



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Estudio de viabilidad técnica, económica y ambiental de  
una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia  
sanitaria en Denia

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Química

AUTOR/A: Olivert Ruiz, María

Tutor/a: Villanueva López, José Felipe

Cotutor/a: Iborra Clar, María Isabel

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUOLA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

Curso Académico:

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis profesores, familia y amigos, en especial a mi amiga Eva.

## **Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

### **RESUMEN**

El presente TFG surge a partir de la realización de las prácticas curriculares en un centro sanitario conocido como 'Policlínica Glorieta' situado en Denia, Alicante, el cual pretende instalar módulos fotovoltaicos de autoconsumo, con el objetivo de disminuir el consumo eléctrico, que tanto ha aumentado los precios durante los últimos meses.

A lo largo de este trabajo se van a estudiar los diferentes factores que afectan a la instalación, como puede ser el clima, la normativa aplicable o la potencia a instalar. Se realizará un análisis de las diferentes opciones de células fotovoltaicas que existen, comparándolas e identificando cual es la mejor opción para la empresa. Para ello, se va a evaluar y caracterizar el consumo de la empresa previo a la instalación y a estudiar si realmente es viable la instalación de estas. También, se pretende estudiar la eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos e identificar las posibles pérdidas.

El estudio técnico se complementará con el estudio de la viabilidad económica de la alternativa seleccionada.

Finalmente, el estudio se completará con la gestión de residuos durante el proceso y una vez finalizada la vida útil de los módulos fotovoltaicos, proponiéndole a la empresa una posible solución para la gestión de dichos residuos, apoyando la economía circular.

Palabras clave: panel fotovoltaico, célula fotovoltaica, gestión de residuos, viabilidad económica.

## **Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

### **RESUM**

El present TFG sorgeix a partir de la realització de les pràctiques curriculars en un centre sanitari conegut com a 'Policlínica Glorieta' situat a Denia, Alacant, el qual pretén instal·lar plaques fotovoltaiques d'autoconsum, amb l'objectiu de disminuir el consum elèctric, que tant ha augmentat els preus durant els últims mesos.

Al llarg d'aquest treball s'estudiaran els diferents factors que afecten la instal·lació, com pot ser el clima, la normativa aplicable o la potència a instal·lar. Es realitzarà una anàlisi de les diferents opcions de cèl·lules fotovoltaiques que existeixen, comparant-les i identificant com és la millor opció per a l'empresa. Per a això, s'avaluarà i caracteritzar el consum de l'empresa previ a la instal·lació i a estudiar si realment és viable la instal·lació d'aquestes. També, es pretén estudiar l'eficiència dels panells solars fotovoltaics i identificar les possibles pèrdues.

L'estudi tècnic es complementarà amb l'estudi de la viabilitat econòmica de l'alternativa seleccionada.

Finalment, l'estudi es completarà amb la gestió de residus durant el procés i una vegada finalitzada la vida útil de les plaques, proposant-li a l'empresa una possible solució per a la gestió d'aquests residus, donant suport a l'economia circular.

Paraules clau: panell fotovoltaic, cèl·lula fotovoltaica, gestió de residus, viabilitat econòmica.

## **Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

### **ABSTRACT**

This bachelor's thesis arises from the internship in a health center known as 'Policlínica Glorieta' located in Denia, Alicante, whose purpose is to install self-consumption photovoltaic panels, with the aim of reducing the electric consumption, which is responsible for the rise in prices during the last months.

Throughout this thesis, an analysis will be done about the different factors that precede the installation, such as the climate, the applicable legal regulations or the power that needs to be installed.

Multiple options of photovoltaic cells will be explored, comparing them and identifying which is the best option for the company. To do this, the consumption of the company prior to the installation will be evaluated and characterized and it will be studied if it is really feasible to install these cells. Furthermore, the efficiency of photovoltaic solar panels will be studied as well as identifying possible losses.

The technical study will be completed with the economic viability study of the selected alternative.

Finally, the study will be completed with the management of waste during the process and once the useful life of the plates has ended, a proposal to the company for a possible solution for the management of said waste will be explained, supporting the circular economy.

Keywords: photovoltaic panel, photovoltaic cell, waste management, economic viability.

**Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica  
en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

ÍNDICE

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG

- Memoria Técnica
- Presupuesto

Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica  
en un centro de asistencia sanitaria en Denia

# DOCUMENTO 1

## MEMORIA TÉCNICA



## ÍNDICE DE LA MEMORIA TÉCNICA

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS.....	13
CAPÍTULO 2. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN .....	14
2.1 Motivación .....	14
2.2 Justificación.....	14
1.2.1 Justificación técnica .....	14
1.2.2 Justificación académica .....	15
1.2.3 Justificación ambiental .....	15
CAPÍTULO 3. INTRODUCCIÓN .....	16
3.1 Descripción de la empresa.....	16
3.1.1 Inventario de equipo .....	17
3.1.2 Caracterización del consumo .....	17
3.2 Estudio de los recursos .....	19
3.2.1 Climatología .....	19
3.2.2 Estudio del flujo solar .....	20
3.3 Energía renovable .....	22
3.4.1 Energía solar fotovoltaica .....	23
3.4.1.1 Situación energética en España.....	24
3.4.2 Efecto fotovoltaico .....	26
CAPÍTULO 4. NORMATIVA APLICABLE.....	28
4.1 Normativa en relación con la instalación .....	28
4.2 Normativa en relación con la gestión de residuos .....	28
CAPÍTULO 6. ESTUDIO Y SELECCIÓN DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS .....	29
6.1 Composición de un panel fotovoltaico .....	29
6.1.1 Células de silicio .....	30
6.1.2 Células de capa fina .....	32
CAPÍTULO 7. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN .....	33
7.1 Previsión de la energía .....	33
7.2 Modelo de módulos fotovoltaicos elegido .....	34
7.2.1 Modelo de módulo fotovoltaico elegido .....	34
7.2.2 Modelo de inversor elegido .....	35
7.3 Predimensionado de la instalación fotovoltaica de 25 kWp .....	36
7.4 Predimensionado de instalación fotovoltaica para cubrir la demanda.....	40

## **Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

7.5 Colocación de los módulos fotovoltaicos fotovoltaica .....	42
7.5.1 Ubicación .....	42
7.5.2 Sombras .....	42
7.5.3 Orientación.....	42
7.5.4 Inclinación .....	42
7.5.5 Separación entre hileras .....	43
CAPÍTULO 8. ECONOMÍA CIRCULAR.....	44
8.1 Vida útil de los paneles solares .....	44
8.2 Reciclaje y reutilización de los componentes de un panel fotovoltaico.....	45
8.2.1 Elementos químicos de los paneles fotovoltaicos.....	46
CAPÍTULO 9. GESTIÓN DE RESIDUOS .....	48
9.1 Gestión de residuos en el proceso de fabricación de los módulos fotovoltaicos fotovoltaicas .....	48
9.2 Gestión de residuos de paneles fotovoltaicos fuera de uso .....	49
9.2.1 Desmantelamiento de paneles fotovoltaicos .....	49
9.2.2. Principales residuos generados.....	51
9.3 Valoración de los residuos de paneles fotovoltaicos .....	51
9.4 Posible impacto ambiental .....	52
9.5. Responsabilidades de los consumidores .....	53
CAPÍTULO 10. VIABILIDAD ECONÓMICA .....	54
10.1 Viabilidad económica para una instalación de 25 kWp.....	54
10.1.1 Viabilidad económica para una instalación de 25 kWp con fondos propios .....	55
10.1.2 Viabilidad económica para una instalación de 25 kWp con financiación ajena.....	56
10.2 Viabilidad económica para una instalación que cubra la demanda.....	56
10.2.1 Viabilidad económica para una instalación que cubra la demanda con fondos propios.....	57
10.2.2 Viabilidad económica para una instalación que cubra la demanda con financiación ajena.....	57
10.3 Ayudas e incentivos .....	58
CAPÍTULO 11. CONCLUSIONES .....	59
CAPÍTULO 12. BIBLIOGRAFÍA .....	61
CAPÍTULO 13. ANEXOS .....	64

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Representación de los objetivos 7, 9 y 13 de los ODS. ....	15
Imagen 2. Logo Policlínica Glorieta.....	16
Imagen 3. Radiación solar en la Península Ibérica e Islas Baleares .....	20
Imagen 4. Potencia instalada y generación de electricidad con energía fotovoltaica en España. .....	25
<i>Imagen 5. Representación polarización directa e inversa respectivamente .....</i>	<i>27</i>
<i>Imagen 6. Representación de un módulo fotovoltaico solar .....</i>	<i>29</i>
Imagen 7. Proceso Czochralski .....	30
Imagen 8. Representación de los módulos fotovoltaicos con células monocristalinas y policristalinas respectivamente.....	31
Imagen 9. Posible distribución de las placas solares. ....	43
Imagen 10. Panel fotovoltaico dañado .....	45
Imagen 11. Pictogramas de elemento peligroso para la salud y peligroso para el medio ambiente. ....	46
Imagen 12. Pictograma de elemento corrosivo y peligroso para el medio ambiente. ....	46
Imagen 13. Pictograma de elemento corrosivo, peligroso para la salud, atención y peligroso para el medio ambiente. ....	47
Imagen 14. Logo PV CYCLE .....	49

**Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Elementos de consumo .....	17
Tabla 2. Valores de la energía real consumida en 2021 energía estimada. ....	33
Tabla 3. Datos módulo fotovoltaico AMERISOLAR 330W AS-6P-330 .....	35
Tabla 4. Inversor Ingecon 15U 208 .....	36
Tabla 5. Posibles combinaciones en serie y paralelo para una instalación de 25 kWp .....	39
Tabla 6. Características inversor INGETEAM INGECON 25U 480.....	41
Tabla 7. Posibles combinaciones para en serie y paralelo para cubrir la demanda .....	41
Tabla 8. Estimación de materiales recuperables procedentes de paneles fotovoltaicos en 2050 .....	51
Tabla 9. Resumen presupuesto para instalación 25 kWp .....	54
Tabla 10. Parámetros a definir para una instalación .....	55
Tabla 11. Valores financieros para una instalación de 25 kWp con fondos propios .....	55
Tabla 12. Valores financieros para una instalación de 25 kWp con financiación ajena .....	56
Tabla 13. Resumen presupuesto para instalación que cubra la demanda .....	56
Tabla 14. Valores financieros para una instalación de 25 kWp con fondos propios .....	57
Tabla 15. Valores financieros para una instalación de 25 kWp con financiación ajena .....	57
Tabla 16. Valores de las superficies de la Policlínica Glorieta .....	64
Tabla 17. Energía consumida en los últimos años .....	65
Tabla 18. Valores de radiación de 6 días del año 2020. ....	66
Tabla 19. Valores de radiación solar en la ubicación de la empresa. ....	67
Tabla 20. Cálculos número de paneles en serie y en paralelo para una instalación de 25 kWp.	69
Tabla 21. Resultados de energía y potencia obtenidos para los valores escogidos en la memoria para una instalación de 25 kWp .....	69
Tabla 22. Cálculos número de paneles en serie y en paralelo para una instalación que cubra la demanda y energía generada por la instalación.....	69
Tabla 23. Resultados de energía y potencia obtenidos para los valores escogidos en la memoria para una instalación que cubra la demanda .....	69

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Energía consumida por la empresa a lo largo de los últimos años.....	18
Gráfico 2. Temperaturas registradas en Denia.....	19
Gráfico 3. Radiación en tres días aleatorios de invierno.....	21
Gráfico 4. Radiación en tres días aleatorios de invierno.....	21
Gráfico 5. Evolución generación renovable en España.....	23
Gráfico 6. Instalaciones solares fotovoltaicas acumuladas en Europa.....	24
Gráfico 7. Energía real en 2021 y energía que se obtendría una vez instalada.....	34
Gráfico 8. Emisiones de NO <sub>x</sub> (A) y SO <sub>2</sub> (B) durante el ciclo de vida de los paneles.....	48
Gráfico 9. Radiación solar en Partida Madrigueres sur 9 en el año 2019 y 2020.....	68
Gráfico 10. Valores de flujo de caja para instalación de 25 kWp con fondos propios y con financiación ajena respetivamente.....	73
Gráfico 11. Valores de flujo de caja para instalación para cubrir la demanda con fondos propios y con financiación ajena respectivamente.....	73

**Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica  
en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Consumo de energía en los últimos años .....	65
Anexo 2. Superficie Policlínica Glorieta.....	64
Anexo 3. Radiación en la localización en 2020 .....	66
Anexo 4. Radiación solar en la localización .....	67
Anexo 5. Cálculos selección número de paneles en serie y en paralelo y energía generada por la instalación .....	69
Anexo 6. Fichas de seguridad .....	71
Anexo 7. Tablas estudio de flujo de caja .....	72

## **CAPÍTULO 1. OBJETIVOS**

El objetivo principal de la redacción de la memoria de este Trabajo de Fin de Grado es el estudio de una instalación fotovoltaica en un centro sanitario, analizando su viabilidad económica, técnica y medioambiental.

Para conseguir dicho objetivo principal se pretende cumplir los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar las ventajas y desventajas de los diferentes módulos fotovoltaicos que se pueden implementar, y elegir un modelo que cumpla los requisitos del diseño.
- Evaluar y caracterizar el consumo previo a la instalación, y compararlo para poder así visualizar la que se obtendría mejora.
- Estudiar la gestión de los residuos que se generan, durante el proceso de instalación y una vez finalizada la vida útil de la instalación.
- Realizar un análisis financiero en el que se refleje los costes y ahorros, para ver si va a suponer una mejora económica.

## CAPÍTULO 2. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

### 2.1 Motivación

El presente Trabajo de Fin de Grado surge en un centro sanitario, a raíz de la realización de las prácticas curriculares en dicha empresa. Así pues, la motivación principal del proyecto es analizar la viabilidad tanto técnica como ambiental y económica de la instalación fotovoltaica en una empresa situada en Denia. Para ello, se va a estudiar, por un lado, la condición energética de la empresa en los últimos meses y se va a proponer un modelo de módulo fotovoltaico tras haber examinado las distintas opciones. También, se analizará la situación con respecto al recurso solar que hay en dicha ciudad.

También, se van a estudiar los residuos generados durante la fabricación de los módulos fotovoltaicos y se va a proponer un plan para la gestión de residuos una vez finalice su vida útil, siguiendo de cerca los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuesto por Naciones Unidas. Por último, también se va a tener en cuenta el ahorro económico que supondría la instalación de estas para poder ver si es factible, estudiando los diferentes casos y analizando cuál es, finalmente, la mejor opción.

### 2.2 Justificación

#### *1.2.1 Justificación técnica*

La decisión de instalar módulos fotovoltaicos solares de autoconsumo por parte de la empresa fue tomada hace unos años atrás pero no ha sido hasta el momento que se redacta este Trabajo de Fin de Grado que esta decisión ha comenzado a materializarse.

En enero de 2020 la empresa se ve obligada a cambiar de localización tras la finalización del contrato del alquiler del local donde se situaban. En marzo del 2020 surge la pandemia mundial del COVID-19, a pesar de esto, la empresa pudo acabar las obras de las nuevas instalaciones y hacer el cambio de ubicación con éxito. En este momento y tras la crisis sanitaria que se estaba dando a nivel mundial, la empresa decidió priorizar otras tareas al hecho de instalar módulos fotovoltaicos.

En febrero de 2022, tras unos años frenéticos debido a la pandemia, han encontrado el momento para preocuparse por la instalación de los módulos fotovoltaicos solares. Esta decisión viene motivada, por un lado, por la notable subida de la luz y su consecuente aumento en los gastos de la empresa y por otro lado, por la filosofía de la propia empresa y su compromiso con el medio ambiente.

Asimismo, esta fecha coincide con la entrada de la alumna en la empresa debido a las prácticas, por lo tanto, ha tenido la oportunidad de estudiar junto a la empresa todos y cada uno de los distintos aspectos relacionados con el tema. Así, en el presente Trabajo de Fin de Grado se



## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

estudian diferentes cuestiones que han ayudado a la empresa a tomar la decisión de finalmente instalar los módulos fotovoltaicos.

### 1.2.2 Justificación académica

Este Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo englobar gran parte de los conocimientos adquiridos a lo largo de la vida universitaria, con la finalidad de demostrar que se han aprendido correctamente.

A lo largo de este se pueden observar conocimientos de diferentes asignaturas estudiadas durante el grado, entre las que destacan: física (M-007), ampliación de física (M-007), organización de empresas y sistemas de producción (M-008), proyectos de la ingeniería química (M-008), tecnología del medio ambiente (M-008), sistemas eléctricos y electrónicos (M-009), ciencia de materiales (M-010) y ampliación de ciencia de materiales (M-010).

### 1.2.3 Justificación ambiental

La Asamblea general de la ONU creó en el año 2015, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible donde 193 países han planteado Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Estos recogen 17 objetivos que, si son seguidos por la población, se garantizará la igualdad entre personas, proteger el planeta y asegurar un futuro. Este Trabajo de Fin de Grado pretende alcanzar tres de ellos: los objetivos número 7, 9 y 13.

El séptimo de estos objetivos quiere garantizar el acceso a la energía asequible, segura, sostenible y no contaminante para todas las personas. La energía solar y eólica en España son las energías renovables más usadas, pero aún están en desarrollo. En el futuro pretenden ser mucho más eficientes. Este objetivo está relacionado con el décimo tercer objetivo que trata de adoptar medidas para combatir el cambio climático y sus efectos, para ello se pretende reducir los gases de efecto invernadero y crear una economía neutra de emisiones, disminuyendo la explotación de recursos no renovables que provocan el calentamiento global.

Además, se puede comentar el noveno objetivo que tiene que ver con la construcción de industrias sostenibles donde los módulos fotovoltaicos solares juegan un papel importante.



Imagen 1. Representación de los objetivos 7, 9 y 13 de los ODS.

Nota. Adaptado de la web de Naciones Unidas, 2022

## **CAPÍTULO 3. INTRODUCCIÓN**

### 3.1 Descripción de la empresa

La empresa que se estudia en este Trabajo de Fin de Grado es conocida como Policlínica Glorieta y fue fundada hace más de 20 años. Es un centro de asistencia sanitaria el cual trabaja en diferentes campos dentro de la medicina. Los más destacados son traumatología, cardiología, radiología intervencionista, otorrinolaringología, cirugía general, neumología, ginecología, podología, dermatología, urología, medicina estética y plástica, entre otros.

La Policlínica Glorieta es una empresa privada dirigida por dos socios fundadores, ambos extranjeros, que se enfoca sobre todo en pacientes internacionales, ya que la gran mayoría son rusos, alemanes, ingleses y búlgaros. La ubicación de esta empresa es Denia, Alicante, localidad a la que muchos extranjeros acuden buscando la vida de jubilación debido a su buen clima, la localización cercana a la zona costera y al ocio.

Siendo la gran mayoría de clientes y los fundadores extranjeros, es lógico contar con una plantilla de trabajadores internacional, más concretamente cuenta con 30 trabajadores, de estos 21 son médicos y enfermeros y el resto son un director médico, una directora de administración, un director financiero, un técnico de rayos, dos auxiliares de enfermería y un encargado en marketing y contabilidad. Además, de tres personas en la recepción, así como todo el personal de limpieza.

Tal y como se ha dicho anteriormente es una empresa totalmente privada, es decir, no está relacionada con aseguradoras de ningún tipo. El paciente, una vez recibido su tratamiento, paga directamente por el servicio que se le ha ofrecido, sin tener que pagar cuotas mensuales.

Además, un hecho a destacar es que no cuenta con hospitalización, es decir, si hay pacientes que necesitan pasar la noche, la empresa subcontrata este servicio a otro hospital. Esta práctica es bastante frecuente en la Policlínica, por ejemplo con la quimioterapia.

Otro hecho a destacar es que en 2020 cambiaron sus instalaciones, hecho que les ha permitido crecer ya que en la ubicación anterior contaban con poco espacio, y sin embargo tras las obras pertinentes han logrado ubicar ocho salas de consultas, un gimnasio de cardiología, oficinas... haciendo un total de 508,64 m<sup>2</sup> (*Ver Anexo 1*).



*Imagen 2. Logo Policlínica Glorieta.*

Nota. Adaptado de web de la Policlínica Glorieta, 2022.

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

### 3.1.1 Inventario de equipo

En este apartado se quiere estudiar todos los elementos que consumen energías presentes en la empresa, en la Tabla 1 adjunta a continuación se resume toda la maquinaria consumidora de electricidad.

Tabla 1. Elementos de consumo

Nota. Adaptado de datos ofrecidos por la Policlínica Glorieta, 2022.

	Número de elementos	Potencia nominal (W)	Tensión (V)
Termo	10	3.300	230
Equipo RX	1	15.000	230
Central de incendios	1	1.000	230
Ascensor	1	4.500	230
P. corredera	2	500	230
Termo general	1	3.500	230
Recuperador entálpico	1	2.500	230
Equipo A.A.	4	5.320	230
Fancoils	1	1.453	230
Equipo A.A. 2	2	2.500	230
Equipos informáticos	15	200	230
Alumbrado	1	3.810	230
<b>Potencia total</b>	-	<b>95.043</b>	-

*Equipo A.A hace referencia a equipo de aire acondicionado y Fancoils son emisores que se conectan a los sistemas de climatización.*

La potencia contratada por la empresa con IBERDROLA S.A. es de 50 KW, suficiente para el normal funcionamiento de la actividad. Si bien es cierto que la potencia total es mayor que la contratada, pero esto se justifica sabiendo que todas las máquinas no trabajan a la vez, por lo tanto, no se supera el límite.

### 3.1.2 Caracterización del consumo

Gracias a datos aportados por la propia empresa (*Ver Anexo 2*) se ha creado Gráfico 1, donde se pueden observar la energía consumida por la empresa a lo largo de los últimos años.

