

**ESTUDIO E IMPLANTACIÓN**

**DE MÓDULOS**

**FOTOVOLTAÍCOS**

**PROGRAMA LUIS VIVES**

**Silvia Gerbolés, Cristina Martín y Daniela Sanz**

# ÍNDICE

<b>1. AUTORES.....</b>	<b>3</b>
<b>2. ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>3. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN HISTÓRICA .....	3
JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO, ¿POR QUÉ LO HEMOS ELEGIDO? .....	4
RELACIÓN CON EL VALOR DEL PROGRAMA LUIS VIVES .....	4
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>4</b>
SITUACIÓN ACTUAL DE LA CARACTERIZACIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS Y DE SU INTEGRACIÓN EN EDIFICIOS: .....	4
CONCEPTO DE INTEGRACIÓN EN EDIFICIOS .....	5
PRODUCTOS Y COMPONENTES FOTOVOLTAICOS ESPECÍFICOS PARA INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA.....	6
APLICACIONES ARQUITECTÓNICAS DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	8
CARACTERIZACIÓN DE MÓDULOS COMO PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	9
FUNDAMENTOS FÍSICOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS .....	9
FUNCIONAMIENTO DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS .....	11
COMPONENTES FOTOVOLTAÍCOS .....	14
TECNOLOGÍAS DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTÁICOS.....	18
SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS CON MÓDULOS FOTOVOLTAICOS INTEGRADOS .....	18
SITUACIÓN ACTUAL DE LA CARACTERIZACIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS Y DE SU INTEGRACIÓN EN SISTEMAS DE REGADÍO: .....	18
KIT SOLAR DE RIEGO .....	20
OBJETIVOS DE LOS SISTEMAS DE REGADÍO: .....	21
MATERIALES Y MÉTODOS DE LOS SISTEMAS DE REGADÍO:.....	21
EQUIPOS Y SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE LOS SISTEMAS DE REGADÍO: .....	22
COSTES .....	22
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>27</b>
<b>6. AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>29</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>29</b>

## 1. AUTORES

Trabajo realizado por:

- Alumnos: Cristina Martín, Daniela Sanz, Silvia Gerbolés.
- Profesorado: Soledad Regidor (departamento de tecnología), María Isabel Sanz (departamento de matemáticas).

## 2. ABSTRACT

Nowadays it is a challenge to spend as little as possible for the correct efficiency of housing or irrigation systems and contribute against climate change. These are challenges that are completely linked, where the use of renewable energies such as solar panels play a fundamental role. Ensuring the best use of supplies, spending as little as possible and benefiting the world's population requires changes in usage and system.

in this scenario, renewable energies, specifically photovoltaic solar energy, which has grown the most in recent years, can provide long-term solutions with minimal greenhouse gas emissions.

The benefits of this renewable energy are remarkable, as they contribute to reducing the effects of global warming because the emission of carbon dioxide to the atmosphere is zero. It is presented as a cost-effective and viable alternative against the use of electric sources and diesel engines, which contribute to the deterioration of our planet.

In addition, photovoltaic energy is able to reach isolated or hard-to-reach areas, providing electricity. The use of this energy has spread in many sectors such as: industrial, services, construction, agriculture... The latter two cases are of particular interest to us.

## 3. INTRODUCCIÓN

### PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

Parte del estudio de las células fotovoltaicas y la intención de su máxima explotación y el alcance del mayor rendimiento posible. Consta de factores (caracterización eléctrica, térmica y óptica) que intervienen en el funcionamiento de la célula, tanto internos como externos, su aplicación e integración arquitectónicamente y en cultivos de regadío y la normativa vigente tanto como las subvenciones actuales correspondientes por su aplicación en viviendas o edificios. En cuanto su aplicación nos encontramos ante un plan de gastos y amortización de estos mismos, tanto como su rentabilidad en el futuro.

### CONTEXTUALIZACIÓN HISTÓRICA

La historia del panel solar tiene su origen en el efecto fotovoltaico, que fue descubierto en el año 1838 por el físico francés Alexandre Edmond Becquerel. Tras muchos estudios y experimentos, Becquerel descubrió que, gracias a la luz solar, y con la ayuda de dos electrodos metálicos, podía generar electricidad.

En el año 1958 se empezó a utilizar la energía solar en el espacio y, con el paso del tiempo y los nuevos descubrimientos, se fue introduciendo en la vida cotidiana, convirtiéndose actualmente en la energía renovable más utilizada, donde la mayoría de instalación de placas solares se realiza en viviendas unifamiliares y sector industrial.

## JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO, ¿POR QUÉ LO HEMOS ELEGIDO?

Creemos firmemente que las células fotovoltaicas deberían de formar parte de todas las viviendas y edificios. Solucionamos problemas de su aplicación. Además, generamos un plan económico para su integración en el instituto, con todas las ventajas que contiene.

En nuestro caso se nos ocurrió esta idea ya que tenemos un padre ingeniero que se dedicaba a la instalación de módulos fotovoltaicos y nos inspiró para tratar este tema. Por otro lado, también contamos con placas fotovoltaicas en nuestras casas por lo que ya conocíamos el tema anteriormente y era de nuestro interés.

Y por último, el medioambiente nos parece un tema esencial tanto ahora como en el futuro y queremos concienciar sobre este medio sostenible y práctico, que además ayuda económicamente en nuestras facturas, ya que este año ha subido el precio de la luz un 88% en España y esto podría ser una buena alternativa.

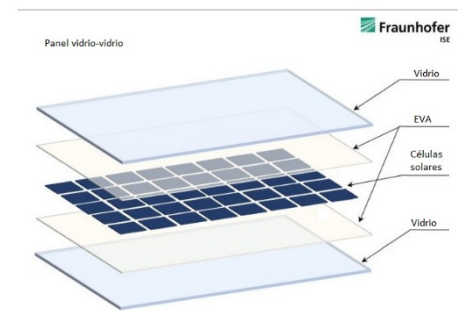
## RELACIÓN CON EL VALOR DEL PROGRAMA LUIS VIVES

Partimos de la idea del fomento del instituto por la sostenibilidad medioambiental. Las placas fotovoltaicas son un medio muy efectivo de sostenibilidad y ahorro energético y cumplen con la idea que propone el instituto. Es un tema muy interesante en la actualidad por la subida de precio en la factura de la luz y la sostenibilidad.

## 4. RESULTADOS

### SITUACIÓN ACTUAL DE LA CARACTERIZACIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS Y DE SU INTEGRACIÓN EN EDIFICIOS:

La incorporación de las energías renovables, y el ahorro y la eficiencia en el uso de la energía han sido proyectos incentivados en Estados Unidos, Japón, Suiza y Alemania desde los años 90. No obstante, en la actualidad, el uso a gran escala de la energía solar fotovoltaica (FV) en edificios continúa limitado por barreras de tipo técnico y no técnico (económicas, sociales, compromiso medioambiental, la obtención de materiales novedosos) a pesar de la probada solvencia de esta tecnología. En ese sentido, la mejor opción es optar por la integración arquitectónica de los módulos fotovoltaicos, comúnmente conocida bajo el concepto denominado Sistemas Fotovoltaicos Integrados en Edificios (Building Integrated Photovoltaics, BIPV). Sin embargo, desde el punto de vista técnico existen carencias importantes, como son la de información técnica específica desde el punto de vista eléctrico, óptico y térmico, considerando sus particulares condiciones de operación, las herramientas correspondientes para obtener dicha caracterización, o aquéllas que permitan la evaluación de la operación en condiciones reales de estos sistemas. Ambos tipos de herramientas son necesarios tanto para conocer el funcionamiento preciso de los módulos FV para integración arquitectónica, como para optimizar su integración en los edificios, puesto que, aunque hoy existen multitud de ejemplos de sistemas fotovoltaicos integrados de gran calidad, hay también otros que no han resultado tan exitosos debido a estos motivos. Por lo tanto, se puede eliminar este problema mediante esta tecnología basada en unas garantías de calidad, eficiencia y fiabilidad análogas a las del resto de elementos constructivos tradicionales y a las de los sistemas fotovoltaicos convencionales.

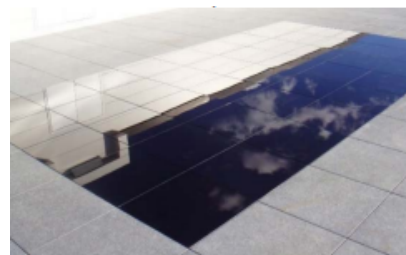


La gran mayoría de los módulos fotovoltaicos que se fabrican hoy en día contienen una o más láminas de vidrio, y la mayor parte de los elementos constructivos en los que puede integrarse el generador fotovoltaico asumen esta estructura. Por lo tanto, determinar sus propiedades ópticas, térmicas y los parámetros que de ellas se derivan, tanto los asociados al componente de construcción aplicado a la envolvente edificatoria como los asociados al generador fotovoltaico, es fundamental para caracterizar estos sistemas. También lo es. Por otro lado, la caracterización eléctrica del generador fotovoltaico, tanto por la relación existente entre el comportamiento óptico y térmico de los materiales constituyentes del módulo fotovoltaico y su operación como generador eléctrico, como por la adecuación del conjunto de parámetros para que sean aplicables a la determinación/predicción de la operación del sistema y su impacto sobre el comportamiento energético del edificio. Y, análogamente, determinar y evaluar los factores que puedan influenciar la parametrización es relevante. Finalmente, los módulos fotovoltaicos, al igual que los componentes a los que sustituyen, estarán sometidos a condiciones de contorno variables, por su emplazamiento en la envolvente edificación.

### CONCEPTO DE INTEGRACIÓN EN EDIFICIOS

En primer lugar, los conceptos básicos para entender las ideas que se van a exponer son los de sistema fotovoltaico añadido al edificio (Building Added /Applied /Attached Photovoltaics – BAPV), y el de sistema fotovoltaico integrado en el edificio (BuildingIntegratedPhotovoltaics – BIPV).

- BIPV es sinónimo de integración de edificios fotovoltaicos. Es un sistema de generación de energía solar fotovoltaica que se diseña, construye e instala al mismo tiempo que el edificio y forma una combinación perfecta con el edificio. También se denomina "Edificio solar fotovoltaico". Como parte de la estructura externa del edificio, no solo tiene la función de generación de energía, sino que también tiene la función de componentes y materiales de construcción, e incluso puede realzar la belleza del edificio y formar una unidad perfecta con el edificio. BIPV se puede utilizar como sustituto de techos, tragaluces y fachadas de edificios.



- BAPV se refiere al sistema de generación de energía solar fotovoltaica adjunto al edificio, también conocido como "instalado" Edificio solar fotovoltaico. Su función principal es generar electricidad, que no entra en conflicto con la función del edificio y no daña ni debilita la función del edificio original. BAPV es solo un material fotovoltaico adherido al edificio y no asume la función del edificio.



