2002, de 2 de Agosto) e Instrucciones Técnicas Complementarias.

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en estaciones eléctricas, instituciones o centros (12 de Noviembre de 1982).

Reglamento de transporte, distribución, comercialización, suministro y autorización de instalaciones de energía eléctrica (RCL 1998/3048).

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.

Real Decreto 1565/2010, de 19 de noviembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Real Decreto 1699/2011, de 29 de Septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos.

Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red establecidas por el IDAE en su apartado destinado a Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica (PCT-C.-Octubre 2002).

Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.

Normas C.T.N.E. aplicables a esta instalación. Normas Autonómicas y Provinciales para este tipo de instalaciones. Normas Municipales para este tipo de instalaciones.

5.3.2. RESPECTO A OBRA CIVIL

Plan de Ordenación Urbanística del municipio de Illora

Reglamento Electrotécnico de Alta Tensión (Real Decreto 223/2008 del 15 de febrero) sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.

Real Decreto 9/2008, del 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.

Ley 25/1988 del 29 de Julio de Carreteras del Estado y Ley 8/2001 del 12 de Julio de Carreteras de Andalucía.

Ley 3/1995 de Vías Pecuarias y su Reglamento 155/1998.

Norma sismo resistente española NCSE – 02, del 11 de octubre del 2002.

6. ESTRUCTURA DEL PROCESO DE IMPLANTACIÓN

6.1. SELECCIÓN DEL INVERSOR

En primer lugar, habrá que seleccionar el tipo de modulo que se va a utilizar en la instalación. Los módulos son los encargados de captar la radiación solar mediante las células fotovoltaicas que contienen.

6.2. SELECCIÓN DEL INVERSOR

Un inversor es una pieza clave en una instalación FV; siendo sus tareas (en particular para un sistema conectado a red) más que la mera conversión DC/AC:

- Conseguir una alta eficiencia (> 95 %) para un amplio rango de potencias de trabajo
- Inyectar la corriente de manera síncrona con la frecuencia de red
- Realizar un seguimiento del punto de trabajo óptimo, punto de máxima potencia (MPP: Maximum Power Point)
- Monitorizar la red para evitar una posible situación de trabajo de la instalación FV aislada de la red
- Implementaciones de medidas de protección eléctrica
- Gestión de los datos de la instalación para su monitorización a través de interfaz.

Al seleccionar un inversor concreto, debe tenerse en cuenta los límites para la tensión e intensidad de entrada, porque la selección de los módulos dependerá de estos valores.

6.3. DETERMINACIÓN DE LA INTERCONEXIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Normalmente, se persigue formar ramas con el mayor número posible de módulos en serie con el objetivo de reducir las pérdidas que se generan al mantener una misma intensidad, siendo la corriente mayor en cada rama debido a la suma de las tensiones que genera cada módulo.

6.4. SELECCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS SOPORTE Y CÁLCULO DEL ESPACIO ENTRE FILAS

Una vez que se conoce el número de módulos a interconectar y sus dimensiones, se puede evaluar el tamaño de la estructura soporte.

La estructura soporte ha de resistir con los módulos instalados, las sobrecargas que se puedan producir por la acción viento y la nieve.

Además de esto se deberá tener en cuenta el peso de los módulos y las estructuras soporte.

Una vez determinadas las estructuras que soportaran a los módulos, se conocen las dimensiones totales de las mismas. Sabiendo las dimensiones que ocupara el conjunto, se calcula la distancia mínima entre las filas de los módulos para que las que se puedan producir no intervenga en la producción de otros módulos cercanos.

La colocación de los módulos suele estar limitada por el tamaño de la parcela, por lo que se debe determinar la distancia óptima horizontal entre módulos.

Para estimarla, se consideran las instrucciones que proporciona Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones Conectadas a Red del IDEA.

La separación entre la parte posterior de una fila y el comienzo de la siguiente no será inferior a la obtenida por dicho procedimiento, aplicando h a la diferencia de alturas entre la parte alta de una fila y la parte baja de la siguiente, efectuando todas las medidas de acuerdo con el plano que contiene a las bases de los módulos.

Si los paneles están inclinados y hay más de una hilera de paneles, estos podrán generar sombra unos sobre otros, lo que, por todo lo ya comentado anteriormente, es una situación siempre a evitar.

La distancia d se calcula como:

$$d = h / \tan(61^\circ - \text{latitud})$$

Y el parámetro k que aparece en la tabla es precisamente:

$$k = 1 / \tan(61^\circ - \text{latitud})$$

6.5. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DE LA INSTALACIÓN

Una vez conocidas las dimensiones de las estructuras portantes y las distancias entre ellas para reducir el impacto de las sombras, se procede a diseñar la distribución en planta de acuerdo a la superficie útil de la parcela.

Además, se prestará atención a cumplir los siguientes considerantes:

- Las casetas de control e inversores se intentarán ubicar en zonas donde no proyecten sombras a los paneles.
- La caseta de inversión y transformación se emplazará lo más cerca posible del punto de conexionado para que la línea de evacuación sea lo más pequeña posible disminuyendo así las pérdidas en el transporte.
- Se dotará de áreas suficientes libres de obstáculos para maniobras de vehículos y actividades varias.
- Se procurará dejar una distancia al vallado de 4 metros para evitar posible vandalismo y permitir la circulación interior.
- El trazado de los viales se hará de acuerdo al máximo aprovechamiento del terreno para la instalación.

6.6. CÁLCULO DEL CABLEADO

Una vez determinados las distancias entre las filas de módulos, así como el número total de módulos a instalar, y la superficie que ocupan ya se pueden calcular las longitudes de los cables.

Por lo tanto, se puede calcular la sección de los conductores, para los tramos de corriente continua y para los de corriente alterna.

Estas secciones deben asegurar que la caída de tensión de cada tramo no supere los límites establecidos por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, además de permitir que la corriente que circula por ellos no produzca calentamiento excesivo que pueda llegar a dañarlos.

Para dimensionar adecuadamente los cables que se emplean en una instalación solar fotovoltaica, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Selección del tipo de cable adecuado, según el tramo de instalación.
- Selección del sistema de instalación de los cables.
- Cálculo de la sección. Para calcular la sección de los conductores básicamente se elige el valor comercial disponible que cumpla los siguientes requisitos simultáneamente:
 - Caída de tensión: no deben superarse los límites establecidos para las caídas de tensión máximas asignadas a cada tramo de la instalación.
 - Criterio térmico: la sección elegida debe permitir el paso de la corriente del circuito sin que se deteriore el aislamiento por la temperatura alcanzada.

Las fórmulas para calcular la sección por caída de tensión son:

- Para corriente continua
$$S_{ct} = 2 \cdot L \cdot P_c / (U_{pm} \cdot \sigma \cdot e)$$
- Para corriente alterna trifásica:
$$S_{ct} = L \cdot P_c / (3 \cdot U \cdot \sigma \cdot e)$$

Donde:

P_c es la potencia de cálculo [W]
 L es la longitud del circuito [m]
 U es la tensión nominal de salida del inversor [V]
 σ es la conductividad del material a emplear
 e es la caída de tensión máxima del tramo [V]

Upm es la tensión máxima potencia del conjunto de módulos en serie [V]

Ipm es la corriente para la máxima potencia del conjunto de cadenas o módulos en paralelo [A]

6.7. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO ENERGÉTICO DE LA INSTALACIÓN

El rendimiento energético de una instalación se define como la eficiencia de la instalación en condiciones normales de trabajo para el período de diseño.

Este factor considera las pérdidas en la eficiencia energética debidas a:

- Temperatura
- Cableado
- Dispersión de parámetros y suciedad
- Errores en el seguimiento del punto de máxima potencia
- Eficiencia energética del inversor
- Otros...

El rendimiento energético (PR) puede englobar tantos factores como el diseñador pueda cuantificar, a fin de establecer un valor de eficiencia de la instalación lo más aproximado a las condiciones reales, y se estima mediante la siguiente expresión, y su valor varía en el tiempo en función de las distintas condiciones a las que se ve sometida la instalación:

$$\text{PR (\%)} = (100 - A - P_{\text{temp}}) \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F$$

Cada uno de los términos de la expresión del PR es complejo por lo que se van a explicar por separado:

$$\text{Coeficiente } A = A1 + A2 + A3 + A4$$

- A1: representa la dispersión de los parámetros entre los módulos debido a que no operan normalmente en las mismas condiciones que las reconocidas como estándares de medida,

CEM. Un rango de valores del 10% es una dispersión elevada, un 5% es un valor adecuado, y valores inferiores al 5% se identifican como un buen campo solar en este aspecto.

- A2: representa el efecto del polvo y la suciedad depositada sobre los módulos solares. Depende de la localización de la instalación (cercana a vía asfaltada, vía urbanizada.). Lo mismo se puede esperar con la polución en las ciudades. La posibilidad de realizar mantenimientos periódicos en este aspecto influye a la hora de estimar este coeficiente. El rango de valores estaría entre 1% para instalaciones poco afectadas por el polvo y la suciedad, hasta el 8% donde este aspecto puede tener mayor influencia.

- A3: este término contempla las pérdidas por reflectancia angular y espectral. Al acabado superficial de las células tiene influencia sobre este coeficiente, presentando mayores pérdidas en aquellas células con capas anti reflexivas que las que están texturizadas. También la estacionalidad influye en este término, aumentando las pérdidas en invierno, así como con la latitud. Un rango para este valor puede ser del 2 al 6%.

- A4: representa el factor de sombras, FS. Un rango válido para este factor puede ser de 1% (mínimo por defecto) al 10%, porcentaje a partir del cual las sombras comienzan a repercutir negativamente en el rendimiento de la instalación.

Coeficiente Ptemp

Este coeficiente representa las pérdidas medias anuales debidas al efecto de la temperatura sobre las células fotovoltaicas.

$$P_{temp} (\%) = 100 \cdot [1 - 0,0035 \cdot (TC - 25)] \text{ Siendo: } TC = T_{amb} + (TONC - 20) \cdot E/800$$

Tamb es la temperatura ambiente en °C

TONC es la temperatura de operación nominal del módulo fotovoltaico. Este valor lo proporciona el fabricante

Esta es la irradiancia solar en W/m^2 . La temperatura de las células se eleva por encima de la temperatura ambiente de forma proporcional a la irradiancia incidente, lo que se tiene como consecuencia una reducción del rendimiento de las mismas.

Coeficiente B

Este coeficiente está relacionado con las pérdidas en el cableado de la parte de la corriente continua, es decir, entre los módulos fotovoltaicos y el inversor. Se incluyen las pérdidas en los fusibles, conmutadores, conexiones...

$B = (1 - L_{cabcc})$ El valor máximo admisible para L_{cabcc} es 1,5%.

Coeficiente C

Coeficiente que, al igual que el anterior está relacionado con las pérdidas en el cableado, pero en este caso en la parte de corriente alterna. Por este motivo, se calcula de una manera análoga al anterior coeficiente.

$C = (1 - L_{cabca})$

El valor máximo para L_{cabca} es 2% y un valor recomendable es 0,5%.

Coeficiente D

Está relacionado con las pérdidas por disponibilidad de la instalación. Con este coeficiente se cuantifican las pérdidas debidas al paro de la misma, de forma parcial o total, debido a fallos en la red, mantenimiento... $D = (1 - L_{disp})$

Coeficiente E

Este valor representa los valores de eficiencia del inversor. En este caso hay que atender a los valores de rendimiento europeo, y a la potencia del inversor a utilizar.

Coeficiente F

Este coeficiente refleja las pérdidas por no seguimiento del punto de máxima potencia (PMP) y en los umbrales de arranque del inversor. Unos valores de referencia para este coeficiente pueden estar entre el 5 y el 10%.

Por lo tanto, a partir de todo esto, podemos ya calcular el rendimiento energético de la instalación de la forma:

$$PR (\%) = (100 - A - P_{temp}) \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F$$

6.8. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

Para realizar una estimación de la energía aportada por un sistema de generación solar fotovoltaico conectado a red, basta con conocer el valor de radiación disponible en el plano de captación y el rendimiento global de la instalación que se diseña.

Se emplea la siguiente expresión:

$$ED = G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{mp} \cdot PR / G_{CEM}$$

Siendo:

$G_{dm}(\alpha, \beta)$: el valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano del generador en las condiciones de orientación e inclinación del plano de captación solar (kWh/m² día)

P_{mp} es la potencia pico del generador (kWp)

PR es el rendimiento energético de una instalación o “Performance Ratio”

GCEM es un valor constante de 1 kW/m².

7. ESTRUCTURA DEL ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS

7.1. SUPERFICIE ÚTIL

Debido a que la parcela se encuentra afectada o próxima a elementos limitantes se va a examinar cuáles de ellos afectan y cuál es la superficie libre que se dispone al final del proceso



IMAGEN 54: VISTA AÉREA DE LA PARCELA. FUENTE: SAM SYSTEM ADVISOR MODEL

Estas afecciones son:

- vías pecuarias: la finca queda delimitada al sur por un camino de tierra o vía pecuaria que delimita la parte inferior de la parcela.

Este camino también delimita al este la parcela ya que lo separa de otra finca de uso privado, más en concreto una vivienda.

Red de carreteras: a unos 100 metros al este de la parcela se encuentra una carretera comarcal que comunica con el centro de la localidad (ILLora).

- Zonas de protección medioambiental: no consta de ninguna ordenanza en la parcela en concreto y se contempla como usos permitidos actuaciones de interés público de carácter infraestructural como es un parque solar.
- Por último, teniendo en cuenta los terrenos de vecinos, se dejará una franja de 5 metros a estos.

Con todo esto la parcela exacta donde se ubicará la instalación queda delimitada por los siguientes puntos geográficos:

1. 421394.42 / 4127765.51
2. 421446.53 / 4127541.52
3. 421532.40 / 4127671.41
4. 421662.48 / 4127750.69
5. 421639.53 / 4127838.97
6. 421394.42 / 4127765.51

7.2. DATOS CLIMATOLÓGICOS LOCALES

7.2.1. RADIACION SOLAR.

Para el cálculo de la instalación son necesarios datos de radiación solar ya que es la variable principal para dimensionar la planta. Estos datos han sido facilitados por la agencia andaluza de la energía (AAE). Aunque pueden obtener de otras fuentes como AEMET o programas a nivel europeo como el PVsys.

Se han recogido datos en función de la inclinación de los módulos en dos condiciones diferentes:

Una, considerando un plano con inclinación óptima, y otra, considerando la proyección sobre una superficie horizontal.

Datos de irradiación sobre un plano con inclinación óptima (Valores acumulativos a lo largo del mes)

Radiación Global (kWh/m ²)		
Mes	Media	Mediana
1 (Enero)	113,2	130,8
2 (Febrero)	131,7	156
3 (Marzo)	168,1	191,4
4 (Abril)	188,7	208,2
5 (Mayo)	206,1	224,7
6 (Junio)	220	228,4
7 (Julio)	230,7	235,8
8 (Agosto)	220,3	229,1
9 (Septiembre)	185,2	198,4
10 (Octubre)	145,4	161,7
11 (Noviembre)	110,9	128,3
12 (Diciembre)	93,6	110,9

TABLA 11. VALORES ACUMULADOS IRRADIACION SOBRE PLANO INLINACION OPTIMA.ELABORACIÓN PROPIA

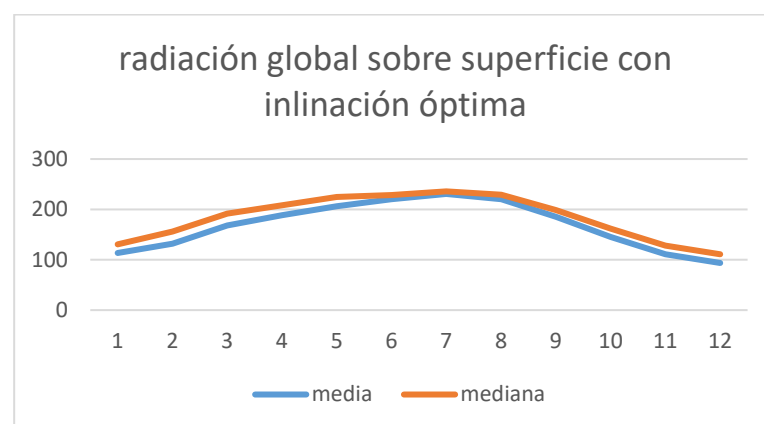


IMAGEN 55: GRAFICO RADIACIÓN GLOBAL.ELABORACIÓN PROPIA DATOS: AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGIA

Radiación Difusa (kWh/m ²)		
Mes	Media	Mediana
1 (Enero)	46,4	42,3
2 (Febrero)	51,6	43,4
3 (Marzo)	71,5	62,4
4 (Abril)	77,4	65,8
5 (Mayo)	83,1	69
6 (Junio)	69,4	61,9
7 (Julio)	66,7	61,1
8 (Agosto)	66,8	60
9 (Septiembre)	64,7	57,3
10 (Octubre)	63,3	58,6
11 (Noviembre)	48,7	44,9
12 (Diciembre)	44	41,7

TABLA 6.

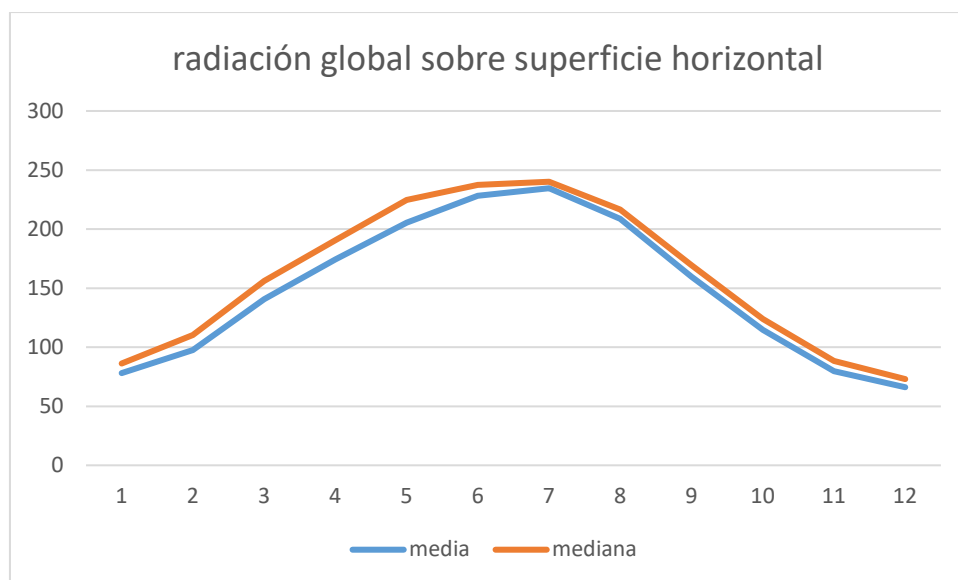
Radiación Directa (kWh/m ²)		
Mes	Media	Mediana
1 (Enero)	65,7	87,6
2 (Febrero)	79,1	111,1
3 (Marzo)	95,6	127,9
4 (Abril)	109,8	140,4
5 (Mayo)	121,1	153,9
6 (Junio)	148,8	163,9
7 (Julio)	162	172
8 (Agosto)	151,6	167
9 (Septiembre)	119,1	139,4
10 (Octubre)	80,5	101,9
11 (Noviembre)	61,7	82,7
12 (Diciembre)	49,3	68,3

TABLA 7.

Datos de irradiación sobre un plano horizontal

Radiación Global (kWh/m ²)		
Mes	Media	Mediana
1 (Enero)	78,1	86,2
2 (Febrero)	97,5	110,3
3 (Marzo)	140,8	156,2
4 (Abril)	174,3	190,5
5 (Mayo)	205,4	224,6
6 (Junio)	228,1	237,4
7 (Julio)	234,6	240,1
8 (Agosto)	208,8	216,5
9 (Septiembre)	159,6	169,4
10 (Octubre)	114,6	124
11 (Noviembre)	79,8	88,3
12 (Diciembre)	66,1	73

TABLA 8.



Radiación Difusa (kWh/m ²)		
Mes	Media	Mediana
1 (Enero)	39,9	34,5
2 (Febrero)	44,5	35,6
3 (Marzo)	64,7	54,5
4 (Abril)	72,4	60,2
5 (Mayo)	81	66
6 (Junio)	67,7	59,5
7 (Julio)	63,6	58,4
8 (Agosto)	61,8	54,5
9 (Septiembre)	57,9	50,3
10 (Octubre)	56,3	51
11 (Noviembre)	42,4	37,8
12 (Diciembre)	38,3	34,5

TABLA 9.

Radiación Directa (kWh/m ²)		
Mes	Media	Mediana
1 (Enero)	38,5	51,2
2 (Febrero)	53,2	74,5
3 (Marzo)	76,3	101,6
4 (Abril)	101,3	130,3
5 (Mayo)	124,8	158,3
6 (Junio)	160,4	177,6
7 (Julio)	171,2	181,6
8 (Agosto)	146,9	161,8
9 (Septiembre)	102	118,9
10 (Octubre)	58,1	72,8
11 (Noviembre)	37,5	50,6
12 (Diciembre)	27,7	38,3

TABLA 10.

Comparativa radiación global media

Irradiación sobre plano horizontal vs irradiación sobre plano con inclinación optima

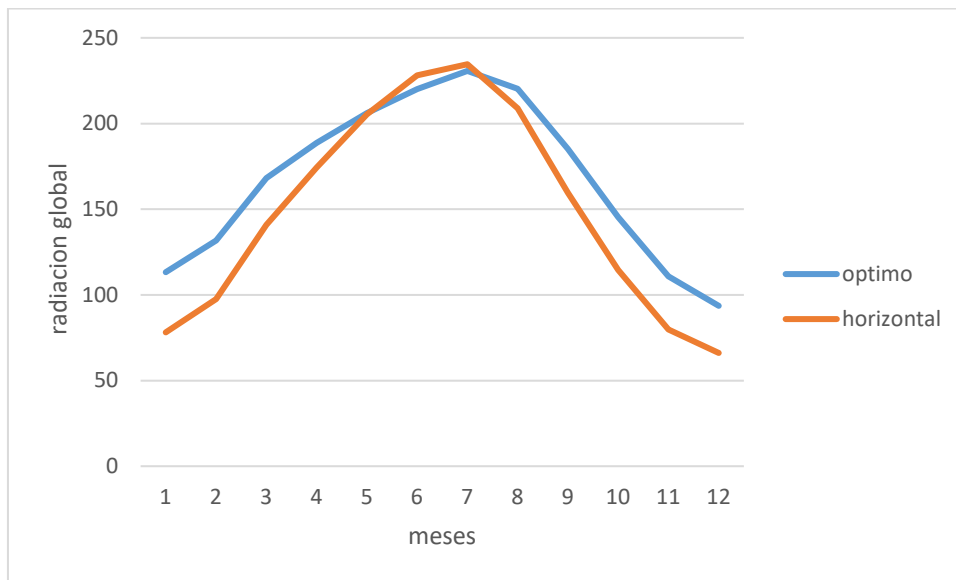


IMAGEN 56: GRAFICO COMPARATIVO PLANO HORIZONTAL VS ÁNGULO ÓPTIMO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

7.2.2. TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES

en lo que respecta a la climatología de Illora se podría englobar dentro del clima mediterráneo tropical, caracterizado por inviernos fríos y secos, con heladas comunes en invierno sobre todo en las noches y con unos veranos muy calurosos y soleados

La temperatura media anual se sitúa en torno a los 18º C.

en lo referente a la pluviometría, se caracteriza por tener pocos días de precipitaciones a lo largo del año. en la siguiente grafica se puede apreciar la distribución de precipitaciones en cada uno de los meses del año. los valores corresponden al valor medio de los últimos 25 años.