Para comenzar se ve un claro aumento en el consumo de energía entre finales de 2019 y principios de 2020. Esto es debido a que en abril de 2020 cambiaron sus instalaciones pasando de un espacio de 144 m<sup>2</sup> a una nave con aproximadamente 700 m<sup>2</sup>. Además, hay que tener en cuenta que en marzo del 2020 comienza la crisis sanitaria del COVID-19 lo que provoca una saturación en la sanidad pública, sin embargo la Policlínica Glorieta es una empresa privada que no cuenta con hospitalización, y por ley sólo podían atender a los pacientes más graves que no fueran casos COVID-19, ya que estos eran tratados en hospitales públicos. Gracias a datos cedidos por la propia empresa, se sabe que en marzo y abril del 2020 en comparación con los

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

mismos meses del año anterior supusieron respectivamente un 41,58% y 52,50% menos de servicios sanitarios prestados. Esto posteriormente cambió, y pudieron empezar a tratar a más enfermos y a hacer pruebas COVID, por lo tanto, en poco tiempo pasaron de tener unas instalaciones pequeñas, con pocos pacientes, a tener unas instalaciones mucho más grandes y a tener pacientes que no habían sido tratados durante la cuarentena y pacientes que pedían pruebas para detectar el COVID.

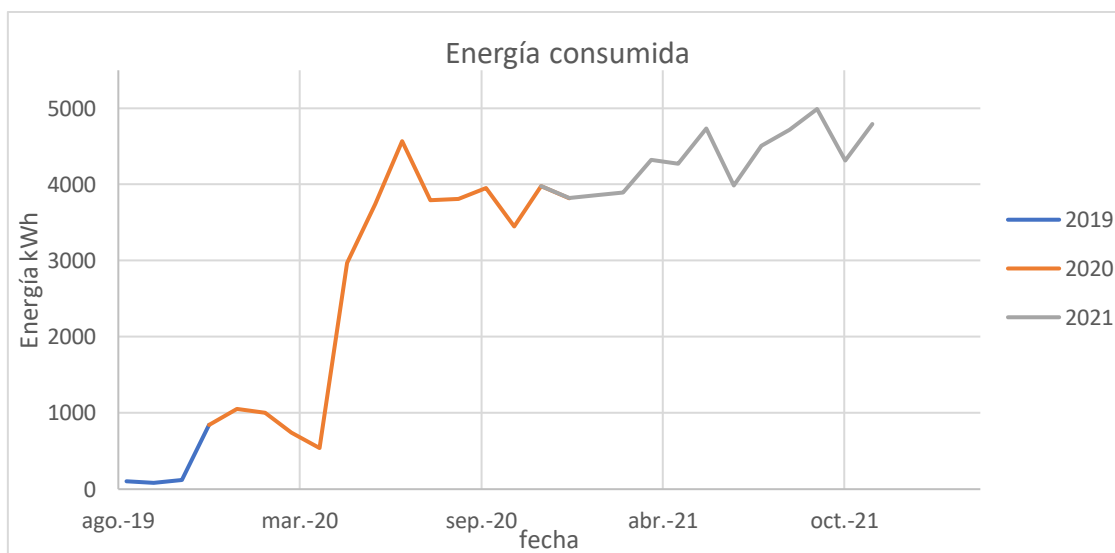


Gráfico 1. Energía consumida por la empresa a lo largo de los últimos años.

Nota. Adaptado de datos ofrecidos por la Policlínica Glorieta, 2022.

En verano de 2020 se observa una subida notable en el consumo de energía. Nuevamente esto es debido a que en verano por las altas temperatura se emplean sistemas de climatización, que justifican estos picos.

En diciembre de 2020 se observa un nuevo descenso de la energía consumida, esto es debido a varias razones. La primera, es que en ese momento hubo una recaída de la pandemia y con las restricciones había menos movimiento en las calles. Además, en días festivos de la época navideña la Policlínica Glorieta cierra ya que no tienen hospitalización. Todo esto explica la bajada de la energía consumida.

Esto se repite en el año 2021, aunque con valores más elevados esto es debido a que la Policlínica está experimentando un crecimiento bastante importante gracias, por un lado, a que tras un año en las nuevas instalaciones ya se han adaptado y se han dado a conocer, y por otro lado, son el centro sanitario privado que más pruebas COVID-19 ha realizado en la comarca de la Marina Alta y esto les ha hecho tener un gran flujo de clientes.

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

### 3.2 Estudio de los recursos

En este apartado se va a estudiar los factores que afectan directamente al sistema y que por lo tanto afectarán a la elección final del sistema fotovoltaico.

#### 3.2.1 Climatología

Como ya se ha dicho, la empresa se sitúa en Denia, Alicante. Este municipio es conocido por sus buenas temperaturas durante todo el año con inviernos templados y veranos calurosos, característico del clima mediterráneo. Además, las humedades durante todo el año se encuentran entre el 55-85%. En cuanto a las precipitaciones, Denia registra anualmente de media 650 L/m<sup>2</sup>, siendo otoño la estación con mayor número de lluvias. (Silvestre Asensio, 2014).

En la zona de la Marina Alta la temperatura media anual es 17°-18°, en verano se superan fácilmente los 30° y en invierno las temperaturas no suelen ser inferiores a 5°. (Vengut Antequera, 2013).

El gráfico adjuntado a continuación es perteneciente a la web *Weather Spark* y en esta se incluyen los valores de temperatura, siendo el intervalo diario de temperaturas la barra de color gris, las temperaturas máximas en rojo y las temperaturas mínimas en azul. La temperatura media en el mes más caluroso en Denia en 2020 fue de 33°C y la mínima en el mes más frío fue de 5°C, tal y como se puede ver en el gráfico.

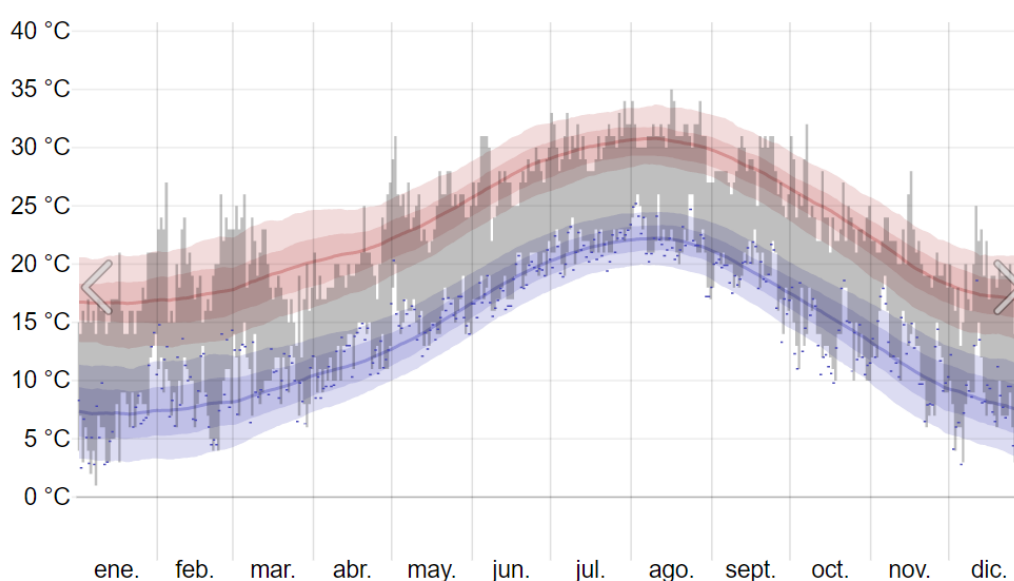


Gráfico 2. Temperaturas registradas en Denia.  
Nota. Adaptado de *Weather Spark*, 2020.

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

### 3.2.2 Estudio del flujo solar

España es conocida, entre muchas otras cosas, por su buen clima a lo largo de la gran mayoría de su territorio y durante la gran mayoría del año. En la Imagen 3 se puede observar un mapa de la Península Ibérica e Islas Baleares donde se muestra la radiación solar, aquí se pueden observar las siguientes características:

- Los lugares con colores rojizos son los que más radiación reciben, es el caso del sur de la península,
- Por lo contrario, los lugares con tonos azulados son los que menos radiación reciben, sobre todo en Galicia, Cantabria, Asturias y País Vasco.

La Policlínica se sitúa en la ciudad de Denia, provincia de Alicante, donde se puede observar unas altas radiaciones, siendo menores que en el sur, pero aun así mayores que la media europea.

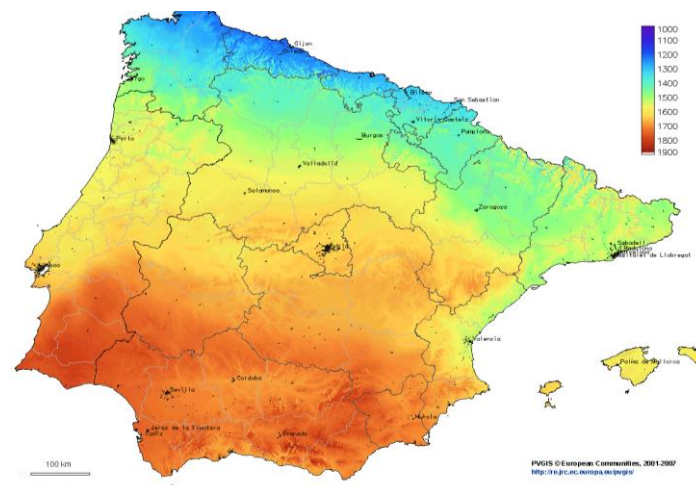


Imagen 3. Radiación solar en la Península Ibérica e Islas Baleares

Nota. Adaptado de web PVGIS, 2022.

Mediante PVGIS, una web del centro científico de la Unión Europea, se han obtenido los datos de la radiación solar en la ubicación exacta de la empresa (coordenadas geográficas: 38,836116, 0,0927529) durante cada hora a lo largo del año 2020. De estos datos se han seleccionado tres días pertenecientes a la estación de invierno (Gráfico 3) y tres días de la estación de verano (Gráfico 4).

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

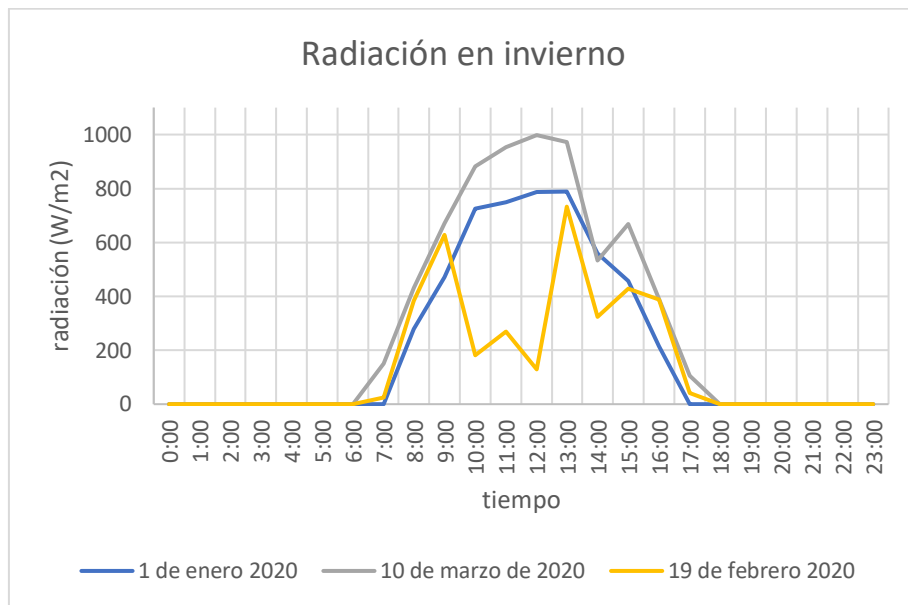


Gráfico 3. Radiación en tres días aleatorios de invierno.

Nota. Adaptado de web PVGIS, 2022.

Tal y como se puede ver en el Gráfico 3 la radiación es variable a lo largo del día, esto es debido a que cuando es invierno en el hemisferio norte, los rayos del sol no inciden perpendicularmente a esta zona. Además, hay que tener en cuenta que en invierno hay más nubes y el tiempo más variante.

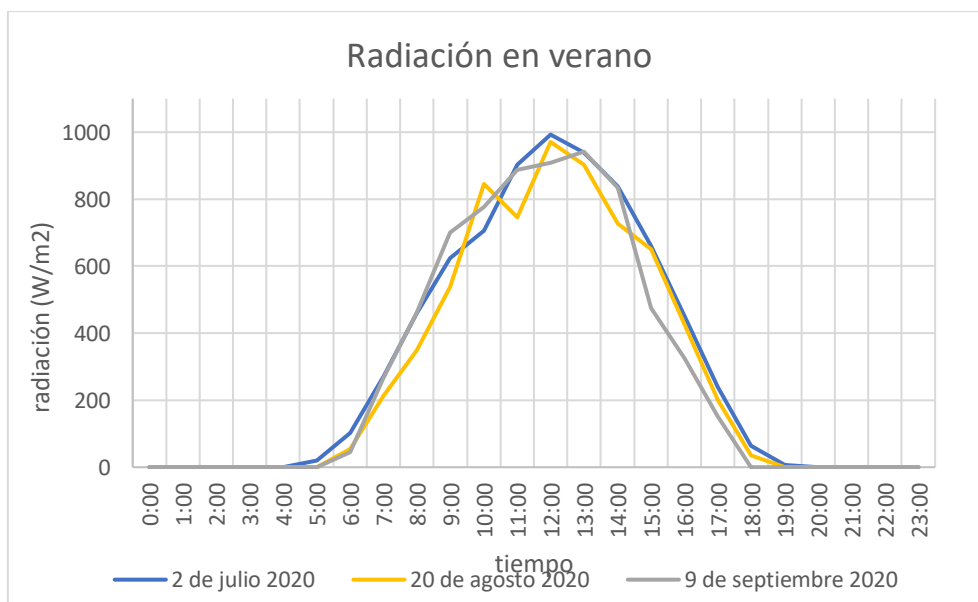


Gráfico 4. Radiación en tres días aleatorios de verano.

Nota. Adaptado de web PVGIS, 2022.

## **Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

Cuando es verano en el hemisferio norte de la tierra, esta está inclinada de manera que los rayos del sol inciden de manera más perpendicular, provocando los meses de mayor radiación y mayores temperaturas.

Además, comparando las dos gráficas se puede observar como el día es mucho más largo en verano, amaneciendo antes y atardeciendo después, por lo tanto, se tienen más horas de radiación.

Con estos datos se ha obtenido la media de radiación en invierno y de verano, siendo respectivamente  $222,87 \text{ W/m}^2$  y  $283,88 \text{ W/m}^2$ , demostrando nuevamente que la radiación es mucho mayor en la estación estival que en la invernal (*ver Anexo 3*). Aun así, se demuestra que la empresa recibe mucha radiación solar durante todo el año.

### 3.3 Energía renovable

Cuando se habla de energía renovable se hace referencia a las energías obtenidas a partir de fuentes naturales que en principio son inagotables. Las energías renovables más conocidas son la energía eólica, solar, mareomotriz, geotérmica, undimotriz, hidroeléctrica, biomasa y biocarburantes.

Evidentemente la ventaja que más destaca dentro de las energías renovables es que no contaminan tanto como las energías no renovables, y así combaten directamente el cambio climático disminuyendo la emisión de dióxido de carbono. Además, de que son energías seguras y no suponen riesgos para la salud. Asimismo, ayudan a potenciar el autoconsumo y disminuyen la dependencia energética con otros países.

Sin embargo, a pesar de ser energías limpias los procesos de producción de energías renovables no están exentos de determinados problemas ambientales, por ejemplo, el proceso de fabricación de los paneles fotovoltaicos implica producción de gases de efecto invernadero. Además, otro inconveniente es que dependen de los fenómenos naturales que no se pueden controlar.

Tras el Acuerdo de París de 2015 las energías renovables toman un gran impulso, ya que se acordó que para 2020 todos los países involucrados debían reducir sus emisiones para que la temperatura media mundial no aumentará (Fernández-Reyes, 2016). Aun así, actualmente se utilizan más las energías no renovables que las energías renovables. Este modelo energético es insostenible ya que se está contribuyendo al efecto invernadero, contaminación, lluvia ácida y deforestación. Además, los combustibles fósiles se están agotando, y en una o dos generaciones desaparecerá el petróleo y el gas natural. Las reservas de carbón son menos limitadas pero es altamente contaminante (Schallenberg Rodríguez et al., 2008).



## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

### 3.4.1 Energía solar fotovoltaica

Dentro de las energías renovables se encuentra la energía solar fotovoltaica que fue descubierta en 1839 por Alexandre Edmond Becquerel, pero no fue hasta 1941 cuando Russel Ohl patentó la primera célula fotovoltaica de silicio, situada dentro de las propias módulos fotovoltaicos, y de donde se obtiene energía a partir de la radiación solar (Solar, 2007).

A partir del año 2000 este tipo de energía ha crecido radicalmente, viéndose hoy en día en numerosas empresas, que toman la decisión de instalar estos paneles solares. También, cada vez es más común verlas en hogares y viviendas particulares, e incluso en instalaciones e infraestructuras públicas. Esto es debido al ahorro económico que supone, ya que se autoconsume la energía producida. Además, en un gran número de países se ofrecen incentivos económicos a las personas o empresas que decidan instalarlas (Marín, 2004). Gracias en parte a esto, la energía solar fotovoltaica es la tercera fuente de energía renovable más importante en cuanto a instalaciones mundiales. Por encima se encuentran la hidráulica y la eólica (Espejo-Marín & Aparicio-Guerrero, 2020). A continuación, se puede apreciar en el Gráfico 5 la evolución de las distintas energías renovables en España a lo largo de los años y como la energía solar fotovoltaica ha aumentado considerablemente.

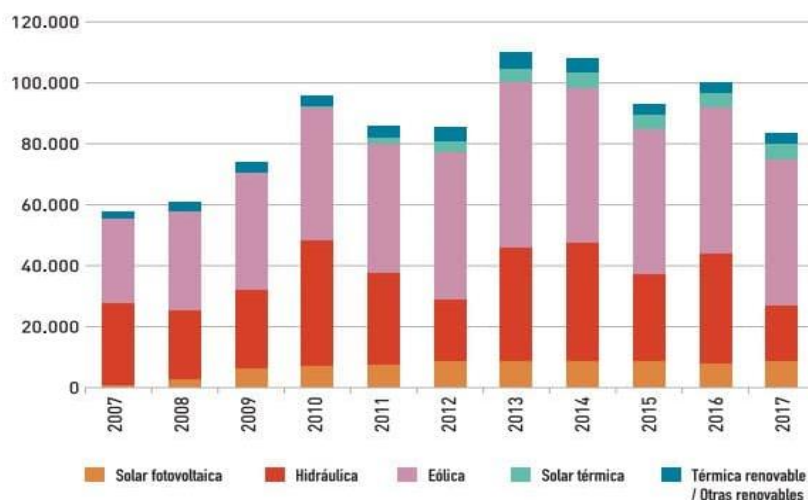


Gráfico 5. Evolución generación renovable en España.

Nota. Adaptado de OVACEN, 2018

El uso de la energía solar fotovoltaica en el mundo ha aumentado en su contribución a la producción de electricidad desde un 21,3% en 2007 hasta el 40,1% en 2018 (Espejo-Marín & Aparicio-Guerrero, 2020b), siendo Japón, Estados Unidos y Alemania los países con mayor consumo de energía solar (Marín, 2004).

La energía solar fotovoltaica como ya se ha dicho es una energía renovable, por lo que no causa ningún tipo de contaminación y es prácticamente inagotable. La principal desventaja de esta energía es que depende directamente de la radiación solar, por lo tanto, si los rayos no inciden

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

directamente en las células no se puede producir energía. Esto implica que, en la gran mayoría de ocasiones, es necesario complementar esta energía con otras para garantizar el suministro eléctrico.

El 11 de noviembre de 2019 la Comisión Europea (CE) aprobó el Pacto Verde Europeo, que propone una economía sostenible para poder llegar a 2050 siendo un continente climáticamente neutro, para ello se tomarán ciertas medidas, como apoyar una industria sostenible, por ejemplo, descarbonizando y modernizando las industrias, o reduciendo los gases de efecto invernadero generados en el transporte, ya que supone la cuarta parte de las emisiones de dichos gases. Además, la CE en el Pacto Verde Europeo apoya el uso de energías renovables, y es aquí es donde la energía fotovoltaica juega un papel muy importante (Europeo & de la Unión Europea, 2020).

### 3.4.1.1 Situación energética en España

Tal y como se ha dicho anteriormente Alemania es el país europeo con mayor mercado fotovoltaico, en 2019 contaba con una potencia instalada igual a 46,5 TW (Antonio Barrero F.,2020). Aunque España no se queda corta, destacando sobre todo el gran crecimiento en los últimos años, tal y como se puede observar en el Gráfico 6 adjuntado a continuación.

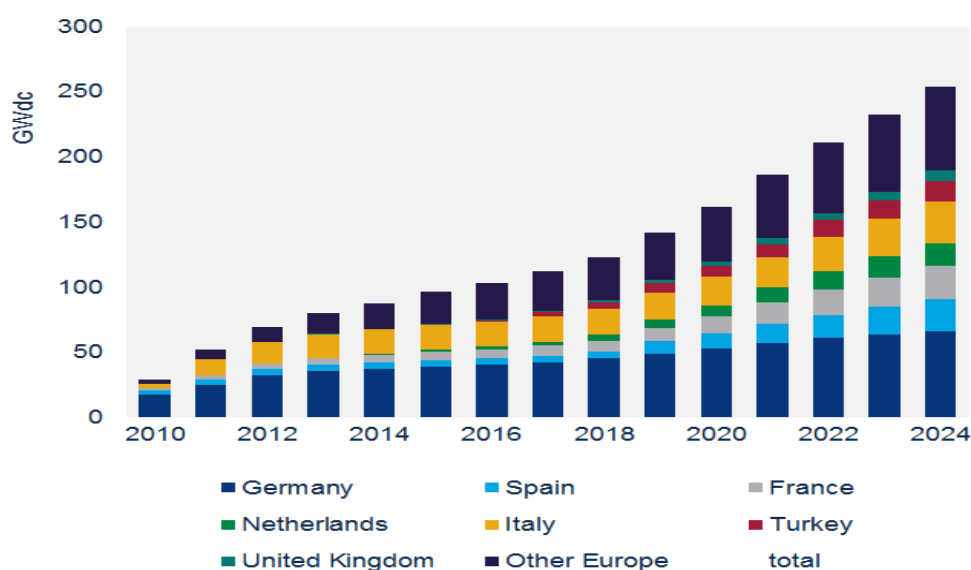


Gráfico 6. Instalaciones solares fotovoltaicas acumuladas en Europa.