Los módulos integrados se tratan de un producto multifuncional que debe garantizar la operatividad del edificio y que, si es desmontado, debe ser reemplazado por el producto de construcción

equivalente apropiado. Así, las funcionalidades edificatorias que cumpliría un producto de este tipo en el contexto del edificio serían una o más de las siguientes:

- A. Rigidez mecánica o integridad estructural;
- B. Protección primaria frente a inclemencias meteorológicas: lluvia, nieve, viento, granizo;
- C. Eficiencia energética: control solar, iluminación natural, aislamiento térmico;
- D. Protección contra incendio;
- E. Protección acústica;
- F. Elemento separador de medios interior y exterior;
- G. Seguridad y/o protección.

Todo esto implica que el sistema fotovoltaico integrado debe ser considerado desde el paso de diseño arquitectónico del edificio puesto que va a cumplir funciones propias de sistema constructivo dentro de la envolvente de este. Serán, por tanto, factores a determinar:

- A. Vida útil de los cerramientos (reemplazables, con mantenimiento, o duraderos);
- B. Comportamiento estructural;
- C. Movimientos del edificio y tolerancias;
- D. Permeabilidad al aire,
- E. Permeabilidad al agua;
- F. Prestaciones térmicas;
- G. Seguridad y resistencia;
- H. Aislamiento acústico;
- I. Resistencia al fuego;
- J. Tensiones térmicas del vidrio.

Además, al sustituir a otro sistema constructivo, su coste va a venir incluido en el del edificio, sumándose ahora qué parte del consumo energético del mismo va a ser soportado por éste, con una tasa de restitución óptima.

#### PRODUCTOS Y COMPONENTES FOTOVOLTAICOS ESPECÍFICOS PARA INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA

Un sistema fotovoltaico está compuesto por las siguientes partes:

- A. El generador fotovoltaico
- B. El sistema de acondicionamiento de potencia

El acondicionamiento de potencia es una tecnología necesaria para convertir la potencia eléctrica de corriente continua (DC), a una potencia en corriente alterna (AC)

- C. Los sistemas de protección, medida y control

- **Interruptores magnetotérmicos.** Estos elementos ofrecen protección contra cortocircuitos y sobrecargas de manera bastante fiable. Su diseño está pensado para soportar tensiones DC de 1000 V. Este valor viene impuesto por la cantidad de paneles existentes, de tal forma que si cada uno de ellos soporta 250 V, un interruptor de 4 módulos estará diseñado para soportar un máximo de tensión de 1000 V.
- **Fusibles.** Al igual que los anteriores, los fusibles protegen contra las sobrecargas que puedan darse. Deben ser elegidos en función del tipo de corriente que se tenga y a la tensión del sistema.
- **Descargador de sobretensiones.** Los descargadores son elementos que derivan a tierra las sobretensiones derivadas por fenómenos atmosféricos, como por ejemplo el impacto de los rayos. Son aparatos encargados de la protección, tanto de los paneles solares como del inversor, y su uso es muy recomendado, ya que impiden la avería de ellos.

#### D. Las cargas a quienes sule de potencia

Dentro de los componentes del sistema fotovoltaico, el que mayor impacto tiene en la integración de sistemas fotovoltaicos en la edificación es el generador.

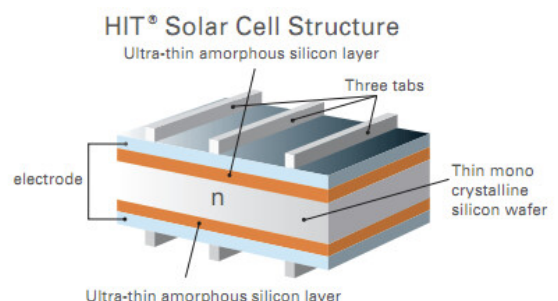
El módulo fotovoltaico es la unidad constituyente de los sistemas fotovoltaicos. Esta unidad está formada por las células solares fotovoltaicas conectadas en agrupaciones entre sí, el material de encapsulado, los materiales de protección y rigidez estructural, y la caja de conexiones.

Las tecnologías más habituales de célula son las basadas en silicio, monocristalino o multi-cristalino, con dimensiones actuales de unos 156 mm<sup>2</sup> de superficie y unas 2 décimas de milímetro de espesor. Cuentan con unas eficiencias de conversión de entre el 15 y el 24 %. Existen algunas tecnologías de fabricación alternativas a las obleas de silicio cristalino como, por ejemplo, la denominada **Edge-defined Film-fed Growth (EFG)**, que permite la realización de células de similares características a las de silicio multi-cristalino, pero con un acabado de célula más homogéneo y una forma no necesariamente cuadrada.

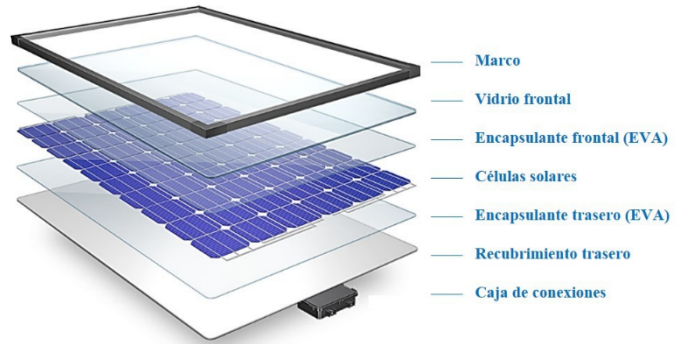
Otra tecnología, también de silicio cristalino, es la tecnología denominada **Heterojunction Intrinsic Thin-layer (HIT)** que combina silicio amorfo (unos 20 nm) y silicio monocristalino, logrando hasta un 21 % de eficiencia.

Otro gran grupo de tecnologías son las denominadas de lámina delgada, caracterizadas por un espesor de material activo del orden de la micra, y por su fabricación por depósito directo sobre un sustrato o superstrato de vidrio, en tiras de entre 0.5 y 2 cm de anchura interconectadas. Entre estas tecnologías,

destaca la basada en silicio amorfo que, a pesar de tener una eficiencia aproximadamente la mitad que la del silicio monocristalino, resulta muy versátil por su acabado, color y transparencia. Tratando de mejorar el rendimiento, se han buscado otros materiales para la fabricación de células fotovoltaicas de lámina delgada a precios competitivos. Los más conocidos son el telururo de cadmio, el diseleniuro de cobre e indio, y el diseleniuro de cobre, indio y galio. Sus eficiencias rondan entre el 11 y el 17%.



Las células deben estar protegidas eléctrica y mecánicamente, además de aisladas de la intemperie. El material utilizado para el aislamiento de las células fotovoltaicas debe tener propiedades específicas para asegurar que el rendimiento de las células no se vea afectado negativamente. El material aislante debe ser transparente a la luz

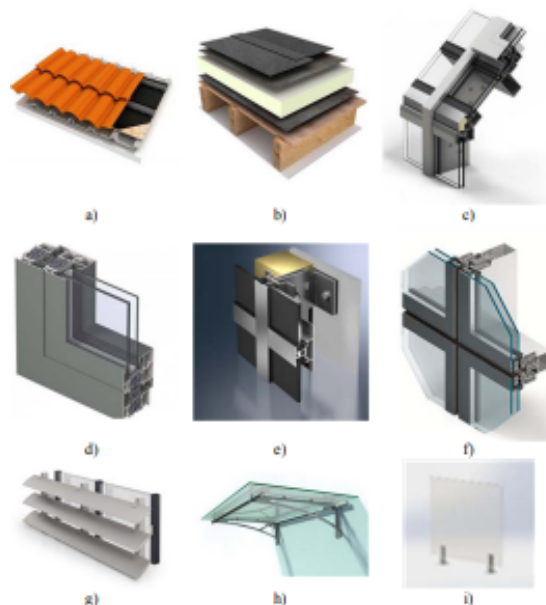


solar y tener una alta resistencia al calor, la humedad y los rayos UV. Para ello, se realiza un encapsulado o laminado que difiere según la tecnología de la célula. Para las células de silicio cristalino, los materiales de encapsulado más habituales son el EVA (etileno-vinil acetato), el PVB (butiral de polivinilo), los fluoropolímeros y las resinas. Este encapsulado va protegido por un vidrio frontal específico para aplicaciones fotovoltaicas, templado, y una superficie posterior basada en láminas plásticas (PVF–Tedlar generalmente), vidrio, cerámicas, etc. El vidrio templado también tiene una alta transmitancia de luz, lo que permite que la mayor cantidad posible de luz solar llegue a las células solares. Además, el vidrio templado es un buen aislante térmico, lo que puede ayudar a reducir la pérdida de calor en las células solares. El ETFE es un polímero termoplástico transparente y resistente a la intemperie que es más liviano y menos costoso que el vidrio templado. Además, el ETFE puede mejorar ligeramente la eficiencia de las células solares al permitir una mayor transmisión de la luz y reducir la reflexión. Las tecnologías más usuales de lámina delgada se suelen depositar en substratos o superestratos de vidrio no templado. Posteriormente se encapsula el lado opuesto con EVA o resina, y se acaba con un segundo vidrio de protección y soporte estructural.

### APLICACIONES ARQUITECTÓNICAS DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Los sistemas fotovoltaicos integrados pueden formar parte de los elementos constructivos de fachada o de cubierta. La opacidad o la transparencia de estas permiten describir las distintas posibilidades de integración de sistemas fotovoltaicos.

Se pueden distinguir entre: sistemas constructivos de cubierta opacos (cubiertas ventiladas **(a)**, suelos transitables y membranas **(b)**), o transparentes (atrios y lucernarios **(c)**); y sistemas constructivos de fachada que incorporan una solución común para las partes opaca y de visión (muros cortina estándar o modulares **(e)**), o que no la incorporan (fachadas ventiladas **(f)**, sistemas de ventana **(d)** y sistemas de control solar y de protección **(g)**, **(h)** e **(i)**).





## CARACTERIZACIÓN DE MÓDULOS COMO PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN

Los módulos fotovoltaicos deben cumplir con varios requerimientos según la normativa europea vigente (Regulación Europea CPR 305/2011) que son:

- A. Resistencia mecánica y estabilidad
- B. Seguridad en caso de incendio
- C. Higiene, salud y medio ambiente
- D. Accesibilidad y seguridad en su utilización
- E. Protección contra ruido
- F. Ahorro energético y aprovechamiento térmico
- G. Uso sostenible de los recursos naturales

## FUNDAMENTOS FÍSICOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

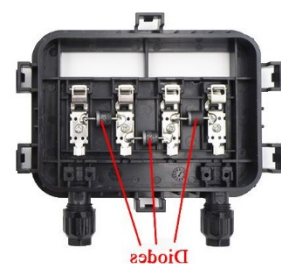
La caracterización eléctrica de los módulos fotovoltaicos se centra en describir sus condiciones de operación (curva corriente-tensión) y la potencia generada (curva potencia-tensión). Con ellas, es posible calcular la energía eléctrica que es capaz de proporcionar el sistema a lo largo de un cierto período de tiempo.