La tendencia general en los últimos años dice que diciembre es el mes con más precipitaciones, julio y agosto los que menos; enero es el mes más frío y de nuevo julio y agosto los más calurosos.

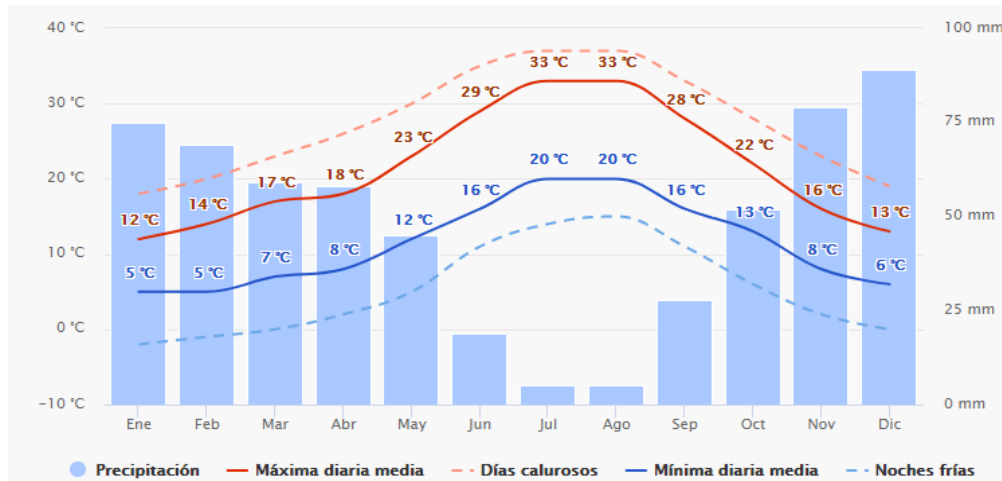


IMAGEN 57: CLIMA EN ILLORA FUENTE: CLIMATE-DATA.ORG

	Tmin	Tmax	Tmedia
ENERO	2,3	11,1	6,7
FEBRERO	3,4	13,4	8,4
MARZO	5,6	15,9	10,7
ABRIL	7,1	18,4	12,7
MAYO	10,2	22,3	16,2
JUNIO	14,3	28,6	21,4
JULIO	17,3	33,1	25,2
AGOSTO	17,4	32,4	24,9
SEPTIEMBRE	14,2	27,5	20,8
OCTUBRE	10,3	21,3	15,8
NOVIEMBRE	5,8	15,3	10,5
DICIEMBRE	3,2	11,3	7,2

TABLA 12 TEMPERATURAS ILLORA ANUAL. ELABORACION PROPIA

7.2.3. ÁNGULO DE INCLINACIÓN

El ángulo de inclinación varía a lo largo del año, debido a la distinta inclinación con la que inciden los rayos del Sol en las distintas estaciones. Se observa que este ángulo disminuye en la época estival debido a que los rayos inciden más perpendicularmente. La técnica propuesta por el IDAE para el cálculo del ángulo de inclinación óptimo es la siguiente:

El ángulo de inclinación óptimo se determina en función de la latitud del emplazamiento.

Periodo de diseño	β_{opt}	$K = \frac{G_{dm}(\alpha=0, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$
Diciembre	$\phi + 10$	1,7
Julio	$\phi - 20$	1
Anual	$\phi - 10$	1,15

IMAGEN 58. CÁLCULO ÁNGULO INCLINACIÓN. FUENTE: IDAE

Así pues, el ángulo óptimo de inclinación anual se obtiene restando 10º a la latitud, en este caso: **37.2755324º**

$$37.2755324 - 10 = 27.2755324 \text{ º Ángulo óptimo}$$

7.2.4. PÉRDIDAS DE ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS

7.2.4.1. ESTIMACIÓN DE SOMBRAS

Para dimensionar correctamente una instalación fotovoltaica es necesario determinar los planos de sombra en el campo de paneles durante las diez horas que se consideran de insolación estimándose el porcentaje de radiación solar que se perdería. Para calcular las pérdidas que se producen debido a sombras en los módulos fotovoltaicos, se va a seguir el anexo III del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red que proporciona IDAE que además marca los umbrales límite de estas pérdidas. Como nuestra parcela es casi llana este valor va a ser muy pequeño y va a tener poca transcendencia.

Con la ayuda de programa PVgis se ha obtenido el perfil de en la zona exacta del emplazamiento.

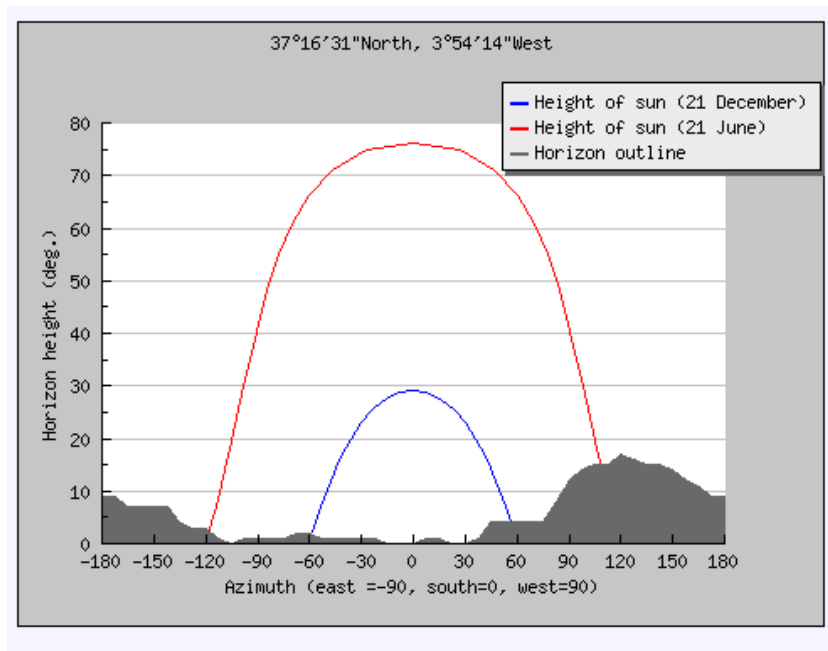


IMAGEN 59: DISTRIBUCIÓN RADIACIÓN EN FUNCIÓN DEL ÁNGULO DE INCLINACIÓN Y DEL AZIMUT. FUENTE: PROGRAMA DE SIMULACIÓN PVsys

7.4.2.2. PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

En este apartado se calculan los límites en la orientación e inclinación de los módulos de acuerdo a las pérdidas máximas permisibles que contempla el pliego.

Para calcular las pérdidas que se producen debido desviaciones de orientación y/o inclinación de los módulos fotovoltaicos, se va a tomar como guía el Anexo II del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red que proporciona IDAE en donde, además, se marcan los umbrales límite de estas pérdidas como se verá más adelante. La latitud en la zona del proyecto es de: **37.2755324º**

Teniendo en cuenta la latitud se calcula la altura máxima y mínima del sol al mediodía que coincide con los solsticios de verano e invierno. Esto delimita la mejor y peor situación que se puede dar a lo largo de un año. Latitud: 37.2755324

ALTURA MAXIMA DEL SOL AL MEDIODIA (SOLSTICIO VERANO)

$$90-(37.2755324-23) = 75.97$$

Por lo tanto, lo idóneo será tener los módulos fotovoltaicos con 10.42 grados de inclinación y estar orientados hacia el sur

ALTURA MAXIMA DEL SOL AL MEDIODIA (SOLSTICIO INVIERNO)

$$90-(37.275534+23) = 29.7245$$

$$90-ANS=70.27$$

Tiene que estar orientados hacia el sur y con una inclinación de 70.27grados

Puesto que en verano es cuando más se va a rentabilizar el sistema, conviene orientar los paneles hacia el sur y con una inclinación de entre 10.42 y 37 grados.

Para nuestros paneles la inclinación será de 27,27 grados (similar al IDAE) buscando un buen equilibrio para obtener unas buenas eficiencias en el sistema

Por tanto, esta instalación cumple los requisitos de pérdidas por orientación e inclinación y se puede considerar por tanto que la orientación de los módulos y su inclinación (27º), hacen que las pérdidas a considerar sean muy bajas.

7.4.2.3. PERDIDAS LÍMITES

Los valores de dichas pérdidas cumplen con mucho margen con los valores umbral de la tabla I de dicho pliego considerando el caso más similar a los descritos que es el caso general, por lo tanto:

- Orientación e inclinación (OI) 10 %
- Sombras (S) 10%
- Total (OI + S) 15 %

8. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

8.1. EMPLAZAMIENTO.

La instalación solar fotovoltaica eje de este estudio se va a instalar en el municipio de Illora, en la provincia de Granada.

Este municipio se encuentra en una zona donde se tiene gran radiación solar a lo largo del año al estar situada al sur de España y tener gran cantidad de días soleados a lo largo del año.

La parcela donde se ubicará la instalación se encuentra al noroeste del centro de la localidad y se trata de un terreno casi horizontal.

Actualmente está ocupado por cultivos de secano principalmente olivos, ya que toda esa zona de la provincia cuenta con gran cantidad de suelo agrario.

Es una ubicación adecuada debido a las buenas vías de acceso y a la proximidad a diferentes líneas eléctricas para su conexión a la red.

Latitud: 37.2755324 Longitud: -3.9039484



IMAGEN 60. LOCALIZACIÓN PARQUE FOTOVOLTAICO EN ILLORA FUENTE: CATASATRO

Se trata de una zona con buena orografía ya que no tiene accidentes geográficos que dificulten las operaciones en la zona, salvo una pequeña colina al oeste.

Sin embargo, cuenta con varias vías de acceso por carretera al este y al sur.

La parcela está delimitada al norte por otros cultivos de olivos.

La parcela está destinada al cultivo de olivos en su totalidad.

Los datos catastrales de la parcela son los siguientes:

- Referencia catastral: 18104A0300571000JE
- localización: polígono 30, parcela 571 la cerca, illora(granada)
- clase: rustico
- coeficiente d participación 100%
- uso: agrario
- superficie: 58.537 metros cuadrados

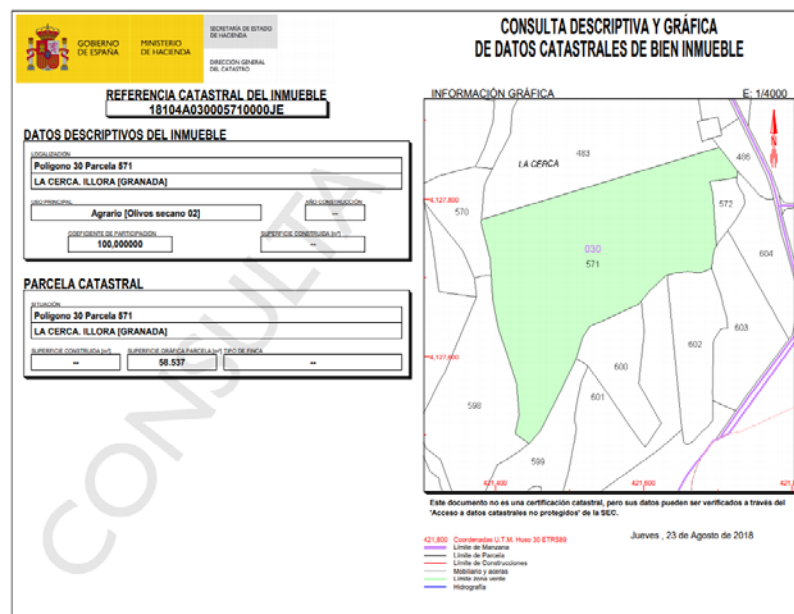


IMAGEN 61. DATOS CATASTRALES DEL BIEN INMUEBLE.FUENTE: SEDE CATASTRO

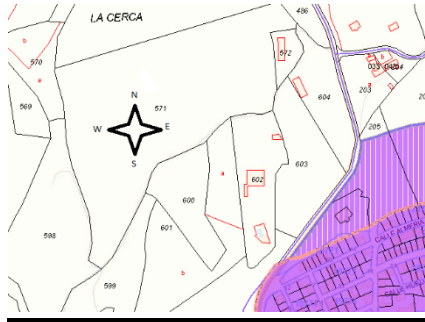


IMAGEN 62. ORIENTACIÓN DE LA PARCELA. FUENTE: CATASTRO

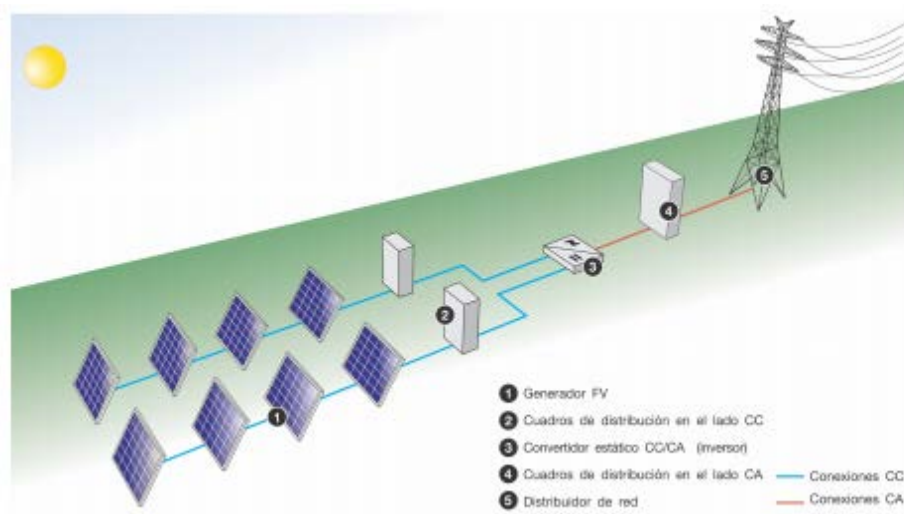


IMAGEN 63 .ESQUEMA DE UNA INSTALACION CONECTADA A RED.FUENTE: DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA. UC

El principal criterio de dimensionado es realizar un estudio de la energía que hay en el emplazamiento. Además, se estudiará las limitaciones dentro del espacio disponible, cual es la inclinación y orientación optima atendiendo a criterios técnicos, económicos y constructivos.

El tipo de instalación fotovoltaica de este proyecto está pensado más para la exportación a la red que para el propio consumo, una vez que se adecue los parámetros de tensión a las exigencias de la red.

A continuación, se describen las diferentes líneas de tensión y subestaciones cercanas en el terreno. Cabe diferenciar de las características variadas de los diferentes tipos de red existentes en las inmediaciones y las diferentes subestaciones de transformación existentes en la zona.

Ya que la tensión se puede transportar en diferentes magnitudes según el tipo de línea, aquí se citan las más cercanas y sus valores de transporte

En la siguiente gráfica podemos observar la situación del municipio de Illora con respecto a las diferentes líneas existentes.

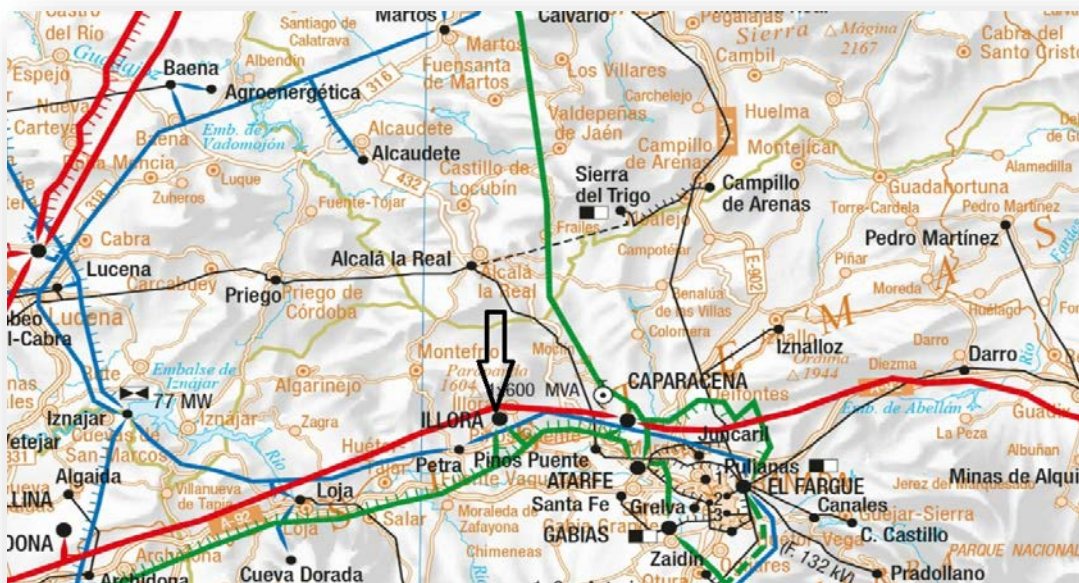


IMAGEN 64: LÍNEAS ELÉCTRICAS DE LA ZONA: FUENTE: RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

En color rojo se muestra la línea que transporta la energía eléctrica con unos valores de tensión de 400 KV. esta línea pasa por el norte de Illora a unos 10 kms del centro del municipio y en torno a 9 kms de nuestra ubicación para la instalación fotovoltaica.

En color azul y al sur de la localidad pasa otra línea de tensión a 200 KV que enlaza con otra línea verde cuyos valores de tensión están en torno a 136 KV.

La cercanía con las diferentes líneas de tensión hace que sea una ubicación adecuada ya que se pretende vender la energía sobrante a la red; y teniendo tres líneas de tensión diferente se puede aportar a una u otra línea en función de los parámetros necesarios.

Ya que dentro de la instalación tendremos un centro de transformación, podremos adecuar la tensión de salida a diferentes valores en función de la demanda o de las necesidades de cada momento.

Para este proyecto de instalación de una planta solar fotovoltaica de 5000 KW se van a estudiar dos alternativas diferenciándose en el sistema utilizado para la captación de la energía solar. la variable a diferenciar en este estudio es la posición de los paneles. se estudiarán las siguientes situaciones:

OPCIÓN A: módulos fotovoltaicos montados sobre una estructura fija

OPCIÓN B: módulos fotovoltaicos montados sobre seguidores a un eje. la superficie gira sobre un eje orientado al sur e inclinado un ángulo igual a la latitud. el giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al sol.

8.2. OPCION A: INSTALACIÓN FIJA

Se trata de la primera opción que consistiría en la instalación de paneles fotovoltaicos fijos con un ángulo de inclinación fijo (el óptimo) y orientado totalmente al sur.

El método de estudio consiste en valorar los siguientes apartados: en primer lugar, se calcula el número de paneles sabiendo el área efectiva de la parcela donde se implantará, posteriormente viene la elección del tipo de panel a instalar, así como la distancia mínima a la que se deben situar para no tener grandes pérdidas por sombras.

Una vez conocidos estos datos se puede pasar al cálculo aproximado de la potencia generada y la producción estimada del parque solar.

8.2.1. PANEL FOTOVOLTAICO

El panel escogido es el módulo fotovoltaico *solar world sw 290 mono*

Sunmodule⁺ Plus SW 280 - 290 mono



PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)*

		SW 280	SW 285	SW 290
Maximum power	P_{max}	280 Wp	285 Wp	290 Wp
Open circuit voltage	U_{oc}	39.5 V	39.7 V	39.9 V
Maximum power point voltage	U_{mp}	31.2 V	31.3 V	31.4 V
Short circuit current	I_{sc}	9.71 A	9.84 A	9.97 A
Maximum power point current	I_{mp}	9.07 A	9.20 A	9.33 A
Module efficiency	η_m	16.7 %	17 %	17.3 %

Measuring tolerance (P_{max}) traceable to TUV Rheinland: +/- 2% (TUV Power controlled)

*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5

PERFORMANCE AT 800 W/m², NOCT, AM 1.5

		SW 280	SW 285	SW 290
Maximum power	P_{max}	209.2 Wp	213.1 Wp	217.1 Wp
Open circuit voltage	U_{oc}	36.1 V	36.4 V	36.6 V
Maximum power point voltage	U_{mp}	28.5 V	28.7 V	28.8 V
Short circuit current	I_{sc}	7.85 A	7.96 A	8.06 A
Maximum power point current	I_{mp}	7.33 A	7.43 A	7.54 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25°C: at 200 W/m², 100% (+/-2%) of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved.

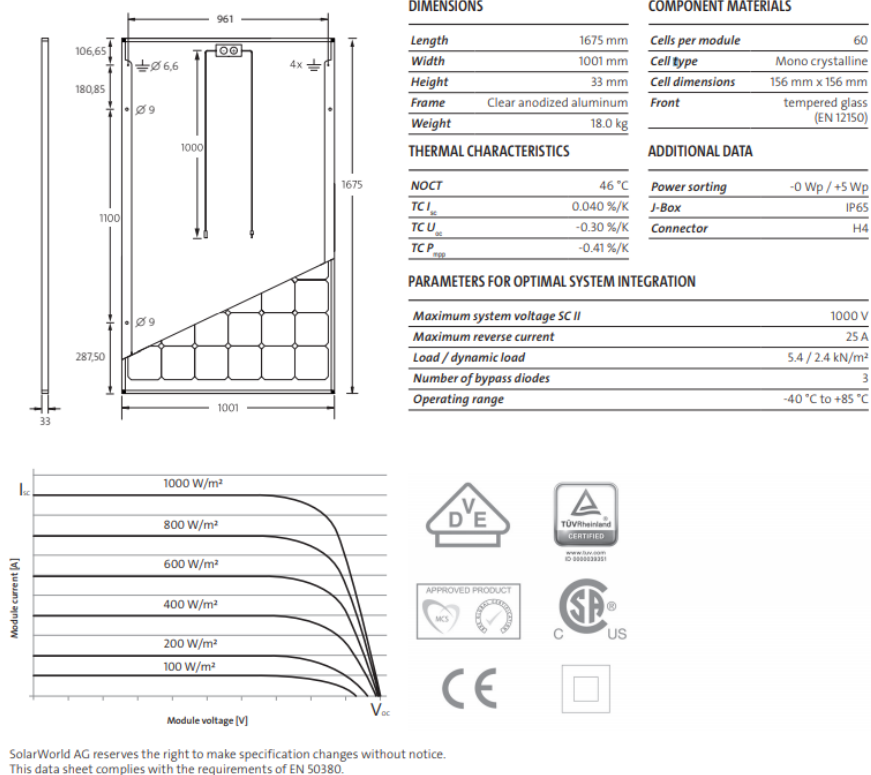


IMAGEN 65: FICHA TÉCNICA MODULO FOTOVOLTAICO. FUENTE: SOLARWORLD

Entre los datos importantes se destaca:

Panel de silicio monocristalino formado por 60 células fotovoltaicas

Potencia máxima: 290 w

Voltaje a circuito abierto: 39.9 v

Corriente de cortocircuito: 9.97 amperios

Eficiencia del módulo: 17.3%

8.2.2. INVERSOR

El inversor proyectado es el conect core XC 680 de Schneider electric

Características o especificaciones:

Generales:

Consumo nocturno: <100 w

Peso: 1590 kg

Dimensiones: 208.5*240*46 cm

Temperatura de operación: de -10°C a 45°C

Operativa hasta 1000m de altitud

Eficiencia máxima (50 Hz) Europa: 98.6%

Especificaciones eléctricas:

Entrada:

Rango de operación voltaje: 550-885 v

Máxima tensión de entrada a circuito abierto: 1000 v

Máxima corriente: 1280 amperios

Salida:

Potencia nominal: 680 kVa

tension de salida: 380 v

frecuencia: 50 Hz

8.2.3. ESTRUCTURA SOPORTE:

Los paneles del campo generador se situarán sobre estructuras hincadas en el terreno debido a que su montaje es sencillo y se realiza en un periodo muy corto de tiempo. Esta estructura resistirá el peso propio de los módulos, las sobrecargas de viento y nieve.