Nota. Adaptado de PV magazine 2019

Este aumento es debido en parte, a que España es de los países con más radiación solar anual en toda Europa, aunque el norte de España no se caracteriza por su tiempo soleado, recibe más radiación que la media en Alemania.

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

Asimismo, este crecimiento es debido a que el gobierno español eliminó las restricciones económicas en 2004 que estaban relacionadas con la conexión de energías renovables de la red eléctrica, estos cambios quedan reflejados en los Real Decreto 436/2004 (Martín et al., s. f.).

A partir de 2004, hubo un crecimiento bastante notable, aunque con el Real Decreto RD 661/2007 se detectó un crecimiento mucho más grande. Posteriormente, se aprobó que este decreto tuviera una validez de un año, por lo tanto, todas las instalaciones anteriores a esta fecha se beneficiarían de este acuerdo. En este momento se dispararon las instalaciones fotovoltaicas, llegando en 2008 a una potencia acumulada de 3116 MW. Una vez alcanzada la fecha límite se impusieron unas medidas que entorpecían la instalación de más módulos fotovoltaicos, provocando un parón en la construcción (Cárabe, 2015).

En estos últimos años se ha recuperado el crecimiento, gracias en parte al Plan de energías renovables de 2011 – 2020 que creo que el gobierno con el objetivo de reactivar el sector fotovoltaico (Cárabe, 2015). En 2019 se firmó en Real Decreto 244/2019 en que explican las condiciones de autoconsumo de la energía solar.

En 2010 existían en España 12 centrales en funcionamiento, otras 15 estaban construyéndose y se inscribieron en el registro 33 nuevas centrales. En 2013 operaban cerca de 60 plantas en España (Marín & Marín, 2010), siendo Andalucía y Castilla la Mancha las comunidades autónomas que más potencia tienen instalada y las que más generan electricidad a través de la energía fotovoltaica tal y como se puede apreciar en la Imagen 4.

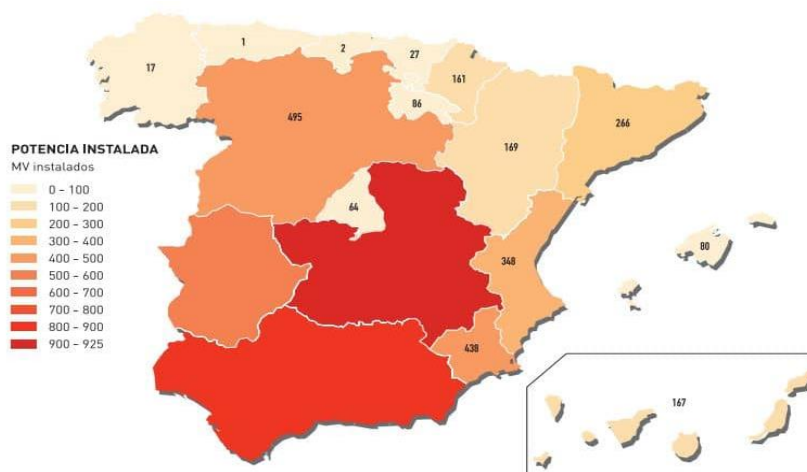


Imagen 4. Potencia instalada y generación de electricidad con energía fotovoltaica en España.

Nota. Adaptado de 12 Gráficas para entender la evolución de la fotovoltaica | OVACEN, 2018

En España la primera central que se construyó fue la de San Agustín de Guadalix en Madrid en 1985, posteriormente en 1999 se crea la de la Puebla de Montalbán en Toledo y en 2006 se inaugura una en Carmona, Sevilla. (Solar, 2007). Fueron muchas las centrales que se empezaron a construir, pero una de las más relevantes fue la central de Mula, Murcia, en 2019. En ese momento era la central de energía fotovoltaica más grande de toda Europa. Gracias a

## **Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

instalaciones como está, España consiguió a finales de 2018 generar una potencia que superaba los 104.000 MW, de este total el 4,5% fue gracias a la energía solar fotovoltaica y 2,21% a la termoeléctrica, aunque las energías renovables que más contribuyeron fueron la eólica con un 22,6% y la hidráulica con un 19,6%. (Espejo-Marín & Aparicio-Guerrero, 2020b)

### *3.4.2 Efecto fotovoltaico*

Los módulos fotovoltaicos solares en su interior tienen células o celdas fotovoltaicas que captan la energía de la radiación solar para convertirla en electricidad. Esto ocurre gracias al semiconductor que hay en el interior. Este recibe la radiación solar provocando el movimiento de electrones y generando una energía eléctrica en forma de corriente continua que bien se puede almacenar y aprovechar directamente o transformarse en corriente alterna. (Rasero, 2011)

El efecto fotovoltaico fue descubierto por Einstein en 1920, ganando el Premio Nobel de Física un año después gracias a esto. Este descubrimiento explica que los fotones de la radiación solar impactar en un electrón de la capa de valencia de un material semiconductor, el electrón adquiere la energía del fotón y abandona el átomo, pudiendo moverse libremente. (Rasero, 2011)

Para conseguir que el electrón salga del átomo, la energía mínima de impacto del fotón tiene que ser de 1,12 eV (Adler et al., 2013). No obstante, hay ocasiones en las que no se da, debido a que pierden energía durante el proceso y cuando el fotón impacta con el electrón ya no superan la energía mínima necesaria para saltar de la banda de valencia a la banda de conducción. (Solar, 2007). Asimismo, hay un porcentaje de fotones que atraviesan la lámina del semiconductor sin chocar con ningún electrón.

Para entender cómo el semiconductor es capaz de generar corriente eléctrica hay que saber que este material se dopa para formar las capas Tipo N y Tipo P. Al tipo N se le añade átomos que tienen 5 electrones de valencia (como los semiconductores tienen 4 electrones de valencia y las impurezas 5 se formarán 4 enlaces covalentes y un electrón quedará libre y este será el que porte la electricidad). Por otro lado, en los semiconductores tipo P, al material semiconductor se le añade átomos con 3 electrones de valencia, por lo tanto, solo se forman tres enlaces, y el semiconductor tendrá un hueco libre para otro electrón. Por lo tanto, el portador de carga en este caso es el hueco.

Para unir un semiconductor P con un N, es necesario que haya corriente eléctrica. Puede ser polarización directa o inversa. La diferencia es el sentido en el que se ponga la fuente. En la polarización directa el polo positivo de la fuente está aplicada en la zona P y el polo negativo en la zona N. Por lo tanto, los electrones de la zona N son repelidos por el polo negativo de la pila dándoles más fuerza para atravesar la barrera. Por otro lado, con la polarización inversa el polo positivo de la pila está conectada a la zona N y el negativo a la zona P. Al introducir electrones en la zona P, se introducen en los huecos y se forman iones que se desplazan hasta la unión NP

**Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

aumentando la diferencia de potencia (Cañas, s. f.). Estos fenómenos quedan reflejados en la *Imagen 5*.

La corriente eléctrica generada, como ya se ha dicho anteriormente, se puede recolectar y almacenar en corriente continua o convertirla en corriente alterna haciéndola pasar por un inversor (Rasero, 2011).

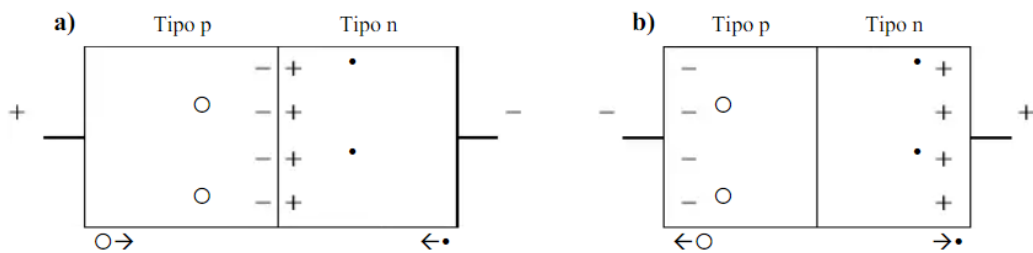


Figura 7. Diodo de unión pn

a) polarización directa

b) polarización inversa

*Imagen 5. Representación polarización directa e inversa respectivamente*

Nota. Adaptado del *Taller Final de Química 1* (Cañas, s. f.)

## CAPÍTULO 4. NORMATIVA APLICABLE

### 4.1 Normativa en relación con la instalación

El 7 de agosto de 2020 tras los primeros meses de pandemia de COVID-19, hubo una necesidad urgente de crear una reactivación económica, por este motivo el gobierno crea el Decreto Ley 14/2020 por el que acelera la implantación de instalaciones que aprovechen las energías renovables entre las que se encuentra la energía fotovoltaica, con esto se agilizan los trámites para instalar los módulos fotovoltaicos. (Alemañ, 2020).

La norma UNE más importante relacionada con las módulos fotovoltaicos fotovoltaicas es la norma UNE-EN 60904 entre la que destacan: UNE-EN 60904-2:98 en la parte 2 de este documento se plasman los requisitos que tienen que tener las células solares, en UNE-EN 60904-3:94 parte 3 se especifican los fundamentos de medida de los dispositivos fotovoltaicos y por último UNE-EN 60904-5:96 parte 5 se expone la determinación de la temperatura de la célula (Frasquet Parets, 2015).

### 4.2 Normativa en relación con la gestión de residuos

En cuanto a la normativa relacionada con la generación de residuos, la Unión Europea en 2003 estableció mediante una la Directiva 2002/96/CE una norma para los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, esta llegó a España a través del Real Decreto 208/2005, para poder regular el reciclado de estos materiales una vez se llega al final de su vida útil. (Escuela Moreno, 2017). Sin embargo, en 2012 la Comisión Europa realizó una revisión ya que se generaban cantidades inmensas de este tipo de residuos y se reemplazó por la Directiva 2012/19/EU donde se llegó al acuerdo de que todos los países miembros de la unión europea incentivarán la reutilización y reciclaje de los aparatos eléctricos y electrónicos, se establecieron unas pautas para la recogida y tratamiento de estos aparatos, entre los que destacan (Garrido, 2009):

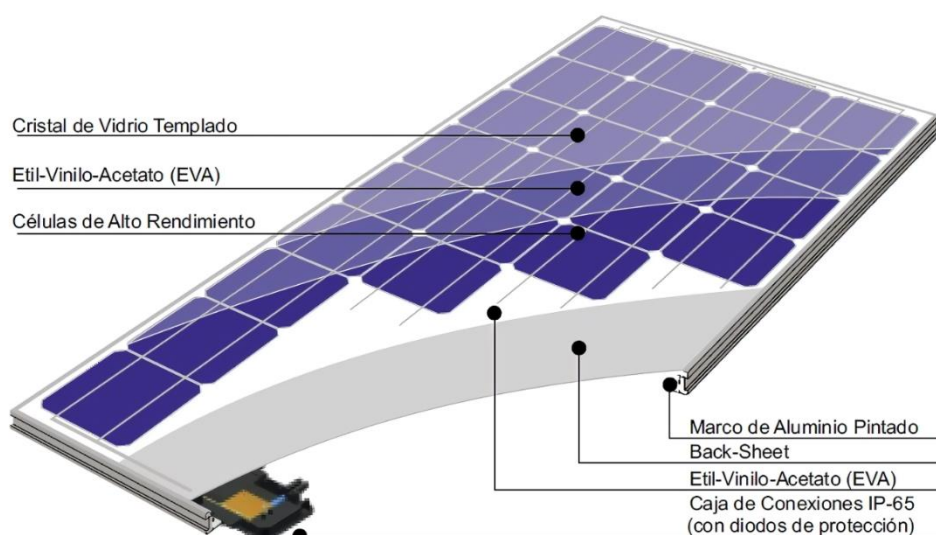
- Recolección separada de los aparatos eléctricos y electrónicos
- Aumento del índice de recolección
- Tratamiento apropiado. Mas concretamente: preparación para la reutilización, valorización y reciclaje.
- Información del manejo de estos aparatos tras la finalización de su vida util para los usuarios

## CAPÍTULO 6. ESTUDIO Y SELECCIÓN DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

### 6.1 Composición de un panel fotovoltaico

Actualmente, los paneles solares fotovoltaicos están formados por una cubierta frontal, marco de apoyo, capas encapsuladas, caja de conexiones eléctricas, protección posterior y células fotovoltaicas. Esta última, es la parte más importante de todo el panel ya que es donde la luz solar se convierte en energía eléctrica, el resto de los elementos tienen la función de proteger y dar firmeza (*Imagen 6*).

Las células están rodeadas con un vidrio reforzado y varias capas de un material plástico y todo esto a su vez está envuelto con un marco exterior de aluminio. La cubierta frontal se emplea para la protección del módulo fotovoltaico y está hecha con vidrio templado con bajo contenido en hierro. Las capas encapsuladas son las encargadas de proteger las células solares, se suele hacer con Etil-Vinil-Acetato (EVA) ya que este permite la transmisión a la radiación solar. El marco de apoyo da robustez mecánica al conjunto, normalmente es de aluminio. La protección posterior del panel protege sobre todo de los agentes atmosféricos. En la caja de conexiones eléctricas es el lugar donde se da continuidad al circuito eléctrico. Y por último las células fotovoltaicas, que se van a explicar con más detalle a continuación. (Sanz Taboada, 2020). Todos estos elementos se pueden observar en la *Imagen 6*, adjuntada a continuación:



*Imagen 6. Representación de un módulo fotovoltaico solar*  
Nota. Adaptado del *Curso de Instalaciones Fotovoltaicas*, s. f.

A parte de esta estructura, los módulos fotovoltaicos han de tener un inversor para poder transformar la corriente continua en alterna, y cableado. Además, de baterías y reguladores de

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

carga si es que se quiere guardar la energía generada (Sanz Taboada, 2020), aunque este no es el caso de la Policlínica Glorieta.

### 6.2 Selección del material

El material actualmente más utilizado para la realización de las células fotovoltaicas es silicio, alrededor del 80% de los módulos fotovoltaicos solares están hechas de silicio. Estas se pueden clasificar en células de silicio monocristalino y policristalino, la diferencia principal entre este tipo de células es el método de compactación de la sílice. Además, existen otras células conocidas como células de capa fina o película delgada que están realizadas con otros materiales, tal y como se explica a continuación (Manzanares, 2007).

#### 6.1.1 Células de silicio

En el proceso de fabricación de las células de silicio, lo primero que se realiza es calentar la sílice a más de 1500° C para que se forme el silicio metalúrgico. A continuación, se realizan procesos de purificación, por ejemplo, se puede realizar el método Floatzone que consiste en calentar por calor la pieza para que las impurezas se desplacen a un extremo de la barra de sílice y se puedan recortar. Posteriormente se moldea y dependiendo del tipo de célula que sea, se procede de una manera distinta (Briñez, s. f.).

En el caso de las células monocristalinas se obtienen mediante el proceso de Czochralski, que consiste en introducir en un crisol, el silicio fundido controlando la temperatura para que no solidifique, posteriormente se introduce una varilla con un monocristal que hace de precursor para que cuando este entre en contacto con el silicio fundido se forme el monocristal tal y como se muestra en la Imagen 7. Cuando este paso ya ha finalizado se pasa a la fusión por zonas para purificar el monocristal.

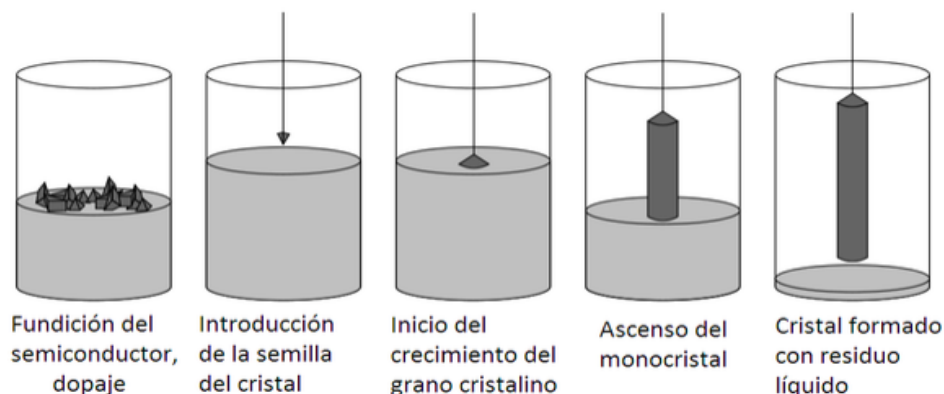


Imagen 7. Proceso Czochralski

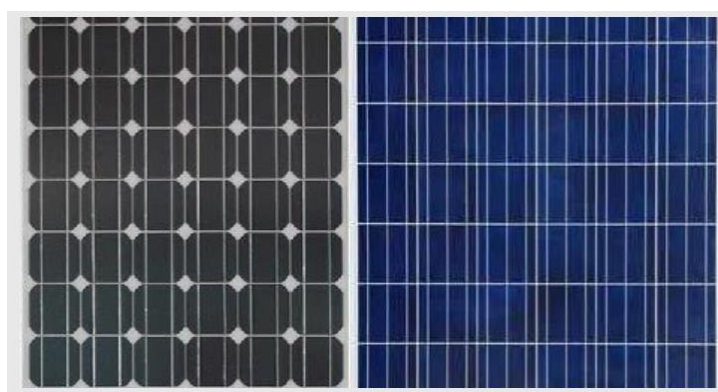
Nota. Adaptado de *Proceso Czochralski. El proceso o método de Czocharaski*, Cepheiden, 2008



## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

En este tipo de células el silicio es de mayor pureza lo que hace que el aprovechamiento de la energía sea mejor, su rendimiento suele estar entre 15-18%(Sanz Taboada, 2020). Este tipo de células se suelen emplear para uso doméstico ya que, al tener mayor rendimiento, con menor número de módulos fotovoltaicos se convierte más energía solar en electricidad, y por lo general en las viviendas no hay una gran superficie donde se pueda instalar muchos módulos fotovoltaicos.

Además, las células monocristalinas se pueden distinguir por ser un sólido uniforme, es decir, no tiene borde de grano. (Aguirre et al., 2016), y tienen un color uniforme negro o azul oscuro tal y como se puede ver en la Imagen 8.



*Imagen 8. Representación de los módulos fotovoltaicos con células monocristalinas y policristalinas respectivamente.*

Nota. Adaptado de *Viasolar Energy*, 2019

Las desventajas más importantes son: por un lado, que son más caras, suelen ser de un 5 a un 7% más caras que las células policristalinas (Céspedes et al., 2020), esto en parte es debido a que tienen un proceso de fabricación más lento y costoso energéticamente. Por otro lado, volviendo al proceso de fabricación se encuentra otro inconveniente ya que se desperdicia silicio debido a que cuando se obtiene el monocristal, se hace en forma cilíndrica y hay que recortar los cuatro lados para darle forma octogonal (Caceres Uscca, 2018).

Por otra parte, las células policristalinas se caracterizan por tener una forma rectangular y color verde azulado (Céspedes et al., 2020). Su proceso de fabricación consiste en fundir un bloque de silicio dejándolo enfriar lentamente sin controlar el crecimiento por lo que crece en todas las direcciones y no se eliminan las impurezas (Do Nascimento, 2004). Además, el proceso de filtrado es menor que en las monocristalinas (Céspedes et al., 2020), por lo tanto el proceso de fabricación es mucho más sencillo y rápido (Garrido, 2009).

Al ser el proceso de fabricación más sencillo, el coste para crear silicio policristalino es menor. (Manzanares, 2007). Este es el principal motivo de que tengan tanto éxito en el mercado y se usen con más frecuencia. A parte del precio, cuentan con un buen rendimiento pero menor al silicio monocristalino (en torno a 12-14%) (Sanz Taboada, 2020).

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

Además, gracias a este método se desperdicia menos material porque no sufren el recorte que se les hace a las monocristalinas, estas son totalmente rectangulares. (Muñoz Mamani, 2019).

### 6.1.2 Células de capa fina

Las células solares de capa fina o de película delgada se obtienen al depositar una o más capas de material fotovoltaico sobre una superficie, su tamaño es menor que las celdas de silicio y pueden ser flexibles, además el precio suele ser más bajo (Céspedes et al., 2020).

Existen varios tipos de células de capa fina entre los que destacan: telurio de cadmio (CdTe), Silicio amorfo (a-Si), arseniuro de galio (GaAs) y seleniuro de galio e indio (GIS/CIGS).

Las células de **telurio de cadmio** son las más utilizadas dentro de las células de capa delgada y han logrado alcanzar una eficiencia del 8% en paneles comerciales (Garrido, 2009). La desventaja principal es que debido al cadmio presenta alta toxicidad y son perjudiciales para el medio ambiente (Céspedes et al., 2020).

Normalmente el átomo de silicio está unido a cuatro átomos más de silicio que forman una estructura tetraédrica tridimensional, en el caso del **silicio amorfo**, los átomos están de forma amorfa, es decir, desorganizados sobre la superficie. Tienen menor eficacia que las otras células, menor al 10%, y se degradan rápidamente (Sanz Taboada, 2020). Son más respetuosos con el medio ambiente ya que no presentan tanta toxicidad como los paneles de telurio de cadmio, además son más duraderos (Céspedes et al., 2020).