La caracterización óptica de los módulos fotovoltaicos incide en cómo el módulo refleja, transmite y absorbe la radiación solar y circundante. Con ello, es posible obtener las condiciones en que se maximiza la captación de energía en el rango de generación eléctrica y se minimiza en el resto del rango, sea por reflexión y/o por transmisión. También permite evaluar las pérdidas que se producen debido a la selectividad espectral de los materiales constituyentes. Estas propiedades ópticas dependen del ángulo de incidencia y del espectro de radiación recibido.

La caracterización térmica de los módulos fotovoltaicos está focalizada en la descripción de la temperatura de operación de las células solares y el módulo fotovoltaico. Con esta, es posible determinar las pérdidas de producción motivadas por el calor generado.

### Caracterización eléctrica de módulos fotovoltaicos

La caracterización eléctrica de los módulos fotovoltaicos en términos de su curva corriente-tensión depende del comportamiento de una unión P-N de material semiconductor al ser iluminado por la radiación solar.



El comportamiento de una unión P-N de material semiconductor se basa en la formación de una zona de carga espacial en la que se produce una barrera potencial que

permite el flujo de corriente en una dirección y lo bloquea en la dirección opuesta.

La estructura básica de la célula solar es simplemente un diodo de unión P-N que consiste en la anterior unión P-N junto con unos contactos eléctricos en las caras opuestas, a través de los cuales puede aplicarse tensión y circular la corriente. Por lo general, la región casi neutra está fuertemente dopada y se denomina emisor y la

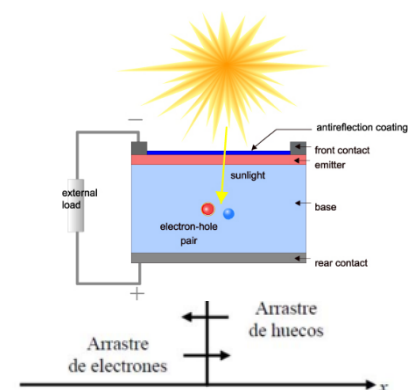


Figura 3-1: Esquema de una unión P-N

región menos dopada es la denominada base. Esta estructura básica sirve como punto de partida para derivar las características fundamentales de funcionamiento de la célula solar.

Para su instalación, debemos tener en cuenta:

- La **distribución angular de la luz**: debido al movimiento del sol y a las componentes difusas de la radiación, en los módulos sin seguimiento solar, está en pocas ocasiones incidirá perpendicular al módulo.
- El **espectro de la radiación solar**: para un mismo nivel de irradiancia, diferentes espectros producen diferentes niveles de fotocorriente según la respuesta espectral de la célula. El espectro solar varía con la posición del sol, la meteorología y la composición atmosférica, por lo que habitualmente no coincide con el normalizado.
- El **nivel de irradiancia**: para una temperatura constante de la célula, la eficiencia del módulo disminuye conforme lo hace la irradiancia, aunque hay un rango amplio de irradiancias en los que puede considerarse que la eficiencia es constante. Para irradiancias cercanas a un Sol, mientras que con irradiancias muy bajas la pérdida de eficiencia es más rápida y menos predecible.
- La **temperatura de la célula**: la temperatura ambiente cambia y, debido al aislamiento térmico proporcionado por la encapsulación, la radiación hace que las células se calienten dentro del módulo. El incremento de la temperatura afecta negativamente al rendimiento del módulo. Esta es, generalmente, la pérdida de rendimiento más importante.

#### Caracterización óptica de módulos fotovoltaicos

El laminado fotovoltaico está formado por una sucesión de láminas delgadas de distintos materiales, es decir, es un medio en estratos. En tal caso, las propiedades de transmisión y reflexión son composición de las sucesivas reflexiones y transmisiones (en una superficie plana que separa dos medios con diferente índice de refracción conlleva fenómenos de reflexión y refracción) en tales medios e interfaces. La reflexión en la superficie del vidrio que cubre los módulos fotovoltaicos puede ser un problema, ya que la luz solar reflejada no llega a las células solares. Esto puede ser especialmente problemático en áreas con alta incidencia solar, como regiones desérticas, donde la reflexión puede ser aún más intensa. La reflexión también puede ocurrir en la superficie trasera de los módulos fotovoltaicos, donde se encuentra la capa reflectante. Si la capa reflectante no está optimizada para minimizar la reflexión, la luz solar puede reflejarse y reducir la cantidad de energía que llega a las células solares. Las células solares también pueden reflejar parte de la luz solar que reciben, especialmente si no están optimizadas para una alta eficiencia de conversión. La reflexión en las células solares puede reducir la cantidad de energía que se puede convertir en electricidad.

Para abordar estos problemas de reflexión, se utilizan diversas técnicas, como la aplicación de recubrimientos antirreflectantes en la superficie del vidrio, la optimización de la capa reflectante en la superficie trasera del módulo fotovoltaico y la selección de células solares con una alta eficiencia de conversión y una baja tasa de reflexión. También se pueden utilizar técnicas de seguimiento solar para maximizar la cantidad de luz solar que llega a los módulos fotovoltaicos en todo momento del día. La reflexión también se puede reducir mediante la utilización de módulos bifaciales, que pueden aprovechar la luz solar reflejada desde el suelo o las superficies circundantes para aumentar la cantidad de energía que se puede convertir.

## Caracterización térmica de módulos fotovoltaicos

La caracterización térmica de los módulos fotovoltaicos en términos de su temperatura de operación se fundamenta en el balance entre la potencia absorbida en el interior del módulo y que se transforma en calor y la potencia calorífica evacuada del mismo al ambiente que lo rodea. Esta será una temperatura de equilibrio térmico en régimen estacionario. Existe un conjunto de factores que influyen los flujos de calor resultantes en este balance. Las magnitudes climáticas son: la irradiancia solar, la temperatura ambiente, la velocidad del viento, la temperatura equivalente de cielo, y la temperatura de suelo. Las magnitudes directamente relacionadas con la operación del módulo son: su orientación e inclinación, el rendimiento  $\eta$ , y el coeficiente de temperatura asociado a la potencia. Finalmente, las magnitudes asociadas a la estructura del módulo son: los espesores y conductividad de los vidrios y materiales que forman el módulo y las propiedades ópticas de reflectancia y transmitancia espectrales y angulares del laminado fotovoltaico. Los modos de transferencia de calor son de tres tipos: conducción térmica, convección natural o forzada y radiación térmica.

## FUNCIONAMIENTO DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

En el siguiente enlace, os aparecerá un video que explica de una manera sencilla el funcionamiento de las placas fotovoltaicas

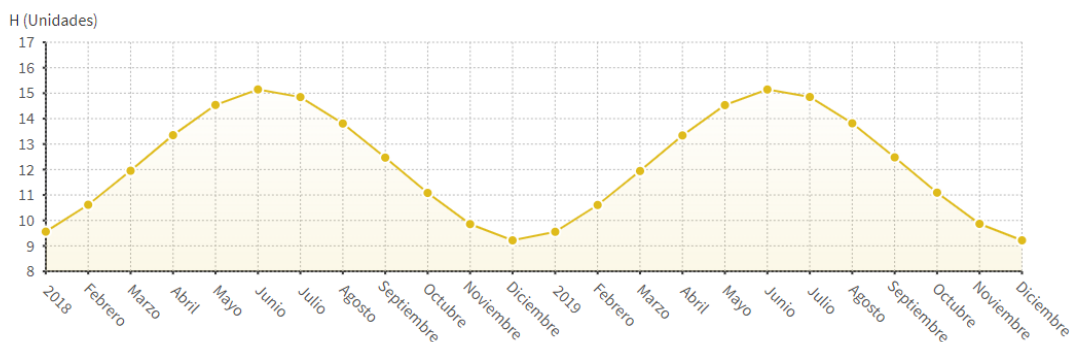
<https://youtu.be/MgLGKMrsBX8>

### Introducción.

La energía del sol es la energía más abundante del planeta tierra. Según los datos oficiales de española, la potencia solar fotovoltaica se ha triplicado en los últimos 3 años, pasando de 4.767 MW a principios de 2019 a 15.190 MW a finales del 2022. En otras palabras, la energía solar ha pasado de representar 3,55% del total de energía a un 8,05%. Y parte de ese incremento tiene como base esencial el autoconsumo. España es uno de los países más soleados de Europa, concretamente, cuenta con alrededor de 300 días de sol al año. Por este motivo, se trata de un lugar privilegiado para obtener electricidad a través de instalaciones de energía solar de una forma rentable.

A continuación, os dejamos una gráfica y unos datos acerca de las horas de sol que hay en Valladolid

¿Cuántas horas de luz hay en Valladolid?



Durante los meses de verano, la ciudad suele disfrutar de muchas horas de sol al día, con un promedio de aproximadamente 10 horas de sol en los meses de junio y julio. Durante los meses de invierno, las horas de sol pueden ser significativamente menores, con un promedio de alrededor de 3 a 4 horas de sol al día en los meses de diciembre y enero. Aquí en ambas imágenes observamos un baremo de las horas de sol, la hora solar pico y los años que supondrían para amortizar el gasto de la instalación de placas y empezar a obtener beneficio según los datos proporcionados.

Valladolid

Horas de sol

HSP

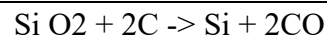
Amortización de los paneles solares en Valladolid (años)

3.016

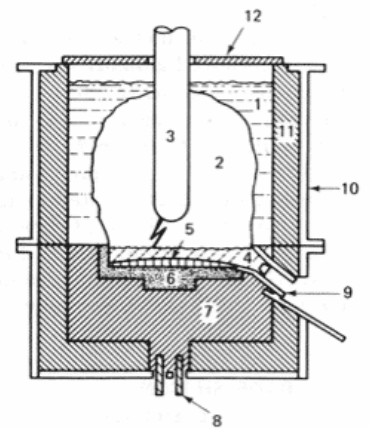
5,39

7 - 8

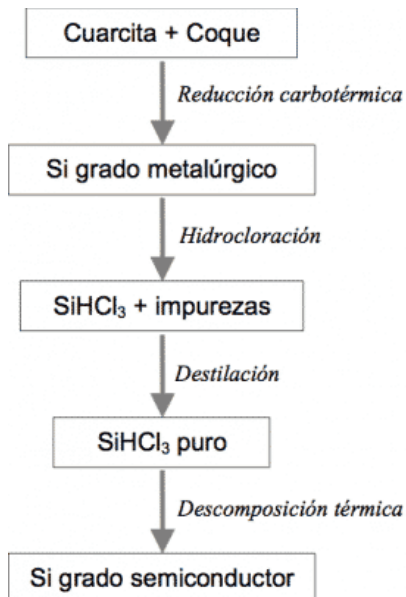
El segundo recurso más abundante en España es la arena, compuesta por silicio, este silicio necesita una pureza del 99,999% para su uso en células solares. El primer paso para la obtención del silicio pasa por la extracción y minería de la cuarcita. El proceso de reducción global con carbono en un horno eléctrico se puede describir como:



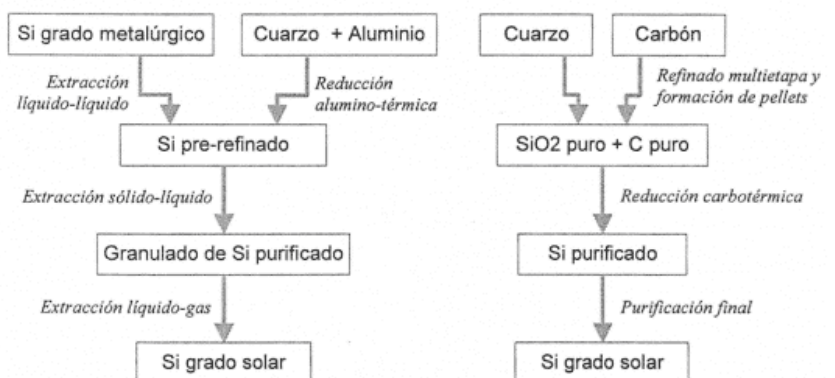
El Silicio así obtenido alcanza una pureza del 98-99%, a un coste muy bajo y se denomina Silicio de grado metalúrgico o metálico. A continuación, vemos un horno de arco para la producción de Si de grado metalúrgico:



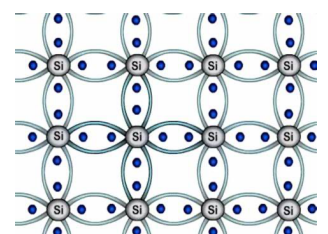
El grado de pureza (99%) del Si metalúrgico es insuficiente para las aplicaciones electrónicas y solares. Se debe purificar mediante el siguiente un proceso denominado silicio de grado semiconductor:



Con el objetivo de reducir los altos costes de fabricación del silicio microelectrónico, se han desarrollado procesos de purificación especiales, más simples, para obtener el llamado silicio de grado solar. A continuación, se muestra un esquema de los tres procesos de purificación que produce un silicio casi tan puro como el de grado semiconductor, pero más barato y apto para la fabricación de células solares:



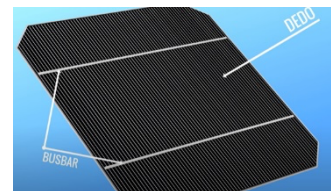
Una vez terminada su purificación obtenemos unos lingotes de silicio que se laminan finamente creando láminas muy finas llamadas obleas de Silicio, que serán el corazón de la célula fotovoltaica.



La estructura atómica del Si no deja huecos libres, por lo que no permitirá el movimiento de sus átomos. Se realiza una unión PN. En el silicio se inyectan átomos de fósforo con 5 electrones de valencia, en esta estructura cuando un electrón tiene suficiente energía se mueve libremente. La energía con la que se mueven se denomina la energía fotónica, producida en un semiconductor (como lo será el silicio dopado) cuando la luz incide sobre él. Para que los electrones se muevan unidireccionalmente se aplica una fuerza motriz. Para el dopaje tipo P se inyecta Boro con 3 electrones de valencia en el silicio puro se crean agujeros o espacios para cada átomo. Uniendo estos dos materiales dopados los electrones libres del lado N se moverán para ocupar los espacios libres del lado P hasta formar una región de agotamiento donde no habrá ni electrones libres ni espacios. La migración de electrones de la región N dejará en ella una carga positiva, mientras la emigración de electrones a la región P dejará en ella una carga negativa. Esto creará un campo electrónico, que producirá la fuerza motriz necesaria. Así suministra corriente directa.

Para conseguir un mayor rendimiento la capa N será más delgada y además estará muy dopada mientras que la capa P será más gruesa y estará ligeramente dopada. De esta forma aumentamos el tamaño de la región de agotamiento y por ende, el número de electrones agujeros que nos proporcionará una corriente eléctrica mayor. Además, gracias a que la capa N (superior) es más delgada, dejará pasar más luz.

La estructura de un panel solar se constituye por diferentes capas:



- **Capa de celdas:** están interconectadas en serie de manera que el lado negativo de la primera se conecta con el lado positivo de la siguiente mediante tiras de cobre. Los electrones pasan a través de los dedos y se acumulan en las barras colectoras en estas se constituye la región positiva y negativa de la celda para después conectarlo. Las celdas en serie se conectan en paralelo a las siguientes filas para formar la célula.
- **Láminas de Eva:** es una fina capa que se pone a ambos lados de las células para protegerlas de golpes, vibraciones, humedad y suciedad.

Las dos diferentes apariencias que tienen los paneles solares se deben a la estructura interna de la red cristalina: policristalino o monocristalino. Los cristales policristalinos de las placas fotovoltaicas están compuestos por muchos cristales pequeños, que se fusionan juntos para crear una superficie mayor. Estos cristales absorben la luz del sol de manera dispersa y producen una corriente eléctrica menor, con una eficiencia del 15-16%. Estas placas son más baratas y fáciles de fabricar que las placas monocristalinas.



Las placas monocristalinas están construidas a partir de un solo cristal de silicio, lo que resulta en una superficie mayor para absorber la luz del sol. Estas placas producen una corriente eléctrica más alta, con una eficiencia del 18-21%. Estas placas son más caras, y su producción es más compleja que la de las placas policristalinas.

El **proceso Czochralski** es un método de crecimiento de cristales semiconductores utilizado para producir células fotovoltaicas de alta calidad. El proceso implica suspender un cristal de semiconductor en una solución de metales fundidos con una temperatura controlada. Un electroimán crea un campo magnético que ayuda a mantener la orientación del cristal mientras este se mueve

lentamente a lo largo del eje central. A medida que el cristal aumenta de tamaño, la temperatura de la solución se disminuye para evitar que los átomos se deslicen fuera de la estructura del cristal. El proceso Czochralski produce cristales de tamaño y forma muy precisos con una excelente estabilidad y rendimiento. Estas características hacen que el proceso Czochralski sea el método preferido para la producción de células fotovoltaicas de alta calidad.

Después de considerar ambos tipos de placas fotovoltaicas, se puede concluir que una placa fotovoltaica policristalina es mejor para la mayoría de los usuarios. Esto se debe al hecho de que estas placas tienen una mayor eficiencia de conversión de energía solar y una mayor durabilidad, lo que las hace más rentables a largo plazo. Por otro lado, las placas fotovoltaicas monocristalinas tienen una eficiencia de conversión de energía solar ligeramente mayor, pero son más costosas. Por lo tanto, si se busca la mayor relación calidad-precio, una placa fotovoltaica policristalina es la mejor opción.

## COMPONENTES FOTOVOLTAÍCOS

### Inversores

Un inversor solar es un componente de los sistemas solares fotovoltaicos que se encarga de convertir la corriente continua (energía producida por las placas solares) en corriente alterna (electricidad que podemos utilizar), de tal forma que podamos generar y consumir nuestra propia electricidad.



*Inversores solares*

### ¿CÓMO FUNCIONAN?

Cuando las placas solares reciben luz, se produce corriente continua gracias al movimiento de los electrones presentes en las células fotovoltaicas de un panel solar. En este punto, comienza el papel del inversor solar convirtiendo la electricidad en corriente alterna. Además de su función principal, también se encargan de:

- Facilitar que los instaladores y propietarios puedan supervisar el correcto funcionamiento de su instalación. En caso de que existiera alguna irregularidad, estos son capaces de parar la producción de energía, evitando de este modo cualquier riesgo asociado a un problema eléctrico.
- Facilitar información acerca del diagnóstico de los equipos para una temprana solución de problemas.
- Optimizan el rendimiento global de la instalación, ya que permiten obtener el máximo aprovechamiento energético de cada una de las placas solares fotovoltaicas.

### ¿QUÉ TIPOS DE INVERSORES FOTOVOLTAICOS EXISTEN?

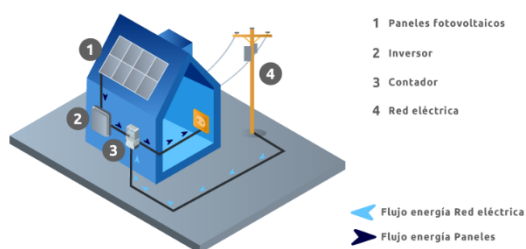
A la hora de clasificar los tipos de inversores, en primer lugar debemos diferenciarlos según el tipo de conexión a red o aisladas.

#### **A. Inversores de conexión a red**

Este grupo lo componen aquellos inversores que transforman la energía generada por las placas solares en electricidad para el consumo en viviendas y/o negocio y que necesitan estar sincronizados con la red eléctrica general.

Además de convertir la corriente continua en alterna, también se encargan de mantener la tensión de energía generada por las placas un poco por encima que la de la red.

1. **String.** Conocido también como el inversor centralizado. Se trata del inversor estándar, cada panel es conectado en serie y la energía producida se envía a un único inversor. Estos inversores se utilizan para instalaciones estándar sin sombras o sombras muy puntuales durante el día.



2. **Microinversor.** Este inversor es conocido como el inversor distribuido, ya que a diferencia con el String (hay un único inversor), aquí se sitúa uno en cada placa solar. Se utilizan cuando tienes pensado aumentar la instalación en el futuro.

A continuación, tenéis una comparativa entre los tipos de inversores.

PROS Y CONTRAS	
String	Microinversor
Son los más económicos	La instalación seguirá produciendo energía aunque una o dos placas del sistema tengan menor rendimiento.
Son los más utilizados	Permiten revisar el rendimiento de las placas específicas, por lo que es mucho más sencilla la detección de problemas.
Fácil mantenimiento	Los paneles no tienen por qué tener la misma orientación.
Fáciles de encontrar y utilizar	Te permite ampliar la instalación de una manera muy sencilla.
Hay un único inversor en la cadena	Más caros
No es recomendable para instalaciones con muchas sombras	Mantenimiento más costoso.
No permite grandes ampliaciones de la instalación en un futuro.	Más pérdidas por calor que los String.
	Para grandes instalaciones tienes que poner varios.

También podemos encontrarnos los inversores **monofásicos y trifásicos**

Dentro de los inversores de conexión a red, disponemos de dos posibilidades de conexión en las instalaciones. Así encontramos las instalaciones monofásicas, en las que la corriente fluye por un solo conductor y se suele utilizar en instalaciones domésticas, para cargas de iluminación y pequeñas fuentes de alimentación. Por otra parte, las instalaciones trifásicas disponen de tres conexiones, más finas y baratas, que emiten potencia constante, y no de pulsos, que eleva el rendimiento de los equipos.