El modelo de estructura de soporte elegido consiste en bloques de hormigón donde irán apoyados los paneles.

Para la elección de la estructura soporte se valoraron dos opciones; una estructura soporte de acero que alojaría 19 módulos o paneles en serie, o bloques de hormigón con la misma función.

Valorando las dos opciones se optará por la colocación de bloques de hormigón que harán de estructura soporte ya que su precio es más asequible:



IMAGEN 66: SOPORTE DE HORMIGÓN PARA MÓDULOS FOTOVOLTAICOS FUENTE: SOLARMAT

Esta instalación se ejecuta en pack de 18 módulos en serie. Las dimensiones más importantes del conjunto son:

- Longitud total del soporte 20 metros
- Distancia entre terreno y primera fila 0,50
- Angulo de inclinación del soporte 27, 27º

- Altura total del soporte panel 1.9 m

Los materiales utilizados para su construcción son:

- Para elementos de fijación y tornillos se usa acero galvanizado en calor o acero inoxidable.
- Para los bloques de fijación. Hormigón.

8.2.4. DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FILAS DE PANELES. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Teniendo en cuenta que se va a dimensionar la estructura soporte para ubicar dos paneles en vertical y considerando el ángulo de inclinación de 27º, se calcula la distancia mínima entre filas de paneles para que las sombras entre ellos no perjudiquen el rendimiento de la instalación. Para estimarla, se consideran las instrucciones que ofrece el IDAE a través del Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones Conectadas a Red.

La distancia d, medida sobre la horizontal, entre el final de una fila de módulos y el principio de la siguiente, o entre una fila y un obstáculo de altura h que pueda producir sombras sobre la instalación, deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno.

Esta distancia d será superior al valor obtenido por la expresión:

$$d = h / \tan (61^\circ - \text{latitud})$$

Para nuestro caso: Latitud: 37.2755324 Longitud: -3.9039484

considerando que la latitud de la ubicación del campo solar es de **37,27 °** tenemos:

$$k = 1 / \tan (61^\circ - 37.27) = 2.2748$$

La altura h, la calculamos mediante trigonometría obteniendo un valor de 1,75 metros. La distancia d es de:

$$d = k \times h = 1.75 \times 2.275 = 3.9812 \text{ metros}$$

A la hora de la configuración en planta de las filas, se va a utilizar la distancia entre el principio de una fila y el principio de la siguiente, DT, ya que resultará más cómodo que este número sea un número entero:

$$DT = d1 + d$$

- d1 es la proyección horizontal del panel en su inclinación final. Dicha distancia d1 es de 2,78 metros.
- d es el espacio calculado entre filas.

Por lo tanto, la distancia DT será:

$$DT = 2.78 + 3.9812 = 6.7612 \text{ metros.}$$

Finalmente se ha escogido una distancia de 7 metros.

8.2.5. POTENCIA BRUTA A INSTALAR

La potencia de la instalación será igual a la potencia de cada uno de los paneles (290 w aprox.) por el número total de ellos instalados (16164), lo que es igual a 4687,5 kWp.

8.2.6. INTERCONEXIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Una vez determinado el tipo de panel y el inversor se pasa al cálculo del número de módulos en serie, Ns, y el número de ramales en paralelo, Np, que se pueden instalar por cada inversor. Teniendo en cuenta las siguientes características:

Tensión a circuito abierto del generador: 39.9 v

Tensión máxima generador: 31.4 v

Rango tensiones entrada inversor: 550-885

Corriente máxima de entrada del inversor: 1290 A

- MÓDULOS EN SERIE

Para determinar número de módulos que estarán conectados en serie en cada ramal se tendrá en cuenta que la tensión máxima y mínima producida por dicho ramal estará comprendida dentro del rango de tensiones de entrada del inversor. Además, se tendrá en cuenta que el valor máximo de la tensión de entrada del inversor corresponda a la tensión a circuito abierto del generador fotovoltaico. En este caso, se va a prefijar el número de módulos de cada ramal para facilitar el trabajo de conexión y se va a comprobar si con ellos nos encontramos dentro del rango de tensiones admisible por el inversor:

Suponiendo 18 paneles, la tensión de la rama en el punto de máxima potencia, $T_{s,max}$, es:

$$T_{s, max} = 18 \cdot 31.4 = 565.2 \text{ V}$$

Como nos quedamos dentro del rango, cada ramal contará con 18 paneles en serie.

La tensión en circuito abierto del ramal, $T_{s,oc}$, es:

$$T_{s,oc} = \text{Número de placas en serie} \cdot V_{oc} = 18 \cdot 39.9 = 758.1 \text{ V}$$

La potencia máxima por rama, $P_{s,max}$, es:

$$P_{s, max} = 18 \cdot 290 = 5220 \text{ w}$$

- MÓDULOS EN PARALELO

El número de ramales en paralelo se determina como el cociente entre la potencia pico del generador fotovoltaico que le llega a un inversor, $P_{p,fv}$, y la potencia pico de un ramal, $P_{p,s}$:

$$N_p = P_{p,fv} / P_{p, s}$$

Sustituyendo valores:

$$N_p = ((16164 \text{modulos}) \cdot 290) / (290 \cdot 18) = 898 \text{ ramales}$$

Además, se debe de cumplir que la corriente de cortocircuito máxima de cada ramal por el número de ramales en paralelo será menor que la corriente máxima admisible de entrada al inversor, lo comprobamos:

$898 \text{ ramales} / 6 \text{ inversores} = 150 \text{ ramales para cada inversor}$

La potencia total instalada en el campo solar, PT, es $5220 \cdot 898 = 4687.56 \text{ kw}$ siendo la potencia nominal de la instalación 5000 kw. Por lo tanto, para la instalación de sistema fotovoltaico fijo se va a configurar en 18 paneles por ramal con un total de 898 ramales distribuidos en seis subcampos (uno por inversor) de igual potencia.

8.2.7. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

8.2.7.1. MÉTODO DE IDAE

En primer lugar, se valora el rendimiento energético de la instalación (PR) que se define como la eficiencia de la instalación en condiciones normales de trabajo para el período de diseño. El valor de las pérdidas para su cálculo se detalla a continuación:

- Pérdidas por dispersión de los parámetros entre los módulos (A1): se ha escogido una pérdida de un 3 % que es aproximadamente mayor que el valor medio del rango de tolerancia que nos ha dado el fabricante de los módulos.
- Pérdidas por efecto del polvo y la suciedad depositada sobre los módulos solares (A2): se va a considerar un 3 % que corresponde a una situación moderada de polvo y suciedad al estar dentro de un ambiente seco y polvoriento, suponiendo una afección en condiciones de viento importantes.
- Pérdidas por reflectancia angular y espectral (A3): Se tomarán unas pérdidas de un 3 % que es el valor medio anual estimado en el pliego de condiciones.
- Factor de sombras (A4): Se considerará un factor de sombra de un 1 %.

Total de pérdidas en el generador (A): es la suma de las anteriores: $A = A1 + A2 + A3 + A4$
 $= 3 \% + 3 \% + 3 \% + 1 \% = 10 \%$

- Pérdidas en el cableado de la parte de corriente continua (B): lo calculamos considerando el valor máximo admisible que es de 1,5 %:

$$B = (1 - L_{cabcc}) = (1 - 0.015) = 0.985$$

El valor del coeficiente relacionado con las pérdidas en el cableado de la parte continua es de 0,985.

- Pérdidas en el cableado de la parte de corriente alterna (C): Se elige el valor máximo admisible de pérdidas en el cableado en la parte alterna que es de un 2 %, entonces:

$$C = (1 - L_{cabca}) = (1 - 0.02) = 0.98$$

El valor del coeficiente relacionado con las pérdidas en el cableado de la parte alterna es de 0,98.

- Pérdidas por disponibilidad (D): Se escoge un valor del 5 %.

$$D = (1 - L_{disp}) = (1 - 0.05) = 0.95$$

El valor del coeficiente relacionado con las pérdidas por disponibilidad de la instalación es de 0,95.

- Pérdidas por el rendimiento del inversor (E):

En este caso el fabricante nos da un rendimiento europeo del **98.6 %**.

- Pérdidas por rendimiento de seguimiento del punto de máxima potencia del generador (F): Tomaremos como un valor de referencia el 3 % de forma que:

$$F = (1 - L_{disp}) = (1 - 0.03) = 0.97$$

Tabla de temperaturas:

	Tmin	Tmax	Tmedia
ENERO	2,3	11,1	6,7
FEBRERO	3,4	13,4	8,4
MARZO	5,6	15,9	10,7
ABRIL	7,1	18,4	12,7
MAYO	10,2	22,3	16,2
JUNIO	14,3	28,6	21,4
JULIO	17,3	33,1	25,2
AGOSTO	17,4	32,4	24,9
SEPTIEMBRE	14,2	27,5	20,8
OCTUBRE	10,3	21,3	15,8
NOVIEMBRE	5,8	15,3	10,5
DICIEMBRE	3,2	11,3	7,2
media anual	9,26	20,88	15,04

TABLA 13. TEMPERATURAS MINIMA, MAXIMA Y MEDIA. ELABORACION PROPIA

Tabla de coeficientes:

A	0,1
B	0,985
C	0,98
D	0,95
E	0,986
F	0,97

TABLA 14. COEFICIENTES PARA CÁLCULO ESTIMADO PRODUCCIÓN METODO IDAE

- Pérdidas por temperatura (Ptemp): Las pérdidas medias anuales debidas al efecto de la temperatura sobre las células fotovoltaicas se calculan según la siguiente fórmula:

$$P_{temp} (\%) = 100 - 100 \cdot [1 - 0,0035 \cdot (T_c - 25)] \quad T_{ONC}: 46^{\circ}\text{C}$$

	T AMB	e(W/m2)	Tc	Ptemp(%)
ENERO	6,7	208,332	13,47079	-4,0352235
FEBRERO	8,4	300	18,15	-2,3975
MARZO	10,7	408,332	23,97079	-0,3602235
ABRIL	12,7	483,32	28,4079	1,192765
MAYO	16,2	583,32	35,1579	3,555265
JUNIO	21,4	666,6	43,0645	6,322575
JULIO	25,2	658,332	46,59579	7,5585265
AGOSTO	24,9	575	43,5875	6,505625
SEPTIEMBRE	20,8	441,66	35,15395	3,5538825
OCTUBRE	15,8	333,32	26,6329	0,571515
NOVIEMBRE	10,5	200	17	-2,8
DICIEMBRE	7,2	183,32	13,1579	-4,144735
anual	15,0416667	420,128	28,69582667	

TABLA 15. DATOS PARA CÁLCULO DE Ptemp. ELABORACIÓN PROPIA

Siendo

$$T_c = T_{amb} + (T_{ONC} - 20) \cdot (E / 800)$$

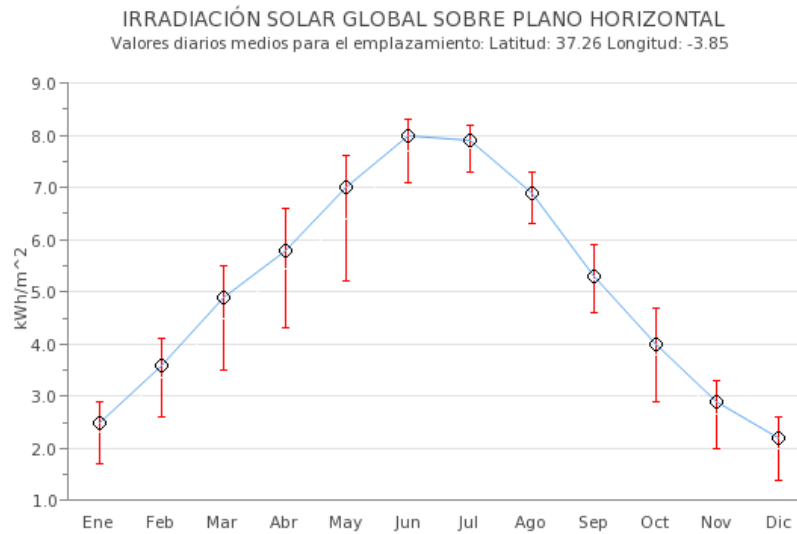


IMAGEN 67: IRRADIACION SOLAR GLOBAL ILLORA, FUENTE: WHEATERSPREAK.ES

A continuación, calculamos la temperatura de trabajo de las células solares y las pérdidas debidas al efecto de la temperatura sobre las células fotovoltaicas en cada mes:

Se emplea la siguiente expresión:

$$ED = G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{mp} \cdot PR/GCEM$$

Siendo:

$G_{dm}(\alpha, \beta)$ el valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano del generador en las condiciones de orientación e inclinación del plano de captación solar (kWh/m² día)

P_{mp} es la potencia pico del generador (kWp)

PR es el rendimiento energético de una instalación o “Performa Ratio”

MES	PR (%)
ENERO	91,15853036
FEBRERO	89,72213121
MARZO	87,93529586
ABRIL	86,57321528
MAYO	84,50113595
JUNIO	82,07400967
JULIO	80,98999292
AGOSTO	81,91346189
SEPTIEMBRE	84,5023485
OCTUBRE	87,1180954
NOVIEMBRE	90,07515213
DICIEMBRE	91,25457968
media anual	86,48482907

TABLA 16. PORCENTAJE DEL RENDIMIENTO ENERGÉTICO POR MESES. ELABORACIÓN PROPIA

$$PR (\%) = (100 - A - P_{temp}) \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F$$

GCEM es un valor constante de 1 kW/m².

	Gdm	Pmp	Ed(kwh/dia)	Ed(kwh/mes)
ENERO	3,83	4598	16053,32714	497653,1412
FEBRERO	4,4466	4598	18344,10855	513635,0394
MARZO	5,63	4598	22763,58141	705671,0236
ABRIL	6,306	4598	25101,89338	753056,8014
MAYO	6,833	4598	26548,68012	823009,0838

JUNIO	7,27	4598	27435,25675	823057,7026
JULIO	7,63	4598	28413,50864	880818,768
AGOSTO	7,34	4598	27645,23638	857002,3277
SEPTIEMBRE	6,14667	4598	23882,38216	716471,4648
OCTUBRE	4,843	4598	19399,5568	601386,2607
NOVIEMBRE	3,69	4598	15282,70878	458481,2633
DICIEMBRE	3,163	4598	13271,58607	411419,1682
anual				8041662,045

TABLA 17. CÁLCULO ESTIMADO DE LA PRODUCCIÓN POR MESES Y ANUAL. ELABORACIÓN PROPIA

Según los cálculos realizados siguiendo las pautas que marca el IDEA para el dimensionamiento de plantas fotovoltaicas conectados a red se estima que la planta producirá anualmente una total de: 8041 megavatios de potencia que se inyectará a la red en gran medida.

8.2.7.2. SEGÚN PROGRAMA SAM (SYSTEM ADVISOR MODEL)

el modelo se ha configurado de la misma manera que anteriormente con la misma disposición y número de módulos fotovoltaicos.

SAM system advisor model

Para la realización del presente estudio en términos de producción se utilizará el modelo de SAM.

El Modelo de Asesor del Sistema (SAM) es un modelo de rendimiento y financiero diseñado para facilitar la toma de decisiones a las personas involucradas en la industria de la energía renovable.

SAM realiza predicciones de rendimiento y estimaciones del costo de la energía para proyectos de energía conectados a la red en función de los costos de instalación y operación y los parámetros de diseño del sistema que especifique como entradas para el modelo. Los proyectos pueden ser desde el lado del cliente del medidor de servicios públicos, comprando y vendiendo electricidad a precios minoristas, o desde el lado de los servicios públicos, vendiendo electricidad a un precio negociado a través de un acuerdo de compra de energía (PPA).

a continuación, se detallan los datos del archivo meteorológico ofrecidas por Sam.

- Header Data from Weather File			
City	Granada	Time zone	GMT 1
State	-	Elevation	559 m
Country	ESP	Data Source	SWEC
Latitude	37.18 °N	Longitude	-3.78 °E
		Station ID	084190
- Annual Averages Calculated from Weather File Data			
Global horizontal	4.37 kWh/m ² /day	Average temperature	14.9 °C
Direct normal (beam)	5.57 kWh/m ² /day	Average wind speed	6.7 m/s
Diffuse horizontal	1.48 kWh/m ² /day	Maximum snow depth	0 cm

IMAGEN 67. DATOS DEL ARCHIVO METEOROLÓGICO FUENTE: SAM

Puesto que Illora no precisa de datos exactos en su municipio, recurrimos al archivo meteorológico de la capital granada, próxima a la zona de estudio

Gracias a la ayuda de este programa de simulación podemos obtener una serie de datos que se exponen a continuación. Los resultados arrojados por dicho programa son los siguientes:

ENERGIA ANUAL (primer año)	8583302		
FACTO DE CAPACIDAD (primer año)	19,60%		
RENDIMIENTO ENERGÉTICO	1,717 kwh/kw		
RATIO OPERACIÓN	0,85		
COSTE DE LA ENERGIA (NOMINAL)	5,75 cent/kwh		
COSTE DE LA ENERGIA (REAL)	4,54 cent/kwh		
PERIODO AMORTIZACIÓN	24,9 años		
COSTE NETO CAPITAL	10633523 \$	9144829,78	euros

TABLA 17. TABLA DE DATOS DE SAM.

Produccion de energia por meses:

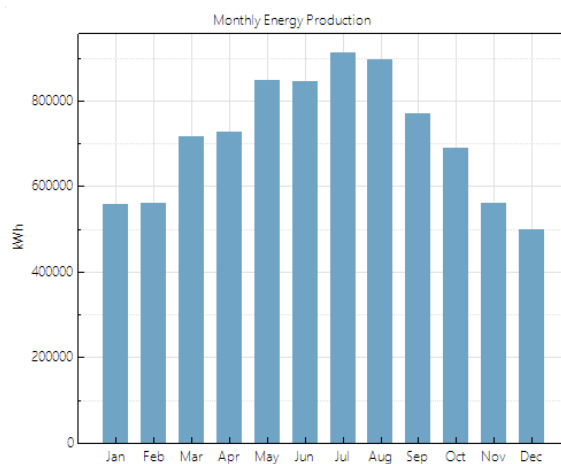


IMAGEN 68: PRODUCCION ENERGÉTICA MENSUAL. FUENTE: SAM

Como es de esperar, la producción tiene su máximo valor en los meses de verano (julio y agosto) donde las condiciones de radiación son mejores debido a la situación del sol. En estos meses se superan los 800000 kwh.

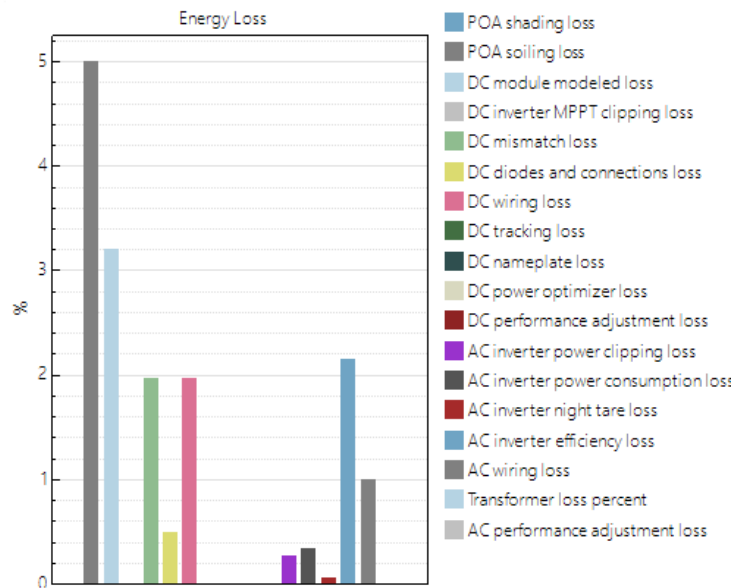


IMAGEN 69. GRAFICO DE PERDIDAS DEL SISTEMA. FUENTE: SAM

En cuanto a las pérdidas que se dan en el sistema, el siguiente gráfico nos ofrece una distribución de las pérdidas donde se muestra que las mayores pérdidas se deben al polvo o la suciedad que pueda acumularse sobre los módulos fotovoltaicos, por ello se deberá de cuidar el mantenimiento con el objetivo de reducir esas pérdidas.