Se ha descubierto recientemente que las células fabricadas a base de **arseniuro de galio** tienen una eficacia aproximadamente del 30%. Pero en comparación son mucho más caras que las fabricadas con silicio. Esto restringe su uso exclusivamente a aspectos espaciales (Céspedes et al., 2020).

Las células **CIGS** presentan baja toxicidad en comparación con los módulos fotovoltaicos de telurio de cadmio. La eficacia media en el laboratorio está entre 10% y 12% (Céspedes et al., 2020).

Tras haber analizado todos los tipos de células que existen en el mercado se ha llegado a la conclusión de que la mejor opción para la Policlínica Glorieta son las células de silicio policristalino ya que presentan una eficacia bastante buena, son mucho más económicas y son las más respetuosas con el medio ambiente.

## CAPÍTULO 7. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Tal y como se ha explicado en capítulos anteriores, la Policlínica Glorieta es una empresa dedicada a la asistencia sanitaria cuenta con 508,64 m<sup>2</sup> los cuales están distribuidos de forma que los empleados, en este caso, los médicos y enfermeros puedan trabajar cómodamente y tratar de forma eficiente a sus pacientes. Para ello la empresa cuenta con maquinaria necesaria para llevar a cabo estas tareas, esta tiene una potencia nominal igual a 95.043 W tal y como se puede apreciar en la Tabla 1 donde se detalla cada elemento de consumo que tiene el centro.

Además, se sabe que la Policlínica tiene un horario de 8:00 AM a 20:00 PM por lo que las horas de luz coinciden prácticamente con las horas de trabajo, hecho de vital importancia ya que toda la energía que consuma será la producida sin necesidad de coger de la red.

### 7.1 Previsión de la energía

La Policlínica Glorieta, a día de hoy, se haya en negociaciones con diferentes empresas para instalación de las placas. *GrupoSitec solar iniciativas tecnológicas* ha realizado un estudio con el objetivo de analizar la viabilidad que tendría la instalación de un sistema fotovoltaico; este contaría con 66 paneles solares de 380 Wp por panel, es decir, una potencia pico general de 25080 Wp o lo que es lo mismo 25KWp. En este estudio se estimaban los valores que tendrían la energía una vez estuviera en marcha una estos datos se han recogido en la siguiente tabla junto con los valores reales del consumo de energía del año 2021:

Tabla 2. Valores de la energía real consumida en 2021 energía estimada.

	Energía real 2021 (kWh)	Energía que se obtendría (kWh)
enero	3.823	1.916
febrero	3.864	2.252
marzo	3.898	3.173
abril	4.323	3.726
mayo	4.269	4.476
junio	4.739	4.577
julio	3.989	4.679
agosto	4.509	4.163
septiembre	4.721	3.325
octubre	4.991	2.623
noviembre	4.319	1.799
diciembre	4.790	1.668
total	52.235	38.377

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

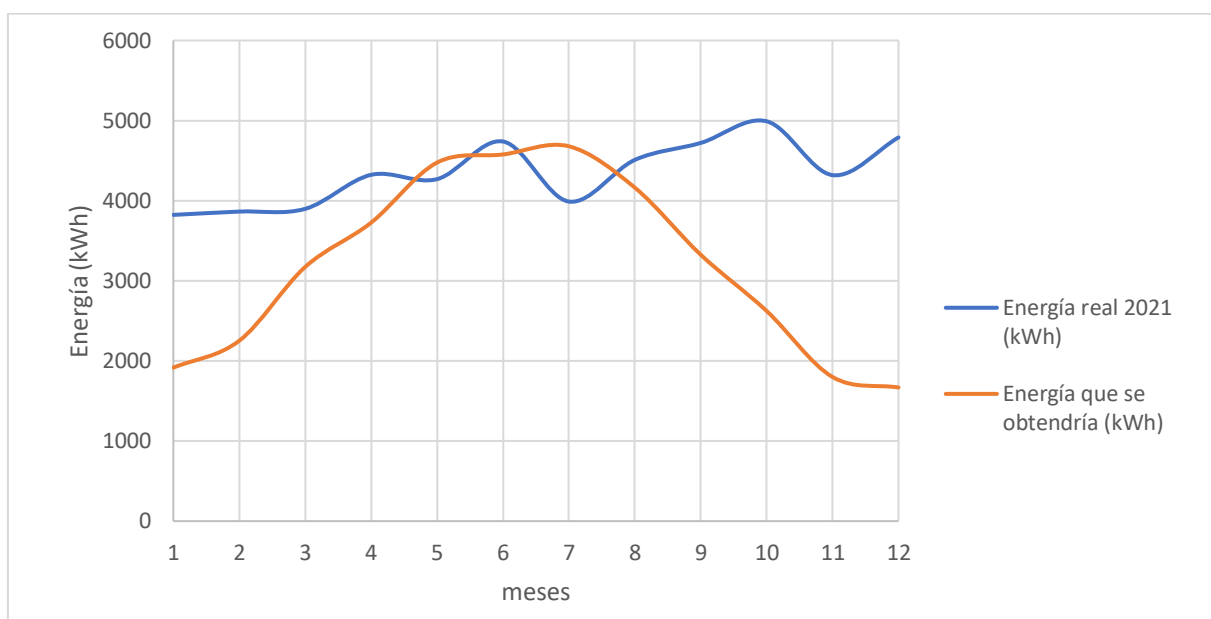


Gráfico 7. Energía real en 2021 y energía que se obtendría una vez instalada.

Nota. Adaptado de datos ofrecidos por la Policlínica Glorieta, 2022.

Para empezar se ve claramente que la energía que se obtendría en la instalación no sigue la misma tendencia que la energía real en el 2021. Esto puede ser debido a que más o menos la energía consumida por la Policlínica Glorieta a lo largo del año es constante a excepción de los meses de verano e invierno, que como ya se ha explicado con anterioridad, se gastan más los sistemas de climatización y esto provoca estos cambios pero tal y como se puede apreciar no es un cambio tan significativo como el de la energía que se obtendría en la instalación. La energía que se obtendría hace referencia a la energía generada una vez esté en funcionamiento la instalación fotovoltaica, es decir, esta energía depende directamente del sol y en los meses invernales hay menos radiación por lo tanto menos energía generada.

### 7.2 Modelo de módulos fotovoltaicos elegido

#### 7.2.1 Modelo de módulo fotovoltaico elegido

Como ya se ha dicho la Policlínica Glorieta pretende instalar paneles fotovoltaicos para el autoconsumo directo, es decir, la instalación no va a tener baterías y por lo tanto, no podrá almacenar la energía, se consumirá directamente la energía que se produce y en el caso de necesitar más de la producida se cogerá de la red.

Habiendo estudiado las diferentes opciones se ha seleccionado un panel policristalino, ya que como se ha dicho anteriormente es el que más adecua a la situación de la empresa. Un modelo bastante conveniente es el panel de la marca AMERISOLAR conocido como 330W AS-6P-330 (<https://proyalex.com/product/panel-amerisolar-330w/>) cuyas características quedan recogidas en la tabla 3:

**Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

*Tabla 3. Datos módulo fotovoltaico AMERISOLAR 330W AS-6P-330*

MÓDULO FOTOVOLTAICO	AMERISOLAR 330W AS-6P-330
N.º células	72
Tensión máxima del sistema(V)	1000
Eficiencia (%)	17
<b>Características eléctricas</b>	
Potencia nominal – Pmpp(W)	330
Rango potencia (%)	0/+3
Tensión nominal – Vmpp(V)	37,3
Tensión de circuito abierto – Voc(V)	45,9
Corriente nominal – Impp(A)	8,85
Corriente de cortocircuito – Icc(A)	9,26

*Tabla 3. Datos módulo fotovoltaico AMERISOLAR 330W AS-6P-330 (Cont)*

MÓDULO FOTOVOLTAICO	AMERISOLAR 330W AS-6P-330
<b>Características térmicas</b>	
Coef. Temperatura de Voc(%/°C)	-0,32
Coef. Temperatura de Icc(%/°C)	0,05
Temp. de trabajo (°C)	44+-2
<b>Características físicas</b>	
Dimensiones(mm)	1960 x 992 x 40
Peso(kg)	22,5
Material del marco	Aluminio anodizado

*7.2.2 Modelo de inversor elegido*

El inversor como ya se ha dicho anteriormente, tiene la función de transformar la corriente continua en alterna, y para que la producción sea óptima, su potencia nominal no debe ser superior a 1,3 veces la potencia pico del generador fotovoltaicos. El modelo elegido es Ingecon 15U 208 (<https://www.ingeteam.com>) y sus características quedan reflejadas en la siguiente tabla:

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

Tabla 4. Inversor Ingecon 15U 208

INVERSOR	INGETEAM INGECON 15U 208
Valores de entrada (DC)	
Intervalo potencia campo FV(kWp)	16-20
Intervalo de tensión MPP(V)	300-550
Tensión máxima (V)	600
Corriente máxima (A)	52
Nº entradas	2
Valores de salida (AC)	
Potencia nominal (kW)	15
Corriente máxima (A)	47
Tensión nominal (V)	208
Frecuencia nominal (Hz)	50/60
Coseno Phi	1
Coseno Phi ajustable	Sí. Smáx=15 kVA
Distorsión armónica de corriente THD	<3%
Rendimiento	
Eficiencia máxima (%)	94,3

### 7.3 Predimensionado de la instalación fotovoltaica de 25 kWp

Ya se ha comentado que la empresa *GrupoSitec solar iniciativas tecnológicas* realizó un estudio en el que se analizaba la viabilidad de una instalación de 25kWp con 66 paneles. En este proyecto se ha decidido estudiar este mismo valor para poder compararlo.

Para diseñar una instalación es necesario conocer primero cuántos módulos son necesarios, para ello se va a hacer uso de la siguiente expresión, donde  $P_{GFV}$  hace referencia a la potencia pico en este caso 25 kWp y  $P_{mppMod}$  que es la potencia nominal en el punto de máxima potencia del fotovoltaico, tal y como se indica en la Tabla 3, 330 W para el módulo seleccionado.

$$N^{\circ} \text{ de módulos} = \frac{P_{GFV}}{P_{mppMOD}} \quad [1]$$

Realizando dicho cálculo se obtiene que el número de módulos necesarios son 75. De estos se ha de calcular cuántos módulos se colocarán en serie y cuantos en paralelo.

#### NÚMERO DE MÓDULOS EN SERIE

Para saber el número de módulos máximos en serie se tienen que cumplir dos condiciones y de estas elegir la más restrictiva.

##### Primera condición:

Primero, que la tensión máxima del generador fotovoltaico no sea mayor que la tensión máxima de entrada al inversor, siguiendo la siguiente expresión:

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

$$N_{serie\_MAX} \leq \frac{V_{DC\_MAX}}{V_{MOD\_MAX}} \quad [2]$$

Donde  $V_{DC\_MAX}$  es la tensión máxima de entrada al inversor, en este caso 600 V y  $V_{MOD\_MAX}$  es la tensión máxima del módulo, que se calcula tal y como se muestra a continuación:

$$V_{MOD\_MAX} = V_{OC} + \beta_V \cdot (T_{MIN} - 25^{\circ}C) \quad [3]$$

Donde  $V_{OC}$  es la tensión de circuito abierto del módulo que tal y como se puede ver en la Tabla 3 tiene un valor de 45,9 V,  $\beta_V$  es el coeficiente de variación de temperatura cuyo valor se calcula multiplicando el coeficiente de temperatura de tensión de circuito abierto y  $V_{OC}$  obteniendo un valor de -0,14688 V/°C y  $T_{MIN}$  es la temperatura mínima del módulo es la temperatura cuando la irradiancia es nula, se va a considerar que la temperatura es 0 °C. Con estos valores se obtiene que el valor de  $V_{MOD\_MAX}$  es de 49,57 V.

Por lo tanto, teniendo los valores de  $V_{DC\_Max}$  y  $V_{MOD\_MAX}$  se obtiene que **el número de módulos necesarios son 12 paneles.**

### Segunda condición:

En segundo lugar, se tiene que cumplir que la tensión del generador cuando se trabaja a  $V_{mpp}$  máxima no puede ser mayor que la tensión límite superior del intervalo de tensión MPP del inversor.

$$N_{serie\_MAX} \leq \frac{V_{MPP\_MAX}}{V_{mpp\_MAX}} \quad [4]$$

Siendo  $V_{MPP\_Max}$  la tensión máxima del intervalo de tensión en el punto de máxima potencia, en este caso 550 V tal y como se puede ver en la Tabla 4 y  $V_{mpp\_MAX}$  es la máxima tensión que se da en un módulo que trabaja a  $V_{mpp}$  y se calcula de la siguiente manera:

$$V_{mpp\_MAX} = V_{mpp} + \beta_V \cdot (T_{MIN} - 25^{\circ}C) \quad [5]$$

$V_{mpp}$  es la tensión nominal en el punto de máxima potencia, en este caso es de 37,3 V para el panel seleccionado. En esta ocasión para obtener  $\beta_V$  se multiplica el coeficiente de temperatura de tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ) por su  $V_{mpp}$ , obteniendo un valor de -0,11936 V/°C. Por último, la temperatura mínima es de 0 °C como en el caso anterior. Con todos estos datos se obtiene un valor de  $V_{mpp\_MAX}$  igual a 40,284 V.

Por lo tanto, de la expresión [4] se obtiene que **el número de paneles en serie máximos son 13 paneles.** Se puede comprobar que la primera condición es ligeramente más restrictiva.

De la misma manera la tensión mínima del generador fotovoltaico no puede ser inferior que el valor mínimo del intervalo de tensión MPP y se ha de cumplir la siguiente expresión:

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

$$N_{serie_{MIN}} \geq \frac{V_{MPP_{MIN}}}{V_{MOD_{MIN}}} \quad [6]$$

Por un lado,  $V_{MPP_{MIN}}$  hace referencia a la tensión mínima del intervalo de tensión MPP del inversor que se puede observar en la Tabla 4, 300 V. Por otro lado,  $V_{MOD_{MIN}}$  es la mínima tensión que puede darse en el módulo que se obtiene con una ecuación similar a la ecuación [5]:

$$V_{MOD_{MIN}} = V_{mpp} + \beta_V \cdot (T_{MAX} - 25^{\circ}C) \quad [7]$$

$V_{mpp}$  ya se ha dicho anteriormente que tiene un valor de 37,3 V,  $\beta_V$  tiene el mismo valor que en la ecuación [5] -0,11936 V/°C. Para el cálculo de la temperatura máxima se va a emplear la siguiente ecuación:

$$T_{MAX} = T_{amb_{max}} + \frac{T_{ONC} - 20}{800} \cdot I \quad [8]$$

$T_{amb_{max}}$  es la temperatura ambiente máxima que se dan en la localización de los módulos fotovoltaicos, que se va a aproximar a 45 °C y  $T_{ONC}$  a la temperatura de trabajo del módulo que son 45 °C e  $I$  es la irradiancia que es 1000 W/m<sup>2</sup>, con todos estos valores se obtiene que  $T_{MAX}$  vale 76,25 °C. Con este valor se obtiene  $V_{MOD_{MIN}}$  que toma un valor de 31,18 V.

Empleando la ecuación [6] se obtiene que ***el número mínimo de paneles en serie es de 10***. Por lo tanto, ***el número de paneles colocados en serie se encuentra entre 10 y 12 paneles***.

### NÚMERO DE MÓDULOS EN PARALELO

A continuación, se van a calcular el número de paneles en paralelo que se han de colocar, para ello se va a emplear la siguiente fórmula:

$$N_{paralelo} \leq \frac{I_{DC_{MAX}}}{I_{MOD_{MAX}}} \quad [9]$$

$I_{DC_{MAX}}$  hace referencia a la corriente máxima de entrada al inversor que como se puede ver en la Tabla 4 es 52 A.  $I_{MOD_{MAX}}$  es la máxima corriente que se puede proporcionar y se calcula con la siguiente fórmula:

$$I_{MOD_{MAX}} = I_{CC} + \alpha_V \cdot (T_{MAX} - 25^{\circ}C) \quad [10]$$

$I_{CC}$ , corriente de cortocircuito, es un valor que podemos observar en la Tabla 3, es 9,26 A y  $\alpha_V$  es el coeficiente de variación de temperatura, se calcula como el producto entre el coeficiente de temperatura de corriente de cortocircuito y su  $I_{CC}$ , toma un valor de 0,00463 A/°C. La temperatura máxima calculada anteriormente es de 76,25 °C, por lo tanto,  $I_{MOD_{MAX}}$  es 9,5 A.

Con estos datos se obtiene que ***el número máximo de paneles que se pueden instalar en paralelo es de 5 paneles***.



## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

### POSIBLES COMBINACIONES

Habiendo obtenido el número de paneles máximo y mínimo en serie y en paralelo, se tienen que estudiar las diferentes combinaciones que puede haber, estas quedan resumidas en la siguiente tabla:

Tabla 5. Posibles combinaciones en serie y paralelo para una instalación de 25 kWp

Nº serie	Nº paralelo	Nº módulos	Pot. Pico gen. (kW)	VGFV_MPP_MAX (V) <820	VGFV_MPP_MIN (V) >450	VGFV_DC_MAX (V) <1000	IGFV_MAX (A) <400
10	5	50	16,5	402,84	311,83	495,72	47,49
11	5	55	18,15	443,12	343,01	545,29	47,49
<b>12</b>	<b>5</b>	<b>60</b>	<b>19,8</b>	<b>483,41</b>	<b>374,19</b>	<b>594,86</b>	<b>47,49</b>

Los valores de la Tabla 5 se ha obtenido mediante las siguientes ecuaciones:

$$Pot. Pico Gen. FV = N^{\circ} Mod. \cdot P_{mpp_{MOD}} \quad [11]$$

$$V_{GFV\_MPP\_MAX} = N_s \cdot V_{mpp\_MAX} \quad [12]$$

$$V_{GFV\_MPP\_MIN} = N_s \cdot V_{MOD\_MIN} \quad [13]$$

$$V_{GFV\_DC\_MAX} = N_s \cdot V_{MOD\_MAX} \quad [14]$$

$$I_{GFV\_MAX} = N_p \cdot I_{MOD\_MAX} \quad [15]$$

Se selecciona la opción de colocar 12 módulos en serie y 5 strings en paralelo ya que cumple con todas las restricciones:

- La tensión máxima del generador fotovoltaico es más pequeña que la tensión máxima de entrada al inversor, de la misma manera que la máxima corriente del generador es menor que la máxima corriente del inversor.
- La tensión mínima que produce el generador es más grande que el valor mínimo del intervalo de tensión MPP del inversor.
- La potencia nominal del inversor es 1,3 veces más pequeña que la potencia pico del generador.

### ENERGÍA ANUAL PRODUCIDA

Una vez elegido el número de paneles se procede a calcular la energía que se produce con la instalación. Primero, se ha de obtener la energía producida por un módulo:

$$E_{módulo} = P_{mpp_{MOD}} \cdot HSP \cdot PR \quad [16]$$

Donde HSP son las horas de sol pico, tal y como se puede ver en el Anexo 4, la radiación que se da en la localización de la empresa es 2103,11 kWh/m<sup>2</sup>/año, además se sabe que la radiación solar que se emplea para calibrar los módulos según PVGIS es 1 kW/m<sup>2</sup>, por lo tanto, si se divide el dato anterior entre la calibración se obtiene que las horas pico son de 2103,11 al año. P<sub>mpp<sub>MOD</sub></sub> se encuentra en la Tabla 3 y PR es el factor de pérdidas de la instalación, PVGIS estima

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

unas pérdidas del 15% para paneles policristalinos por lo tanto el valor de PR es de 0,85. Con todo esto se obtiene E módulo de 0,52 MWh al año.

Para saber el valor de la E anual se emplea la siguiente expresión:

$$E_{\text{anual}} = E_{\text{módulo}} \cdot N^{\circ} \text{ de módulos} \quad [17]$$

Sabiendo el número de módulos y la energía producida por cada módulo, se obtiene una Energía anual de 35,4 MWh. Sabiendo que el consumo en el año 2021 fue 52,23 MWh, se ve que **la instalación solo cubrirá el 67,76% de la energía demandada**. en el estudio realizado por *GrupoSitec solar iniciativas tecnológicas* el resultado obtenido con 66 paneles es de 38,37 MWh es un poco mayor que el resultado obtenido en este estudio, esto es debido a que el número de placas instaladas es mayor y que el modelo elegido es diferente por lo tanto los valores van variando. En el estudio no se detalla el modelo de placas que han usado.

*(Ver Anexo 5 Tabla resumen con los cálculos)*

### 7.4 Predimensionado de instalación fotovoltaica para cubrir la demanda

En este caso se va a diseñar la instalación para producir energía igual al consumo total anual de la Policlínica Glorieta. Primero se ha de calcular cuántos módulos son necesarios, para ello se empleará la ecuación [17], sabiendo que la energía producida por un módulo es igual que en el caso anterior, es decir, 0,52 MWh y que la energía consumida anual es 52,23 MWh, se obtiene un resultado de 88,54 , es decir se necesitan 89 paneles para cubrir toda la demanda.

Además, mediante la expresión [11] se ha de calcular la potencia pico del generador fotovoltaico, se obtiene un resultado de 29,04 kW. En este caso hay que seleccionar otro inversor ya que el valor de la potencia pico del generador fotovoltaico tiene que ser similar a la potencia del inversor, y se sale del intervalo tal y como se puede ver en la Tabla 4.