## B. Inversores para instalaciones fotovoltaicas aisladas

Este tipo de inversores son utilizados en instalaciones sin conexión a la red eléctrica. La utilización de baterías es necesaria en todos ellos. Son ideales para sistemas solares en autocaravanas, barcos, casas de campo, etc. Dentro de este grupo, encontramos:

1. **Aislada.** Transforman la corriente de las baterías a 220V con la finalidad de alimentar los electrodomésticos. Este tipo está programado para parar el suministro cuando la tensión es demasiado baja y de este modo, evitar las sobredescargas.
2. **Inversor-cargador.** Este tipo de inversores se caracterizan por tener además del inversor, un cargador que se activa cuando la tensión de las baterías es muy baja. De este modo, podrá proporcionar de nuevo la energía necesaria a las baterías para el suministro en la vivienda. Entre sus ventajas no dependemos totalmente de la energía solar al tener baterías y además, suministra la energía al mismo tiempo que se cargan las baterías. Al contar con un cargador, se pueden cargar las baterías cuando se necesite (ejemplo: días lluviosos). Por tanto, al no depender totalmente de la energía solar no es necesario diseñar la instalación para cubrir las necesidades energéticas en casos concretos reduciendo el número de placas y la capacidad de la batería, lo cual conlleva un ahorro económico importante de la instalación.
3. **Inversores híbridos.** Este tipo de inversores comprende aquellos que permiten la captación de energía tanto de la red eléctrica como de las baterías solares. Son muy versátiles para instalaciones fotovoltaicas en viviendas. Ideales para aquellos hogares a los que la red de energía llega escasamente, ya que aprovecha máximamente todos los recursos de tu instalación.

### Estructura del soporte

Los soportes solares, o estructura de los paneles solares, son las piezas que definen la orientación que tendrán las distintas placas solares dependiendo del tipo de instalación que se realice, así como de la potencia, número de paneles y lugar en el cual se instalen. Estos soportes proporcionan una sujeción firme de los paneles solares y la orientación que necesitan para aprovechar al máximo la radiación solar y el efecto fotovoltaico que se genera en ellos.



### TIPOS DE SOPORTES PARA PLACAS SOLARES

Los sistemas de energía solar pueden ser instalados de varias maneras, y dependiendo de ellas se elegirán los soportes correctos. En términos muy generales, tenemos dos tipos:

- A. Soportes fijos.** Son ideales cuando se busca que los módulos fotovoltaicos queden en una posición plana. Se pueden modificar para que queden fijados en el suelo, en la pared o incluso integrados en la fachada de la vivienda.
- B. Soportes móviles.** Su funcionamiento es más complejo, pero también más provechoso. Consta de ejes móviles que permiten que los paneles solares hagan un seguimiento al movimiento del sol, lo que conlleva a la captación de mayor energía fotovoltaica.



Solamente se utilizan en grandes parques solares, dado que requieren espacio y un mantenimiento y supervisión. Algunas veces van dotados de sensores móviles. Este tipo de estructuras captan más horas de sol.

Pero además de estos dos tipos, nos encontramos con más variedad de estructuras, las más utilizadas son las que se instalan en cubiertas planas e inclinadas.

**A. Estructuras para placas solares instaladas en cubiertas planas.** Se trata de los soportes de paneles solares que se instalan en el suelo o sobre una cubierta plana.

**B. Estructuras para placas solares instaladas en cubiertas inclinadas.** Este tipo de soportes para paneles solares están pensados para instalar en cubiertas inclinadas. Dependiendo de nuestro proyecto, podemos escoger los siguientes soportes:

- **Soportes solares con estructura coplanar:** Son aquellos que se utilizan sobre superficies inclinadas. Estos se adaptan al tejado y mantienen la inclinación necesaria. Son sencillos y prácticos.
- **Otros diseños:** Aquellos que se utilizan para cuestiones específicas, como la instalación de huertos solares a medida

**C. Soportes solares para cubierta de chapa**

**D. Soportes solares sobre marquesinas**

**E. Soportes solares móviles**

Es el tipo de soporte para paneles solares más moderno que existe. Su funcionamiento es más complejo que el del resto, pero también mucho más provechoso. Y es que estos paneles solares cuentan con ejes móviles con sensores que se encarga de seguir el movimiento del sol, aprovechando al máximo la radiación solar para generar energía. Las estructuras móviles realizan un movimiento similar al de los girasoles de manera autónoma, ahora bien, su instalación requiere un consumo eléctrico mayor y su complejidad mecánica puede implicar más operaciones de mantenimiento. De cualquier forma, la inversión se compensa ya que estos soportes, y su correspondiente instalación, permite aumentar la producción entre un 15% y un 40%.

## MATERIALES DE FABRICACIÓN

Es importante tener en cuenta los materiales de fabricación, ya que estarán a la intemperie por un largo periodo de tiempo. Los más usados son:

**A. Acero inoxidable y acero galvanizado.** El acero inoxidable garantiza un soporte con mayor durabilidad y menor mantenimiento. Por su parte, el acero galvanizado solo es recomendable si no se hará ninguna modificación futura, pues podría perder su estabilidad.

**B. Aluminio.** El aluminio es el material con más ventajas si de soportes se trata. Sus cualidades van desde su ligera densidad hasta su resistencia a la corrosión, aspecto sumamente importante al estar en contacto directo con los cambios de temperatura.

**C. Hormigón.** El hormigón es el tipo de material indicado para fijar paneles solares en superficies planas. Se trata de un bloque macizo prefabricado que puede reducir los costes de la instalación, sin dejar a un lado su extensa durabilidad a través del tiempo.

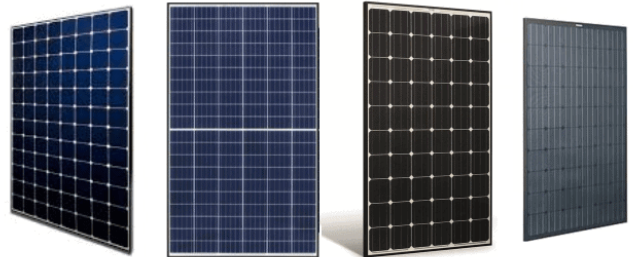
## Cableado

Los cables para placas solares sirven para conectar todos los componentes entre sí.

El cable fotovoltaico está diseñado exclusivamente para uso en instalaciones fotovoltaicas. Está diseñado de forma que su conductor es de cobre electrolítico estañado que permite una gran conductividad, además cuentan con doble aislamiento lo que proporciona mejor resistencia a los factores meteorológicos como la radiación solar directa o temperaturas extremas.

### TECNOLOGÍAS DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Las tecnologías existentes para integración de módulos fotovoltaicos en edificios son el silicio cristalino, monocristalino y multicristalino. También nos encontramos con módulos fotovoltaicos de lámina delgada, que son: el silicio amorfo, el telururo de cadmio y el diseleniuro de cobre-indio. Todas ellas presentan un cierto grado de translucidez, excepto el telururo de cadmio y el diseleniuro de cobre-indio, que son opacas. Además, todas tienen una estructura laminada con un vidrio como cubierta delantera y otro vidrio como cubierta trasera.



### SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS CON MÓDULOS FOTOVOLTAICOS INTEGRADOS

Actualmente hay más interés por desarrollar programas de simulación cada vez más capaces (a la hora de describir y evaluar): el comportamiento energético de los edificios, sus instalaciones de confort habitacional, las nuevas incorporaciones de generación de energía, el aprovechamiento energético pasivo (aprovecha la radiación solar de forma directa) y activa (requiere transformar la energía captada a través de la utilización de una instalación externa) y la climatología presente.

Existen dos motivos fundamentales:

- La calificación energética de los edificios ya existentes desde un punto de vista lo más realista posible.
- La capacidad de ensayar un gran número de posibilidades de implantación de mejoras, sin la necesidad de ejecutarlas de forma física, permitiendo seleccionar las más prometedoras para:
  - a. Edificios ya existentes.
  - b. Proyección de nuevas construcciones

Ambas tienen como objetivo conseguir edificios confortables y más eficientes energéticamente.

### SITUACIÓN ACTUAL DE LA CARACTERIZACIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS Y DE SU INTEGRACIÓN EN SISTEMAS DE REGADÍO:

Hoy en día es todo un reto gastar lo menos posible para la correcta eficiencia de la vivienda o sistemas de riego y contribuir en contra del cambio climático. Siendo retos que están completamente vinculados, donde el uso de energías renovables como las placas solares juegan un papel fundamental. Garantizar el mejor uso de los suministros, gastando lo menos posible y obteniendo un beneficio para la población mundial requiere de cambios en el uso y en el sistema.

En este escenario, las energías renovables, concretamente la energía solar fotovoltaica, siendo esta la que más ha crecido en los últimos años; pueden aportar soluciones a largo plazo, con una mínima emisión de gases de efecto invernadero.

Los beneficios de esta energía renovable son destacables, ya que contribuyen a reducir los efectos del calentamiento global debido a que la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera es nula. Se presenta como alternativa rentable y viable contra el uso de fuentes eléctricas y motores diésel, que colaboran con el deterioro de nuestro planeta.

Además, la energía fotovoltaica es capaz de llegar a zonas aisladas o de difícil acceso, proporcionando electricidad. El uso de esta energía se ha extendido en muchos sectores como: el industrial, servicios, construcción, agricultura... Estos dos últimos casos son los que a nosotros nos interesan particularmente.

El consumo energético en la agricultura de regadío se ha desarrollado gratamente estos últimos años, ya que los sistemas se han modernizado. Pasando de riego por superficie a un riego presurizado. Este aumento en la demanda energética y el incremento constante de los precios de la energía eléctrica convencional, pueden no ser posibles en algunas explotaciones agrícolas, teniendo que hacer uso de alternativas más rentables, sobre todo en lugares con alta demanda energética, como las zonas regables con recursos subterráneos. Donde es mucho más cara la extracción que puede suponer hasta un 70% del coste energético total del riego.

Debido a que este sistema tiene muchas más ventajas que los sistemas de riego convencionales, hemos decidido incluirlo en nuestro instituto sostenible. Teniendo así un césped e incluso un posible huerto regado por agua proporcionada por un sistema totalmente saludable para el medioambiente.

#### ¿Cómo funcionan?

Este método de riego sustituye otras fuentes de energía por energía eléctrica generada por paneles solares fotovoltaicos, que alimenta la bomba de riego convencional.

La energía solar es recolectada por paneles solares, que luego suministran a la bomba solar la energía eléctrica necesaria para convertirla en energía mecánica y bombear agua desde el pozo hasta el sistema de riego.

Los sistemas de regadío funcionan a partir de placas fotovoltaicas; los cuales usan energía solar para la obtención de energía. Transformando la energía de la luz solar en energía eléctrica en el interior de cada una de las células fotovoltaicas de cada placa.

Cada panel solar solar tiene su propia potencia pero que por sí sola no podrá generar la suficiente energía como para alimentar un sistema de riego por completo.

Por eso, se necesita calcular la cantidad de paneles solares que se necesitarán en función del consumo de cada sistema o proyecto de riego.

Cuando se forma un conjunto de placas y estas están juntas y conectadas, se le llama kit fotovoltaico.

#### Tipos:

Ya que las placas funcionan gracias a la luz solar, su obtención dependerá de la cantidad de luz solar que se disponga.

En días nublados su generación es baja y por la noche su generación es nula.

Hay dos tipos de sistemas de regadío para su uso en el campo.

## A. Sistemas conectados a la red.

Estos sistemas trabajan conectados a la red eléctrica, por lo que si la generación de energía es inferior a la necesaria dependeremos de energía suministrada por la red eléctrica, sin embargo, cuando la generación de energía es superior a la consumida en ese momento, es sobrante se envía a la red eléctrica.