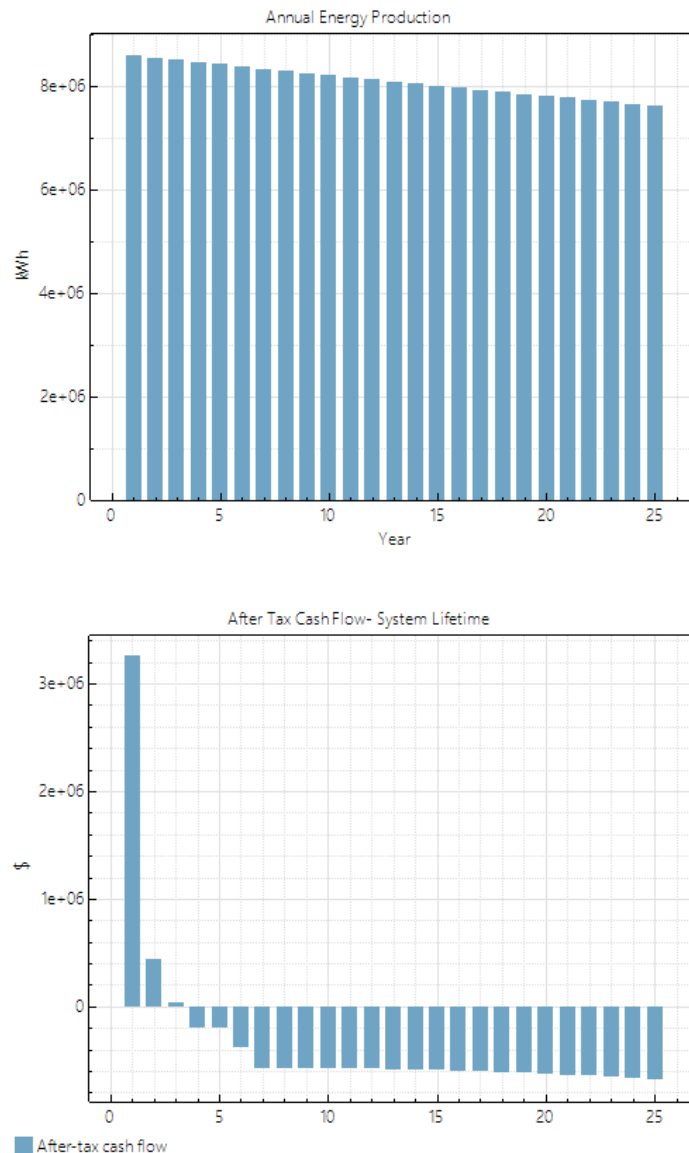


IMAGEN 70. PRODUCCION ANUAL Y TIEMPO DE VIDA DE FLUJO DE FONDOS FUENTE. SAM

Cabe mencionar que en toda instalación el primer año es en el que se obtienen mejores resultados en la producción

Este hecho tiene su explicación en que los sistemas (módulo más inversor) se van deteriorando con el tiempo y las células fotovoltaicas que componen los módulos van perdiendo paulatinamente sus propiedades para la captación de la energía por efecto voltaico.

En cuanto a lo que supone la inversión, observamos como a partir del tercer año de operación el flujo de efectivo empieza a ser positivo.

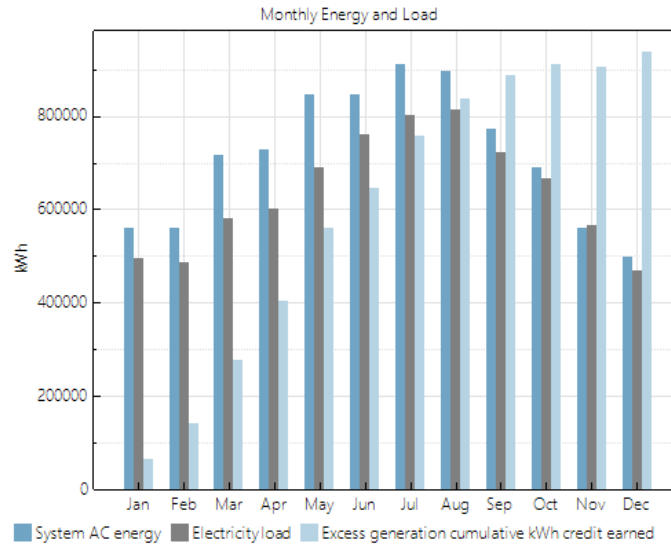


IMAGEN 71. ENERGÍA MENSUAL Y CARGA FUENTE: SAM

Pérdidas

El siguiente grafico nos ofrece una distribución de las pérdidas ocasionadas en el sistema y su origen.

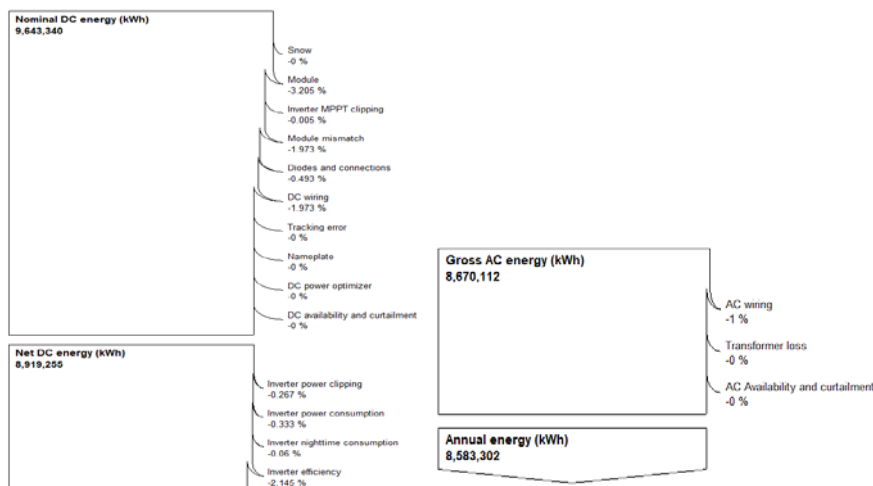


IMAGEN 72. DISTRIBUCION EN PORCENTAJE DE PERDIDAS FUENTE-SAM

ANÁLISIS ECONÓMICO:

SAM también nos ofrece datos de costes en función de los elementos que hemos seleccionado (módulos, inversor,..) y la situación en la planta fotovoltaica así como costes asociados a la obra civil.

Estos valores son indicativos y aproximados de la inversión necesaria para un proyecto fotovoltaico de estas características

			KW/UNIDAD	TOTAL	\$/W	COSTE \$	EUROS
COSTES DIRECTOS DE CAPITAL	MODULOS	16164	0,3	4849,2	0,64	3103488	2668999,68
	INVERSOR	6	680	4080	0,13	530400	456144
BALANCE DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA	0,33 \$/w	total (\$)					euros
	4849,2 kw	1600236					1376202,96
TRABAJO DE INSTALACION	0,19 \$/w	total (\$)					
	4849,22 kw	921351,8					792362,548
MARGEN DE INSTALADOR Y SOBRECARGA	0,72 \$/w	total(\$)					
	4849,22 kw	3491438,4					3002637,024
COSTE DIRETO TOTAL (\$)	9646914,2						
COSTE DIRECTO TOTAL (EUROS)	8296346,212	euros					

TABLA 18. COSTES DIRECTOS DE CAPITAL. ELABORACIÓN PROPIA. FUENTE: SAM

costes indirectos de capital				
		% del coste directo	€/w	total
permisos y estudios ambientales		0,5	0,43	4148173,106
interconexion de la red		10		829634,6212
costes de la parcela				
area = 58000 METROS CUADRADOS		precio metros cuadrado	en euros	
compra de terrenos		4	232000	
impuesto de venta		5% del coste directo	total	
base del impuesto a las ventas (% del coste directo)		0,05	414817,3106	
coste total de instalacion		13920971,25	euros	
coste total instalado por capacidad		1,716637589	€/w	

TABLA 19. COSTES INDIRECTOS DE CAPITAL. ELABORACIÓN PROPIA FUENTE: SAM

Flujo de fondos:

También nos ofrece una relación de los ingresos y amortizaciones, así como gastos de inversión que se producen a lo largo de los años de funcionamiento.

Ofrece datos de: producción, ahorro, gastos de operación...

Estos valores son indicativos y sirven para ofrecer una idea clara y concisa de la evolución del gasto y otros parámetros importantes en la implantación de una instalación de este tipo.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
producción											
energía (kWh)	0	8109441	8068894	8028549	7988406	7948464	7908722	7869178	7829833	7790683	7751730
ahorro											
valor del ahorro de electricidad (\$)	0	503914	514212	524722	535448	546395	557567	568969	580605	592481	604601
gastos de operación											
gasto basado en la capacidad (\$)	0	94709	97076	99503	101991	104541	107154	109833	112579	115393	118278
gasto del impuesto a la propiedad (\$)	0	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477
gastos de seguro (\$)	0	50369	51629	52919	54242	55598	56988	58413	59873	61370	62904
gasto total de operación (\$)	0	346555	350182	353900	357710	361616	365620	369723	373930	378241	382660
gastos deducibles (\$)	0	-346555	-350182	-353900	-357710	-361616	-365620	-369723	-373930	-378241	-382660
proyecto de deuda											
balance de deuda (\$)	10073863	9925670	9766362	9595106	9411006	9213098	9000348	8771641	8525781	8261482	7977360
pago de intereses (\$)	0	755540	744425	732477	719633	705825	690982	675026	657873	639434	619611
pago principal (\$)	0	148193	159308	171256	184100	197908	212751	228707	245860	264299	284122
Total P&I debt payment (\$)	0	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
7712971	7674406	7636034	7597854	7559865	7522066	7484455	7447033	7409798	7372749	7335885	7299206	7262710	7226396	7190264
616971	629596	643120	657713	672641	687948	703671	719757	736216	753056	770286	787914	805950	824404	843285
121235	124266	127373	130557	133821	137167	140596	144111	147713	151406	155191	159071	163048	167124	171302
201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477
64477	66089	67741	69435	71171	72950	74774	76643	78559	80523	82536	84599	86714	88882	91104
387189	391832	396591	401469	406469	411594	416846	422231	427750	433406	439205	445148	451240	457484	463884
-387189	-391832	-396591	-401469	-406469	-411594	-416846	-422231	-427750	-433406	-439205	-445148	-451240	-457484	-463884
7671929	7343590	6990627	6611191	6203297	5764811	5293439	4786714	4241984	3656400	3026897	2350181	1622712	840682	0
598302	575395	550769	524297	495839	465247	432361	397008	359004	318149	274230	227017	176264	121703	63051
305431	328338	352964	379436	407894	438486	471372	506725	544730	585584	629503	676716	727469	782030	840682
903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733

TABLA 20. FLUJO DE FONDOS. ELABORACION PROPIA. FUENTE: SAM

8.3. OPCION B: INSTALACIÓN CON SEGUIDORES SOLARES

En una instalación de este tipo en funcionamiento normal, el seguidor solar orienta los paneles fotovoltaicos de forma que la radiación solar directa es en todo momento perpendicular a la superficie de los mismos, obteniéndose así la máxima producción eléctrica posible. Este movimiento puede incrementar la producción alrededor de un 35%. Determinada el área efectiva de la parcela y escogidos el tipo de panel solar fotovoltaico e inversor se puede proceder a la distribución de la instalación para conocer el número de paneles que podemos instalar y así hallar la potencia generada.

En este apartado se va a seleccionar los elementos principales de la instalación y se van a recoger los datos fundamentales de estos para los posteriores cálculos.

8.3.1. PANEL FOTOVOLTAICO

El panel escogido, al igual que en el caso anterior, es el módulo fotovoltaico

solar world sw 290 mono

Potencia máxima: 290 w

Voltaje a circuito abierto: 39.9 v

Corriente de cortocircuito: 9.97 amperios

Eficiencia del módulo: 17.3%

Dimensiones: 1675*1001 mm

8.3.2. INVERSOR

Al igual que en el caso anterior optaremos por el mismo tipo de inversor para así poder hacer una valoración eficaz de la diferencia que se produce al instalar módulos en estructuras fijas en contra de la instalación de módulos en estructura móviles con seguimiento a un eje:

El inversor proyectado es el:

conect core XC 680 de Schneider electric

Características o especificaciones:

Generales:

Consumo nocturno: <100 w

Peso: 1590 kg

Dimensiones: 208.5*240*46 cm

Temperatura de operación: de -10°C a 45°C

Operativa hasta 1000m de altitud

Eficiencia máxima (5º hz) Europa: 98.6%

Especificaciones eléctricas:

Entrada:

Rango de operación voltaje: 550-885 v

Máxima tensión de entrada a circuito abierto: 1000 v

Máxima corriente: 1280 amperios

Salida:

Potencia nominal: 680 kVa

tensión de salida: 380 v

frecuencia: 50 Hz

8.3.3. SEGUIDOR

Se ha optado por un seguidor a un eje. El seguidor fotovoltaico es una estructura anclada al terreno y auto-orientable automáticamente, sobre la que se instala un conjunto ordenado de módulos fotovoltaicos. Está diseñada para resistir el peso propio de los módulos y las sobrecargas de viento. El seguidor dispone de sistemas de seguridad que

protegen los paneles fotovoltaicos frente a condiciones ambientales desfavorables. A continuación, se exponen las características técnicas facilitadas por el fabricante del seguidor a un eje:

SEGUIDOR DEGERTRACKER S70

- 1 eje Horizontal con Micro pilotes
- Tecnología de Seguimiento MLD
- Hasta un 30% de incremento de Producción
- Capacidad máxima de 30 módulos estándar de 60 células o 24 módulos estándar de 72 células
- Cimentación por Micro pilotes (1)
- Velocidad de Viento de Cálculo: 100 km/h a capacidad máxima (2)
- Sistema de protección de viento.

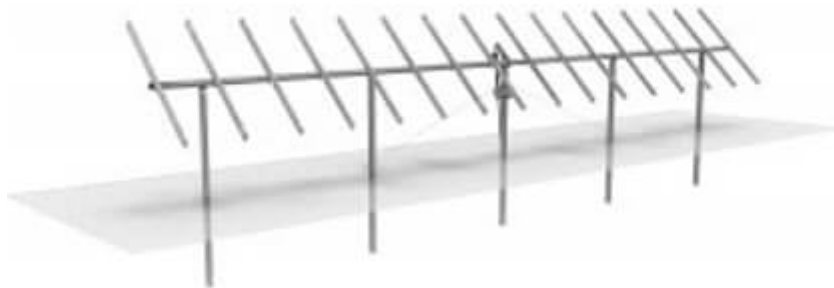


IMAGEN 73: SEGUIDOR A UN EJE FUENTE: GRUPOJAB.ES

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Datos básicos:

Potencia nominal (depende del módulo): 7500-9600 wp

Tipo de seguimiento: a 1 eje

Superficie disponible para módulos: 53.3 m²

Máxima superficie de módulos: 18,8 * 3,4 m

Máximos módulos de 60 células: 30

Máximos módulos de 72 células: 24

Angulo de elevación: 0º

Angulo de rotación: +/- 55º

Materiales: acero galvanizado en caliente, aluminio, sintéticos

Tipo de conexión: conexión atornillada, sin soldadura en el sitio

Altura: específica del proyecto

Tensiones de operación: 100-240 v AC

Frecuencia: 50-60 Hz

Tipo de protección: IP54

8.3.4. DISTANCIA MÍNIMA ENTRE SEGUIDORES. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Una vez determinadas las estructuras que alojaran a los módulos y sus dimensiones, se calcula la distancia mínima entre seguidores para que las sombras entre ellos no perjudiquen el rendimiento de la instalación. Para estimarla, se consideran las instrucciones nuevamente que ofrece el IDAE en su web a través del Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones Conectadas a Red. Esta distancia d será superior al valor obtenido por la expresión:

$$d = h / \tan (61^\circ - \text{latitud})$$

donde $1 / \tan (61^\circ - \text{latitud})$ es un coeficiente adimensional denominado k .

latitud :37.2755324

$$k = 1 / \tan (61 - 37.2755) = 2.2748$$

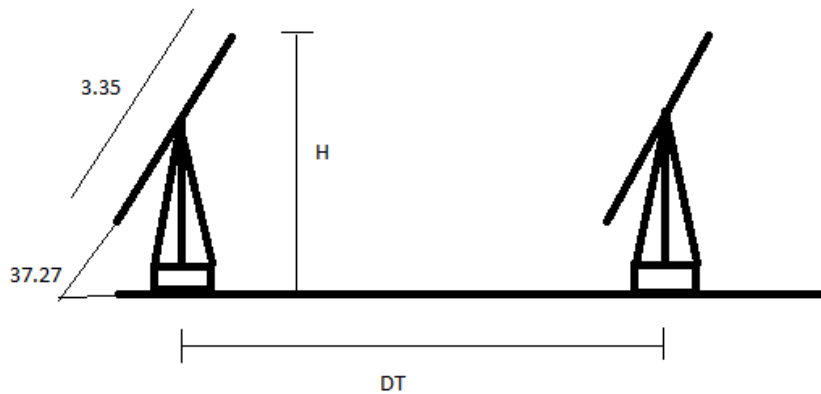


IMAGEN 74: DISTANCIA ENTRE FILAS DE SEGUIDORES. ELABORACION PROPIA

La altura del seguidor, h, la calculamos mediante trigonometría y tiene un valor de 4.35 metros. La distancia d es de:

$$d = k \times h = 4.35 \times 2,2748 = 9.89 \text{ metros}$$

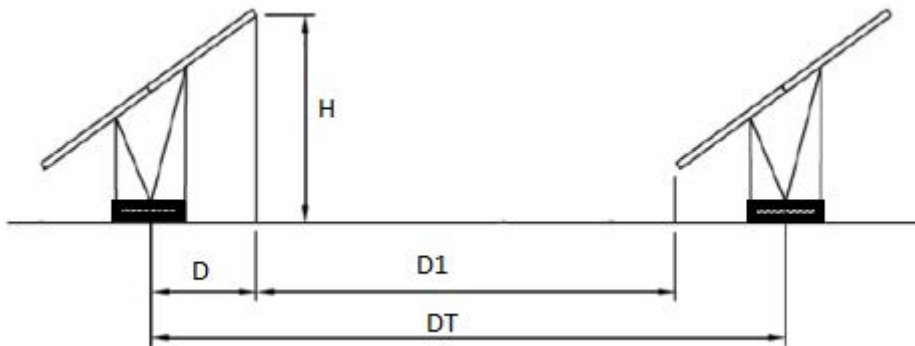


IMAGEN 75. ESQUEMA DISTANCIA ENTRE FILAS DE SEGUIDORES. ELABORACIÓN PROPIA

A la hora de la configuración en planta de las filas, se va a utilizar la distancia entre el principio de una fila y el principio de la siguiente, DT, ya que resultará más cómodo que este número sea un número entero:

$$DT = d1 + d$$

- d: teniendo en cuenta que la dimensión de la parrilla del seguidor con los paneles colocados es de 18.8*3.4 metros, dicha distancia es de 5 metros.
- d1: es el espacio calculado entre seguidores anterior. Finalmente, la distancia mínima entre un seguidor y los de su alrededor,

DT será: $DT = 9.89 + 5 = 14.89$ metros

Todos los cálculos se han realizado con una inclinación de 27.27°. Como ya se sabe, esta inclinación no va a ser fija ya que como se explicó la posición de los seguidores cambia a lo largo del día y del año, pero se establece ésta por ser la óptima.

Por lo tanto y para trabajar con números enteros, se ha escogido una distancia de 15 metros entre las filas de seguidores formadas cada una por 30 paneles.

8.3.5. POTENCIA BRUTA A INSTALAR

En primer lugar, se va a diseñar la situación de los seguidores en función de sus dimensiones, así como la de los paneles fotovoltaicos que va a alojar. La dimensión de los paneles es de **1675*1001 mm, es decir, 1,01 metros de ancho cada panel.**

Teniendo una estructura soporte de 15.8 metros de largo podremos alojar un total de 30 paneles en cada estructura, **dos filas de 15 paneles cada una.** La potencia pico de cada seguidor se obtiene al multiplicar la potencia de cada módulo por el número de éstos siendo **$30 * 290 = 8700$ vatios cada seguidor**

La potencia de la instalación será igual a la potencia de cada uno de los ejes seguidores por el número total de seguidores. Si tenemos 16164 paneles y cada seguidor tiene 30 paneles tenemos 538 seguidores con lo cual la potencia será:

$538 * 8700 = 4689$ kw de potencia.

8.3.6. INTERCONEXIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Una vez determinado el tipo de panel y el inversor se pasa al cálculo del número de módulos en serie, N_s , y el número de ramales en paralelo, N_p , que se pueden instalar por cada inversor. Teniendo en cuenta las siguientes características:

Tensión a circuito abierto del generador: 39.9 v

Tensión máxima generador: 31.4 v

Rango tensiones entrada inversor: 550-885

Corriente máxima de entrada del inversor: 1290 a

MÓDULOS EN SERIE

Suponiendo 15 paneles, la tensión de la rama en el punto de máxima potencia, $T_{s,max}$, es:
 $T_{s,max} = 15 \cdot 31.4 = 565.2 \text{ V}$ Como nos quedamos dentro del rango, cada ramal contará con 15 paneles en serie.

La tensión en circuito abierto del ramal, $T_{s,oc}$, es:

$$T_{s,oc} = \text{Número de placas en serie} \cdot U_{oc} = 15 \cdot 39.9 = 598.5 \text{ V}$$

La potencia máxima por rama, $P_{s,max}$, es:

$$P_{s, max} = 15 \cdot 290 = 4350 \text{ w}$$

Hay que destacar que cada seguidor está formado por 15 paneles en serie en dos filas haciendo un total de 30 paneles por seguidor.

MÓDULOS EN PARALELO

El número de ramales en paralelo se determina como el cociente entre la potencia pico del generador fotovoltaico, $P_{p,fv}$, y la potencia pico de un ramal, $P_{p,s}$:

$$N_p = P_{p,fv} / P_{p, s}$$

Sustituyendo valores:

$$N_p = (16164 \cdot 290) / (290 \cdot 30) = 538.8 \text{ ramales}$$

Además, se debe de cumplir que la corriente de cortocircuito máxima de cada ramal por el número de ramales en paralelo será menor que la corriente máxima admisible de entrada al inversor, lo comprobamos;

$N_p \times I_{oc, s} < I_{max, inv} \Rightarrow 538 \cdot 9.97 = 5363 \text{ A} < 1290 \text{ A}$ Por lo que no tenemos que modificar el número de ramales o añadir más inversores. En concreto 108 ramales para cada inversor, teniendo un total de 5 inversores en el campo.

La potencia total instalada en el campo solar, PT, es $4350 \cdot 2 \cdot 539 = 4.689.300 \text{ w}$

W siendo la potencia nominal de la instalación 5 MW. En resumen, para la instalación de sistema fotovoltaico con seguidores a un eje se va a configurar 538 seguidores con 30 paneles por seguidor agrupados en 5 mini plantas de 108 ramales cada una.

8.3.7. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

8.3.7.1. SEGÚN MÉTODO DE IDAE

Primeramente, se va a cuantificar el rendimiento energético de la instalación (PR) que se define como la eficiencia de la instalación en condiciones normales de trabajo para el período de diseño.

- Pérdidas por dispersión de los parámetros entre los módulos (A1): se ha escogido una pérdida de un 3 % que es el valor de tolerancia que nos ha dado el fabricante de los módulos.
- Pérdidas por efecto del polvo y la suciedad depositada sobre los módulos solares (A2): debido a que los viales limítrofes no están asfaltados a excepción de uno, se va a considerar un 2 % que corresponde a una situación moderada de polvo y suciedad.
- Pérdidas por reflectancia angular y espectral (A3): Tomaremos unas pérdidas de un 2 % que es el valor medio anual estimado en el pliego de condiciones.