El nuevo inversor será INGETEAM INGECON 25U 480 del mismo fabricante que el inversor elegido para el apartado anterior cuya ficha técnica se muestra en el siguiente link [https://www.ingeteam.com/Portals/0/Catalogo/Producto/Documento/PRD\\_1021\\_Archivo\\_ingecon-sun-smart-u.pdf](https://www.ingeteam.com/Portals/0/Catalogo/Producto/Documento/PRD_1021_Archivo_ingecon-sun-smart-u.pdf), resumida a continuación:

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

Tabla 6. Características inversor INGETEAM INGECON 25U 480

INVERSOR	INGETEAM INGECON 25U 480
<b>Valores de entrada (DC)</b>	
Intervalo potencia campo FV(kWp)	26-33
Intervalo de tensión MPP(V)	300-550
Tensión máxima (V)	600
Corriente máxima (A)	87
Nº entradas	2
<b>Valores de salida (AC)</b>	
Potencia nominal (kW)	25
Corriente máxima (A)	78
Tensión nominal (V)	208
Frecuencia nominal (Hz)	50/60
Coseno Phi	1
Coseno Phi ajustable	Sí. Smáx=25 kVA
Distorsión armónica de corriente THD	<3%
<b>Rendimiento</b>	
Eficiencia máxima (%)	96,10%

Cómo ha cambiado el inversor hay que volver a realizar los cálculos para saber cuántos módulos se colocarán en paralelo y cuantos en serie. Empleando exactamente la misma metodología anterior se llega a que el número de paneles en serie máximo son 12 según la primera condición ya que la segunda es menos restrictiva. Por otro lado, se ha obtenido que el número mínimo de paneles en serie es 10 y el número máximo de paneles en paralelo 9. Sabiendo esto se obtiene la tabla adjuntada a continuación, con las posibles combinaciones:

Tabla 7. Posibles combinaciones para en serie y paralelo para cubrir la demanda

N.º serie	N.º paralelo	N.º módulos	Pot. Pico gen. (kW)	VGfV_MPP_MAX (V) <820	VGfV_MPP_MIN (V) >450	VGfV_DC_MAX (V) <1000	IGfV_MAX (A) <400
10	8	80	26,4	402,84	311,83	495,72	75,98
<b>11</b>	<b>8</b>	<b>88</b>	<b>29,04</b>	<b>443,12</b>	<b>343,01</b>	<b>545,29</b>	<b>75,98</b>
12	7	84	27,72	483,41	374,19	594,86	66,48

Todas estas combinaciones cumplen las restricciones nombradas anteriormente y cubren la demanda, para elegir una opción habría que estudiar el espacio disponible y cómo se podrían distribuir dichos módulos fotovoltaicos, tal y como se muestra a continuación.

*(Ver Anexo 5 Tabla resumen con los cálculos)*

## **Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

### 7.5 Colocación de los módulos fotovoltaicos fotovoltaica

#### *7.5.1 Ubicación*

La Policlínica Glorieta está situada en Partida Madrigueres sud N.º 9 en Denia, la ubicación de la empresa puede afectar directamente a la eficacia del panel solar, por ejemplo, el polvo puede provocar pérdidas de entre 2 - 4%. Este valor podría aumentar si las módulos fotovoltaicos están situados en zonas industriales con fábricas que produzcan polvo, o cerca de carreteras rurales o desiertos. (Mateo Guerrero, 2017).

La Policlínica Glorieta se ubica en un polígono industrial, pero en dicho polígono no se encuentran fábricas que provoquen gran cantidad de polvo, sino que más bien son almacenes, bazares y talleres de automóviles. En cuanto a la arena y tierra, la empresa se sitúa a 1,5 km de terreno rústico y a 3 km de la playa por lo tanto sí que se podría haber trazas de polvo debido a esto.

#### *7.5.2 Sombras*

Para colocar la instalación fotovoltaica, es imprescindible estudiar las sombras, analizando tanto las sombras cercanas por ejemplo edificios, como las sombras lejanas que se pueden identificar como montañas o relieves cercanos. En el caso de la Policlínica Glorieta se sabe que la colindancia al local, estando frente a la puerta de acceso principal, es a la derecha, izquierda y la parte delantera una zona vial y en la parte trasera otra nave industrial, pero de menor altura que la de la propia Policlínica Glorieta, por lo tanto, no se tendrán sombras debido a edificios cercanos. En el caso de las sombras lejanas, Denia cuenta con una montaña conocida como el Montgó de unos 700 m de altura, pero está situada lo suficientemente lejos de la Policlínica como para que no le dé la sombra a ninguna hora del día.

#### *7.5.3 Orientación*

Se sabe que para maximizar la producción de energía los rayos tienen que incidir perpendicularmente sobre las células, en los últimos años se ha popularizado el uso de seguidores solares. La tarea principal del seguidor solar es buscar la posición del Sol y seguirle en cualquier momento del día. (Marrero Valdivia, 2017). Esto es especialmente útil cuando se instalan módulos fotovoltaicos con movimiento a lo largo del día, en este caso los módulos fotovoltaicos de la Policlínica Glorieta van a estar fijas.

#### *7.5.4 Inclinación*

En cuanto a la inclinación, tras un estudio realizado por Sixto Domínguez Hernández, donde tomaba los datos de la irradiación solar diaria en módulos fotovoltaicos con distintos ángulos de inclinación se concluyó que la mejor opción de 30° (Hernández, 2011), este valor va variando según la latitud, clima y situación del lugar donde se vayan a colocar las módulos fotovoltaicos.

## **Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

En el caso de la Policlínica Glorieta la inclinación más adecuada es  $36^\circ$  según PVGIS, una web del centro científico de la Unión Europea en la cual se introducen las coordenadas exactas donde se encuentra la instalación fotovoltaica y el programa calcula la radiación solar en ese punto a lo largo de un periodo de tiempo, pudiendo variar la inclinación de los módulos fotovoltaicos. Además, hay una opción con la que calcula la inclinación en la que recibe la máxima radiación. Tras introducir los datos de la empresa, se ha llegado a la conclusión de que la mejor inclinación es de  $36^\circ$ , ya que se consigue  $2103,11 \text{ kWh/m}^2/\text{año}$ . (Ver Anexo 4).

### *7.5.5 Separación entre hileras*

Además, hay que tener en cuenta que exista el suficiente espacio entre paneles para evitar sombras entre ellos y que exista espacio para que los operarios tengan fácil accesibilidad, para que en caso de que sea necesario puedan realizar las operaciones de mantenimiento adecuadamente. Estas superficies no útiles se suelen estimar en un 70% más del espacio que ocupan los módulos fotovoltaicos. La Policlínica Glorieta cuenta con una cubierta de aproximadamente  $500 \text{ m}^2$ .

En este caso las dimensiones de los módulos fotovoltaicos son  $1960 \times 992 \times 40 \text{ mm}$  tal y como se puede observar en la Tabla 3, en el caso de la instalación para 25 kWp se ha elegido colocar 60 módulos por lo tanto el espacio que ocupan los módulos fotovoltaicos son  $116,65 \text{ m}^2$ , y con el espacio adicional,  $198,32 \text{ m}^2$ , no habría mucho problema en la distribución ya que sobra mucho espacio. En el caso de cubrir la demanda se ha decidido colocar 88 módulos para ello harían falta  $290,87 \text{ m}^2$ .

En la Imagen 9 se puede apreciar una posible distribución de las placas solares. Entre las placas hay una separación suficiente como para que el operario pueda moverse cómodamente, y en medio se encuentra un pasillo. Además, se puede ver que están colocadas con una inclinación más o menos de  $30^\circ$  tal y como se ha justificado anteriormente.



*Imagen 9. Posible distribución de las placas solares.*

Nota. Adaptado de Flickr, 2022

## CAPÍTULO 8. ECONOMÍA CIRCULAR

La economía circular se basa en optimizar los recursos reutilizándolos lo máximo posible, los principios en los que se apoya son los siguientes:

- Emplear energías renovables siempre que sea posible,
- diseñar planes de reciclaje para hacer circular los materiales y que se puedan reutilizar, además,
- reducir el impacto ambiental, disminuyendo emisiones y evitar pérdidas de materiales, minimizando así la acumulación de residuos.
- También, pretende alargar la vida útil de los productos, fabricando productos de alta calidad y más duraderos (Cerdá & Khalilova, 2016).

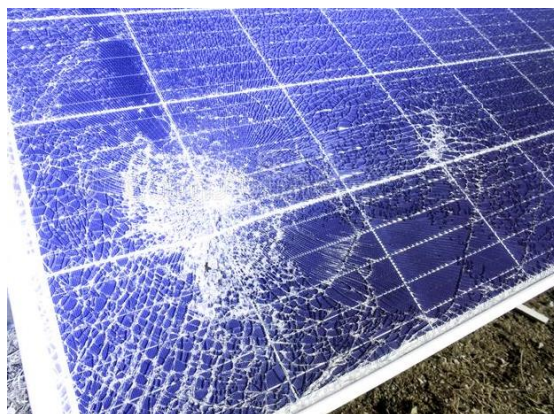
En 2015 la Comisión Europea publica '*Cerrar el círculo: un plan de acción de la Unión Europea para la economía circular*', un documento en el que se dan unas pautas para evolucionar hasta economía circular, por ejemplo, se propone mejorar los diseños de los productos para que sean más duraderos y fáciles de reparar, también, se quiere regularizar los precios y que estos reflejen los costes ambientales. Además, se estudian técnicas de recogida y gestión de residuos, entre otros muchos aspectos que se estudian. (Cerdá & Khalilova, 2016).

### 8.1 Vida útil de los paneles solares

La vida útil de una módulo fotovoltaico solar hace referencia al tiempo que puede desempeñar su función correctamente, por lo general los fabricantes estiman que pasados los 20 años, la eficiencia es de un 80% respecto a su etapa inicial (Mateo Guerrero, 2017). Para garantizar el buen rendimiento de los módulos fotovoltaicos durante el máximo tiempo posible se debe tener un correcto mantenimiento. Para ello, hay que tener en cuenta las causas por las que se pueden degradar a lo largo de los años.

Por un lado, pueden tener problemas estructurales como por ejemplo roturas del cristal frontal o del panel trasero. Además, pueden existir pérdidas de adhesión entre el cristal y en encapsulado, o entre el encapsulado y el panel trasero haciendo que la luz no incida con la misma intensidad en las células (Mateo Guerrero, 2017). Por otro lado, la suciedad acumulada del vidrio puede provocar un deterioro, ya sea por parte de partículas transportadas por el aire como por el agua de la lluvia y los lixiviados de los mismos. El problema del agua viene cuando se deposita en el marco del módulo y entra en el panel pudiendo producir corrosión y fallos en los contactos eléctricos. (Sidrach De Cardona et al., 2010).

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia



*Imagen 10. Panel fotovoltaico dañado*

Nota. Adaptado de *Dearmstime*, 2022

### 8.2 Reciclaje y reutilización de los componentes de un panel fotovoltaico

El 90% de los componentes de los módulos fotovoltaicos solares son reciclables. Al llegar al final de la vida útil de los paneles, estos materiales también pueden reutilizarse (Bernal Aparicio et al., 2022).

Tal y como se ha explicado anteriormente, los paneles solares fotovoltaicos están formados por una cubierta frontal, un marco de apoyo, unas capas encapsuladas, una caja de conexiones eléctricas, una protección posterior y las células fotovoltaicas.

La cubierta frontal es un vidrio protector fabricado con vidrio templado con compuestos químicos como el sodio, silicio y hierro. El marco de apoyo es de aluminio, fácilmente reutilizable y reciclable. Sin embargo, la caja de conexiones está creada con plata, aluminio, plomo y estaño y es difícil de reciclar, pero sí se puede reutilizar en el caso de que no se haya dañado en el desmantelamiento. (Herrarte Estevez, 2020).

Las capas encapsulantes son de un polímero conocido como Etil-Vinil-Acetato (EVA) formado por etileno y acetato de vinilo. El EVA tiene una desventaja grande y es que no resiste a los rayos ultravioleta (UV) y se ha de colocar un vidrio frontal que proteja contra estos rayos. Normalmente cuando se emplea EVA para la encapsulación, la cubierta posterior está formada por varias capas de polivinilo fluoruro (TEDLAR) y tereftalato de polietileno (poliéster), ya que son opacos (Herrarte Estevez, 2020).

Por último, los módulos fotovoltaicos de células de monocristal o policristal, en general, están compuestas por un 76% de vidrio, 10% de polímero, 8% de aluminio, 5% de silicio, 1% de cobre y 1% de plata y otros metales como plomo y estaño. Sin embargo, en las células de capa fina el porcentaje de vidrio es mayor y se encuentran 1% de metales semiconductores como el cobre, indio, selenio y galio. Los componentes empleados para la creación de las células solares son materiales más difíciles de recuperar ya que se mezclan con algunos metales y separarlo requiere grandes cantidades de energía y un tratamiento especial debido a que pueden estar formados por metales pesados como el cadmio o el plomo que presentan cierto grado de peligrosidad y pueden llegar a generar lixiviados que alteren los ecosistemas (Chaparro Pérez, s. f.).

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

Según el estudio realizado por Herrarte Estévez el vidrio contiene un 4.06% de antimonio por lo que se considera un material tóxico, debe ser triturado y entregado a una empresa especialista en gestión de residuos tóxicos (Herrarte Estevez, 2020).

### 8.2.1 Elementos químicos de los paneles fotovoltaicos

Los elementos de un módulo fotovoltaico se pueden clasificar según su grado de peligrosidad, tal y como se hace a continuación (Rodríguez Blanco, s. f.):

Por un lado, los residuos no peligrosos son el cobre, el vidrio convencional, el aluminio y los polímeros como EVA. Estos materiales se pueden reutilizar fácilmente en caso de que no salgan dañados del proceso del desmantelamiento, como es el caso de los polímeros que se someten a un proceso térmico por lo que al final del tratamiento no pueden ser reutilizados.

Por otro lado, los residuos más peligrosos son el plomo, la plata y el estaño, entre otros. En el *Anexo 6* se pueden ver las fichas de seguridad de estos elementos.

El **plomo** se suele emplear para el uso de baterías, en la Policlínica Glorieta no instalarán baterías, pero aun así se puede encontrar plomo en la caja de conexiones y en las células, este material es un contaminante tóxico y dañino para el medio ambiente, se puede liberar al medio cuando se disuelve con algunos ácidos y puede generar lixiviados que destruyen y alteran suelos y aguas. Al ser ingerido por animales o personas puede afectar gravemente a la salud, perjudicando al sistema nervioso, respiratorio y cardíaco y en algunos casos puede provocar la muerte (Chaparro Pérez, s. f.). En la Imagen 11 se pueden observar los pictogramas del plomo.



Imagen 11. Pictogramas de elemento peligroso para la salud y peligroso para el medio ambiente.

La **plata** es otro elemento que se ha comentado, se puede encontrar tanto la caja de conexiones como en las células fotovoltaicas, es uno de los elementos más nocivos para los microorganismos presentes en los ecosistemas acuáticos por lo tanto presenta un peligro claro para el medio ambiente, a pesar de que presenta baja toxicidad para los seres humanos. Además, es un elemento corrosivo. En la Imagen 12 se pueden observar los pictogramas relacionados con la plata.



Imagen 12. Pictograma de elemento corrosivo y peligroso para el medio ambiente.



## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

El **estaño** también encontrado en la caja de conexiones y en las células es tóxico, corrosivo y peligroso para el medio ambiente, especialmente para las especies acuáticas. A continuación se puede ver sus pictogramas (Rodríguez Blanco, s. f.) En la Imagen 13 se pueden observar los pictogramas relacionados con este elemento.



*Imagen 13. Pictograma de elemento corrosivo, peligroso para la salud, atención y peligroso para el medio ambiente.*

Otros elementos que pueden suponer cierto grado de peligrosidad son:

- El cadmio, presente en las células de películas delgadas, es un metal pesado que puede provocar enfermedades como cáncer. Además, al juntarse con agentes corrosivos o ácidos tiende a formar lixiviados (Chaparro Pérez, s. f.).
- Los metales semiconductores como el cobre, indio y galio se pueden encontrar en las células fotovoltaicas de capa fina también pueden ser peligrosos. El indio es altamente tóxico y provoca problemas de corazón, riñones e hígado. El galio puro no es una sustancia altamente peligrosa para el cuerpo humano, pero en altas exposiciones puede causar irritación de garganta y problemas con la respiración. Por último, aunque el cobre es un elemento esencial puede resultar tóxico para organismos en concentraciones altas.
- El arsénico se utiliza en aleaciones ya que aporta dureza y tenacidad, son muy utilizados como revestimiento de los cables conductores. Este elemento es altamente tóxico, en el momento del reciclaje hay que tener especial cuidado ya que puede lixiviarse fácilmente y tiene un punto de ebullición considerablemente bajo (615º) (Herrarte Estevez, 2020).

## CAPÍTULO 9. GESTIÓN DE RESIDUOS

### 9.1 Gestión de residuos en el proceso de fabricación de los módulos fotovoltaicos fotovoltaicas

A pesar de que la energía solar fotovoltaica es una energía renovable y limpia, la fabricación de los componentes necesarios para la instalación sí que provocan emisiones de gases de efecto invernadero. Más concretamente, un estudio realizado por Escuela Moreno ha estimado que para las módulos fotovoltaicos con células de silicio monocristalino la generación es de 29 g CO<sub>2</sub>/kWh, para las módulos fotovoltaicos con células policristalino 28 g CO<sub>2</sub>/kWh y para las módulos fotovoltaicos de telurio de cadmio pertenecientes a módulos fotovoltaicos de película delgada o capa fina la producción de gases es de 18 g CO<sub>2</sub>/kWh (Escuela Moreno, 2017).

Algunos de los contaminantes atmosféricos más contaminantes que se crean en la producción de los paneles fotovoltaicos son el SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> emitidos en la quema de combustibles fósiles. En los siguientes gráficos se puede observar que la producción de estos contaminantes ocurre sobre todo en la creación de los módulos y no tanto en la fabricación de elementos como el cableado, baterías o los marcos de soporte.

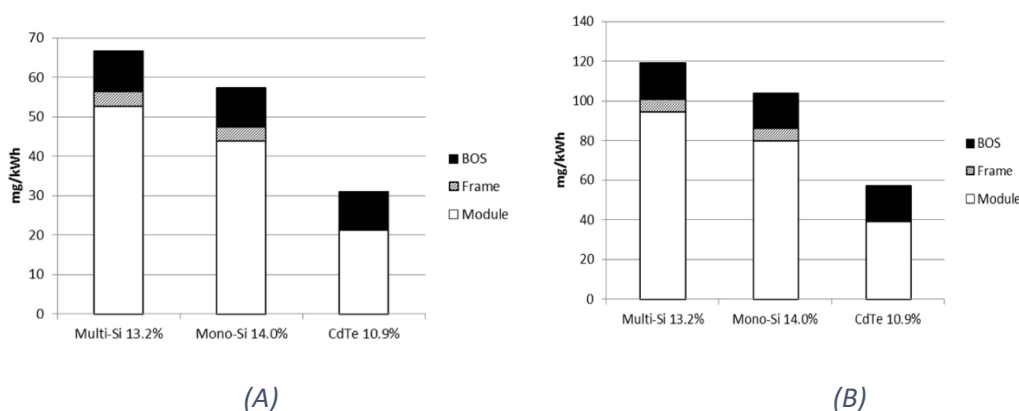


Gráfico 8. Emisiones de NO<sub>x</sub> (A) y SO<sub>2</sub> (B) durante el ciclo de vida de los paneles. Nota. Adaptado de *Estudio sobre las posibilidades de residuos de paneles fotovoltaicos* (Escuela Moreno, 2017).

Por otro lado, hay que estudiar las emisiones de metales pesados en el proceso de fabricación son sobre todo en los módulos fotovoltaicos de telurio de cadmio. En este mismo estudio se ha estimado que la contaminación es de 0,02 g Cd/GWh. Como se puede observar no supone un gran impacto ambiental en la fabricación, pero sí que podrían emitirse muchos contaminantes si se incendiaron los módulos fotovoltaicos.

Además, de tener en cuenta los contaminantes emitidos en el proceso de fabricación de los componentes del módulo, también hay que estudiar las emisiones procedentes de la generación de energía que se necesitan en estos procesos de fabricación.

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

En el caso de la generación de energía para crear las módulos fotovoltaicos se estima que una planta de generación eléctrica emite 1000 toneladas de CO<sub>2</sub>, 8 toneladas de SO<sub>2</sub> y 3 toneladas de NO<sub>x</sub> por GWh, esto datos corresponden a una planta que usa carbón como combustible, en caso de emplear petróleo las emisiones de cadmio suelen ser 12 - 14 veces más grandes (Escuela Moreno, 2017).

### 9.2 Gestión de residuos de paneles fotovoltaicos fuera de uso

Una vez se finaliza la vida útil de los módulos fotovoltaicos, que como ya se ha dicho suele ser de 20 años, se ha de reemplazar los módulos. Los módulos antiguos deben ser recogidos por una empresa dedicada a la gestión de residuos hoy en día en Europa destaca la empresa PV CYCLE y en España Recyclia. De estas dos sobresale PV CYCLE ya que abarca el 90% del mercado europeo, esta empresa se encarga de recoger los módulos dañados o fuera de servicio y los envía a plantas de reciclaje donde los materiales que se pueden reutilizar se separan. De entre todos los países de la unión europea con la que trabajan Alemania es el país que más residuos genera con 13.409 toneladas entre los años 2010 y 2016, le siguen Italia y España como países con más residuos provenientes de módulos fotovoltaicos solares (Escuela Moreno, 2017).