Ejemplo de sistemas de regadío por suministración eléctrica fotovoltaica.



## B. Sistemas aislados.

Como su nombre indica, estos sistemas no están conectados a la red eléctrica.

Hay varios tipos dentro de este sistema, en concreto tres:

- **Con almacenamiento:** estos sistemas cuentan con un banco de baterías para poder almacenar la energía sobrante y poder usarla cuando sea necesario; como por ejemplo en los días nublados o por las noches poder alimentar nuestro sistema de riego.
- **Sin almacenamiento:** estos sistemas no disponen de baterías, por lo que no se puede almacenar energía para su posterior uso. Por eso, este tipo de instalaciones no es recomendable si necesitamos un constante riego.
- **Sistemas híbridos:** estos sistemas de riego usan a tanto las placas solares como otros métodos de obtención de energía eléctrica. Como turbinas eólicas, sistemas de biomasa o incluso un generador diésel. Este sistema puede o no almacenar la energía sobrante en baterías.

### [KIT SOLAR DE RIEGO](#)

En un sistema de riego, a parte de las placas fotovoltaicas, también se necesitan otros equipos para usar la energía eléctrica generada por los paneles.

Un sistema fotovoltaico cuenta con:

- **Panel solar fotovoltaico:** es el conjunto de placas que captan la luz solar y la convierten en electricidad a través de células fotovoltaicas. Las placas están compuestas por 60-72 células cada una.
- **Inversor fotovoltaico:** se puede considerar la “cabeza pensante” de un sistema fotovoltaico, ya que es el encargado de adaptar la energía generada, es decir, transforma la corriente continua en alterna. Además controla el flujo de energía.
- **Caja de conexiones:** son un conjunto de componentes encargados de proteger a los módulos de las sobretensiones y otros posibles daños en la red.
- **Estructuras de apoyo y montaje:** maximizan la generación energética de los módulos fotovoltaicos. Son las encargadas de fijar las placas solares en todo tipo de instalación. Estas garantizan la perfecta inclinación de las placas con respecto al sol.
- **Cableado:** es el conjunto de cables y conectores para que el sistema de riego funcione.
- **Banco de baterías:** es sistema de baterías debe de estar muy bien calculado el número exacto necesario para ser útil en los momentos de baja eficiencia energética como son las noches o los días de nublado.
- **Controlador de carga:** es el encargado de alimentar las baterías de forma correcta.

## OBJETIVOS DE LOS SISTEMAS DE REGADÍO:

El objetivo general de este apartado es desarrollar un posible modelo de simulación y estudiar nuevas herramientas para la integración de la energía fotovoltaica en el sector del riego considerando aspectos económicos, ambientales y de su posible uso.

Para lograr este objetivo, tomaremos en cuenta objetivos más específicos, explicados a continuación:

- A.** Desarrollar un modelo de simulación fotovoltaica que permita obtener con alta precisión las potencias generadas en tiempo real, integrando todos los elementos que intervienen en el sistema.
- B.** Determinar el impacto ambiental y los costos económicos asociados a la energía fotovoltaica en los sistemas de riego y comparar con el uso de fuentes de energía tradicionales.
- C.** Desarrollar un modelo para optimizar los sistemas de riego fotovoltaico basado en aspectos económicos y de operatividad. El método y modelo propuestos tendrían que ser probados y calibrados en el instituto, si dispusiéramos de este sistema.
- D.** Desarrollar una metodología e implementar una herramienta que permita evaluar en tiempo real el comportamiento de sistemas de bombeo de extracción de agua, detectando, de forma preventiva, el elemento que pueda provocar la avería.

## MATERIALES Y MÉTODOS DE LOS SISTEMAS DE REGADÍO:

Para poder aplicar este tipo de sistema en el instituto hemos tomado un ejemplo de una finca comercial, que nos acerca a la posible instauración de este método en nuestro recinto. En este caso el sistema usado es un sistema de riego por goteo subterráneo alimentado por un sistema fotovoltaico.

Esta finca cuenta con 152 módulos fotovoltaicos instalados. Estos están orientados al sur, con una inclinación de 8, 5°. Cada módulo fotovoltaico dispone de una tecnología hecha con silicio policristalino, con 60 células en cada uno de ellos. Su intensidad es de 57A y tiene una protección para una sobretensión de 800 V.

El cableado está compuesto por las líneas que forman las diferentes series del campo fotovoltaico, que son 8 series de sección 4mm<sup>2</sup>.

Potencia de salida, STC	265	W <sub>p</sub>
Voltaje punto de máxima potencia (V <sub>mpp</sub> ), STC	31.16	V
Intensidad punto de máxima potencia (I <sub>mpp</sub> ), STC	8.57	A
Voltaje en Circuito Abierto (V <sub>oc</sub> ), STC	38.12	V
Intensidad de Cortocircuito (I <sub>sc</sub> ), STC	9.01	A
Eficiencia del Módulo Fotovoltaico	16.2	%
Coefficiente Potencia-Temperatura	-0.42	% / K
Coefficiente Intensidad-Temperatura	0.059	% / K
Coefficiente Voltaje-Temperatura	-0.32	% / K
Temperatura de Operación Nominal de la Célula (TONC)	46 ± 2	°C
Tipo de Célula	Silicio Poli-cristalino	
Número de Células	60	

STC: Standard Test Condition (Irradiación: 1000 W/m<sup>2</sup>, Temperatura de la célula de 25 °C, Distribución espectral con AM 1.5)

En la tabla, podemos observar las medidas máximas que pueden llegar a alcanzar las pacas fotovoltaicas.

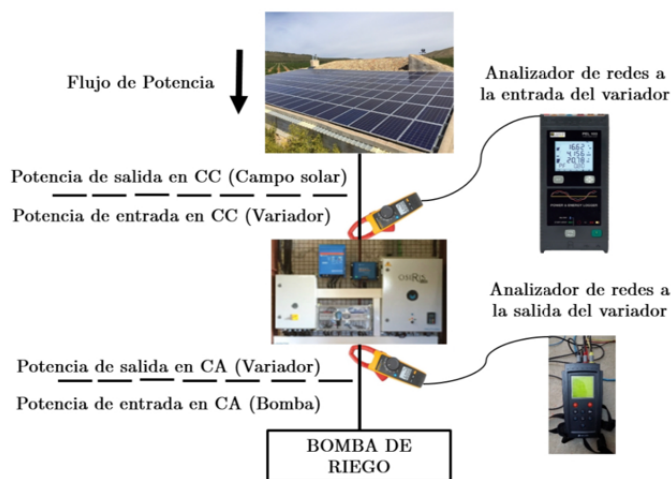
### EQUIPOS Y SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE LOS SISTEMAS DE REGADÍO:

Los parámetros que se necesitan son: parámetros climáticos, temperatura ambiente y velocidad del viento, y parámetros eléctricos, como la intensidad, la tensión y también la potencia, tanto corriente continua, como alterna.

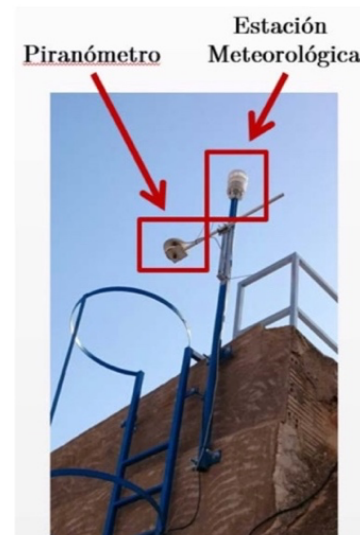
Se tendrían que instalar unos equipos junto a módulos fotovoltaicos con los que obtener valores más precisos. Las medidas que se tendrían que tomar en nuestro recinto serían tomadas cada 10 minutos durante un largo periodo de tiempo.

En la figura mostrada a continuación se muestra la disposición y montaje de los equipos necesarios.

Además de los datos que en este caso se obtuvieron de los aparatos eléctricos se obtuvieron con un analizador de redes eléctricas de corriente continua y de un analizador de redes eléctricas de verdadero valor eficaz con una precisión de más del 1,5%. Se puede ver su disposición en la siguiente imagen.



CC: Corriente Continua; CA: Corriente Alterna



### COSTES

Para saber los costes, hay que tener en cuenta varios factores:

#### Tipo de autoconsumo

Nos encontramos con un autoconsumo aislado y uno conectado a la red, el autoconsumo aislado, supone la desconexión total de la red de distribución, esto implica que, de no contar con baterías o almacenamiento de energía, la vivienda no tendrá energía eléctrica. Es más, muchas veces las baterías no son suficientes y en estos casos se deberá contar con un generador eléctrico. Todo esto supone mayor inversión para el cliente y mayor riesgo para el cliente de quedarse sin electricidad, frente a quedarse conectado a la red. Sin embargo, en el caso del autoconsumo conectado a la red, la instalación va a tener 2 conexiones: una al sistema eléctrico de la vivienda y otra a la red de distribución, propiedad de una compañía eléctrica.

Si hablamos de tipos de instalaciones de autoabastecimiento también cabe mencionar que estas pueden ser para uso individual o para uso compartido. El autoabastecimiento compartido, como indica también su nombre, es cuando a la misma instalación están conectadas varias viviendas o una

comunidad de vecinos. Este tipo de instalaciones son menos comunes puesto que la medición del consumo de cada vivienda resulta complicada.

En las comunidades de vecinos donde hay un sistema instalado, se suele usar para zonas comunes como los pasillos del edificio, garajes o motores para la piscina. Por otro lado, el autoconsumo individual es el que abastece las viviendas unifamiliares.

También cabe destacar, el autoconsumo industrial o para empresas. El autoconsumo industrial es una opción que consideran más y más empresas. El funcionamiento de estas no varía y, al igual que en el caso del residencial, las empresas se benefician de ahorros en las facturas.

Las instalaciones fotovoltaicas para empresas se diferencian de las residenciales principalmente por: el tamaño que suele ser mucho superior, el consumo energético y las horas en las cuales se consume energía, que suele ser en horarios de día, a diferencia de una residencia donde se crean patrones del consumo de energía a lo largo del día.

### Tipo de placas solares

En cuanto a los tipos de placas solares, hay varias opciones.

- **Monocristalinos.** Tienen un mayor rendimiento, son más estables a largo tiempo y están fabricadas de silicio
- **Policristalinos.** Tienen una buena relación calidad-precio. Se fabrican a partir del silicio metalúrgico mediante procesos de solidificación menos exhaustivos.
- **Células amorfas.** El silicio, telururo de cadmio, cobre, galio y selenio se fijan a plásticos, vidrios o tejidos permitiendo la fabricación de células flexibles.

Los paneles solares amorfos son los que menos se instalan, ya que se están volviendo obsoletos por el bajo rendimiento que ofrecen. La diferencia entre los dos que más se usan: monocristalinos y policristalinos, reside en el número de cristales y en cómo están dispuestos encima del panel.

Aunque los policristalinos sean un poco más baratos, los paneles solares monocristalinos ofrecen mayor eficiencia y rendimiento y son considerados la mejor opción para instalaciones residenciales, donde muchas veces el espacio es limitado.