- Factor de sombras (A4): Se tomará un factor de sombra de un 1 %. Total de pérdidas en el generador (A): es la suma de las anteriores $A = A1 + A2 + A3 + A4 = 3 \% + 2 \% + 2 \% + 1 \% = 8 \%$

El total de pérdidas en el generador son de un 8 %.

- Pérdidas en el cableado de la parte de corriente continua (B) : El valor máximo admisible para L_{cabcc} es de 1,5 %.

$B = (1 - L_{cabcc}) = (1 - 0,015) = 0,985$ El valor del coeficiente relacionado con las pérdidas en el cableado de la parte continua es de 0,985.

- Pérdidas en el cableado de la parte de corriente alterna (C): Elegiremos el valor máximo admisible de pérdidas en el cableado en la parte alterna que es de un 2 %, entonces:

$$**C = (1 - L_{cabca}) = (1 - 0,02) = 0,98**$$

El valor del coeficiente relacionado con las pérdidas en el cableado de la parte alterna es de 0,98.

- Pérdidas por disponibilidad (D): Se escoge un valor del 5 %

$$**D = (1 - L_{disp}) = (1 - 0,05) = 0,95**$$

El valor del coeficiente relacionado con las pérdidas por disponibilidad de la instalación es de 0,95.

- Pérdidas por el rendimiento del inversor (E): En este caso el fabricante nos da un rendimiento europeo del **98.6%**

- Pérdidas por rendimiento de seguimiento del punto de máxima potencia del generador (F): Tomaremos como un valor de referencia el 4 % de forma que:

$$**F = (1 - L_{disp}) = (1 - 0,04) = 0,96**$$

El valor del coeficiente relacionado con las pérdidas por rendimiento de seguimiento del punto de máxima potencia del generador es de 0,96.

TABLA DE COEFICIENTES:

A	0,08
B	0,985
C	0,98
D	0,95
E	0,986
F	0,96

TABLA 21. COEFICIENTES CÁLCULO ESTIMADO PRODUCCIÓN. ELABORACIÓN PROPIA

- Pérdidas por temperatura (Ptemp): Las pérdidas medias anuales debidas al efecto de la temperatura sobre las células fotovoltaicas se calculan según la siguiente fórmula:

$$P_{temp} (\%) = 100 - 100 \cdot [1 - 0,0035 \cdot (TC - 25)] \text{ siendo } TC = T_{amb} + (TONC - 20) \cdot (E / 800)$$

	Tmin	Tmax	Tmedia
ENERO	2,3	11,1	6,7
FEBRERO	3,4	13,4	8,4
MARZO	5,6	15,9	10,7
ABRIL	7,1	18,4	12,7
MAYO	10,2	22,3	16,2
JUNIO	14,3	28,6	21,4
JULIO	17,3	33,1	25,2
AGOSTO	17,4	32,4	24,9
SEPTIEMBRE	14,2	27,5	20,8
OCTUBRE	10,3	21,3	15,8
NOVIEMBRE	5,8	15,3	10,5
DICIEMBRE	3,2	11,3	7,2
media anual	9,26	20,88	15,04

TABLA 13.

A continuación, calculamos la temperatura de trabajo de las células solares y las pérdidas debidas al efecto de la temperatura sobre las células fotovoltaicas en cada mes:

	T AMB	e(W/m2)		Tc	Ptemp(%)
ENERO	6,7	208,332	104,166	13,47079	-4,0352235
FEBRERO	8,4	300	150	18,15	-2,3975
MARZO	10,7	408,332	204,166	23,97079	-0,3602235
ABRIL	12,7	483,32	241,66	28,4079	1,192765
MAYO	16,2	583,32	291,66	35,1579	3,555265
JUNIO	21,4	666,6	333,3	43,0645	6,322575
JULIO	25,2	658,332	329,166	46,59579	7,5585265
AGOSTO	24,9	575	287,5	43,5875	6,505625
SEPTIEMBRE	20,8	441,66	220,83	35,15395	3,5538825
OCTUBRE	15,8	333,32	166,66	26,6329	0,571515
NOVIEMBRE	10,5	200	100	17	-2,8
DICIEMBRE	7,2	183,32	91,66	13,1579	-4,144735
anual	15,0416667	0		28,69582667	

TABLA 22. DATOS PARA CÁLCULO DE PTEMP PARA LA PRODUCCION METODO IDAE. ELABORACIÓN PROPIA

Para calcular la producción estimada se emplea la siguiente expresión:

$$ED = G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{mp} \cdot PR / G_{CEM}$$

Siendo:

$G_{dm}(\alpha, \beta)$ el valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano del generador en las condiciones de orientación e inclinación del plano de captación solar (kWh/m² día)

P_{mp} es la potencia pico del generador (kWp)

PR es el rendimiento energético de una instalación o “Performa Ratio”

MES	PR (%)
ENERO	90,23611227
FEBRERO	88,81452136
MARZO	87,04610699
ABRIL	85,69806848
MAYO	83,64735079
JUNIO	81,24524643
JULIO	80,17240512
AGOSTO	81,08635378
SEPTIEMBRE	83,64855084
OCTUBRE	86,23733127
NOVIEMBRE	89,16390289
DICIEMBRE	90,33117139
media anual	85,61059347

TABLA 23. RENDIMIENTO ENERGETICO DE LA INSTALACIÓN POR MESES.ELABORACIÓN PROPIA

A continuación, se detalla la tabla con los valores y cálculos utilizados para la estimación de la producción energética siguiendo las pautas marcadas en el pliego de condiciones técnicas del IDAE.

	Gdm	Pmp	Ed(kwh/dia)	Ed(kwh/mes)
ENERO	4,7875	4689	20256,73262	627958,7112
FEBRERO	5,5583	4689	23147,61209	648133,1384
MARZO	7,0375	4689	28724,20339	890450,3052
ABRIL	7,8833	4689	31678,11422	950343,4265
MAYO	8,5416	4689	33502,0709	1038564,198
JUNIO	9,0875	4689	34619,64554	1038589,366
JULIO	9,5375	4689	35854,17187	1111479,328
AGOSTO	9,175	4689	34884,62651	1081423,422
SEPTIEMBRE	7,6833	4689	30136,05814	904081,7442
OCTUBRE	6,0541	4689	24480,77324	758903,9706
NOVIEMBRE	4,6125	4689	19284,38006	578531,4019
DICIEMBRE	3,95416	4689	16748,35329	519198,952
anual				10147657,96

TABLA 24. CÁLCULO DE LA PRODUCCION ESTIMADA DE ENERGÍA POR MESES Y ANUAL. ELABORACIÓN PROPIA

Según los cálculos realizados siguiendo las pautas que marca el IDAE para el dimensionamiento de plantas fotovoltaicas conectados a red se estima que la planta producirá anualmente una total de: 10147 megavatios de potencia que se inyectará a la red.

8.3.7.2. SEGÚN PROGRAMA SAM (SYSTEM ADVISOR MODEL)

el modelo se ha configurado de la misma manera que anteriormente con la misma disposición y numero de módulos fotovoltaicos.

ENERGIA ANUAL	10487304		
FACTO DE CAPACIDAD	25,30%		
RENDIMIENTO ENERGÉTICO	2,215 kwh/kw		
RATIO OPERACIÓN	0,85		
COSTE DE LA ENERGIA (NOMINAL)	4,45 cent/kwh		
COSTE DE LA ENERGIA (REAL)	3,52 cent/kwh		
PERIODO AMORTIZACIÓN	16,1		
COSTE NETO CAPITAL	11354652,1 \$	9765000,8	euros

TABLA 24. TABLA DE DATOS IMPORTANTES DE LA INSTALACIÓN. FUENTE: SAM

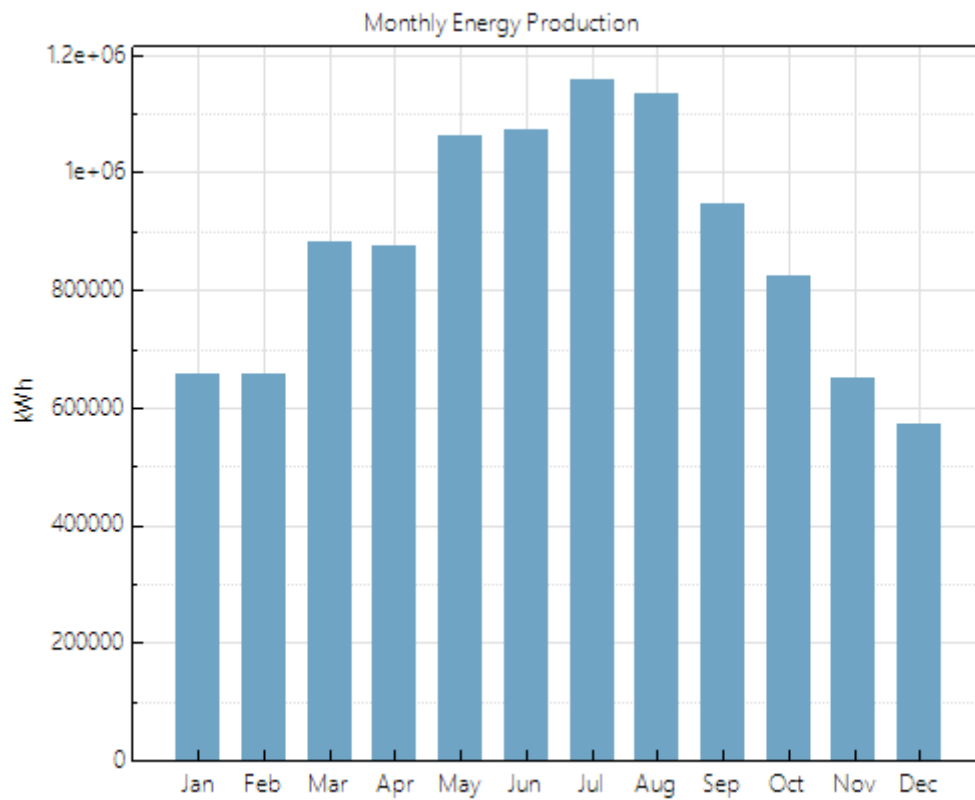


IMAGEN 76. GRÁFICO PRODUCCION ENERGETICA MENSUAL. FUENTE: SAM

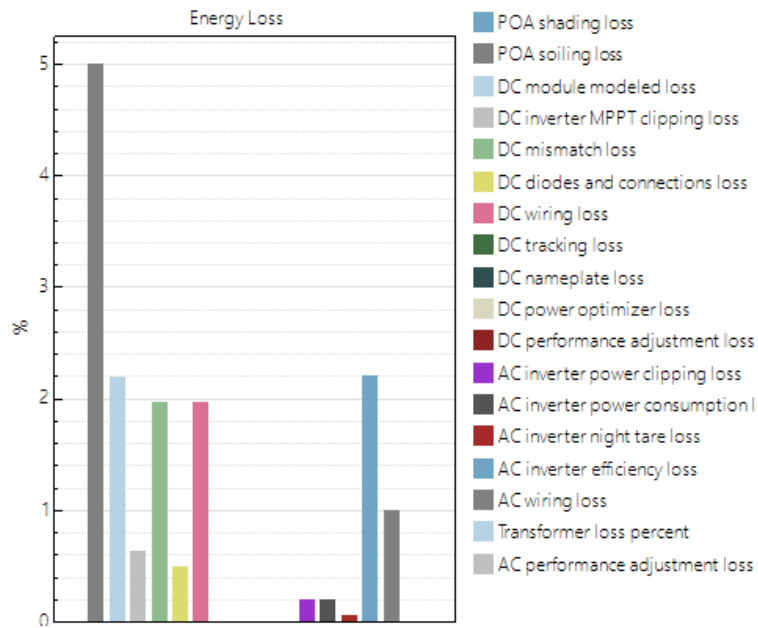


IMAGEN 77. PÉRDIDAS DEL SISTEMA FUENTE: SAM

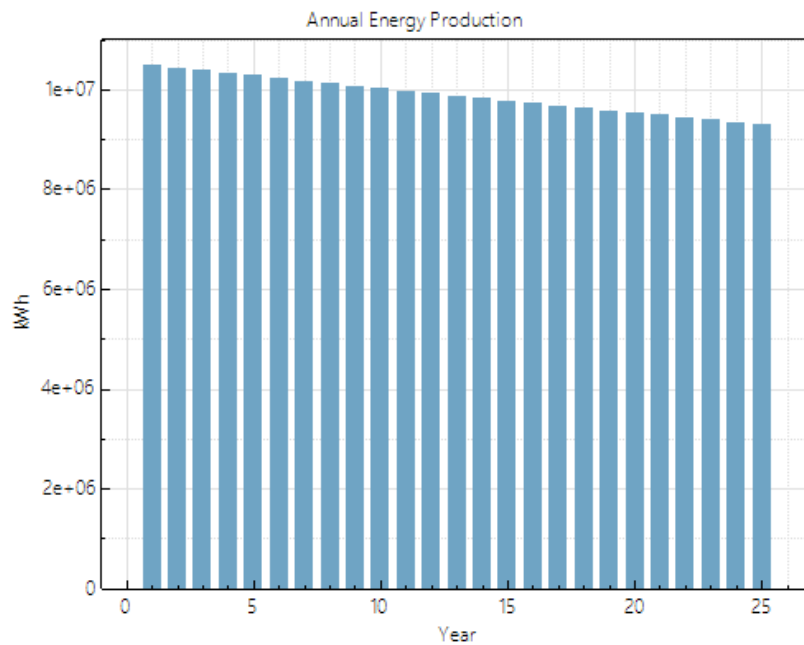


IMAGEN 78. PRODUCCIÓN ANUAL EN TIEMPO DE VIDA. FUENTE: SAM

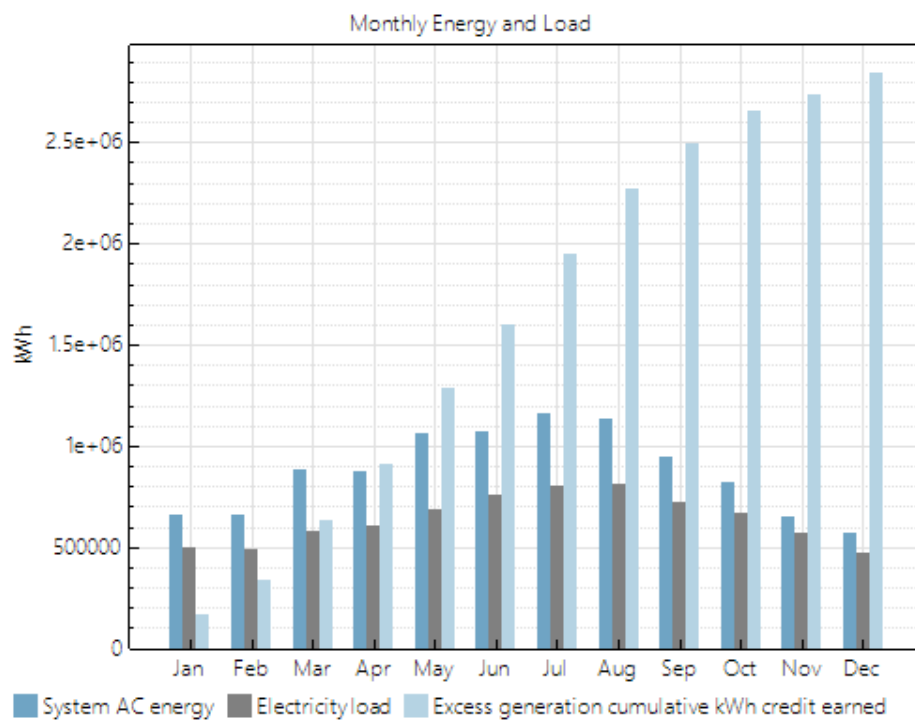
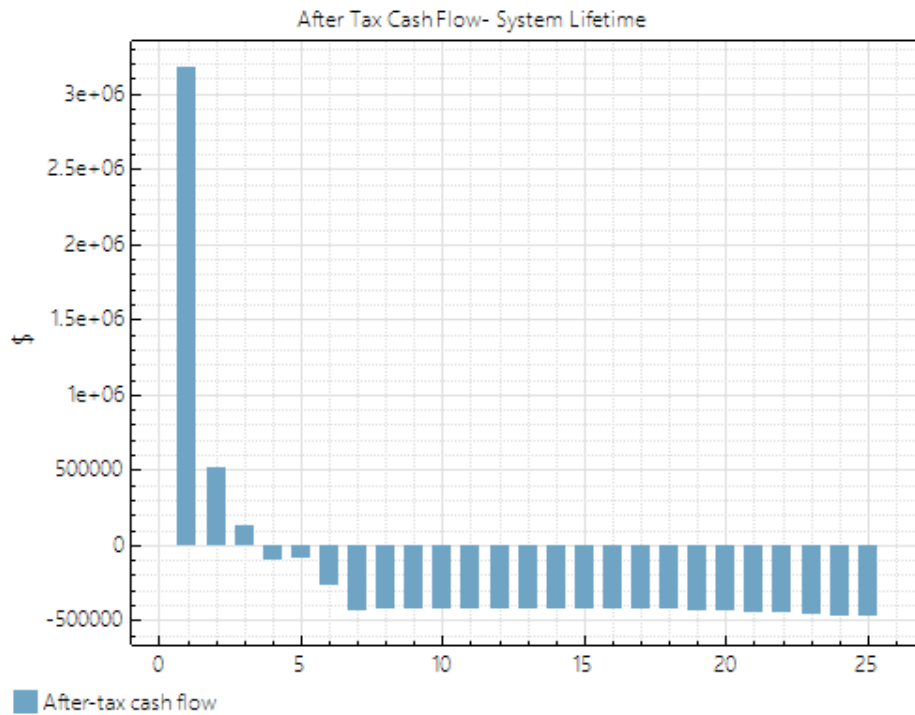


IMAGEN 79. TIEMPO DE VIDA DE FLUJO DE FONDOS Y ENERGÍA MENSUAL Y CARGA.FUENTE: SAM

Análisis económico:

Según SAM:

			KW/UNIDAD	TOTAL	\$/W	COSTE \$	EUROS
COSTES DIRECTOS DE CAPITAL	MODULOS	16164	0,3	4849,2	0,64	3103488	2668999,7
	INVERSOR	6	680	4080	0,13	530400	456144
	SEGUIDORES	539	0,8	431,2	0,8	344960	296665,6

BALANCE DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA	0,33 \$/w	total (\$)	euros
	4849,2 kw	1600236	1376203
TRABAJO DE INSTALACION	0,26 \$/w	total (\$)	
	4849,22 kw	1260797,2	1084285,6
MARGEN DE INSTALADOR Y SOBRECARGA	0,72 \$/w	total(\$)	
	4849,22 kw	3491438,4	3002637

COSTE DIRETO TOTAL (\$)	10331320	
COSTE DIRECTO TOTAL (EUROS)	8884934,9	euros

TABLA 25. COSTES DIRECTOS DE CAPITAL. ELABORACIÓN PROPIA. DATOS DE SAM

COSTES INDIRECTOS DE CAPITAL			
PERMISOS Y ESTUDIOS AMBIENTALES	% del coste directo	€/w	total (euros)
INTERCONEXION DE LA RED	0,5	0,43	4442467,428
	10		888493,4856
COSTES DE LA PARCELA			
AREA = 58000 METROS CUADRADOS	precio metros cuadrado	en euros	
COMPRA DE TERRENOS	4	232000	
IMPUESTO DE VENTA	5% del coste directo	total	
BASE DEL IMPUESTO A LAS VENTAS (% DEL COSTE DIRECTO)	0,05	444246,7428	
COSTE TOTAL DE INSTALACION	14892142,51	euros	
COSTE TOTAL INSTALADO POR CAPACIDAD	1,836395691	€/w	

TABLA 26. COSTES INDIRECTOS DE CAPITAL. ELABORACIÓN PROPIA. DATOS DE SAM

Flujo de fondos:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
producción											
energía (kWh)	0	10487304	10434868	10382693	10330780	10279126	10227730	10176592	10125709	10075080	10024705
ahorro											
valor del ahorro de electricidad (\$)	0	642246	656702	671488	686611	702080	717901	734083	750635	767565	784882
gastos de operación											
gasto del impuesto a la propiedad (\$)	0	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477
gastos de seguro (\$)	0	50369	51629	52919	54242	55598	56988	58413	59873	61370	62904
gasto total de operación (\$)	0	346555	350182	353900	357710	361616	365620	369723	373930	378241	382660
gastos deducibles (\$)	0	-346555	-350182	-353900	-357710	-361616	-365620	-369723	-373930	-378241	-382660
proyecto de deuda											
balance de deuda (\$)	10073863	9925670	9766362	9595106	9411006	9213098	9000348	8771641	8525781	8261482	7977360
pago de intereses (\$)	0	755540	744425	732477	719633	705825	690982	675026	657873	639434	619611
pago principal (\$)	0	148193	159308	171256	184100	197908	212751	228707	245860	264299	284122
Total P&I debt payment (\$)	0	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
9974581	9924708	9875085	9825709	9776581	9727698	9679059	9630664	9582511	9534598	9486925	9439491	9392293	9345332	9298605
802594	820712	839243	858198	877587	897403	917587	938231	959346	980468	1000721	1021395	1042255	1063387	1084950
201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477	201477
64477	66089	67741	69435	71171	72950	74774	76643	78559	80523	82536	84599	86714	88882	91104
387189	391832	396591	401469	406469	411594	416846	422231	427750	433406	439205	445148	451240	457484	463884
-387189	-391832	-396591	-401469	-406469	-411594	-416846	-422231	-427750	-433406	-439205	-445148	-451240	-457484	-463884
7671929	7343590	6990627	6611191	6203297	5764811	5293439	4786714	4241984	3656400	3026897	2350181	1622712	840682	0
598302	575395	550769	524297	495839	465247	433361	397008	359004	318149	274230	227017	176264	121703	63051
305431	328338	352964	379436	407894	438486	471372	506725	544730	585584	629503	676716	727469	782030	840682
903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733	903733

TABLA 27. FLUJO DE FONDOS DEL SISTEMA. FUENTE: SAM

9. SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Para la selección de alternativas se tiene en cuenta como variable principal el tipo de sistema a utilizar en la instalación diferenciando entre módulos montados sobre una estructura fija y módulos montados en seguidores solares con giro este oeste buscando las máximas condiciones de irradiación.

Por ello se valorará en cada uno de los dos sistemas factores que se calificarían como energéticos: potencia instalada producción energética; económicos: inversión, amortización o ingresos, además de la cantidad y distribución de los módulos a instalar.

9.1. OPCIÓN A

ANÁLISIS ESTRUCTURAL:

El panel escogido es el módulo fotovoltaico *solar world sw 290 mono*

El inversor proyectado es el *connect core XC 680 de Schneider electric*

Esta instalación se ejecuta en pack de 18 módulos en serie. Las dimensiones más importantes del conjunto son:

- Longitud total del soporte 20 metros
- Distancia entre terreno y primera fila 0,50
- Angulo de inclinación del soporte 27, 27º
- Altura total del soporte panel 1.9 m

Los materiales utilizados para su construcción son:

- Para elementos de fijación y tornillos se usa acero galvanizado en calor o acero inoxidable.