Imagen 14. Logo PV CYCLE

Nota. Adaptado de web [www.pvcycle.org](http://www.pvcycle.org)

#### 9.2.1 Desmantelamiento de paneles fotovoltaicos

Este tipo de empresas están estudiando procesos de fabricación y de diseño que permitan extraer las células fotovoltaicas con mayor facilidad y sin daños, para favorecer la reutilización de los componentes de las módulos fotovoltaicos solares (Escuela Moreno, 2017). Hoy en día el proceso de desmantelamiento consta de 3 fases, la primera y la tercera fase son la misma para cualquier tipo de módulo fotovoltaico y en la segunda cambia según el tipo célula que se tenga:

- La primera fase es el desmontaje de la caja de conexiones que podrá ser reutilizadas si no han sido dañadas en este proceso, para ello será necesario un destornillador para remover los tornillos y una cuchilla con la que se pueda quitar la silicona con la que está pegada la caja. Además, hay que separar el marco de aluminio y las vigas de soporte usando un taladro y una broca de metal (Herrarte Estevez, 2020), el 100% del metal puede ser reutilizado en otros procesos (Bernal Aparicio et al., 2022).
- En la segunda fase se distinguen los módulos fotovoltaicos de silicio y los módulos fotovoltaicos de telurio de cadmio. En las primeras se practica un tratamiento térmico para separar las células del vidrio quemando los plásticos, generalmente EVA, para ello se aplica un gradiente de temperatura hasta 470° (Bernal Aparicio et al., 2022). Durante

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

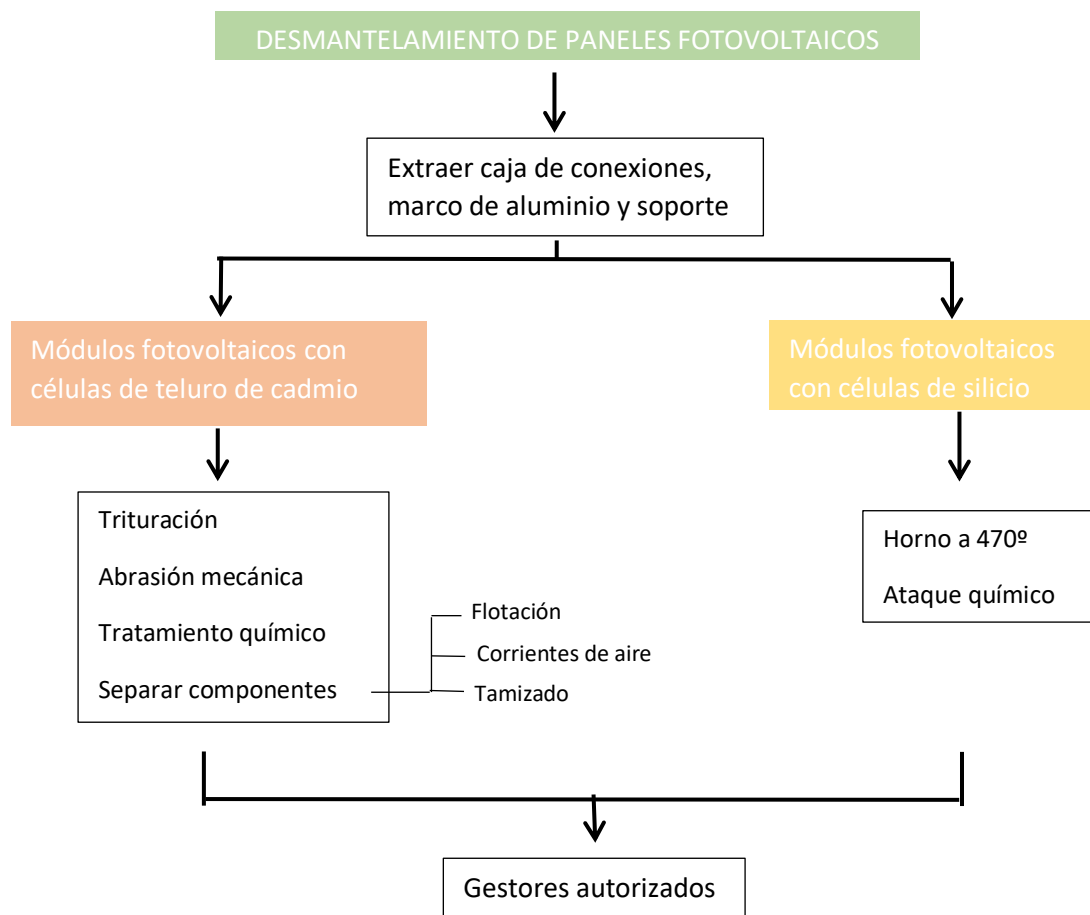
este proceso hay que tener en cuenta la liberación de gases tóxicos por lo que hay que vigilar el sistema de depuración y control de gases. A continuación, se realiza un ataque químico a las células para eliminar las impurezas metálicas que puedan quedar. Así quedan, por un lado, las células y por otra el vidrio que pueden ser reutilizadas.

En el caso de que sean módulos fotovoltaicos con células de telurio cadmio se practicará un procedimiento mecánico que tritura los paneles en piezas de 4 a 5 mm para remover el laminado, posteriormente se realiza una abrasión mecánica y un tratamiento químico con ácidos y peróxido. El siguiente paso es separar los componentes mediante tambor giratorio, y por último se separan las fracciones valorizables usando técnicas como la flotación, separación por corrientes de aire o tamizado (Escuela Moreno, 2017).

- En la tercera y última etapa, se separan los componentes obtenidos en la fase anterior y son enviados a los gestores autorizados, estos realizan tratamientos para que los materiales puedan ser reutilizados. En el caso del vidrio, se tritura, se filtra y se lava para eliminar el polvo, por último, se envía a un horno para facilitar su posterior moldeado. El aluminio también se tritura, se funde en un horno y se ataca químicamente para mejorar sus propiedades, por ejemplo, se introduce hexacloroetano  $C_2Cl_6$  que eleva las impurezas a la superficie de la masa fundida y se eliminan mediante filtración (Escuela Moreno, 2017).

Todo esto queda resumido en la Figura 1, tal y como se puede observar a continuación:

Figura 1. Desmantelamiento de paneles fotovoltaicos



## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

### 9.2.2. Principales residuos generados

Los materiales de los módulos fotovoltaicos solares más fáciles de reutilizar son el vidrio y el aluminio, siendo su tasa de recuperación 95% y 100% respectivamente, para el caso de telurio el porcentaje es igual a 87,5%, todos estos porcentajes quedan reflejados en la Tabla 8. Los plásticos hay que destruirlos para poder extraer la célula completa, que es lo que más interesa reutilizar. En la siguiente tabla se pueden observar una estimación de las toneladas que de residuos provenientes de módulos fotovoltaicos solares que se generan y las toneladas que se recuperan según cada material (Escuela Moreno, 2017).

Tabla 8. Estimación de materiales recuperables procedentes de paneles fotovoltaicos en 2050

Nota. Adaptado de Estudio sobre las posibilidades de valorización de residuos de paneles fotovoltaicos (Escuela Moreno, 2017).

Material	Generado (toneladas)	% de recuperación	Recuperado (toneladas)
Vidrio	6.430.255	95	6.108.742,25
Aluminio	617.658	100	617.658
Silicio	162.334	81	131.490,54
Telurio	877	87,5	767,375
Cobre	56.632	89	50.402,48
Plata	242	40	96,8
Indio	5.132	30	1.539,6
Galio	95	30	28,5
Germanio	4.942	30	1.482,6

Se estima que para el año 2030 se formarán 8 millones de toneladas de residuos generados por paneles fotovoltaicos siendo China el país que más generará, seguido de Estados Unidos, Japón, India y Alemania (Escuela Moreno, 2017).

### 9.3 Valoración de los residuos de paneles fotovoltaicos

Por un lado, se tiene que hacer una **valoración económica**. La recuperación de materiales provenientes de los módulos fotovoltaicos implica un beneficio económico que depende de la cantidad de materiales recuperados, de la tasa de reciclaje, de la pureza de este y del precio del mercado. Se sabe que el germanio es de los elementos más caros aproximadamente su precio es de 1.167 €/kg, le siguen elementos como la plata y el galio. Aunque el vidrio y el aluminio son económicamente más asequibles son los componentes que más tasa de recuperación tienen, por lo tanto, se podrían vender cantidades grandes de estos materiales. Por otra parte, se estima que gracias a las materias primas recuperadas de paneles fotovoltaicos se ganarán 450 millones de dólares en 2030, con este dinero se crearían 60 millones paneles nuevos (Escuela Moreno, 2017).

Por otro lado, la **valorización del material** hace referencia a la obtención de nuevos materiales a partir de los paneles ya gastados, evitando el uso de nuevas materias primas. En este sentido, los materiales más fáciles de recuperar son el vidrio y el aluminio.

## **Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

El vidrio que se emplea en los módulos fotovoltaicos es un vidrio templado con bajo contenido en hierro y en impurezas, este vidrio reciclado se puede emplear, por ejemplo, para aportar durabilidad, resistencia y aislamiento térmico al cemento de edificaciones o para elaborar 'glassphalt', un tipo de asfalto que emplea hasta un 20% de vidrio para su elaboración.

El aluminio empleado es de tipo anodizado, como ya se ha dicho anteriormente este material se puede reutilizar completamente ya que al fundirlo no pierde sus propiedades fisicoquímicas. Este aluminio recuperado se puede usar para crear los marcos de nuevos módulos.

Además, de estos materiales hay otros que presentan un alto porcentaje de recuperación, tal y como se puede observar en la Tabla 8, el silicio, el telurio y el cobre tienen altos valores. El silicio se suele emplear para volver a formar nuevas células, el cobre es muy fácil de reciclar se suele utilizar para formar tuberías, láminas para techos, chips electrónicos, monedas... El cadmio se utiliza para crear nuevas células o se utiliza para crear acumuladores eléctricos. El plomo también se utiliza para crear baterías y recubrimientos para nuevos módulos fotovoltaicos (Escuela Moreno, 2017).

Por último, la **valoración energética**. Una parte de los residuos se pueden estimar a plantas de valoración para la recuperación energética, esta opción es muy recomendable cuando los polímeros están muy degradados o mezclados. Según un estudio realizado por Escuela Moreno la incineración del EVA presente en los módulos fotovoltaicos puede generar 3,48 MJ/kg de electricidad y 7,03 MJ/kg de calor, gracias a esta combustión se reduce el volumen de residuos a la vez que se genera energía térmica (Escuela Moreno, 2017).

### 9.4 Posible impacto ambiental

Los paneles fotovoltaicos no se consideran residuos peligrosos ya que el porcentaje de sustancias tóxicas que contiene es inferior al marcado por la Unión Europea, aun así, hay que tener especial cuidado con estas sustancias, por ejemplo, el plomo y el cadmio son sustancias muy contaminantes y podrían ser convertidas en lixiviados tras la deposición de estos paneles en el vertedero. Esto puede causar un daño al ecosistema irreparable, podría darse la disminución del crecimiento y reproducción de plantas y animales y causar efectos neurológicos en ciertas especies y en un caso radical puede favorecer a la pérdida de biodiversidad. El plomo puede provocar en los seres humanos anemia, daños en el sistema nervioso e inmunológicos, problemas renales y problemas cardiovasculares. Por su parte, el cadmio daña el sistema nervioso central, provoca debilidad ósea, infertilidad y cáncer.

A pesar de todo esto, tal y como se ha dicho anteriormente, la energía solar fotovoltaica es una energía limpia que en comparación con las energías no renovables no contamina a penas, y la instalación de módulos fotovoltaicos solares evita el uso de otras energías mucho más contaminante. A través de la aplicación RETScreen Expert se ha estudiado el ahorro ambiental que supone la instalación en los dos casos estudiados. Para una instalación de 25 kWp no se producen 9,6 t de gases de efecto invernadero lo que equivale a 4109,3 litros de gasolina no consumidos, y para instalación que cubra la demanda se ahorran 15,8 toneladas de gases de efecto invernadero lo que equivale a 6772,7 litros de gasolina no consumidos.

## **Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

Con todo ello se llega a la conclusión de que la energía solar fotovoltaica no está exenta de generar contaminantes siendo el proceso de fabricación donde más se producen tanto en la generación de energía como en la producción de las propias módulos fotovoltaicos, pero la gran mayoría de sus materiales tienen una tasa alta de reciclaje por lo tanto se les puede dar una segunda vida, y además una vez instaladas las módulos fotovoltaicos no generan apenas contaminantes por lo tanto es mucho menos perjudicial para el medio ambiente que otro tipo de energías.

### 9.5. Responsabilidades de los consumidores

Todo usuario que planea instalar sistemas fotovoltaicos tiene que ser consciente de que una vez haya finalizado la vida útil de dicho sistema o cuando se encuentre el sistema en malas condiciones, se tiene que hacer cargo de los residuos generados y es su deber asegurar que los residuos lleguen a una planta de tratamiento. Normalmente las empresas o usuarios particulares tienden a contratar a empresas dedicadas al transporte y gestión de dichos residuos, aunque también se podrían transportar por su cuenta. Sea de una manera o de otra los residuos no deben mezclarse con otro tipo de residuos y en lo posible intentar no dañar ninguna parte de la instalación para poder así reutilizarla. (Ramírez Agudelo, 2018).

Dicho esto, sabiendo que en este estudio se han realizado los cálculos para una instalación de 25kWp en las que se instalaban 60 paneles y una instalación que cubría la demanda con 88 paneles, es decir se tendrán un número elevado de paneles. Esto hay que tenerlo en cuenta a la hora de pensar en el transporte hacia los centros de reciclaje.

Los pasos a realizar por la Policlínica Glorieta tras el final de la vida útil o por cualquier desperfecto, serían los siguientes: Primero se debería de contactar con empresas dedicadas a la gestión de residuos por ejemplo con Recyclia, esta empresa tiene su sede en Madrid, por lo tanto habría que negociar si es viable una recogida de material en Denia, Alicante. Además, habría que detallarles que tipo de placas se tienen y como se ha dicho antes el número concreto que se tienen, en este caso los paneles son con celdas policristalinas. Tal y como se ha dicho antes los procesos de reciclaje cambian dependiendo del material que con el estén hechas, por lo tanto hay que avisar con anterioridad para que puedan ser tratadas correctamente.

Una vez las placas estuvieran en manos de la empresa dedicada al tratamiento, ya pondría en marcha todos y cada uno de los procesos explicados anteriormente, para darles una segunda vida a estos paneles y poder reciclarlos y reutilizarlos.

## CAPÍTULO 10. VIABILIDAD ECONÓMICA

Gracias a la aplicación RETScreen Expert se ha estudiado la rentabilidad de la instalación fotovoltaica. En esta aplicación se introducen datos que definen la instalación y con ellos se calculan los parámetros que demuestran la viabilidad financiera del proyecto.

Por un lado, para la instalación fotovoltaica de 25 kWp que se había obtenido una producción anual de 35,4 W , mientras que para la instalación que cubre la demanda donde se había calculado una electricidad exportada a red igual a 51,53 MW. A continuación, se va a estudiar con más detalle cada uno de los casos.

### 10.1 Viabilidad económica para una instalación de 25 kWp

Se va a analizar económicamente el primer caso, es decir, el proyecto de la instalación de 25 kWp. En el programa ya se indica que los ingresos por exportación de electricidad son 6.244 € anuales, pero como estamos hablando de una instalación fotovoltaica que no produce energía para comercializar con ella, sino simplemente para autoconsumo, estos ingresos son ahorros, es decir, el dinero que no gastas una vez instalados los paneles.

Por otro lado, en la pestaña de costo hay que introducir todos los gastos que supone la instalación, en costos iniciales se introduce el precio inicial por la instalación en este caso serán 18.893,28 € tal y como se puede ver en la Tabla 9 adjuntada a continuación. Los valores de esta tabla se han extraído de los catálogos de los propios fabricantes y de estimaciones. En costos anuales se introduce un valor aproximado de todos los gastos relacionados con las posibles reparaciones o limpieza de los paneles, se han supuesto 600 € anuales.

Tabla 9. Resumen presupuesto para instalación 25 kWp

Producto	Unidades	Precio unitario (€)	Precio total (€)
PANEL SOLAR AMERISOLAR 330W AS-6P-330	60	136,2	8.172
INGETEAM INGECON 15U 208	1	2.028,28	2.028,28
Estructura de soporte	60	44,8	2.688
Instalación eléctrica	1	1.685	1.685
Mano de obra	2	1.780	3.560
Legalización y proyecto de ingeniería	1	760	760
<b>Total sin IVA</b>			<b>18.893,28</b>

Por último, se introducen parámetros como la tasa de escalamiento de combustibles, que en este caso es 0% ya que es energía fotovoltaica, y no se consume combustible, la tasa de inflación que se ha estimado en un 3%, aunque a día de hoy se sabe que debido a la crisis por los conflictos internacionales que existen, este valor ha ido variando, pero hay que tener en cuenta que la instalación tiene una vida útil bastante grande y para próximos años se espera que este valor se recupere. La tasa de descuento está relacionada con el valor que va perdiendo la instalación a medida que van pasando los años, para este caso se ha estimado en un 7%. Por último, la tasa



## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

de reinversión es 0, ya que la empresa no tiene pensado reinvertir. Todos estos datos quedan recogidos en la Tabla 10.

Tabla 10. Parámetros a definir para una instalación

Tasa de escalamiento	0%
Tasa de inflación	3%
Tasa de descuento	7%

A continuación, se van a estudiar dos opciones de financiación, por un lado, asumir la totalidad de los costes de la instalación con fondos propios y por otro lado, pidiendo un crédito.

### 10.1.1 Viabilidad económica para una instalación de 25 kWp con fondos propios

Tras introducir todos los valores, la aplicación ha calculado los siguientes valores financieros:

Tabla 11. Valores financieros para una instalación de 25 kWp con fondos propios

TIR antes de impuestos (%)	26,7
Pago simple de retorno del capital (año)	4,1
Repago - capital (año)	3,9
Valor Anual Neto (VAN) (€)	47.364
Ahorros anuales en ciclo de vida (€/año)	4.471
Relación beneficio - costo	3,1
Costo de producción de energía (€/kWh)	0,094

Para empezar, el TIR es la tasa interna de retorno y estudia la rentabilidad del proyecto. Por lo general, un proyecto con un TIR mayor a 7%, es rentable económicamente hablando, en este caso el valor del TIR es del 26,7 % un valor mucho mayor al 7%, es decir en este sentido, la instalación fotovoltaica es rentable. Por otro lado, la amortización es un valor medio entre el pago simple de retorno del capital y el repago del capital, es decir, se tardarían aproximadamente 4 años en recuperar el dinero invertido. En el Anexo 7 se puede ver con más detalle los valores de flujo de caja al año con una vida útil de 20 años, en esta tabla se puede observar que efectivamente la instalación se amortiza en el cuarto año. Por otro lado, el valor del VAN hace referencia a los ahorros que va a suponer la instalación a final de la vida útil actualizados a día de hoy. En la Tabla 11 se observa que este valor es 47.364 €, que es un valor bastante bueno. Además, esto se comprueba con el dato de ahorro anual que es de un poco menos de 4.500 €, que es un valor elevado y con la relación beneficio – costo que es también bastante grande. Por último, el valor de la producción de la energía es 0,094 €/kWh.

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

### 10.1.2 Viabilidad económica para una instalación de 25 kWp con financiación ajena

En este caso, se introduce en la aplicación los valores necesarios para definir el tipo de préstamo que se pide, más concretamente: el valor de relación de deuda del 70%, la tasa de interés de la deuda 7% y la duración de deuda de 7 años. Con estos se obtiene un pago de la deuda de 2.969,71 €/año, por lo tanto, cada año a parte del coste de mantenimiento y limpieza que ya se ha estimado en 600 €, también habrá que pagar el pago de deuda por lo tanto el flujo efectivo de caja queda en 2.969,71 € anuales. A continuación, se adjunta una tabla donde queda reflejado los valores financieros que como se puede observar son bastante parecidos a los anteriores, a excepción del TIR que aumenta considerablemente y del repago que disminuye, por lo tanto, el proyecto será más rentable en estas condiciones y se amortizará antes tal y como se puede comprobar en el *Anexo 7*.

Tabla 12. Valores financieros para una instalación de 25 kWp con financiación ajena

TIR antes de impuestos (%)	46,9
Pago simple de retorno del capital (año)	4,1
Repago - capital (año)	2,4
Valor Anual Neto (VAN) (€)	47.364
Ahorros anuales en ciclo de vida (€/año)	4.471
Relación beneficio - costo	7,9
Costo de producción de energía (€/kWh)	0,094

### 10.2 Viabilidad económica para una instalación que cubra la demanda

En este caso cambia el inversor y el número de paneles necesarios por lo tanto el presupuesto inicial es diferente, en el apartado de costos se cambia el costo inicial que es igual a 26.352,28 €, que se obtiene de sumar todos los gastos que implica instalar los módulos fotovoltaicos, tal y como se muestra continuación:

Tabla 13. Resumen presupuesto para instalación que cubra la demanda

Producto	Unidades	Precio unitario (€)	Precio total (€)
PANEL SOLAR AMERISOLAR 330W AS-6P-330	88	136,2	11985,6
INGETEAM INGECON 15U 208	1	2428,28	2428,28
Estructura de soporte	88	44,8	3942,4
Instalación eléctrica	1	1685	1685
Mano de obra	2	1780	3560
Legalización y proyecto de ingeniería	1	760	760
<b>Total sin IVA</b>			<b>24361,28</b>

Los costes anuales siguen siendo 600 € por el mantenimiento y limpieza.

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

### 10.2.1 Viabilidad económica para una instalación que cubra la demanda con fondos propios

Modificando el factor de planta a 1,78% que es el necesario para generar 51,53 MW y cubrir la demanda y cambiando tal y como se ha dicho anteriormente el costo inicial, se obtienen los parámetros financieros. Por un lado, el TIR es mayor que el de la instalación de 25 kWp, es lógico pensar que, a mayor producción de energía, mayor rentabilidad del proyecto. Por otro lado, la amortización es un poco superior a los tres años tal y como se puede ver en el Anexo 7 y el VAN aumenta casi el doble esto quiere decir que se van a obtener 89.189 € por la instalación de los módulos fotovoltaicos habiendo tenido ya en cuenta la diferencia por la depreciación del dinero. También, se puede apreciar que el coste de la producción de energía disminuye a 0,074 €/kWh.