Los inversores de corriente son uno de los elementos más esenciales de las instalaciones de los paneles solares, son dispositivos electrónicos que básicamente se encargan de transformar la corriente continua en corriente alterna para que pueda ser utilizada sin que ocasione daños. Nos encontramos con dos tipos de inversores: monofásicos o trifásicos. Estos se van a utilizar en función del tipo de instalación eléctrica de la cual dispone la vivienda.

### Elementos de autoconsumo solar

Hay 4 elementos básicos:

1. Los paneles solares
2. El inversor solar
3. La estructura de soporte
4. El cableado

Sin ellos, el sistema no se puede poner en marcha.

Además de esto, se puede contar con otros elementos como: optimizadores de potencia, energy meters <sup>1</sup>o baterías de almacenamiento.

### ¿En cuánto tiempo se amortiza la inversión?

Una instalación normal se puede amortizar en unos 6 u 8 años. Esto, si tenemos en cuenta que la vida útil de las placas solares está entre los 25 y 30 años, supone una inversión muy interesante, tanto a medio como a largo plazo.

### Costes

#### ¿CUÁNTO CUESTA UNA PLACA SOLAR?

En 2019, los propietarios españoles pagaron por la instalación de placas solares un precio de entre 0,90€ y 1,45€ por vatio. Esto supone un costo promedio de 1,2€ por vatio.

#### ¿CUÁNTAS PLACAS SOLARES NECESITO PARA UNA CASA?

El número de placas fotovoltaicas que necesitas para tu casa o empresa depende de dos factores: la cantidad de energía que puede producir tus paneles y la cantidad de electricidad que consumes cada mes. Habitualmente, hablamos de electricidad en términos de kilovatios-hora (kWh).

Primero tenemos que recordar que la cantidad de energía que producen las placas solares depende directamente de la cantidad de luz que reciben. Esto se calcula conociendo varios parámetros, como son las horas de sol que reciben al día, la orientación de tu tejado (los tejados con orientación sur son los mejores), las sombras o la eficiencia del panel solar.

Un hogar típico en España consume cerca de 400 kWh al mes. Si tu casa tiene piscina, calefacción eléctrica o electrodomésticos muy grandes puedes consumir más que el promedio.

#### SUBVENCIONES DE LA JUNTA CASTILLA Y LEÓN

En Castilla y León existen diversas subvenciones y ayudas para la instalación de placas solares, algunas de las cuales son:

COSTES SUMINISTROS				
CONCEPTO	UNIDADES	€/UNIDAD	TOTAL	COSTE TOTAL
PANEL SOLAR	38	250,00 €	9.500,00 €	19.407,94 €
INVERSOR SOLAR	7	922,40 €	6.456,80 €	
ESTRUCTURA DEL SOPORTE	38	25,03 €	951,14 €	
CABLEADO	1	2.500,00 €	2.500,00 €	
COSTE INSTALACIÓN				
CONCEPTO			TOTAL	COSTE TOTAL
MANO DE OBRA INSTALACIÓN			3.125,00 €	3.125,00 €
OTROS COSTES				
CONCEPTO			TOTAL	COSTE TOTAL
INGENIERÍA			5.000,00 €	7.800,00 €
DIRECCIÓN OBRA			2.000,00 €	
TRÁMITES ADMINISTRATIVOS			800,00 €	
SUBVENCIONES				
CONCEPTO			TOTAL	COSTE TOTAL
EXCEDENTE DE ENERGÍA			0,12 €/KWh	
AYUDAS DEL INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE)			30% de la instalación	
AYUDAS DE LA JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN			40% de la instalación	
<b>PRECIO TOTAL INSTALACIÓN</b>				30.332,94 €
<b>DINERO OBTENIDO DE SUBVENCIONES</b>				21.233,06 €
<b>PRECIO FINAL</b>				9.099,88 €

1. Ayudas del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE): el IDAE ofrece ayudas para la instalación de sistemas de energía solar térmica y fotovoltaica. Estas ayudas están destinadas a particulares, empresas y entidades públicas. Las subvenciones pueden cubrir hasta el 30% del coste de la instalación.

2. Ayudas de la Junta de Castilla y León: la Junta de Castilla y León ofrece ayudas para la instalación de sistemas de energía renovable, incluyendo la energía solar. Estas ayudas están destinadas a particulares, comunidades de vecinos, empresas y entidades públicas. Las

<sup>1</sup> Es un contador de energía que permite la medición eléctrica de forma precisa



subvenciones pueden cubrir hasta el 40% del coste de la instalación.

3. Programa de fomento de la eficiencia energética y el uso de energías renovables en el sector empresarial (FIEER): este programa ofrece ayudas a empresas y entidades sin ánimo de lucro para la realización de proyectos de eficiencia energética y energías renovables, incluyendo la instalación de placas solares. Las subvenciones pueden cubrir hasta el 35% del coste del proyecto.

Además, es importante asegurarse de que la instalación cumpla con los requisitos técnicos y normativos correspondientes para poder optar a las subvenciones.

Hemos hecho una estimación de lo que costaría la implantación de paneles solares en nuestro instituto.

Una placa solar produce de media unos 124kWh al mes. En el instituto se consumen de media unos 4.608 kWh, por tanto, necesitamos 38 placas fotovoltaicas para abastecer al 100% los kWh que se consumen en el centro.

Se necesitan 3 inversores cada 2.000 kWh aproximadamente, eso significaría, que nos hacen falta 7 inversores.

El precio de los inversores para placas fotovoltaicas oscila desde los 400 -1500 € para ámbito residencial hasta los 3.000 € o bastante más para empresas y huertos solares. Dependerá de la potencia, del tipo y de la calidad del mismo.

Es muy importante escoger un inversor teniendo en cuenta las características del proyecto y analizando las distintas alternativas.

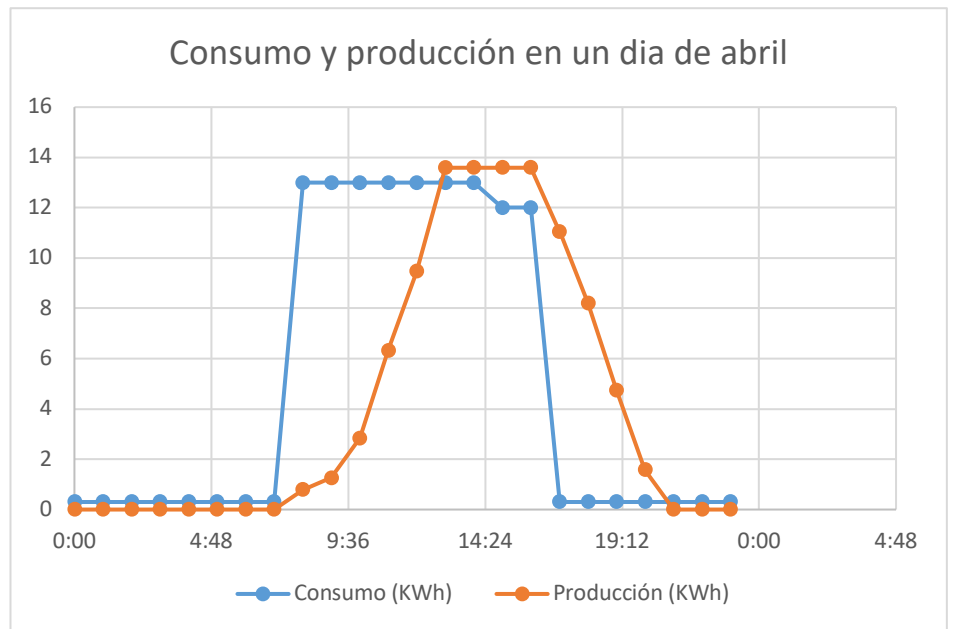
El precio de la mano de obra para la instalación de energía solar suele oscilar entre 600€ y más de 1.200€. No obstante, esto dependerá del tipo de instalación.

La ingeniería se encarga de gestionar todo el proceso, es decir, se encarga de:

- Diseño de tu proyecto fotovoltaico
- Legalización y tramitación administrativa de tu proyecto fotovoltaico
- Ejecución e instalación de tu proyecto fotovoltaico
- Monitorización permanente de tu proyecto fotovoltaico
- Mantenimiento de la instalación fotovoltaica

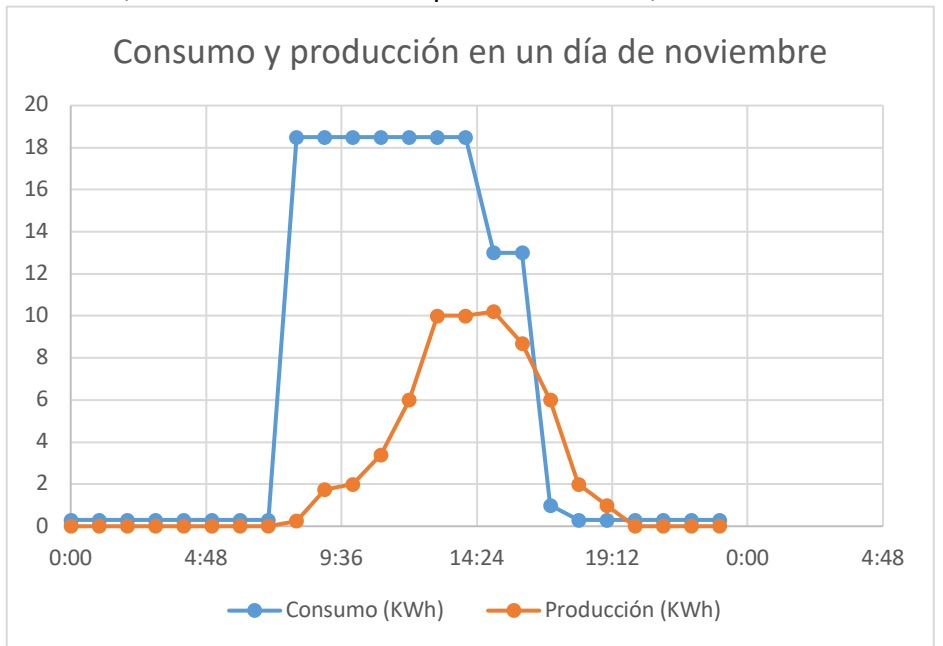
A continuación, hemos insertado unas capturas de pantalla sobre unas estimaciones que hemos realizado en un día aleatorio de 3 meses distintos para saber cuánto consumimos en un día, cuánto producen los módulos fotovoltaicos y así saber cuánto nos autoabasteceríamos con los paneles.