- Para los bloques de fijación. Hormigón.

DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FILAS DE PANELES. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Esta distancia d será superior al valor obtenido por la expresión:

$$d = h / \tan (61^\circ - \text{latitud})$$

Para nuestro caso: Latitud: 37.2755324 Longitud: -3.9039484

considerando que la latitud de la ubicación del campo solar es de **37,27 °** tenemos:

$$k = 1 / \tan (61^\circ - 37.27) = 2.2748$$

La altura h, la calculamos mediante trigonometría obteniendo un valor de 1,75 metros. La distancia d es de:

$$d = k \times h = 1.75 \times 2.275 = 3.9812 \text{ metros}$$

$$DT = d1 + d$$

- d1 es la proyección horizontal del panel en su inclinación final. Dicha distancia d1 es de 2,78 metros.
- d es el espacio calculado entre filas.

Por lo tanto, la distancia DT será:

$$DT = 2.78 + 3.9812 = 6.7612 \text{ metros.}$$

Finalmente se ha escogido una distancia de 7 metros.

POTENCIA BRUTA A INSTALAR

La potencia de la instalación será igual a la potencia de cada uno de los paneles (290 w aprox.) por el número total de ellos instalados (16164), lo que es igual a 4687,5 kWp

determinación ramales en paralelo. en función de la potencia pico del generador fotovoltaico que le llega a un inversor, Pp,fv, y la potencia pico de un ramal, Pp,s:

$$N_p = P_{p,fv} / P_{p, s}$$

Sustituyendo valores:

$$N_p = ((16164 \text{ módulos}) * 290) / (290 * 18) = 898 \text{ ramales}$$

Además, se debe de cumplir que la corriente de cortocircuito máxima de cada ramal por el número de ramales en paralelo será menor que la corriente máxima admisible de entrada al inversor, lo comprobamos:

$$898 \text{ ramales} / 6 \text{ inversores} = 150 \text{ ramales para cada inversor}$$

La potencia total instalada en el campo solar, PT, es $5220 * 898 = 4687.56 \text{ kw}$ siendo la potencia nominal de la instalación 5000 kw. Por lo tanto, para la instalación de sistema fotovoltaico fijo se va a configurar en 18 paneles por ramal con un total de 898 ramales distribuidos en seis subcampos (uno por inversor) de igual potencia.

ANÁLISIS ENERGÉTICO

PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

MÉTODO DE IDAE

Tabla de temperaturas:

	Tmin	Tmax	Tmedia
ENERO	2,3	11,1	6,7
FEBRERO	3,4	13,4	8,4
MARZO	5,6	15,9	10,7
ABRIL	7,1	18,4	12,7
MAYO	10,2	22,3	16,2
JUNIO	14,3	28,6	21,4

JULIO	17,3	33,1	25,2
AGOSTO	17,4	32,4	24,9
SEPTIEMBRE	14,2	27,5	20,8
OCTUBRE	10,3	21,3	15,8
NOVIEMBRE	5,8	15,3	10,5
DICIEMBRE	3,2	11,3	7,2
media anual	9,26	20,88	15,04

Tabla de coeficientes:

A	0,1
B	0,985
C	0,98
D	0,95
E	0,986
F	0,97

$$P_{temp} (\%) = 100 - 100 \cdot [1 - 0,0035 \cdot (T_c - 25)] \quad T_{ONC}: 46^{\circ}\text{C}$$

	T AMB	e(W/m2)		Tc	Ptemp(%)
ENERO	6,7	208,332	104,166	13,47079	-4,0352235
FEBRERO	8,4	300	150	18,15	-2,3975
MARZO	10,7	408,332	204,166	23,97079	-0,3602235
ABRIL	12,7	483,32	241,66	28,4079	1,192765
MAYO	16,2	583,32	291,66	35,1579	3,555265
JUNIO	21,4	666,6	333,3	43,0645	6,322575

JULIO	25,2	658,332	329,166	46,59579	7,5585265
AGOSTO	24,9	575	287,5	43,5875	6,505625
SEPTIEMBRE	20,8	441,66	220,83	35,15395	3,5538825
OCTUBRE	15,8	333,32	166,66	26,6329	0,571515
NOVIEMBRE	10,5	200	100	17	-2,8
DICIEMBRE	7,2	183,32	91,66	13,1579	-4,144735
anual	15,0416667	420,128		28,69582667	

Siendo $T_c = T_{amb} + (TONC - 20) \cdot (E / 800)$

A continuación, calculamos la temperatura de trabajo de las células solares y las pérdidas debidas al efecto de la temperatura sobre las células fotovoltaicas en cada mes:

Se emplea la siguiente expresión:

$$ED = G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{mp} \cdot PR / G_{CEM}$$

Siendo:

$G_{dm}(\alpha, \beta)$ el valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano del generador en las condiciones de orientación e inclinación del plano de captación solar (kWh/m² día)

P_{mp} es la potencia pico del generador (kWp)

PR es el rendimiento energético de una instalación o “Performa Ratio”

MES	PR (%)
ENERO	90,15853036
FEBRERO	87,72213121
MARZO	86,93529586
ABRIL	86,57321528

MAYO	83,50113595
JUNIO	81,17400967
JULIO	80,98999292
AGOSTO	81,91346189
SEPTIEMBRE	83,5023485
OCTUBRE	86,1180954
NOVIEMBRE	90,07515213
DICIEMBRE	91,25457968
media anual	84,48482907

$$PR (\%) = (100 - A - P_{temp}) \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F$$

GCEM es un valor constante de 1 kW/m².

	Gdm	Pmp	Ed(kwh/dia)	Ed(kwh/mes)
ENERO	3,83	4598	16053,32714	497653,1412
FEBRERO	4,4466	4598	18344,10855	513635,0394
MARZO	5,63	4598	22763,58141	705671,0236
ABRIL	6,306	4598	25101,89338	753056,8014
MAYO	6,833	4598	26548,68012	823009,0838
JUNIO	7,27	4598	27435,25675	823057,7026
JULIO	7,63	4598	28413,50864	880818,768
AGOSTO	7,34	4598	27645,23638	857002,3277
SEPTIEMBRE	6,14667	4598	23882,38216	716471,4648
OCTUBRE	4,843	4598	19399,5568	601386,2607
NOVIEMBRE	3,69	4598	15282,70878	458481,2633
DICIEMBRE	3,163	4598	13271,58607	411419,1682
anual				8041662,045

La producción anual basándonos en el método que nos ofrece el idae nos resulta de unos 8.041.662,045 megawatios al año.

cabe mencionar que estos datos son para el primer año de operación y que irá disminuyendo año a año debido a la perdida de eficiencia del sistema.

ANÁLISIS ECONÓMICO:

Inversión inicial:

TERRENOS		unidad	€/unidad	€
	ALQUILER MENSUAL			150000
OBRA CIVIL				
	cerramiento perimetral	1080	30	32400
	caseta de control	1	1750	1750
	caseta de inversores	6	2500	15000
	caeta de seccionamiento	1	1200	1200
	canalizaciones	5000	30	150000
	sistema de limpieza			5307,36
instalaciones				
	paneles (€/wp)	4849200	0,6	2909520
	inversores (€/wp)	4080000	0,35	1428000
	estructura soporte (€/wp)	4849200	0,2	969840
	otra aparamenta (10% anterior)			530736
	LINEA EVACUACION			85000
	seguridad y alumbrado exterior			25000
presupuesto ejecucion material	presupuesto ejecucion material			6153753,36
precio ejecución por contrata				
	gastos generales (15%)			923063,004
	beneficio industria (6%)			369225,2016
				7446041,566
honorarios				
	direccion de obra (5%)			307687,668
	honorarios de proyecto(2%)			123075,0672
PRESUPUESTO TOTAL				7876804,301

TABLA 27. ESTIMACIÓN ECONOMICA DE LA INVERSIÓN INICIAL. ELABORACIÓN PROPIA

Ingresos:

Para hacer un cálculo aproximado de los ingresos que generara la planta fotovoltaica hay que fijar el precio de la electricidad a día de hoy. Para los años siguientes el precio será estimado, ya que el mercado eléctrico es un mercado con mucha incertidumbre donde los precios varían sustancialmente a lo largo del año.

Debido a esto, estimaremos el precio del kw en función de la tendencia de los últimos años. esta tendencia es creciente, ya que precisamente este mes de agosto se alcanzó el máximo histórico en el precio de la luz para los pequeños consumidores.

Por esto, suponemos un aumento del precio de un 0,5% al año.

Tomando como referencia el precio de venta del kw a fecha de 6/9/2018, tenemos:

0,069 euros/kwh.

Estos datos han sido obtenidos en el ESIOS, que es el sistema de información del operador del sistema, en este caso, red eléctrica de España.

Con esto, se estimarán los ingresos producidos por la planta fotovoltaica de la siguiente manera:

		AUMENTO DEL PRECIO ANUAL	1,50%	
		producción estimada	precio estimado	ingresos
	AÑO	KWH	€	€
0	2018	0	0,069	
1	2019	8109441	0,070035	567944,7004
2	2020	8109441	0,071085525	576463,8709
3	2021	8068894	0,072151808	582185,2897
4	2022	8028549	0,073234085	587963,4398
5	2023	7988406	0,074332596	593798,958
6	2024	7948464	0,075447585	599692,4149
7	2025	7908722	0,076579299	605644,3867
8	2026	7869178	0,077727988	611655,3769
9	2027	7829833	0,078893908	617726,1267
10	2028	7751730	0,080077317	620737,7399
11	2029	7712971	0,081278477	626898,5336
12	2030	7674406	0,082497654	633120,4895
13	2031	7636034	0,083735119	639404,2129
14	2032	7597854	0,084991145	645750,3142
15	2033	7559865	0,086266013	652159,4093
16	2034	7522066	0,087560003	658632,1199
17	2035	7484455	0,088873403	665168,9842
18	2036	7447033	0,090206504	671770,8112
19	2037	7409798	0,091559601	678438,1516
20	2038	7372749	0,092932995	685171,6493
21	2039	7335885	0,09432699	691971,9539
22	2040	7299206	0,095741895	698839,8162
23	2041	7262710	0,097178024	705775,8043
24	2041	7226396	0,098635694	712780,5847
25	2042	7190264	0,100115229	719854,93
			TOTAL	16049550,07

TABLA 28. ESTIMACIÓN ECONOMICA DE LOS INGRESOS.ELABORACIÓN PROPIA

9.2. OPCIÓN B

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

El panel escogido, al igual que en el caso anterior, es el módulo fotovoltaico

solar world sw 290 mono

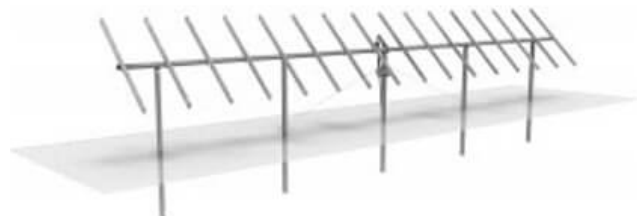
El inversor proyectado es el:

conect core XC 680 de Schneider electric

la estructura soporte es la siguiente:

SEGUIDOR DEGERTRACKER S70

- 1 eje Horizontal con Micro pilotes
- Tecnología de Seguimiento MLD
- Hasta un 30% de incremento de Producción
- Capacidad máxima de 30 módulos estándar de 60 células o 24 módulos estándar de 72 células
- Cimentación por Micro pilotes (1)
- Velocidad de Viento de Cálculo: 100 km/h a capacidad máxima (2)
- Sistema de protección de viento.



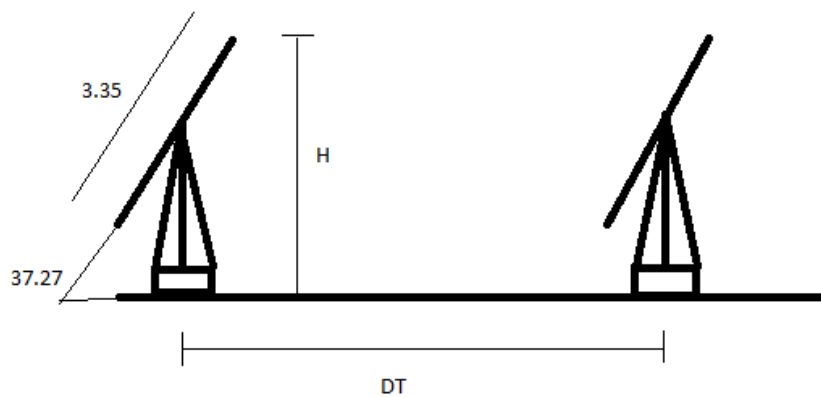
DISTANCIA MÍNIMA ENTRE SEGUIDORES. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

$$d = h / \tan (61^\circ - \text{latitud})$$

donde $1 / \tan (61^\circ - \text{latitud})$ es un coeficiente adimensional denominado k.

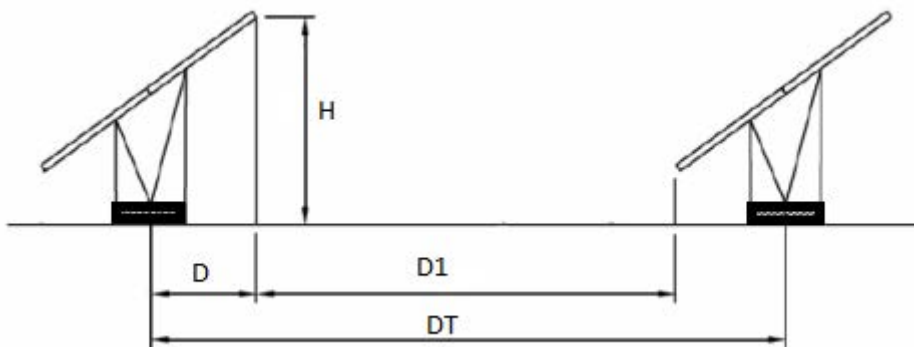
$$\text{latitud : } 37.2755324$$

$$k = 1 / \tan(61 - 37.2755) = 2.2748$$



La altura del seguidor, h, la calculamos mediante trigonometría y tiene un valor de 4.35 metros. La distancia d es de:

$$d = k \times h = 4.35 \times 2.2748 = 9.89 \text{ metros}$$



$$DT = d1 + d$$

- d: teniendo en cuenta que la dimensión de la parrilla del seguidor con los paneles colocados es de 18.8*3.4 metros, dicha distancia es de 5 metros.
- d1: es el espacio calculado entre seguidores anterior. Finalmente, la distancia mínima entre un seguidor y los de su alrededor,

DT será: $DT = 9.89 + 5 = 14.89$ metros

Todos los cálculos se han realizado con una inclinación de 27.27°. Como ya se sabe, esta inclinación no va a ser fija ya que como se explicó la posición de los seguidores cambia a lo largo del día y del año, pero se establece ésta por ser la óptima.

Por lo tanto y para trabajar con números enteros, se ha escogido una distancia de 15 metros entre las filas de seguidores formadas cada una por 30 paneles.

POTENCIA BRUTA A INSTALAR

La potencia de la instalación será igual a la potencia de cada uno de los ejes seguidores por el número total de seguidores. Si tenemos 16164 paneles y cada seguidor tiene 30 paneles tenemos 538 seguidores con lo cual la potencia será:

$538 * 8700 = 4689$ kw de potencia.

INTERCONEXIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

La potencia total instalada en el campo solar, PT, es $4350 * 2 * 539 = 4.689.300$ w

W siendo la potencia nominal de la instalación 5 MW. En resumen, para la instalación de sistema fotovoltaico con seguidores a un eje se va a configurar 538 seguidores con 30 paneles por seguidor agrupados en 5 mini plantas de 108 ramales cada una.

ANÁLISIS ENERGÉTICO

PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN METODO IDAE.

TABLA DE COEFICIENTES:

A	0,08
B	0,985
C	0,98
D	0,95
E	0,986
F	0,96

- Pérdidas por temperatura (Ptemp) : Las pérdidas medias anuales debidas al efecto de la temperatura sobre las células fotovoltaicas se calculan según la siguiente fórmula:

$$P_{temp} (\%) = 100 - 100 \cdot [1 - 0,0035 \cdot (TC - 25)] \text{ siendo } TC = T_{amb} + (TONC - 20) \cdot (E / 800)$$

	Tmin	Tmax	Tmedia
ENERO	2,3	11,1	6,7
FEBRERO	3,4	13,4	8,4
MARZO	5,6	15,9	10,7
ABRIL	7,1	18,4	12,7
MAYO	10,2	22,3	16,2
JUNIO	14,3	28,6	21,4
JULIO	17,3	33,1	25,2
AGOSTO	17,4	32,4	24,9
SEPTIEMBRE	14,2	27,5	20,8
OCTUBRE	10,3	21,3	15,8
NOVIEMBRE	5,8	15,3	10,5
DICIEMBRE	3,2	11,3	7,2
media anual	9,26	20,88	15,04

A continuación, calculamos la temperatura de trabajo de las células solares y las pérdidas debidas al efecto de la temperatura sobre las células fotovoltaicas en cada mes:

	T AMB	e(W/m2)		Tc	Ptemp(%)
ENERO	6,7	208,332	104,166	13,47079	-4,0352235
FEBRERO	8,4	300	150	18,15	-2,3975
MARZO	10,7	408,332	204,166	23,97079	-0,3602235
ABRIL	12,7	483,32	241,66	28,4079	1,192765
MAYO	16,2	583,32	291,66	35,1579	3,555265
JUNIO	21,4	666,6	333,3	43,0645	6,322575
JULIO	25,2	658,332	329,166	46,59579	7,5585265
AGOSTO	24,9	575	287,5	43,5875	6,505625
SEPTIEMBRE	20,8	441,66	220,83	35,15395	3,5538825
OCTUBRE	15,8	333,32	166,66	26,6329	0,571515
NOVIEMBRE	10,5	200	100	17	-2,8
DICIEMBRE	7,2	183,32	91,66	13,1579	-4,144735
anual	15,0416667	0		28,69582667	

Para calcular la producción estimada se emplea la siguiente expresión:

$$ED = G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{mp} \cdot PR / GCEM$$

Siendo:

$G_{dm}(\alpha, \beta)$ el valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano del generador en las condiciones de orientación e inclinación del plano de captación solar (kWh/m² día)

P_{mp} es la potencia pico del generador (kWp)

PR es el rendimiento energético de una instalación o “Performa Ratio”

MES	PR (%)
ENERO	90,23611227
FEBRERO	88,81452136
MARZO	87,04610699
ABRIL	85,69806848
MAYO	83,64735079
JUNIO	81,24524643
JULIO	80,17240512
AGOSTO	81,08635378
SEPTIEMBRE	83,64855084
OCTUBRE	86,23733127
NOVIEMBRE	89,16390289
DICIEMBRE	90,33117139
media anual	86,61059347

A continuación, se detalla la tabla con los valores y cálculos utilizados para la estimación de la producción energética siguiendo las pautas marcadas en el pliego de condiciones técnicas del IDAE

	Gdm	Pmp	Ed(kwh/dia)	Ed(kwh/mes)
ENERO	4,7875	4689	20256,73262	627958,7112
FEBRERO	5,5583	4689	23147,61209	648133,1384
MARZO	7,0375	4689	28724,20339	890450,3052
ABRIL	7,8833	4689	31678,11422	950343,4265
MAYO	8,5416	4689	33502,0709	1038564,198
JUNIO	9,0875	4689	34619,64554	1038589,366
JULIO	9,5375	4689	35854,17187	1111479,328
AGOSTO	9,175	4689	34884,62651	1081423,422
SEPTIEMBRE	7,6833	4689	30136,05814	904081,7442
OCTUBRE	6,0541	4689	24480,77324	758903,9706
NOVIEMBRE	4,6125	4689	19284,38006	578531,4019
DICIEMBRE	3,95416	4689	16748,35329	519198,952
anual				10147657,96

Según los cálculos realizados siguiendo las pautas que marca el IDAE para el dimensionamiento de plantas fotovoltaicas conectados a red se estima que la planta producirá anualmente una total de: **10147 megavatios de potencia que se inyectará a la red.**

ANÁLISIS ECONÓMICO:

Inversión inicial:

TERRENOS		unidad	€/unidad	€
	ALQUILER MENSUAL			
OBRA CIVIL				
	cerramiento perimetral	1080	30	32400
	caseta de control	1	1750	1750
	caseta de inversores	6	2500	15000
	caeta de seccionamiento	1	1200	1200
	canalizaciones	5000	30	150000
	sistema de limpieza			65489,88
instalaciones				
	paneles (€/wp)	4849200	0,64	3103488
	inversores (€/wp)	4080000	0,35	1428000
	estructura soporte (€/wp)	8070000	0,25	2017500
	otra aparamenta (10% anterior)			654898,8
	línea de evacuación			85000
	seguridad y alumbrado exterior			25000
presupuesto ejecucion material				7579726,68
precio ejecución por contrata				
	gastos generales (15%)			1136959,002
	beneficio industria (6%)			454783,6008
honorarios				
	direccion de obra (5%)			378986,334
	honorarios de proyecto (2%)			151594,5336
PRESUPUESTO TOTAL				9702050,15

TABLA 29. ESTIMACIÓN ECONOMICA DE LA INVERSIÓN INICIAL. ELABORACIÓN PROPIA

INGRESOS:

		AUMENTO ANUAL	1,50%	
		producción estimada	precio estimado	ingresos
	AÑO	KWH	€	€
0	2018	0	0,069	
1	2019	10487304	0,070035	734478,3356
2	2020	10434868	0,071085525	741768,0701
3	2021	10382693	0,072151808	749130,0706
4	2022	10330780	0,073234085	756565,2206
5	2023	10279126	0,074332596	764074,1229
6	2024	10227730	0,075447585	771657,5307
7	2025	10176592	0,076579299	779316,2815
8	2026	10125709	0,077727988	787050,9925
9	2027	10075080	0,078893908	794862,4377
10	2028	10024705	0,080077317	802751,4794
11	2029	9974581	0,081278477	810718,7492
12	2030	9924708	0,082497654	818765,125
13	2031	9875085	0,083735119	826891,414
14	2032	9825709	0,084991145	835098,2625
15	2033	9776581	0,086266013	843386,6597
16	2034	9727698	0,087560003	851757,264
17	2035	9679059	0,088873403	860210,9095
18	2036	9630664	0,090206504	868748,5294
19	2037	9582511	0,091559601	877370,8879
20	2038	9534598	0,092932995	886078,7526
21	2039	9486925	0,09432699	894873,0832
22	2040	9439491	0,095741895	903754,7584
23	2041	9392293	0,097178024	912724,4715
24	2041	9345332	0,098635694	921783,3077
25	2042	9298605	0,100115229	930931,973
			TOTAL	20724748,69

TABLA 30. ESTIMACIÓN ECONOMICA DE LOS INGRESOS.ELABORACIÓN PROPIA

9.3. Estudio de impacto ambiental

LOCALIZACIÓN.