Tabla 14. Valores financieros para una instalación de 25 kWp con fondos propios

TIR antes de impuestos (%)	32,8
Pago simple de retorno del capital (año)	3,3
Repago - capital (año)	3,2
Valor Anual Neto (VAN) (€)	89189
Ahorros anuales en ciclo de vida (€/año)	8419
Relación beneficio - costo	3,8
Costo de producción de energía (€/kWh)	0,074

### 10.2.2 Viabilidad económica para una instalación que cubra la demanda con financiación ajena

Con una financiación ajena con las mismas características que en el caso anterior se obtiene un pago de deuda de 4.143 € / año, que evidentemente es mayor que en el de la instalación de 25 kWp ya que el coste inicial era mayor, por lo tanto, el préstamo que se tenga que pedir será más grande. Como pasaba anteriormente, al hacer la financiación mediante operaciones bancarias el TIR aumenta casi al doble y la relación beneficio-costos es mucho mayor esto tiene que ver con que el coste inicial es menor y el beneficio se mantiene, también está relacionado con la pérdida del valor del dinero, todo esto hace que la relación beneficio-costos aumente. Además, el repago disminuye mucho cuando se habla de financiación ajena, esto es debido a que inicialmente inviertes menos dinero por lo tanto tardas menos en recuperarlo.

Tabla 15. Valores financieros para una instalación de 25 kWp con financiación ajena

TIR antes de impuestos (%)	64,5
Pago simple de retorno del capital (año)	3,3
Repago - capital (año)	1,6
Valor Anual Neto (VAN) (€)	89189
Ahorros anuales en ciclo de vida (€/año)	8419
Relación beneficio - costo	10,3
Costo de producción de energía (€/kWh)	0,074

## **Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

Por lo tanto, se puede concluir que **con todas las opciones el proyecto es viable económicamente** hablando, y la mejor opción es la instalación de maquinaria que consiga cubrir la demanda y con financiación ajena, ya que es la que mayor valor del TIR tiene y además tiene el mejor valor del VAN.

### 10.3 Ayudas e incentivos

Para incentivar a la población a instalar estos módulos fotovoltaicos fotovoltaicas, el gobierno ha ofrecido unas ayudas que se pueden dividir en 3 grandes grupos:

- Bonificación del IBI (Impuesto por Bienes Inmuebles) y ICIO (Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones y Obras). Dependiendo del ayuntamiento el porcentaje puede variar, pero en el caso del IBI se puede obtener una bonificación de casi el 50% durante 5 años, pero este descuento solo afecta a residencias privadas, por lo tanto, la Policlínica Glorieta no se puede beneficiar. Mientras que el porcentaje de ICIO es aproximadamente del 95%.
- Deducción de IRPF (Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas), esto nuevamente solo se puede otorgar a personas individuales.
- Subvenciones autonómicas o locales. La Generalitat Valenciana ha propuesto unas ayudas para las instalaciones de autoconsumo con energía renovable que se aplicarán a todos los módulos fotovoltaicos instalados después del 30 de junio del 2021. La Policlínica Glorieta tiene pensado pedir estas ayudas.

Estas ayudas no se han tenido en cuenta para el estudio de viabilidad, es decir, que si el proyecto es rentable sin las ayudas, con las ayudas más si cabe.

## CAPÍTULO 11. CONCLUSIONES

En este Trabajo de Fin de Grado se ha analizado la viabilidad económica, técnica y medioambiental de la instalación de paneles solares en un centro sanitario por lo tanto se puede decir que se ha cumplido el objetivo principal. Si se analiza los objetivos más específicos se comprueba se han estudiado con detenimiento los diferentes puntos:

Primero, se han explicado las ventajas y desventajas de los módulos fotovoltaicos más concretamente de las células fotovoltaicas que constituyen la parte más importante del módulo fotovoltaico. Se ha llegado a la conclusión de que el mejor modelo de módulos fotovoltaicos para el caso de la Policlínica Glorieta es AMERISOLAR 330W AS-6P-330 con células policristalinas, se ha llegado a conclusión de que este tipo de células era la más convenientes para la empresa ya que son más económicas, generan menos contaminantes y tienen una eficacia bastante buena. Para llegar a esta selección, se ha caracterizado el consumo previo a la instalación, obteniendo un gráfico donde se pueden observar la evolución del consumo de potencia a lo largo de los últimos años y este se ha comparado con el supuesto consumo una vez instalada los módulos fotovoltaicos, con estos datos se han realizado los cálculos pertinentes para saber cuántos módulos serían necesarios. Se han estudiado dos casos diferentes, por un lado, para una instalación de 25 kWp se instalarían 12 módulos en serie y 5 strings en paralelo haciendo un total de 60 módulos, y para una instalación que cubriera la demanda 88 módulos, 11 en serie distribuidos en 8 strings en paralelo.

Por otro lado, se ha analizado los residuos que se generan durante el proceso de instalación incidiendo tanto en los contaminantes generados en el proceso de fabricación de los paneles como en la fabricación de la energía para producir dichos paneles.

También, se ha estudiado los principales residuos generados una vez se acaba la vida útil de dichos módulos fotovoltaicos y se han puesto ejemplos de algunas empresas que se dedican a la gestión de dichos residuos, además se ha explicado el proceso de desmantelamiento que siguen estas empresas para poder reciclar dichos materiales.

Asimismo, se ha realizado una valoración económica de la recuperación de estos materiales y de los beneficios financieros que supone, también una valoración de los materiales donde se han puesto ejemplos de posibles destinos que podrían darse a los materiales reciclados y por último una valoración energética donde se ha propuesto que, a los materiales más dañados, más concretamente de los plásticos, sean incinerados para poder obtener un beneficio económico. Además, se ha analizado el impacto ambiental que supone la fabricación e instalación de los módulos fotovoltaicos, comparando los beneficios y ahorros ambientales que suponen con las desventajas que presentan, más concretamente con los contaminantes que generan.

Por último, se ha estudiado la viabilidad económica de la instalación y los beneficios financieros que implican la incorporación de esta maquinaria, para ello se ha empleado la aplicación RETScreen Expert en la que se han introducido los valores indicados y se han estudiado 4 casos: el estudio de la instalación de 25 kWp y el de la instalación para cubrir la demanda, ambas

## **Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

estudiadas con financiación con fondos propios y con transacciones bancarias y así se han obtenido los diferentes valores del TIR y el VAN, entre otros parámetros que ayudan a estudiar la viabilidad de un proyecto. Se ha podido comprobar que la mejor opción es instalar los módulos fotovoltaicos suficientes para cubrir la demanda y pidiendo un préstamo bancario.

## CAPÍTULO 12. BIBLIOGRAFÍA

12 Gráficas para entender la evolución de la fotovoltaica | OVACEN. (2018, septiembre 18).

<https://ovacen.com/evolucion-fotovoltaica/>

Adler, F., Berardi, M., García Pedrosa, M., Monticelli, F., & Morquecho, M. (2013). Energía solar fotovoltaica. *Notas del curso instalaciones industriales Universidad nacional de mar de plata.*

Aguirre, Á., Hernández, D., Ordoñez, L., & Martínez, L. (2016). Comparación de eficiencias de conversión de energía en celdas fotovoltaicas de silicio monocristalino, policristalino y amorfo para mediciones meteorológicas de la ciudad Santiago de Cali. *III Congreso Internacional de Metrología METROCOL*, 1-9.

Alemañ, C. J. D. (2020). Decreto-Ley 14/2020, de 7 de agosto, del Consell, de medidas para acelerar la implantación de instalaciones para el aprovechamiento de las energías renovables por la emergencia climática y la necesidad de la urgente reactivación económica. *Actualidad Jurídica Ambiental*, 104, 162-172.

Bernal Aparicio, W. H., Martínez Cañón, L. E., & Valencia Zuluaga, M. (2022). *Guía para la disposición de paneles solares al final de su ciclo de vida en Colombia* [B.S. thesis]. Fundación Universidad de América.

Briñez, J. C. D. (s. f.). *TRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA ELABORACIÓN DE CELDAS FOTOVOLTAICAS*. 38.

Caceres Uscca, O. (2018). *Propuesta para la deducción de consumo eléctrico y optimización de iluminación en el Instituto de Informática de la Universidad Nacional del Altiplano implementando un sistema fotovoltaica y tecnología led.*

Cañas, C. (s. f.). *TALLER FINAL QUIMICA 1*.

Cárabe, J. (2015). La energía solar fotovoltaica en España: Presente y futuro. *Vértices: la revista del CIEMAT*, 23, 27-30.

Cepheiden, derivative work: (2008). *English: Czochralski process, silicon monocrystal fabrication*. Czochralski\_Process.svg.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Czochralski\\_Process\\_DE.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Czochralski_Process_DE.svg)

Cerdá, E., & Khalilova, A. (2016). Economía circular. *Economía industrial*, 401(3), 11-20.

Céspedes, M. M. S., Stanescu, C. V., & Pisco, R. R. (2020). Disposición final e impacto ambiental de las celdas fotovoltaicas. *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*, 14(2), 74-90.

Chaparro Pérez, J. F. (s. f.). *Manejo Integral de Residuos Generados por los paneles solares fotovoltaicos en Colombia*.

*Curso de Instalaciones Fovoltaicas*. (s. f.). Recuperado 7 de abril de 2022, de [https://calculosolar.com/curso/5.1\\_teoria.html](https://calculosolar.com/curso/5.1_teoria.html)

Do Nascimento, C. A. (2004). Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica. *Diss. Universidade Federal de Lavras*.

## **Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

- Escuela Moreno, C. (2017). *Estudio sobre las posibilidades de valorización de residuos de paneles fotovoltaicos*.
- España, el segundo mercado fotovoltaico de Europa durante los próximos 5 años. (2019, junio 26). pv magazine España. <https://www.pv-magazine.es/2019/06/26/espana-el-segundo-mercado-fotovoltaico-de-europa-durante-los-proximos-5-anos/>
- Espejo-Marín, C., & Aparicio-Guerrero, A. E. (2020a). La Producción de Electricidad con Energía Solar Fotovoltaica en España en el Siglo XXI. *Revista de Estudios Andaluces*, 39, 66-93. <https://doi.org/10.12795/rea.2020.i39.04>
- Espejo-Marín, C., & Aparicio-Guerrero, A. E. (2020b). La Producción de Electricidad con Energía Solar Fotovoltaica en España en el Siglo XXI. *Revista de Estudios Andaluces*, 39, 66-93. <https://doi.org/10.12795/rea.2020.i39.04>
- Estudio de una instalación solar fotovoltaica para una vivienda unifamiliar aislada*. (s. f.). Recuperado 11 de abril de 2022, de <https://riunet.upv.es/handle/10251/139419>
- Europeo, C., & de la Unión Europea, C. (2020). El Pacto Verde Europeo. *Boletín monográfico*.
- Fernández-Reyes, R. (2016). El Acuerdo de París y el cambio transformacional. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, 132, 101-114.
- Frasquet Parets, I. (2015). *Instalación eléctrica de un polideportivo por medio de placas solares* [PhD Thesis]. Universitat Politècnica de València.
- Garrido, D. (2009). Análisis de un sistema de iluminación, utilizando ampollitas de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos. *Universidad Austral de Chile, Chile*.
- Hernández, S. D. (2011). *LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA*.
- Herrarte Estevez, R. J. (2020). *Gestión integral de desechos de paneles fotovoltaicos de silicio* [PhD Thesis]. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Manzanares, J. L. B. (2007). *Tecnología de células solares de silicio cristalino*. Madrid.
- Marín, C. E. (2004). *LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA*. 27.
- Marín, C. E., & Marín, R. G. (2010). La energía solar termoeléctrica en España/Thermoelectric solar energy in Spain. *Anales de geografía de la Universidad Complutense*, 30(2), 81.
- Marrero Valdivia, A. (2017). *Control de paneles solares fotovoltaicos* [PhD Thesis]. Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería ....
- Martín, L., Zarzalejo, L. F., Polo, J., Espinar, B., & Ramírez, L. (s. f.). *PREDICCIÓN DE LA IRRADIANCIA SOLAR DIARIA A PARTIR DE IMÁGENES DE SATÉLITE MEDIANTE TÉCNICAS ESTADÍSTICAS*.
- Mateo Guerrero, C. (2017). *Cinética de la saturación en células fotovoltaicas de silicio amorfo y posterior mejora en los procesos de estabilización inicial debido a la exposición a la radiación solar* [PhD Thesis]. Universitat Politècnica de València.



## **Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

Muñoz Mamani, A. M. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de energía inteligente para iluminación utilizando tecnología led de bajo consumo en Villa el Sol distrito de Yarabamba.*

Ramírez Agudelo, A. (2018). *Análisis y propuestas para la disposición final de paneles solares fotovoltaicos en Colombia.*

Rasero, C. M. (2011). Energía solar fotovoltaica. *Energía solar fotovoltaica, situación actual*, 4.

Rodríguez Blanco, S. E. (s. f.). *Plan de manejo para disposición final de paneles solares de Energía Integral Andina SA.*

Sanz Taboada, M. (2020). *Instalación de placas solares en una nave industrial para autoconsumo.*

Schallenberg Rodríguez, J. C., Piernavieja Izquierdo, G., Hernández Rodríguez, C., & Unamunzaga Falcón, P. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética.* Instituto Tecnológico de Canarias.

SIDRACH DE CARDONA, M., Sánchez-Friera, P., Piliouquine, M., Pelaez, J., Carretero, J., & Mora-López, L. (2010). Degradación de módulos fotovoltaicos de silicio cristalino tras 12 años de operación en España. *IV Conferencia Latino Americana de Energía Solar (IV ISES\_CLA) y XVII Simposio Peruano de Energía Solar (XVII-SPES), Cusco.*

Silvestre Asensio, A. (2014). *Proyecto de reordenación y mejora del puerto de Denia. Paseo marítimo y acondicionamiento de la zona de varada del Club Náutico* [PhD Thesis]. Universitat Politècnica de València.

Solar, E. (2007). Energía solar fotovoltaica. *Página consultada en la web el, 26.*

Vengut Antequera, E. (2013). *Projecte d'adequació i homogeneïtzació dels itineraris ambientals i culturals dels parcs naturals de la Marina Alta* [PhD Thesis]. Universitat Politècnica de València.

Inversor caso 1→

[https://www.ingeteam.com/Portals/0/Catalogo/Producto/Documento/PRD\\_1021\\_Archivo\\_ingecon-sun-smart-u.pdf](https://www.ingeteam.com/Portals/0/Catalogo/Producto/Documento/PRD_1021_Archivo_ingecon-sun-smart-u.pdf)

Inversor caso 2→

[https://www.ingeteam.com/Portals/0/Catalogo/Producto/Documento/PRD\\_1021\\_Archivo\\_ingecon-sun-smart-u.pdf](https://www.ingeteam.com/Portals/0/Catalogo/Producto/Documento/PRD_1021_Archivo_ingecon-sun-smart-u.pdf)

PVGIS → [JRC Photovoltaic Geographical Information System \(PVGIS\) - European Commission \(europa.eu\)](http://www.jrc.ec.europa.eu/pvgis/),

## CAPÍTULO 13. ANEXOS

### *Anexo 1. Superficie Policlínica Glorieta*

La Policlínica Glorieta está situada como ya se ha dicho en Denia. La nave donde se ejerce la profesión cuenta con 508,64 m<sup>2</sup>. A continuación, se muestra el cuadro de superficies donde se pueden observar las medidas de cada dependencia.

*Tabla 16. Valores de las superficies de la Policlínica Glorieta*

Nota. Adaptado de datos ofrecidos por la Policlínica Glorieta, 2022.

Cuadro de superficies	
Dependencia	Superficie útil (m <sup>2</sup> )
Vestíbulo	34,25
Recepción	17,87
Sala de espera	46,25
Paso 1	34,13
Despacho privado	15,4
Administración 1	8,79
Oficina	10,36
Aseos Misv./Mujeres	4,92
Aseos Hombres	6,63
Escalera	12,86
Rayos X	24,09
Laboratorio	21,49
Urgencias	19,56
Sala 1 - Consulta	20,49
Sala 2 - Consulta	20,61
Sala 3 - Consulta	23,9
Sala 4 - Consulta	23,9
Sala 5 - Consulta	23,9
Sala 6 - Consulta	23,9
Sala de cardiología	17,19
Gimnasio de cardiología	25,06
Paso 2	60,1
Trastero	1,4
Zaguán	11,59
<b>Total superficie</b>	<b>508,64</b>

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

### *Anexo 2. Consumo de energía en los últimos años*

En la tabla adjuntada a continuación se muestra el consumo de energía consumido en los últimos años por la Policlínica Glorieta.

*Tabla 17. Energía consumida en los últimos años*

Nota. Adaptado de datos ofrecidos por la Policlínica Glorieta, 2022.

Fecha	Energía (kWh)
sep-19	100
oct-19	83
nov-19	120
dic-19	845
ene-20	1.054
feb-20	999
mar-20	745
abr-20	540
may-20	2.973
jun-20	3.741
jul-20	4.569
ago-20	3.790
sep-20	3.809
oct-20	3.950
nov-20	3.452
dic-20	3.982
ene-21	3.823
feb-21	3.864
mar-21	3.898
abr-21	4.323
may-21	4.269
jun-21	4.739
jul-21	3.989
ago-21	4.509
sep-21	4.721
oct-21	4.991
nov-21	4.319
dic-21	4.790

**Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

**Anexo 3. Radiación en la localización en 2020**

En la tabla siguiente se exponen los valores de radiación solar en la ubicación de la empresa (38,836116, 0,0927529) durante tres días elegidos al azar de invierno y tres de verano en el año 2020 según PVGIS.

Las unidades de la radiación son: W/m<sup>2</sup>

*Tabla 18. Valores de radiación de 6 días del año 2020.*

	Invierno			Verano			
	01/01/2020	19/02/2020	10/03/2020	02/07/2020	20/08/2020	09/09/2020	
0:00:00	0	0	0	0	0	0	
1:00:00	0	0	0	0	0	0	
2:00:00	0	0	0	0	0	0	
3:00:00	0	0	0	0	0	0	
4:00:00	0	0	0	0	0	0	
5:00:00	0	0	0	20,07	0	0	
6:00:00	0	0	0	102,95	53,84	44,53	
7:00:00	0,00	24,1	151,58	269,69	213,19	266,77	
8:00:00	278,63	384,28	430,93	459,31	348,4	461,72	
9:00:00	472,12	626,93	671,67	624,58	537,96	699,69	
10:00:00	725,11	180,38	881,66	706,46	844,95	776,95	
11:00:00	750,1	268,36	954,3	903,01	746,35	887,18	
12:00:00	787,68	129,62	998,02	992,75	970,79	908,71	
13:00:00	788,64	732,65	972,73	940,04	903,77	941,87	
14:00:00	558,42	324,82	531,74	837,92	728,01	833,68	
15:00:00	457,27	427,73	667,51	660,11	651,43	475,16	
16:00:00	214,02	388,7	390,35	452,57	427,48	325,24	
17:00:00	0	42,41	105,65	239	202,1	152,02	
18:00:00	0	0	0	64,22	35,77	0	
19:00:00	0	0	0	6,11	0	0	
20:00:00	0	0	0	0	0	0	
21:00:00	0	0	0	0	0	0	
22:00:00	0	0	0	0	0	0	
23:00:00	0	0	0	0	0	0	
	<b>promedio invierno</b>			<b>212,75</b>	<b>promedio verano</b>		<b>287,73</b>

**Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

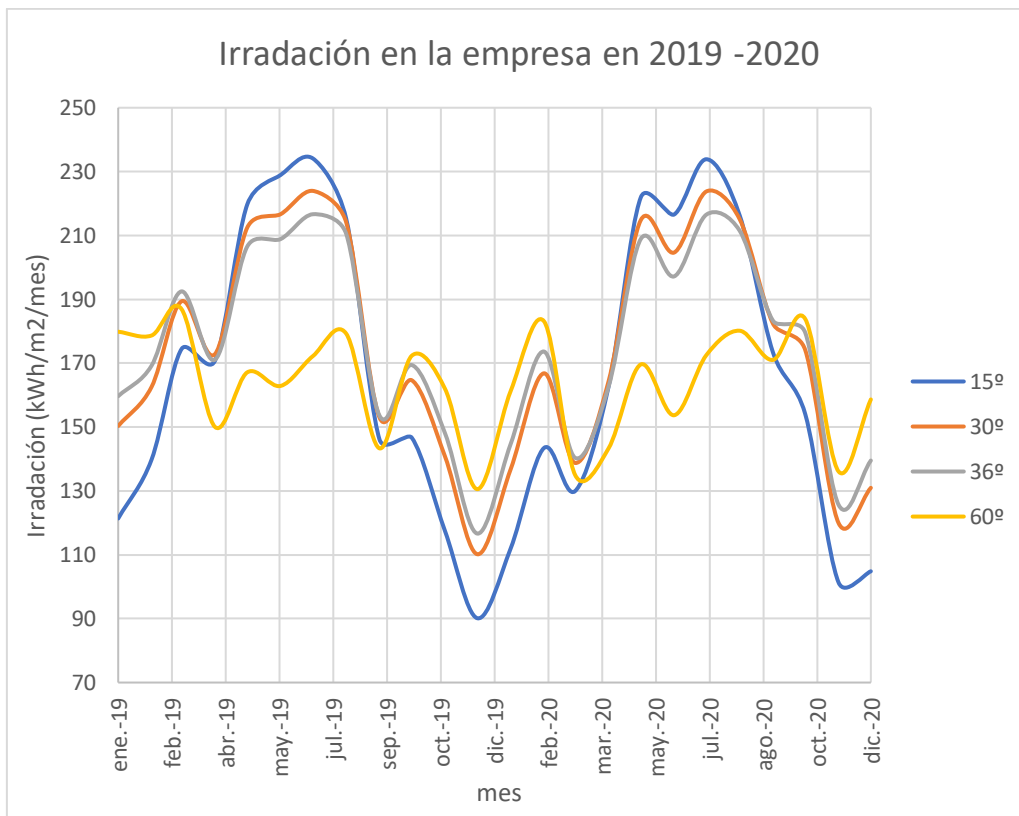
**Anexo 4. Radiación solar en la localización**

La tabla adjuntada a continuación recoge los valores de radiación solar en la ubicación de la empresa (38,836116, 0,0927529) en los años 2019 y 2020 según PVGIS. Los datos tienen como unidades kWh/m<sup>2</sup>/mes, excepto la última fila que es una media de los dos años por lo tanto las unidades son kWh/m<sup>2</sup>/año. Tal y como se puede observar con una inclinación de 36° se obtiene la radiación más alta. El Gráfico 9 se puede observar que con una inclinación de 15° en los meses de más soleados se obtiene más radiación, pero en los meses de menos soleados se registra menos radiación, de la misma manera ocurre con 30°.