El área de objeto del estudio está situada en el término municipal de Illora, municipio de la provincia de Granada en Andalucía.



IMAGEN 38.

La ubicación exacta de la parcela es la siguiente: Parcela catastral **18104a03000571**

Polígono 30, parcela 571 La cerca. Illora (Granada)

Superficie útil: **58.537 m²**

El uso de la parcela es agrario, más en concreto olivos de secano. Muy común en la zona



DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

Referencia catastral
18104A030005710000JE
Localización
Polígono 30 Parcela 571
LA CERCA. ILLORA (GRANADA)
Clase
Rústico
Uso principal
Agrario

PARCELA CATASTRAL



Localización
Polígono 30 Parcela 571
LA CERCA. ILLORA (GRANADA)
Superficie gráfica
58.537 m²

CULTIVO

Subparcela	Cultivo/Aprovechamiento	Intensidad Productiva	Superficie m ²
0	O- Olivos secano	02	57.383

IMAGEN 79: CONSULTA Y CERTIFICACIÓN DE BIEN INMUEBLE

FUENTE: SEDE CATASTRO

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el desarrollo de las energías renovables va ligado a una mejora y cuidado del medio ambiente con la reducción del uso de energías sucias. Más en concreto la energía solar fotovoltaica representa una energía limpia que respeta al medio ambiente ya que no consume recursos limitados y además tiene un gran potencial a desarrollar. Es por esto, que en la actualidad se opte cada vez más por la implantación de este tipo de instalaciones.

El impacto principal que conlleva la implantación de este tipo de tecnologías se produce en la fase de extracción de la materia prima de los paneles solares, el silicio, que, aunque

se trata de un material increíblemente abundante en la tierra, se precisan grandes cantidades de energía para su transformación.

Asimismo, durante la fase de explotación el principal impacto es el efecto visual, aunque es posible atenuar mediante la integración en el paisaje.

Hay que tener en cuenta que se debe preservar en la mayor cantidad posible el medio ambiente más cercano a la ejecución de la obra teniendo en cuenta la tala de árboles que pueda ser necesaria para la implantación de este tipo de huertos solares. En este sentido se promoverán una serie de medidas que palien los posibles efectos que una planta solar pueda producir en su entorno.

OBJETIVOS DEL ANEJO

El presente anejo se redacta como parte del Estudio de Viabilidad para la construcción de una planta de energía solar fotovoltaica en el municipio de Illora (Granada).

Se plantea un análisis ambiental para resolver y reducir los problemas ambientales que se puedan producir en el desarrollo del proyecto de implantación.

Es por esto que se deberán mencionar los efectos que la obra y el funcionamiento de esta puedan producir en el terreno, así como posibles mejoras a llevar a cabo para mantener o mejorar los valores ambientales del territorio.

Se podría decir que la finalidad del Análisis Ambiental es:

- Definir y valorar, desde un punto de vista ambiental, el entorno de la instalación entendiendo ésta como el espacio físico, biológico y humano en el que se inserta y que es susceptible de ser alterado por el mismo.
- Prever la naturaleza y magnitud de los efectos que origina la construcción y puesta en servicio del objeto del Proyecto.
- Establecer las medidas correctoras, técnicamente factibles y económicamente viables, que permitan minimizar los impactos ambientales negativos previsibles, y determinar los impactos residuales después de la aplicación de las mismas.

ESQUEMA METODOLÓGICO

El estudio de impacto ambiental contendrá al menos la siguiente información:

1. Descripción del proyecto y sus acciones. Examen de alternativas técnicamente viables.
2. Inventario ambiental y descripción de las interacciones ecológicas y ambientales
3. Identificación y valoración de impactos
4. Propuesta de medidas protectoras y correctoras.
5. Programa de vigilancia ambiental.
6. Documento síntesis.

Para la valoración de impactos y comparación en impacto ambiental entre ambas alternativas se ha elegido un método de análisis multicriterio basado en ponderaciones.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y SUS CARACTERÍSTICAS

El proyecto consiste en una planta solar fotovoltaica ubicada en la zona norte del municipio de Illora que estará conectada a la red eléctrica.

La planta ocupará un espacio de 58000 metros cuadrados de los cuales 32000 metros cuadrados serán hábiles.

En los criterios de selección del emplazamiento se ha tenido en cuenta varios condicionantes:

- Un lugar alejado de bosques altos o edificios que pudieran producir sombras sobre la instalación.
- Con pendientes al Sur o pendientes menores del 10%
- Con condiciones de turbidez bajas y radiación solar alta.

Vemos que estas condiciones se verifican en la ubicación escogida, la pendiente es de un 2% aproximadamente hacia el Sur en gran parte del terreno mientras que otras zonas son llanas y se encuentra rodeada por plantaciones de pequeña altura principalmente olivos

de secano y por una orografía que hace que no producirán sombras en la planta de elementos exteriores.

Además, la parcela se encuentra en una zona con altos valores de radiación solar.

Desde el punto de vista de la viabilidad económica:

- Accesibilidad para el transporte del material necesario durante la construcción.

Proximidad a carreteras y caminos

- Disponibilidad, posibilidad de compra/alquiler del terreno.
- Existencia de un punto de evacuación cercano, para evitar excesivas pérdidas en el transporte y un elevado coste de la línea de evacuación.

La parcela en la que se llevará a cabo la instalación dispone de buena accesibilidad, se puede acceder a ella directamente desde la carretera provincial GR- 3407

Todos estos condicionantes hacen hasta este punto que la ubicación de la parcela sea óptima para la construcción de la instalación fotovoltaica.

A lo largo del estudio de viabilidad se han barajado dos alternativas de construcción dependiendo de la estructura soporte:

- ***Placas sobre estructura fija:***

Esta alternativa consta de paneles solares de 290 Wp sobre estructuras soporte fijas que permanecerán con una inclinación y orientación fija a lo largo del año.

La separación entre módulos se ha dispuesto de 7 metros.

Con esta selección se consigue instalar 16164 módulos que generan una potencia pico de 4.687 MW.

- ***Placas sobre seguidores de un eje:***

En esta opción se han mantenido los paneles solares, pero se ha variado la sustentación que en este caso se organiza sobre estructuras móviles de un eje o seguidor sobre el cual se sitúan 30 paneles en cada uno. El campo constara de 538 seguidores agrupados en 5 subcampos con un inversor cada uno y en total 108 inversores por cada subcampo.

La separación en este caso es mayor debido a las mayores dimensiones de estas estructuras alcanzando una separación de 15 metros.

Con esta distribución se consigue generar una potencia pico de 4.689 kW

En ambos estudios se ejecutará un vallado perimetral para proteger la integridad de la planta de 1080 metros. Además, realizará una línea eléctrica aéreo-subterránea de media tensión con una longitud de 100 m desde la planta fotovoltaica hasta la conexión a la red de distribución Endesa.

9.3.1. MEDIO FÍSICO

- Climatología

El municipio de Illora tiene un clima muy diferenciado en lo referente a temperatura entre los meses de verano y de invierno lo que se corresponde con un clima mediterráneo continental.

El régimen anual de precipitaciones de Illora como en el resto de Granada se caracteriza por presentar dos situaciones extremas, un verano muy seco y caluroso y un invierno relativamente lluvioso, como corresponde a un clima mediterráneo continentalizado.

Como contrapartida la distribución de las precipitaciones es irregular y es habitual que se den situaciones de lluvias torrenciales.

Tabla de temperaturas:

	Tmin	Tmax	Tmedia
ENERO	2,3	11,1	6,7
FEBRERO	3,4	13,4	8,4
MARZO	5,6	15,9	10,7
ABRIL	7,1	18,4	12,7
MAYO	10,2	22,3	16,2
JUNIO	14,3	28,6	21,4
JULIO	17,3	33,1	25,2
AGOSTO	17,4	32,4	24,9
SEPTIEMBRE	14,2	27,5	20,8
OCTUBRE	10,3	21,3	15,8

NOVIEMBRE	5,8	15,3	10,5
DICIEMBRE	3,2	11,3	7,2
media anual	9,26	20,88	15,04

De estos datos podemos destacar que la temperatura media anual es de 15,1°C alcanzando el valor más alto en Julio y el mínimo en Enero.

La amplitud de temperatura es de 31,7 °C.

En lo referente a las precipitaciones nos encontramos en una zona donde es poco usual las precipitaciones en os meses de verano, mientas que en los meses de invierno nos encontramos con una distribución uniforme de las lluvias, apareciendo en ocasiones lluvias torrenciales.

Tabla de precipitaciones:

	mm
Enero	64
Febrero	59
Marzo	59
Abril	56
Mayo	40
Junio	14
Julio	6
Agosto	6
Septiembre	21
Octubre	50
Noviembre	67
Diciembre	65

TABLA 31. CANTIDAD DE PRECIPITACIONES POR MESES(MM)

Los mayores valores de precipitaciones coinciden con los meses de noviembre, diciembre y enero.

Otros parámetros decisivos son la turbidez y la irradiancia de la zona. Cabe destacar que se trata de una zona con unos buenos valores de radiación solar lo que la convierte en adecuada para la ubicación de este tipo de proyectos.

Radiación Global (kWh/m ²)		
Mes	Media	Mediana
1 (Enero)	113,2	130,8
2 (Febrero)	131,7	156
3 (Marzo)	168,1	191,4
4 (Abril)	188,7	208,2
5 (Mayo)	206,1	224,7
6 (Junio)	220	228,4
7 (Julio)	230,7	235,8
8 (Agosto)	220,3	229,1
9 (Septiembre)	185,2	198,4
10 (Octubre)	145,4	161,7
11 (Noviembre)	110,9	128,3
12 (Diciembre)	93,6	110,9

TABLA 5.

- Geología y geomorfología

De los 193,77 km cuadrados que ocupa el municipio, el Instituto de Estadística y cartografía cuenta con que la total composición de los suelos está formada por rocas sedimentarias.

Íllora se encuentra situada en la denominada zona de los Montes Occidentales de la provincia de Granada y SE SITUA más concreta mente en la ladera sur-oeste de la Sierra de Parapanda, que será elemento importante para comprender la orografía de la zona. Las acciones de los mismos sistemas montañosos propician a la localidad ilurquense un ámbito de continentalidad dentro del clima mediterráneo, característico de esta zona meridional del país.

- Edafología

Los aspectos físicos, geológicos y climatológicos de una región determinan su vegetación, su fauna e incluso condicionan a sus habitantes.

Los factores edáficos son aquellos que tienen en cuenta la composición del suelo, sus usos y su posible degradación por efecto de la acción humana.

En la parcela eje de estudio aparece el siguiente tipo de suelo:

Regosoles sobre conglomerado: Suelos que, aunque se han utilizado para agricultura no tienen buenos resultados; aquí se instalarán las roturas de olivos y almendros.

9.3.2. MEDIO BIOLÓGICO

- Vegetación

La vegetación en el entorno del proyecto está asociada a la caracterizada por las zonas de cultivo de secano en este caso olivar.

- Fauna

La parcela se encuentra en un suelo bastante seco con poca vegetación lo que hace que las especies que nos encontramos aquí sean principalmente pequeños insectos y reptiles, así como algunas aves, aunque sin establecerse en el terreno.

9.3.3. MEDIO SOCIOECONÓMICO

- Características poblacionales

2017	
población total	10233
hombres	5104
mujeres	5129
población en núcleos	9884
población diseminados	349
porcentaje menor de 20 años	19,02
porcentaje mayor de 65 años	20,1
2016	
número de extranjeros	191
principal procedencia	reino unido
emigraciones	199
inmigraciones	168
nacimientos	81
defunciones	118
matrimonios del mismo sexo	28
centros de educación	13
bibliotecas publicas	1
centros de salud	1
consultorios	5
viviendas familiares principales	4300
viviendas de alquiler	6

TABLA 4.

- Sistema económico

A continuación, se muestra un gráfico sectorial con las actividades económicas presentes en el municipio de Illora:

agricultura.	
cultivos herbáceos	
superficie	1953 has
principal cultivo de regadío	esparrago 251 has
principal cultivo de secano	cebada 354 has

cultivos leñosos	
superficie	12579 has
principal cultivo de regadío	olivar aceituna de aceite 3891
principal cultivo de secano	olivar aceituna de aceite 8596

establecimientos con actividad económica	
sin asalariados	326
hasta 5 asalariados	160
entre 6 y 19 asalariados	31
de 20 y más asalariados	2
total establecimientos	518

transportes	
vehículos turismos	5408
taxis	2
mercancías	59
viajeros	8
vehículos matriculados	135
vehículos turismo matriculados	99

turismo	
hoteles	1
hostales y pensiones	2
plazas en hoteles	37
plazas en hostales y pensiones	78

TABLA 31. SISTEMA ECONÓMICO EN ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL. ELABORACIÓN PROPIA DATOS: AYUNTAMIENTO DE ILLORA

En lo referente a la agricultura el principal cultivo de regadío es el del esparrago, ocupando una superficie de 251 hectáreas. Dentro de las 354 hectáreas dedicadas a los cultivos de secano, encontramos como cultivo principal el de la cebada.

Por otro lado, Illora cuenta con un total de 12579 hectáreas de cultivo de aceituna de aceite.

Dentro de los diferentes establecimientos con actividad económica presentes en el municipio de Illora encontramos 518 establecimientos que se clasifican de la siguiente manera:

- Sección B: Industrias extractivas
- Sección C: Industria manufacturera
- Sección D: Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado
- Sección E: Suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación
- Sección F: Construcción
- Sección G: Comercio al por mayor y al por menor, reparación de vehículos de motor y motocicletas
- Sección H: Transporte y almacenamiento
- Sección I: Hostelería
- Sección J: Información y comunicaciones
- Sección K: Actividades financieras y de seguros

- Sección L: Actividades inmobiliarias
- Sección M: Actividades profesionales, científicas y técnicas
- sección N: Actividades administrativas y servicios auxiliares
- Sección P: Educación
- Sección Q: Actividades sanitarias y de servicios sociales
- Sección R: Actividades artísticas, recreativas y de entretenimiento
- Sección S: Otros servicios.

PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS

- Sección G: 202 establecimientos 2016
- Sección I: 56 establecimientos 2016
- Sección F: 54 establecimientos. 2016
- Sección C: 39 establecimientos. 2016
- Sección S: 33 establecimientos. 2016

9.3.4. MEDIO PERCEPTUAL

En lo que se refiere al medio perceptual y a la calidad paisajística dl entorno, la parcela eje del estudio se basa en una cubierta vegetal compuesta por cultivos de secano en concreto olivares.

la cubierta vegetal es también monótona, siendo frecuentes los olivares y los cultivos herbáceos que cubren la mayor parte del terreno.

No se encuentran intervenciones humanas de gran importancia que originen focos de atracción visual ni que alteren sustancialmente el paisaje eje de estudio.

9.3.5.DEFINICIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES E IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

Aquí se describen los impactos que las obras pueden llegar a ocasionar sobre el medio. Según el Plan General de Ordenación Urbanística, nuestra parcela se clasifica en suelo no urbanizable de protección natural o rural, que a su vez contempla como usos permitidos actuaciones de interés público de carácter infraestructural como la construcción de un

parque solar por lo que no es necesario realizar ninguna actuación con respecto a este tema. Las obras de ejecución del parque solar se pueden resumir en las siguientes:

- creación de los caminos interiores.
- construcción de casetas para los inversores, transformadores y control.
- instalación de la red y canalizaciones subterráneas y aéreas eléctricas necesarias.
- instalación de los paneles
- construcción de un sistema perimetral de alumbrado y seguridad
- colocación de un vallado perimetral.

A continuación, enumeramos estos impactos para las fases anteriores.

9.3.6. IMPACTOS RELACIONADOS CON LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

•Suelo

El suelo de la parcela donde se proyecta el estudio se verá afectado debido a las excavaciones que se realizan para la cimentación de las estructuras soporte donde las haya, así como por las canalizaciones y el paso de personas y sobre todo por el paso de vehículos pesados durante el proceso de montaje.

Todo el escombros que no se pueda reutilizar, así como los demás restos de la obra se retirarán al finalizar la construcción sin producir ningún efecto negativo en el suelo o cubierta.

•Ruido

Debido al paso de los camiones y la diferente maquinaria se producirán unos altos niveles sonoros. Cabe destacar que esta alteración se producirá solo durante la ejecución de la obra y no durante su funcionamiento una vez finalizada.

•Emisión de gases

Es común que se produzca un gran aumento del volumen de polvo y gases generado durante la ejecución de la obra debido principalmente a la llegada de camiones y demás actuaciones en las que se actúe con motores. Cabe mencionar que estas emisiones se producirán temporalmente y solo durante la fase de ejecución.

- Flora y fauna

La vegetación de la parcela se ve afectada debido a la extracción de raíz del olivar que se situaba en la parcela puesto que no es compatible con la planta solar debido a que su altura puede producir sombras en la instalación. Las afecciones a la fauna se limitan al efecto barrera debido al vallado perimetral que sufren los pequeños vertebrados que habitan por esta zona, así como a la fauna que habita en los lugares de excavación para la instalación de los módulos, durante la fase de instalación. Generalmente se trata de pequeños reptiles e insectos que puedan estar presentes cerca de los olivares que se van a extraer.

- Paisaje

El impacto visual y paisajístico se verá condicionado por la altura de las estructuras soporte, así como por las casetas. Sin embargo, la poca entidad de la instalación hace que su presencia con el paso del tiempo se integre como una más de las instalaciones existentes en la zona, siendo solidario con el paisaje y sin producir ningún impacto visual exagerado.

- Medio socioeconómico

En lo que se refiere a la agricultura se verá afectada por la pérdida en el aprovechamiento de la zona donde se ubican los paneles.

Por otro lado, la instalación solar fotovoltaica genera en la zona creación de puestos de trabajo necesarios para la ejecución de la obra, así como durante su tiempo de vida por la necesidad de un pequeño mantenimiento.

9.3.7. IMPACTOS DERIVADOS DE LA EXPLOTACIÓN DE LA INSTALACIÓN

- Ruidos:

Durante la explotación el nivel de ruidos producirá será mínimo ya que la generación de energía de los módulos fotovoltaicos es un proceso totalmente silencioso. Mientras que el inversor trabaja a alta frecuencia y no es percibido por el oído humano.

- Emisiones gaseosas a la atmósfera

En la generación de energía por medio de un sistema fotovoltaico no se requiere ninguna combustión para proporcionar energía, únicamente se necesita una fuente limpia como el Sol.

Por lo tanto, se prevé un efecto positivo en la calidad del aire de la zona que consiste en el ahorro de emisiones de CO₂ a la atmosfera en contrapartida a lo que supondría el uso de energía eléctrica convencional o de un generador diésel.

- Flora y fauna

La parcela tiene un uso agrícola lo que significa que no existe vegetación natural ya que la que había ha sido sustituida por la de uso agrario (olivares). Una vez realizada la instalación se ocupará una pequeña parte del suelo (la correspondiente a las cimentaciones de las estructuras soporte, mientras que la mayor parte del uso quedará sin uso y se ira ocupando por la vegetación autóctona de la zona, que ira apareciendo a no ser que se controle el crecimiento y se acabe con él.

La fauna terrestre se verá afectada en pequeña medida y solo en lo que se refiere a grupos de aves que pudieran anidar en el olivar, pero que sin embargo podrán hacerlo en parcela contiguas que siguen teniendo un uso agrario.

- Residuos tóxicos y peligrosos vertidos al sistema de saneamiento.

La explotación de la planta solar no generará ningún tipo de residuo en su explotación ya que para funcionar los equipos de la instalación no necesitan verter nada al sistema de saneamiento, la refrigeración se realiza por convección natural. No se consideran afecciones a la trama hidrológica debido a que no se produce alteración de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por consumo diferentes a los que se llevaban hasta el momento, ni por contaminación por residuos o vertidos.

9.3.8. IMPACTOS RELACIONADOS CON LA FABRICACIÓN DE LOS COMPONENTES

Respecto a los módulos fotovoltaicos, la fase de extracción de la materia prima, el silicio (elemento muy abundante en la naturaleza y del que no se requieren cantidades significativas), precisa de grandes cantidades de energía para su transformación. Además, el proceso de fabricación de paneles fotovoltaicos y sus componentes asociados (por ejemplo, inversores) contiene un número de materiales peligrosos.

La liberación de estos materiales peligrosos para el medio ambiente con frecuencia se considera el más importante impacto ambiental negativo de los grandes y pequeños sistemas fotovoltaicos. La mayoría se utiliza para limpiar y purificar la superficie de semiconductores de células fotovoltaicas. Estos productos químicos son similares a los utilizados en la industria de semiconductores general y generalmente incluyen:

- Ácido clorhídrico, Ácido sulfúrico, Ácido nítrico, Fluoruro de hidrógeno ,1,1,1 – tricloroetano, Acetona.

Los residuos tóxicos y peligrosos están regulados por el Real Decreto 833/1988 de 20 de julio. Se debe de etiquetar y almacenar correctamente lo que supone un aumento de costes en el proceso de fabricación.

9.3.9. COMPARACIÓN Y VALORACIÓN AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS

PROPUESTAS

Se procede a realizar una valoración de los posibles impactos en cada una de las alternativas siendo muy similares debido a la similitud de las alternativas, difiriendo únicamente en las estructuras soporte a instalar en cada una de ellas. A partir de los impactos definidos se procede a hacer una valoración de la importancia de cada uno de ellos, así como valorar la afección de cada impacto en las diferentes alternativas. se desarrolla entonces la siguiente tabla con la ponderación de la importancia de cada uno

de ellos y valorar en qué medida afecta cada alternativa. Cuando más pequeña sea la puntuación obtenida, menor es la afección al medio ambiente.

IMPACTO	PESO	OPCIÓN A		OPCIÓN B	
		puntos	valor	puntos	valor
Suelo	8	4	32	6	48
Contaminación acústica	4	2	8	3	12
Contaminación atmosférica	5	1	5	2	10
Flora	4	4	16	4	16
Fauna	4	4	16	5	20
Paisaje	7	3	21	4	28
Residuos	9	2	18	2	18
Medio socioeconómico	7	7	49	7	49
TOTAL			165		201

TABLA 32. COMPARACIÓN Y VALORACIÓN AMBIENTAL DE LAS ALTERNATIVAS

se puede observar que la opción b que sería la alternativa dispuesta con seguidores solares a un eje ocasiona una mayor afección al medio que se podrá tener en cuenta a la hora de elegir la alternativa a construir.

posteriormente, se analiza de forma general cual es el impacto que generan este tipo de instalaciones en el medio. para la identificación y valoración de los impactos hay que tener en cuenta una serie de características diferenciadas para cada acción entre las que están:

- Carácter Genérico: se califica como beneficioso o adverso en referencia al estado previo de la actuación.
- Tipo de Acción: Directa si el efecto se manifiesta de inmediato o indirecta cuando el efecto se dé gradualmente.
- Sinergia: Cuando el efecto directo de la acción se multiplica al combinarse con los producidos por otras acciones derivadas de la ejecución del proyecto

- Características en el Tiempo: clasifica el impacto en:
 - temporal: la alteración se produce en un plazo limitado
 - permanente: la alteración permanece indefinidamente
- Características espaciales: clasifica el impacto en función del lugar en el que se realiza la acción:
 - Localizado: Si los efectos se manifiestan en el mismo lugar en el que se realiza la acción.
 - Extensivo: si se manifiestan fuera de donde tienen lugar las acciones, independientemente de la superficie que resulte afectada
- Cuenca espacial: clasifica en función del lugar donde se perciben los efectos:
 - Próximo: Si los efectos se perciben en el mismo lugar en el que se realiza la acción.
 - Alejado: si se perciben a distancia de donde tienen lugar las acciones, independientemente de la superficie que resulte afectada.
- Reversibilidad: valora la posibilidad de retomar la situación original de forma natural. Si es posible, el impacto será reversible. En el caso contrario, será irreversible
- Probabilidad: La probabilidad de que ocurran los efectos derivados de las acciones se clasifican en segura, alta, media y baja.
- Grado de protección exigida: En el caso de existir recursos o elementos protegidos o a proteger se especifica el nivel de protección y que medidas conlleva su protección total o parcial.
- Recuperabilidad: Cuando existe la posibilidad de recuperar unas condiciones similares a las originales se considera recuperable (total o parcialmente). En caso contrario se considera irrecuperable. El hecho de que el impacto sea recuperable no implica que se vayan a llevar a cabo la recuperación, dependiendo esto de la magnitud del impacto.
- Medidas correctoras: Se describen y cuantifican las medidas a tomar para corregir o recuperar los efectos del impacto.
- Magnitud: valoración del efecto de la acción. Se clasifican en:

-Compatible: cuando el impacto es positivo o en caso contrario la recuperación es inmediata.

-Moderado: Cuando se recuperan las condiciones originales a medio plazo sin necesidad de medidas correctoras. Cuando la probabilidad de que se ocasione impactos irreversibles pero recuperables es baja.

-Severo: Cuando son necesarias la aplicación de medidas que corrijan total o parcialmente los efectos del impacto. Cuando hay una probabilidad alta o media de que se originen impactos irreversibles y recuperables.

-Crítico: Cuando las pérdidas de condiciones originales superan el umbral admisible y no son recuperables o bien cuando la probabilidad de que esto ocurra sea media o alta.

Definimos este impacto visual según las definiciones vistas al principio de este apartado.

CARÁCTER GENÉRICO	ADVERSO
TIPO DE ACCIÓN	DIRECTA
SINERGIA	NO HAY
CARACT. EN EL TIEMPO	PERMANENTE
CARACT. ESPACIALES	LOCALIZADO
CUENCA ESPACIAL	PRÓXIMA
REVERSIBILIDAD	IRREVERSIBLE
PROBABILIDAD	SEGURA
GRADO DE PROTECCIÓN EXIGIDA	NO SE PRECISAN
RECUPERABILIDAD	RECUPERABLE
MEDIDAS CORRECTORAS	NO SE PRECISAN
MAGNITUD	MODERADO

TABLA 33. DEFINICIÓN DEL TIPO DE IMPACTO AMBIENTAL. ELABORACIÓN PROPIA

9.3.10. EMISIONES EVITADAS POR EL USO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Desde el punto de vista económico, las instalaciones solares fotovoltaicas se están implantando sobre todo por consideraciones ecológicas y económicas. El balance desde este punto de vista es totalmente favorable, tanto en reducción de emisiones, como en el balance energético. El tiempo de recuperación energética (2 – 3 años) es significativamente menor que la duración del sistema 25 años. La energía producida es de 9 a 17 veces superior a la invertida. Todos los kW que se generan con un sistema fotovoltaico equivalen a un ahorro de energía generada con otras fuentes de energía, con toda probabilidad con mayor o menor grado de poder contaminante, lo que conlleva, por lo tanto, a una reducción de emisiones. El CO₂ es uno de los principales gases que intervienen el efecto invernadero incidiendo gravemente en el cambio climático de la tierra. La concentración atmosférica de CO₂ en la actualidad alcanza unas 375 partes por millón, es por esta razón que cualquier reducción de emisiones del mismo comporta beneficios ambientales muy significativos. Para calcular el ahorro de CO₂ que se obtiene gracias a la generación de kW de un sistema fotovoltaico, podemos utilizar la emisión media por unidad de kW eléctrica generada en España, que se considera que es aproximadamente de 0,464 Kg de CO₂ por KW. eléctrico generado, entonces:

	INSTALACION FIJA	INSTALACION CON SEGUIDOR 1 EJE
PRODUCCION ESTIMADA (KW)	8.041.662	11.061.901
AHORRO EN CO ₂ (TON)	3731,331168	5132,722064
FACTOR : 0,464 KG CO ₂ POR KW	0,464	0,464

TABLA 34. CÁLCULO DE EMISIONES EVITADAS. ELABORACIÓN PROPIA

9.3.11. MEDIDAS CORRECTORAS Y PROTECTORAS

Con el fin de reducir o corregir los impactos detectados se proponen una serie de medidas que deberán seguirse y que corregirán los diferentes impactos definidos anteriormente. todas las actuaciones que se derivan de la ejecución de la obra se recogen dentro del ámbito de la obra.

El ámbito de la obra se define como aquella superficie cuyo perímetro interior queda definido por una línea situada a 2 metros del exterior de la parcela. Las actuaciones a tener en cuenta son las siguientes:

Realizar el transporte del material con anterioridad y por las rutas establecidas

Humedecer las vías de acceso para disminuir el volumen de polvo generado

Controlar la velocidad de los vehículos con el fin de reducir emisiones de polvo y ruidos

Aprovechar la tierra vegetal procedente de la excavación

Mantener la maquinaria utilizada en las mejores condiciones minimizando los ruidos de motores y silenciadores.

Todas estas actividades deberán realizarse en el menor tiempo posible y en épocas en las que la afección sea lo más baja posible.

Evitar el paso de maquinaria sobre cubierta vegetal del exterior de la obra

Realizar trabajos de excavación por el día. En caso de querer realizarse en horas nocturnas se deberá de contar con los permisos necesarios.

Remover el suelo y restaurar el área afectada en caso de derrames de combustible.

El lavado, reparación y mantenimiento de vehículos y maquinaria debe efectuarse en centros autorizados para tal fin.

La actividad deberá de contar con las respectivas medidas de señalización.

En caso de encontrar hallazgos arqueológicos se deberá suspender la obra y comunicar a la autoridad competente.

Al finalizar los trabajos, los sitios de las obras y sus zonas contiguas deberán entregarse en óptimas condiciones de limpieza y libres de cualquier tipo de material de desecho, garantizando que las condiciones sean mejores o similares a las que se encontraban antes de iniciar las actividades.

en caso de producirse excedentes no aprovechables de materiales de excavación o de cualquier otro tipo deberán trasladarse y depositarse en un vertedero controlado.

Construcción de un cierre perimetral que impida el acceso a las zonas con elementos con tensión. Se puede considerar la plantación de un seto o planta similar alrededor del cerramiento sin que ocasione problemas de sombras en la planta.

En caso de ser necesaria se realizará la instalación de carteles metálicos con soporte metálico indicando el peligro de descargas que pudiera haber por manipular indebidamente elementos de la instalación.

9.3.12. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

Se trata de un sistema que garantice el cumplimiento de las medidas preventivas correctoras, tanto en la fase de construcción como explotación y desmantelamiento.

Entre las medidas a seguir recogidas en el documento del programa de vigilancia ambiental se recogen:

- La época más adecuada para llevar a cabo las obras son los últimos meses de verano y durante el otoño, por estar fuera de la época de cría numerosas especies y ser la climatología más adecuada para los movimientos de tierra que se puedan producir.
- Hacer estudios encaminados a conocer el grado de integración paisajística logrado.
- Durante la ejecución de las obras controlar periódicamente que las medidas protectoras se están llevando a cabo sobre todo destacar el control en las de factor humano y vertidos.
- Comprobación periódica del estado de los carteles y señales de advertencia
- Anualmente se realizará una revisión exhaustiva del vallado, sustituyendo los postes que presenten debilidad por oxidación u otros fallos mecánicos o de estabilidad
- Al finalizar la vida útil de la instalación se cumplirá con el proyecto de desmantelamiento y los diferentes elementos se reciclarán debidamente según lo dispuesto en dicho proyecto.

10. Conclusiones

Para finalizar se expone una pequeña comparativa entre los dos tipos de sistemas con el fin de mostrar los diferentes parámetros determinantes a la hora de determinar la implantación de un tipo u otro de sistema de los mencionados.

Para recoger estos datos se ha realizado una tabla comparativa de las dos opciones para ofrecer una mejor perspectiva de lo que ofrece cada alternativa estudiada.

A la hora de seleccionar una de las dos opciones cabe mencionar que se escogería la opción B que consiste en el diseño de la planta fotovoltaica formada por módulos fotovoltaicos montados sobre seguidores.

Aunque la inversión inicial es mayor, se obtienen mejores resultados de eficiencia y producción lo que a la larga significa una mayor ganancia económica debido a la mayor producción

Si es verdad que a corto plazo es mejor la instalación de estructuras fijas ya que abarata costes de instalación, pero tiene como contrapartida que ofrece peores resultados de producción que la otra alternativa.

En lo que se refiere a la afección al medio cabe destacar que, aunque se trate de la misma parcela para las dos alternativas, la obra civil es mayor en la opción B lo que supone un mayor grado de emisiones de polvo y ruido. Esto hace que se obtengan peores valores dentro del estudio de impacto ambiental pero que tampoco queda muy lejos de los resultados ofrecidos por la opción A.

Es por esto que, valorando y detallando parámetros energéticos económicos y ambientales, optaría por la implantación del parque solar montando los módulos sobre estructuras con seguimiento al Sol, es decir, implantando la instalación según la alternativa u opción B.

[illegible]

11. Bibliografía

- PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS DE INSTALACIONES CONECTADAS A RED

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/7538/Pliego%20de%20condiciones.pdf?sequence=7&isAllowed=y>

- WEATHER ONLINE ESPAÑA.

<https://www.woespana.es/weather/maps/city?LANG=es&PLZ= &PLZN= &WMO=08419&CONT=eses&R=0&LEVEL=162®ION=0005&LAND=SP&MOD=tab&ART=PRD&NOREGION=0&FMM=1&FYY=2000&LMM=12&LYY=2018>

- HIDROSUR MEDIOAMBIENTE

<http://www.redhidrosurmedioambiente.es/saih/datos/a/la/carta>

- TURISMO ILLORA: FLORA, FAUNA, ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

<http://www.turismodeillora.com/es/el-medio-f-sico/ecosistemas-flora.html>

<http://www.turismodeillora.com/es/el-medio-f-sico/monumentos-naturales.html>

- ESTUDIO Y DESARROLLO PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA

https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/27871/PFC_Mar%C3%ADA%20Jos%C3%A9%20Fern%C3%A1ndez%20Llobell.pdf?sequence=1

- Energía renovable

www.elfreneticoinformatico.com

- LA ENERGÍA SOLAR

www.meteorologiaenred.com

- DATOS FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA

Página web de la Red Eléctrica de España

- SAM FUNCIONAMIENTO

http://www.fisica.uji.es/priv/web%20master%20SIH007/general/treballs%202015/Ferramentes_Software.pdf

- DATOS RADIACION SOLAR

<https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/Radiacion/radiacion3.php>

<http://www.adrase.com/>

<http://www.aemet.es/es/eltiempo/observacion/radiacion/radiacion>

http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.04dc44281e5d53cf8ca78ca731525ea0/?vgnextoid=272418a8d76d9310VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextchannel=fc90a38ee146a310VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextfmt=rediam&lr=lang_es

- ZONAS CLIMÁTICAS

<https://suelosolar.com/newsolares/newsol.asp?id=6100>

- TRANSPARENCIAS IMPACTO AMBIENTAL

Apuntes de la Universidad de Cantabria dentro de la asignatura de impacto ambiental.

Xavier Moreno-Ventas Bravo

- INSOLACIÓN ANUAL

https://www.ign.es/espmmap/mapas_clima_bach/Mapa_clima_11.htm

- PROCESO DE CREACION PLANTA CONECTADA A RED

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/10756/PFC%20Itebe%20Portabela%2020100830.pdf>

- DISEÑO INSTALACION FV INTERCONECTADA

https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56004/TFG_OlalloVilloldoRuiz_def_2_1434107397463130040045276239262.pdf?sequence=2

- APUNTES UC: ENERGÍA Y TELECOMUNICACIONES TEMA 6.3. ENERGÍAS RENOVABLES (III)ENERGÍA SOLAR

- Panel fotovoltaico

<https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/panel-fotovoltaico>

- PROGRAMA PVSYS

<http://re.irc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

<https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/solarworld/sunmodule-plus-sw-290-mono/>

https://www.sfe-solar.com/wp-content/uploads/2015/10/SolarWorld-SW290-300-Mono_EN.pdf

- SEGUIDORES

<http://degeriberica.com/seguidores-solares-de-1-eje/>

- SEGUIDOR A 1 EJE ELEGIDO

<https://www.grupojab.es/producto/degertracker-s70/>

http://www.degerenergie.de/files/pdf/Datenblaetter%20DEGERtracker/Englisch/DEGERtracker_S70_data_sheet_2017-02.pdf

- Ubicación parcela

<http://www1.sedecatastro.gob.es/portalcatastro/PonenciaUrb2005.aspx?codProvincia=18&strProvincia=Granada&codMunicipio=104&strMunicipio=ILLORA&strAApon=30/06/2006&tipoPonencia=T>

- IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTOR:
EMMANOUIL FYLLADITAKIS, BRUNEL UNIVERSITY REINO UNIDO

http://www.labri.fr/perso/billaud/Helios2/resources/es15/Chapter_15_ES.pdf

12. Listado de imágenes y tablas

imagen 1. energía renovable-limpia fuente: elfreneticoinformatico.com

imagen 2. radiación solar y atmosfera fuente: meteorologiaenred.com

imagen 3. balance energético en la atmosfera. fuente: meteorología en la red.com

imagen 4. espectro electromagnético. fuente: ESOP

imagen 5. satélite vanguard i fuente: blogs.cdecomunicacion.es origen-y-primeros-pasos-de-la-energía-solar-fotovoltaica/

imagen 6. potencia eléctrica instalada en el mundo en billones de vatios fuente: massachussets institute of technology

imagen 7. potencia fotovoltaica instalada acumulada mundial fuente: asturbulla.org

imagen 8. evolución de la potencia solar fotovoltaica instalada anualmente (izquierda) y acumulada (derecha) en España, expresada en mw. fuente: unión española fotovoltaica, informe anual 2015.

imagen 9. evolución de la potencia solar fotovoltaica instalada y acumulada en España, expresada en mw (1 mw = 1.000.000 w fuente: informe anual 2015. unión española fotovoltaica.

imagen 10. evolución de los costes del panel fotovoltaico. fuente: aie 2014

imagen 11. explicación efecto voltaico. célula fotovoltaica fuente: sfe-solar.com

imagen 12. elementos instalación fotovoltaica. fuente: www.profesaulosuna.com energiasolar.pdf

imagen 13. elementos de un panel fotovoltaico fuente: eliseosebastian.com/diodos-en-los-paneles-fotovoltaicos/diodo-fv/

imagen 14. célula solar monocristalina fuente: directindustry.es

imagen 15. célula solar policristalina fuente: directindustry.es

imagen 16. texturizado superficie célula solar fuente: sfe-solar.com

imagen 17. tipos de paneles solares fuente: solex.solar.com

imagen 18. panel solar silicio amorfo fuente: lidarsolar.es

imagen 19. evolución del precio del módulo fotovoltaico de panel plano fuente: vientosolar blog

imagen 20. evolución de los precios del panel solar plano fuente: independecnaenergetica.es

imagen 21. instalación solar fotovoltaica aislado fuente: quetzalingenieria.es

imagen 22. instalación fotovoltaica conectada a red fuente: tersa.cat

imagen 23. cobertura de la demanda eléctrica. fuente: el sistema eléctrico español, informe REE, avance 2016

imagen 24. potencia instalada. fuente: el sistema eléctrico español, informe REE, avance 2016

imagen 25. potencia fotovoltaica instalada anual fuente: informe anual UNEF 2016

imagen 26. componentes de la variación de la demanda eléctrica peninsular. fuente: REE

imagen 27. potencia máxima instantánea peninsular fuente: REE

imagen 28. máxima demanda horaria peninsular fuente: REE

imagen 29: potencia instalada: evolución de la potencia instalada peninsular fuente: ree

imagen 30: evolución de la estructura de la generación peninsular fuente: REE

imagen 31: evolución de la energía renovable peninsular fuente: REE

imagen 32: red de transporte de red eléctrica fuente: REE

imagen 33. capacidad de transformación red de transporte peninsular fuente: REE

imagen 34: insolación anual en España fuente: centro nacional de información geográfica. IGN

imagen 35: irradiación media diaria fuente: idea

imagen 36: horas anuales de sol fuente: suelosolar.com

imagen 37: zonas climáticas España fuente: cte

imagen 38: ubicación de illora en España fuente: wikipedia.org

imagen 39: mapa hidrológico de granada fuente: juntadeandalucia.es

imagen 40: leyenda del mapa hidrológico. términos fuente: juntadeandalucia.es

imagen 41: precipitaciones a lo largo del año (mm) fuente: climate-data.org

- imagen 42. distribución de las precipitaciones fuente:climate-data.org
- imagen 43. grafico clima últimos 30 años fuente:climate-data.org
- imagen 44. distribución días soleados. fuente: climate-data.org
- imagen 45. distribución temperaturas por días fuente.climate-data.org
- imagen 46: mapa nacional zonas climáticas fuente: CTE código técnico edificación
- imagen 47: concepto radiación fuente:monografias.com Carlos sibilino
- imagen 48: distribución del viento en granada fuente: meteoblue.es
- imagen 49: distribución velocidades del viento fuente.windfinder.com
- imagen 50. pinus alepensis fuente: turismodeillora.com
- imagen 51. flora en Illora. fuente:naturaspain.com
- imagen 52: grafico radiación global sobre superficie inclinación óptima. elaboración propia fuente: agencia andaluza de la energía
- imagen 53: gráfico radiación global sobre superficie horizontal. Elaboración propia
- imagen 54: vista aérea de la parcela. fuente: Sam system advisor model
- imagen 55: grafico radiación global. Elaboración propia datos: agencia andaluza de la energía
- imagen 56: grafico comparativo plano horizontal vs ángulo óptimo. fuente: elaboración propia
- imagen 57: clima en Illora fuente: climate-data.org
- imagen 58. cálculo ángulo inclinación. fuente: idea
- imagen 59: distribución radiación en función del Angulo de inclinación y del azimut. fuente: programa de simulación pvsys
- imagen 60. localización parque fotovoltaico en Illora fuente: catastro
- imagen 61. datos catastrales del bien inmueble. Fuente: sede catastro
- imagen 62. orientación de la parcela. fuente: catastro
- imagen 63. esquema de una instalación conectada a red. Fuente: departamento de ingeniería eléctrica y energética. UC
- imagen 64: líneas eléctricas de la zona: fuente: red eléctrica de España

imagen 65: ficha técnica modulo fotovoltaico. fuente: solarworld

imagen 66: soporte de hormigón para módulos fotovoltaicos fuente: solarmat

imagen 67. datos del archivo meteorológico fuente: SAM

imagen 68: producción energética mensual. fuente: SAM

imagen 69. gráfico de pérdidas del sistema. fuente: SAM

imagen 70. producción anual y tiempo de vida de flujo de fondos fuente. SAM

imagen 71. energía mensual y carga fuente: SAM

imagen 72. distribución en porcentaje de perdidas fuente-SAM

imagen 73: seguidor a un eje fuente: grupojab.es

imagen 74: distancia entre filas de seguidores. Elaboración propia

imagen 75. esquema distancia entre filas de seguidores. elaboración propia

imagen 76. gráfico producción energética mensual. fuente: SAM

imagen 77. pérdidas del sistema fuente: SAM

imagen 78. producción anual en tiempo de vida. fuente: SAM

imagen 79: consulta y certificación de bien inmueble fuente: sede catastro

LISTADO DE TABLAS

tabla 1: mayores plantas fotovoltaicas España. elaboración propia

tabla 2: clasificación del suelo Illora. fuente: plan ordenación urbanística de Illora

tabla 3: precipitaciones por días. elaboración propia

tabla 4: aspectos socioeconómicos. elaboración propia fuente: instituto de estadística y cartografía de Andalucía

tabla 5. radiación global sobre plano con inclinación óptima. elaboración propia

tabla 6: radiación difusa sobre plano con inclinación óptima. Elaboración propia

tabla 7: radiación directa sobre plano inclinación óptima. elaboración propia

tabla 8: radiación global sobre plano horizontal. elaboración propia

tabla 9: radiación difusa sobre superficie horizontal. elaboración propia

tabla 10: radiación directa sobre superficie horizontal. elaboración propia

tabla 11. valores acumulados irradiación sobre plano inclinación óptima. Elaboración propia

tabla 12 temperaturas lora anual. elaboración propia

tabla 13. temperaturas mínima, máxima y media. elaboración propia

instalación fija

tabla 14. coeficientes para cálculo estimado producción método IDAE.

tabla 15. datos para cálculo de ptemp. elaboración propia

tabla 16. porcentaje del rendimiento energético por meses. elaboración propia

tabla 17. tabla de datos de SAM.

tabla 18. costes directos de capital. elaboración propia. fuente: SAM

tabla 19. costes indirectos de capital. elaboración propia fuente: SAM

tabla 20. flujo de fondos. elaboración propia. fuente: SAM

instalación con seguidor

tabla 21. coeficientes cálculo estimado producción. elaboración propia

tabla 22. datos para cálculo de ptemp para la producción método IDAE. elaboración propia

tabla 23. rendimiento energético de la instalación por meses. Elaboración propia

tabla 24. tabla de datos importantes de la instalación. fuente: SAM

tabla 25. costes directos de capital. Elaboración propia. datos de SAM

tabla 26. costes indirectos de capital. Elaboración propia. datos de SAM

instalación fija

tabla 27. estimación económica de la inversión inicial instalación fija. Elaboración propia

tabla 28. estimación económica de los ingresos instalación fija. Elaboración propia

instalación con seguidor

tabla 29. estimación económica de la inversión inicial instalación con seguidores.
elaboración propia

tabla 30. estimación económica de los ingresos instalación con seguidores. elaboración propia

impacto ambiental

tabla 31. sistema económico en estudio impacto ambiental. elaboración propia datos:
ayuntamiento de Illora

tabla 32. comparación y valoración ambiental de las alternativas. elaboración propia