*Tabla 19. Valores de radiación solar en la ubicación de la empresa.*

	15°	30°	36°	60°	
Fecha	H(i)_m	H(i)_m	H(i_opt)_m	H(i)_m	
ene.-19	121,38	150,34	159,68	179,86	
feb.-19	139,81	162,57	169,23	178,68	
mar.-19	174,49	189,4	192,49	186,9	
abr.-19	170,78	172,85	171,09	150,05	
may.-19	219,69	212,46	206,54	167,13	
jun.-19	228,93	216,66	208,87	162,89	
jul.-19	234,12	223,96	216,65	172,21	
ago.-19	215,29	214,16	210,54	179,28	
sep.-19	146,14	153,01	153,61	143,34	
oct.-19	146,69	164,66	169,43	172,33	
nov.-19	117,39	140,75	148,03	161,94	
dic.-19	90,14	110,18	116,65	130,56	
ene.-20	112	136,8	144,72	161,28	
feb.-20	143,46	166,84	173,65	183,13	
mar.-20	129,98	138,76	140,36	134,97	
abr.-20	162,57	164,25	162,59	143,3	
may.-20	221,9	214,79	208,88	169,61	
jun.-20	216,56	204,65	197,18	153,71	
jul.-20	233,87	223,78	216,52	172,53	
ago.-20	216,29	215,11	211,49	180,17	
sep.-20	173,33	182,37	183,3	171,04	
oct.-20	154,03	174,1	179,54	183,83	
nov.-20	101,32	119,92	125,66	136,09	
dic.-20	104,84	130,98	139,52	158,65	
	<b>1.987,5</b>	<b>2.091,675</b>	<b>2.103,11</b>	<b>1.966,74</b>	kWh/m <sup>2</sup> /año

**Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**



*Gráfico 9. Radiación solar en Partida Madrigueres sur 9 en el año 2019 y 2020.*

**Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

**Anexo 5. Cálculos selección número de paneles en serie y en paralelo y energía generada por la instalación**

A continuación, se expone una tabla resumen con los cálculos para obtener el número de paneles fotovoltaicos colocados en serie y en paralelo para una instalación de 25 kWp.

*Tabla 20. Cálculos número de paneles en serie y en paralelo para una instalación de 25 kWp*

N.º paneles en serie				N.º paneles en paralelo			
N.º máximo		N.º mínimo		N.º máximo			
1º condición	2º condición	VMPP_min	300	IDC_max	52		
VDC_MAX	600	VMPP_max	550	Vmod_min	31,18	IMOD_max	9,50
VMOD_MAX	49,57	Vmpp_MAX	40,28	Vmpp	37,3	ICC	9,26
VOC	45,9	Vmpp	37,3	$\beta V$	-0,12	$\alpha V$	4,63E-03
$\beta V$	-0,15	$\beta V$	-0,12	Tmax	76,25	Tmax	76,25
<b>Nº serie máx.</b>	<b>12</b>	<b>Nºserie máx.</b>	<b>13</b>	<b>Nº serie mín.</b>	<b>10</b>	<b>Nº paralelo máx.</b>	<b>5</b>

*Tabla 21. Resultados de energía y potencia obtenidos para los valores escogidos en la memoria para una instalación de 25 kWp*

Emodulo	0,59	MWh
Eannual	35,39	MWh
Pot. pico	19,8	kW

En la Tabla 22 se pueden observar los cálculos para obtener el número de paneles en serie y en paralelo para una instalación que cubra la demanda.

*Tabla 22. Cálculos número de paneles en serie y en paralelo para una instalación que cubra la demanda y energía generada por la instalación*

N.º paneles en serie				N.º paneles en paralelo			
N.º máximo		N.º mínimo		N.º máximo			
1º condición	2º condición	VMPP_min	300	IDC_max	87		
VDC_MAX	600	VMPP_max	550	Vmod_min	31,18	IMOD_max	9,50
VMOD_MAX	49,57	Vmpp_MAX	40,28	Vmpp	37,3	ICC	9,26
VOC	45,9	Vmpp	37,3	$\beta V$	-0,12	$\alpha V$	4,63E-03
$\beta V$	-0,15	$\beta V$	-0,12	Tmax	76,25	Tmax	76,25
<b>Nº serie máx.</b>	<b>12</b>	<b>Nºserie máx.</b>	<b>14</b>	<b>Nº serie mín.</b>	<b>10</b>	<b>Nº paralelo máx.</b>	<b>9</b>

*Tabla 23. Resultados de energía y potencia obtenidos para los valores escogidos en la memoria para una instalación que cubra la demanda*

Emodulo	0,59	MWh
Eannual	51,91	MWh
Pot. pico	29,04	kW

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

$V_{DC\_MAX}$ : tensión máxima del inversor

$V_{MOD\_MAX}$ : máxima tensión que puede darse en el modulo

$V_{OC}$ : Tensión de circuito abierto del modulo

$\beta V$ : coeficiente de variación de la temperatura

$V_{MPP\_MAX}$ : tensión máxima del intervalo de tensión MPP del inversor

$V_{mpp\_MAX}$ : máxima tensión que puede darse en un panel trabajando a  $V_{mpp}$

$V_{MPP\_MIN}$ : tensión mínima del intervalo de tensión MPP del inversor

$V_{MOD\_MIN}$ : mínima tensión que puede darse en el modulo

$V_{mpp}$ : tensión nominal del módulo en el punto de máxima potencia

$I_{DC\_MAX}$ : corriente máxima de entrada del inversor

$I_{MOD\_MAX}$ : máxima corriente que puede proporcionar un modulo

$I_{CC}$ : corriente de cortocircuito

$\alpha V$ : coeficiente de variación de temperatura



## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

### *Anexo 6. Fichas de seguridad*

Plata

<https://www.carlroth.com/medias/SDB-8816-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyMjA5MjI8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oYjQvaGQzLzkwNTM1ODQxNjI4NDYucGRmfDZmMzcwNzcyZjUwMDVINWJjZTY1MzY3NTBkMDIwYzczODcxMDZmZDIwYmUxMmY0MjE2NzFkZTA4NTA0MWRmMjE>

Estaño

<https://www.carlroth.com/medias/SDB-5097-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyMjI5NDN8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oMjMvaDE0LzkwNTc5MTg5NzYwMzAucGRmfGFYTI1MmE3ZjUwNzQ3ZGlyOTI5MDIyZmZkOTZiNzU1NzlkZjQ2ZjBkMTIiINGlzYTQyNzk2NzA4NWQ0YjdjMGE>

Plomo

<https://www.carlroth.com/medias/SDB-HN32-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wzNzY2NjB8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oYTUvaDJKLzkwNjg5MTY2Mzk3NzQucGRmfDNiYWJlYzc4ZTg1OTYwYTAyMjhlZmU0NzlyMDg1NDA5ZjhINzY5MzYxMjYxZTk1ZTQwM2I1MTEwODJiMmFkYTc>

Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

Anexo 7. Tablas estudio de flujo de caja

Año (n.º)	Instalación fotovoltaica 25 kWp				Instalación para cubrir la demanda			
	fondos propios		Financiación ajena		fondos propios		Financiación ajena	
	Antes-impuestos(€)	Acumulado(€)	Antes-impuestos(€)	Acumulado(€)	Antes-impuestos(€)	Acumulado(€)	Antes-impuestos(€)	Acumulado(€)
0	-22.864	-22.864	-6.859	-6.859,1	-31.896	-31.896	-9.568,9	-9.568,9
1	5.751	-17.113	2.781,3	-4.077,8	9.879,1	-22.017	<b>5.736,16</b>	<b>-3.832,7</b>
2	5.859,9	-11.253	<b>2.890,1</b>	<b>-1.187,7</b>	10.070	-11.947	5.927,56	2.094,9
3	5.970,7	-5.282	3.001	1.813,28	<b>10.266</b>	<b>-1.681,2</b>	6.122,6	8.217,5
4	<b>6.083,5</b>	<b>801,32</b>	3.113,8	4.927,11	10.464	8.783,1	6.321,36	14.539
5	6.198,5	6.999,8	3.228,8	8.155,86	10.667	19.450	6.523,89	21.063
6	6.315,5	13.315	3.345,8	11.501,6	10.873	30.323	6.730,27	27.793
7	6.434,6	19.750	3.464,9	14.966,5	11.083	41.407	6.940,57	34.734
8	6.555,9	26.306	6.555,9	21.522,5	11.298	52.704	11.297,8	46.031
9	6.679,5	32.985	6.679,5	28.201,9	11.516	64.220	11.516,1	57.547
10	6.805,2	39.790	6.805,2	35.007,1	11.739	75.959	11.738,6	69.286
11	6.933,3	46.724	6.933,3	41.940,4	11.965	879.24	11.965,3	81.251
12	7.063,6	53.787	7.063,6	49.004	12.196	100.121	12.196,3	93.448
13	7.196,3	60.984	7.196,3	56.200,3	12.432	112.552	12.431,7	105.879
14	7.331,4	68.315	7.331,4	63.531,7	12.672	125.224	12.671,5	118.551
15	7.469	75.784	7.469	71.000,7	12.916	138.140	12.915,9	131.467
16	7.609	83.393	7.609	78.609,8	13.165	151.305	13.164,9	144.632
17	7.751,6	91.145	7.751,6	86.361,3	13.419	164.723	13.418,5	158.050
18	7.896,7	99.041	7.896,7	94.258	13.677	178.400	13.677	171.727
19	8.044,4	107.086	8.044,4	102.302	13.940	192.341	13.940,3	185.668
20	8.194,8	115.281	8.194,8	110.497	14.209	206.549	14.208,6	199.876

## Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia

Con estos valores se crean las siguientes gráficas donde se puede observar los ahorros que supone la instalación fotovoltaica durante la vida útil de los módulos fotovoltaicos.

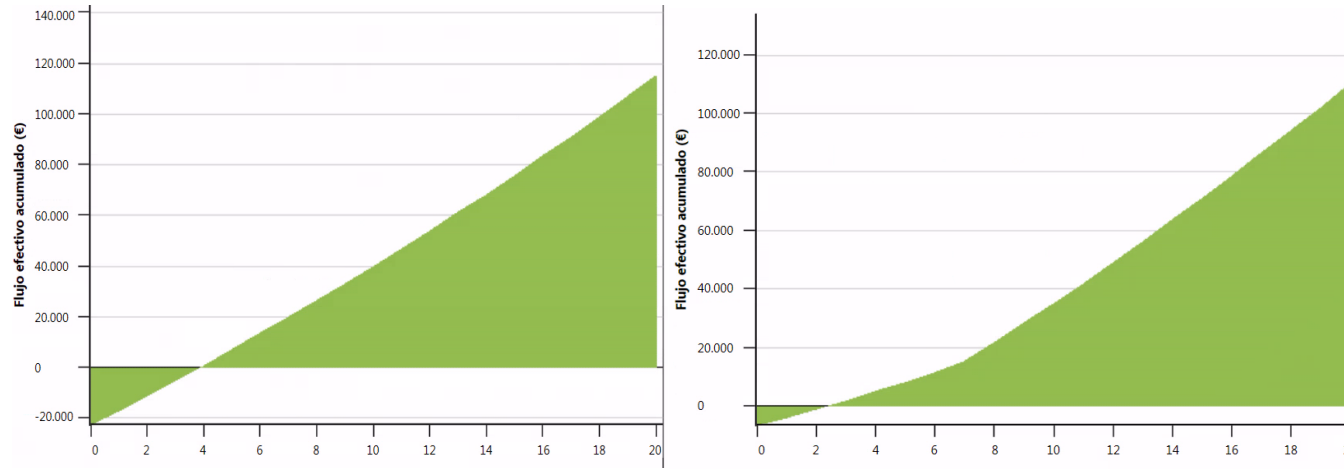


Gráfico 10. Valores de flujo de caja para instalación de 25 kWp con fondos propios y con financiación ajena respectivamente

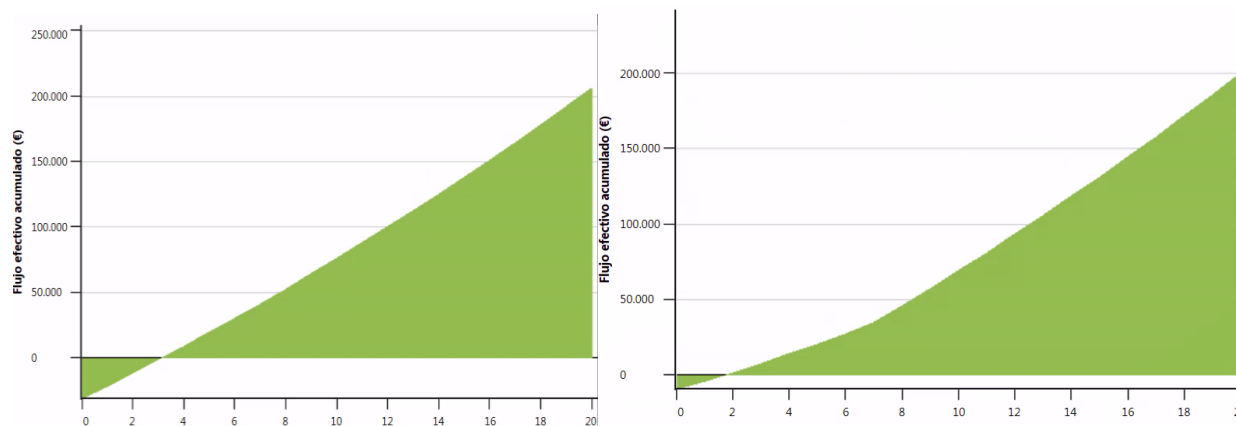


Gráfico 11. Valores de flujo de caja para instalación para cubrir la demanda con fondos propios y con financiación ajena respectivamente

**DOCUMENTO 2**

**PRESUPUESTO**

# ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS.....	1
CAPÍTULO 2. COSTE DE MANO DE OBRA.....	2
CAPÍTULO 3. COSTE HARDWARE .....	4
CAPÍTULO 4. COSTE SOFTWARE .....	5
CAPÍTULO 5. PRESUPUESTO FINAL .....	6

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Planificación de horas .....	2
Tabla 2. Cuadro de precios de mano de obra.....	2
Tabla 3. Desglose de coste de mano de obra .....	3
Tabla 4. Cuadro de costes de Hardware .....	4
Tabla 5. Cuadro costes del Software.....	5
Tabla 6. Presupuesto de ejecución .....	6

## **CAPÍTULO 1. OBJETIVOS**

El objetivo de este documento es estudiar con detalle el coste que supone la elaboración de este Trabajo de Fin de Grado, para ello se analizarán los diferentes costes como los de mano de obra, tanto los de la alumna como los de los tutores explicando y detallando la ejecución de tareas y las horas que han supuesto, también se van a estudiar los costes de maquinaria y programas informáticos empleados

## CAPÍTULO 2. COSTE DE MANO DE OBRA

La mano de obra incluye a todas las personas que realizan un proyecto, en este caso se tienen 3 personas implicadas, por un lado mano de obra de ingeniero químico (MOIQ), es decir la alumna, por otro lado se tienen a los dos profesores tutores, mano de obra del cotutor (MOC) y mano de obra del tutor (MOT). Las horas dedicadas por cada una de estas personas para realizar este proyecto queda reflejada en la siguiente tabla:

Tabla 1. Planificación de horas

	Horas MOIQ	Horas MOC	Horas MOT
<b>PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>25</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
Búsqueda de trabajos relacionados	8		
Búsqueda de MOC y MOT	5		
Reuniones previas	12	12	12
<b>BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN</b>	<b>80</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
Búsqueda en internet	55	15	15
Reuniones en la empresa	25		
<b>CÁLCULOS DEL PROYECTO</b>	<b>40</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
Explicaciones	10	10	10
Realización de cálculos	30		
<b>REDACCIÓN DE LA MEMORIA</b>	<b>135</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Redacción capítulos 1, 2 y 3	15		
Redacción capítulos 4, 5 y 6	30		
Redacción capítulos 7, 8 y 9	45		
Redacción capítulos 10, 11 y 12	35		
Redacción Anexos	10		
<b>ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>REVISIÓN</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>Total de horas</b>	<b>300</b>	<b>47</b>	<b>47</b>

Una vez se tienen las horas realizadas por cada persona se va a calcular el coste que suponen. Se considera una jornada laboral de 8 horas diarias, con 15 días festivos al año y 30 días anuales de vacaciones pagadas.

Tabla 2. Cuadro de precios de mano de obra

CUADRO DE MANO DE OBRA					
N.º	CÓDIGO	DESIGNACIÓN	PRECIO(€)	HORAS	TOTAL(€)
1	MOIQ	Ingeniero químico	25	300	7.500
2	MOC	Cotutor	40	47	1.880
3	MOT	Tutor	40	47	1.880
<b>Total MO</b>					<b>11.260</b>

Teniendo la Tabla 1 y la Tabla 2 se ha realizado Tabla 3 en la que se descompone el precio de la mano obra según las tareas realizadas por cada miembro del equipo.

**Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de una instalación fotovoltaica en un centro de asistencia sanitaria en Denia**

Tabla 3. Desglose de coste de mano de obra

	PRECIO(€)	HORAS	TOTAL(€)
<b>PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO</b>		<b>49</b>	<b>1.585</b>
Búsqueda de trabajos relacionados		8	200
MOIQ	25	8	200
Búsqueda de MOC y MOT		5	125
MOIQ	25	5	125
Reuniones previas		36	1.260
MOIQ	25	12	300
MOC	40	12	480
MOT	40	12	480
<b>BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN</b>		<b>110</b>	<b>3.200</b>
Búsqueda en internet		85	2.575
MOIQ	25	55	1.375
MOC	40	15	600
MOT	40	15	600
Reuniones en la empresa		25	625
MOIQ	25	25	625
<b>CÁLCULOS DEL PROYECTO</b>		<b>60</b>	<b>1.800</b>
Explicaciones		30	1.050
MOIQ	25	10	250
MOC	40	10	400
MOT	40	10	400
Realización de cálculos		30	750
MOIQ	25	30	750
<b>REDACCIÓN DE LA MEMORIA</b>		<b>135</b>	<b>3.375</b>
Redacción capítulos 1, 2 y 3		15	375
MOIQ	25	15	375
Redacción capítulos 4, 5 y 6		30	750
MOIQ	25	30	750
Redacción capítulos 7, 8 y 9		45	1.125
MOIQ	25	45	1.125
Redacción capítulos 10, 11 y 12		35	875
MOIQ	25	35	875
Redacción Anexos		10	250
MOIQ	25	10	250
<b>ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO</b>		<b>10</b>	<b>250</b>
MOIQ	25	10	250
<b>REVISIÓN</b>		<b>30</b>	<b>1.050</b>
MOIQ	25	10	250
MOC	40	10	400
MOT	40	10	400
<b>Total</b>		<b>394</b>	<b>11.260</b>



## CAPÍTULO 3. COSTE HARDWARE

Hardware hace referencia a todos los elementos que constituyen un sistema informático, en este caso para la realización de este proyecto se ha necesitado un ordenador cuyo precio en el momento de la compra fue de 1157 € (incluye IVA), para el caso de los profesores tutores se ha considerado que ya tienen sus propios ordenadores, por lo que no se contabilizaran para este presupuesto.

Además, hay que tener en cuenta que el ordenador de la alumna no se va a usar solo para este proyecto que tiene una duración de 3 meses y que se estima que la vida útil del ordenador es de 8 años aproximadamente, por lo tanto con el precio inicial se puede estimar cuanto va a ser la depreciación de este objeto:

$$\frac{1157\text{€}}{8 \text{ años}} \cdot \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} \cdot 3 \text{ meses} = 36,156\text{€}$$

$$\frac{36,156\text{€}}{1157 \text{ €}} \cdot 100 = 3,125\%$$

Tabla 4. Cuadro de costes de Hardware

CUADRO DE COSTES DE HARDWARE					
N.º	PRODUCTO	CANTIDAD	PRECIO(€)	Amortización	TOTAL(€)
1	Ordenador	1 unidad	1157	3,125%	36,16
Total Hardware					36,16

## CAPÍTULO 4. COSTE SOFTWARE

Software hace referencia al conjunto de programas que permiten al ordenador hacer ciertas tareas, a lo largo de este proyecto se han empleado Software cuya licencia ha sido cedida por la universidad por lo tanto no tienen costes. Sin embargo, hay que tener en cuenta que si este proyecto lo quisiera realizar la empresa no estaría permitido el uso de dichos softwares y esta empresa debería adquirir las licencias correspondientes.

Además, se han empleado algunos programas gratuitos como PVGIS para calcular la inclinación de las placas. En la tabla adjuntada a continuación se puede ver que software se han empleado:

Tabla 5. Cuadro costes del Software

CUADRO DE COSTES DE SOFTWARE			
Nº	PRODUCTO	CANTIDAD	TOTAL(€)
1	Licencia Microsoft Office 365	1 unidad	-
2	PVGIS	1 unidad	-
3	RETScreen Expert	1 unidad	-
Total Software			0,00

## CAPÍTULO 5. PRESUPUESTO FINAL

En la tabla adjuntada a continuación se detalla el coste final del proyecto teniendo en cuenta todos los costes detallados anteriormente.

Tabla 6. Presupuesto de ejecución

DESCRIPCIÓN	COSTE(€)
Coste mano de obra	11.260
Coste Hardware	36,16
Coste Software	0,00
Presupuesto de ejecución material	11.296,16
10% gastos generales	1.129,62
6% beneficio industrial	677,77
Presupuesto general por contrata (PEC)	13.103,54
21% IVA	2.751,74
Presupuesto de ejecución	15.855,28

El coste final es *QUINCE MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y CINCO CON VEINTIOCHO EUROS*.