CONSUMO Y PRODUCCIÓN EN UN DÍA DE ABRIL		
Horas abril ejemplo día	Consumo (KWh)	Producción (KWh)
0:00	0,3	0
1:00	0,3	0
2:00	0,3	0
3:00	0,3	0
4:00	0,3	0
5:00	0,3	0
6:00	0,3	0
7:00	0,3	0
8:00	13	0,79
9:00	13	1,26
10:00	13	2,84
11:00	13	6,32
12:00	13	9,48
13:00	13	13,59
14:00	13	13,59
15:00	12	13,59
16:00	12	13,59
17:00	0,3	11,06
18:00	0,3	8,216
19:00	0,3	4,74
20:00	0,3	1,58
21:00	0,3	0
22:00	0,3	0
23:00	0,3	0
<b>TOTAL</b>	<b>119,5</b>	<b>100,646</b>
Autoconsumo		84%



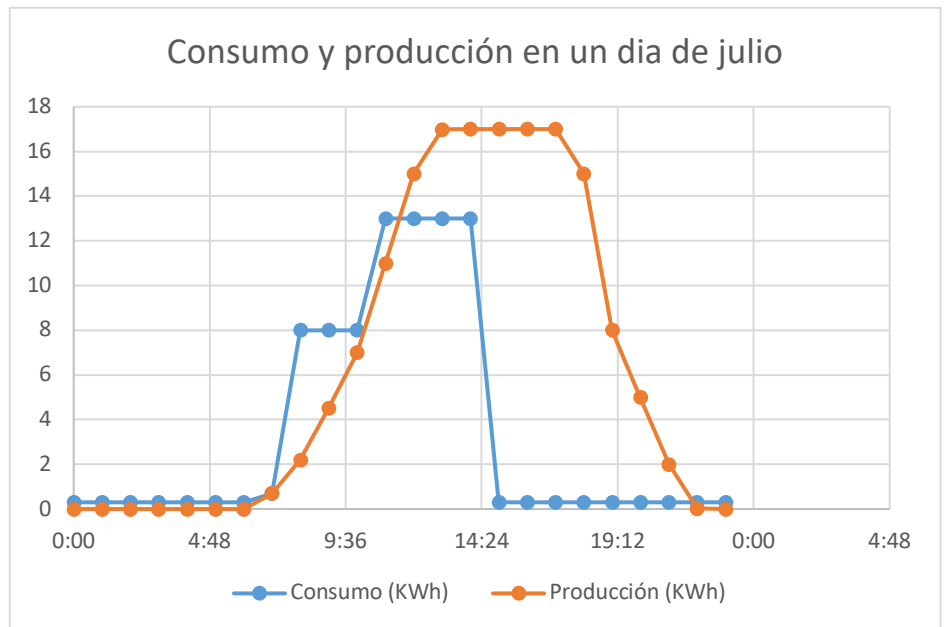
Como podemos observar, en este mes, gracias a los paneles solar nos autoabasteceríamos un 84%, eso sería una reducción de 199,93€, por lo tanto, la factura mensual se quedaría en 1049,664€.

CONSUMO Y PRODUCCIÓN EN UN DÍA DE NOVIEMBRE		
Horas noviembre día ejemplo	Consumo (KWh)	Producción (KWh)
0:00	0,3	0
1:00	0,3	0
2:00	0,3	0
3:00	0,3	0
4:00	0,3	0
5:00	0,3	0
6:00	0,3	0
7:00	0,3	0
8:00	18,5	0,25
9:00	18,5	1,75
10:00	18,5	2
11:00	18,5	3,4
12:00	18,5	6
13:00	18,5	10
14:00	18,5	10
15:00	13	10,2
16:00	13	8,7
17:00	1	6
18:00	0,3	2
19:00	0,3	1
20:00	0,3	0
21:00	0,3	0
22:00	0,3	0
23:00	0,3	0
<b>TOTAL</b>	<b>160,7</b>	<b>61,3</b>
Autoconsumo		38%



En noviembre, al ser un mes en el que en Valladolid hay menos horas de sol, el autoabastecimiento baja al 38%, son 338,2€ menos y eso implica que pagaríamos 551,8€

CONSUMO Y PRODUCCIÓN EN UN DÍA DE JULIO		
Horas abril ejemplo día	Consumo (KWh)	Producción (KWh)
0:00	0,3	0
1:00	0,3	0
2:00	0,3	0
3:00	0,3	0
4:00	0,3	0
5:00	0,3	0
6:00	0,3	0
7:00	0,7	0,7
8:00	8	2,2
9:00	8	4,5
10:00	8	7
11:00	13	11
12:00	13	15
13:00	13	16,98
14:00	13	17
15:00	0,3	17
16:00	0,3	17
17:00	0,3	17
18:00	0,3	15,01
19:00	0,3	8
20:00	0,3	5
21:00	0,3	2
22:00	0,3	0,02
23:00	0,3	0
TOTAL	81,5	155,41
Autoconsumo		191%



En verano, las horas de luz son mucho mayores por lo que nuestras placas solares producen mucho más de lo que se consume, ya que en verano aunque el profesorado sigue yendo al centro, los ordenadores de los alumnos no se encienden, tampoco las luces de la clase, etc. Por eso en este mes, no tendríamos que pagar nada en la factura de la luz, y además recibiríamos unos 8,87€ por los excedentes de energía que se ceden a la red.

Hemos querido hacer una estimación futura, viendo cuánto pagaríamos en las facturas del instituto. En la siguiente imagen podemos observar los kWh que se consumen en un mes, en un año y en 6 años y cuanto nos costaría todo ello:

En la siguiente imagen, os dejamos el consumo en kWh:

CONSUMO EN 30 DIAS (kWh)	4.608		
CONSUMO ANUAL (kWh)	55.296	CONSUMO EN 6 AÑOS (kWh)	3.981.312
CONSUMO /DÍA	154		
SIN PANELES SOLARES			
COSTE MENSUAL (Euros)	4.600		
COSTE ANUAL (Euros)	55.200	COSTE EN 6 AÑOS (Euros)	3.974.400
CON PANELES SOLARES			
COSTE MENSUAL (Euros)	2.852		
COSTE ANUAL (Euros)	34.224	COSTE EN 6 AÑOS (Euros)	2.464.128

Cómo podemos ver, el coste reduce notablemente.

## 5. Conclusiones

El modelo Fotovoltaico que hemos elegido para este proyecto descarta los sistemas fotovoltaicos convencionales teniendo en cuenta todos sus parámetros y la caracterización de estos módulos de gran calidad que tendrá en cuenta los siguientes factores:

1. En primer lugar, la forma más conveniente en nuestro caso para instalar las placas en el instituto es el sistema fotovoltaico añadido al edificio (Building Added /Applied /Attached Photovoltaics – BAPV) que no forma parte del edificio ni tiene la función estructural que tendría el sistema fotovoltaico integrado al edificio (BuildingIntegratedPhotovoltaics – BIPV). Este último nombrado sería muy conveniente por su doble función en edificios que no se hayan construido, pero para implantarlo en este caso el precio aumentaría y supondría una gran reforma en el tejado.

2. En cuanto a los materiales de los componentes de los módulos fotovoltaicos:

- Uno de los materiales más prometedores para las células es el perovskita, un mineral mezcla de titanio y calcio, que sustituye al silicio convencional. Científicos de la institución alemana Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB), especializada en nuevos materiales, han conseguido batir el récord de eficiencia gracias a una placa en tándem de perovskita y silicio, que ha alcanzado un 32,5% de eficiencia, más del doble de lo habitual.

Para su funcionamiento, se superponen las dos células: la superior, de perovskita, puede utilizar componentes absorbentes de luz azul, mientras la inferior convierte los componentes rojos e infrarrojo cercano, lo que cubre la mayor parte del espectro. Las capas finas superpuestas entre ambas ayudan a aprovechar la luz de forma óptima y a minimizar cualquier pérdida eléctrica.

Este material todavía está en fase experimental y no ha llegado a comercializarse en España por lo que su adquisición sería muy compleja. Por eso recurrimos a las células solares de silicio policristalino, que son menos eficientes que las células solares de silicio monocristalino, pero son más económicas de producir. También pueden funcionar mejor en condiciones de poca luz y tienen una vida útil ligeramente más larga. Nos interesan por su precio, porque nos serán más rentables en los días nublados de Parquesol que suponen un 28% del año y así estas son las óptimas para la zona porque absorberán aquellos rayos indirectos. Como la eficiencia está entre el 15 y 24% utilizaremos algunas técnicas ya nombradas anteriormente para conseguir acercarse al máximo rendimiento posible.

3. En cuanto a los materiales para el aislamiento

- Uno de los materiales más utilizados para el aislamiento de las células fotovoltaicas es el EVA (acetato de etileno vinilo). El EVA es transparente a la luz solar y tiene propiedades de amortiguación que ayudan a reducir la tensión en las células solares. Además, tiene una alta resistencia al calor y la humedad, lo que ayuda a proteger las células solares de los daños causados por las condiciones climáticas extremas.
- Otro material que se está utilizando cada vez más en la industria de la energía solar es el vidrio templado. El vidrio templado es más resistente y duradero que el vidrio común, y también tiene propiedades aislantes. El vidrio templado ayuda a proteger las células solares de los daños causados por el clima y los rayos UV, y también ayuda a reducir la pérdida de energía a través de la reflexión de la luz solar.

En resumen, tanto el EVA como el vidrio templado son buenos materiales para el aislamiento de las células fotovoltaicas y pueden ayudar al rendimiento de estas al protegerlas de los daños causados por las condiciones climáticas extremas y los rayos UV. Es más barato la EVA, por lo tanto, nos decantamos por este material, dado que sus propiedades son muy similares.

4. Para el encapsulado utilizaremos el ETFE (polímero de tetrafluoroetileno y etileno) que tiene las mejores características de transmisión de luz y reducción de reflexión que el resto de los materiales que se usan en el encapsulado. Además, es liviano, menos costoso, flexible (muy

conveniente para la instalación) tiene una durabilidad de unos 50 años, es reciclable y reduce la huella de carbono.

5. El resto de los materiales son los usados en las placas convencionales que aparecen mencionados en los resultados de la investigación.
6. La manera de instalar estos módulos tendrá que seguir las caracterizaciones térmica, óptica y eléctrica teniendo en cuenta la localización del instituto (aparece en el apartado de funcionamiento).

Tras el estudio los sistemas de regadío hemos obtenido las siguientes conclusiones para la aplicación de este sistema nuestro instituto.

Como describimos en el primer apartado de riego fotovoltaico, este sistema tiene muchas más ventajas que los sistemas de riego convencionales, por eso incluimos uso para el posible riego de césped e incluso de un huerto si se quisiera implantar en el instituto. Ya que este sistema es totalmente saludable para el medio ambiente.

El tipo de sistema que queremos es más eficiente para nuestro caso es el sistema conectado a la red, ya que haríamos uso de placas de 5000 kW, por lo que nos sobraría energía que se enviaría la red tendríamos un beneficio por ello (como se indica en el Excel). Además, si en alguna circunstancia nos faltase energía dispondríamos de la energía suministrada por la red que implementando el sistema aislado no dispondríamos de esta tan importante función. Aparte, hacer uso de este sistema supondría un gran costo. Si utilizásemos sistemas aislados con almacenamiento ya que las baterías son excesivamente caras y tendríamos que hacer uso de más de una. Teniendo en cuenta que, si no producimos lo suficiente por falta de sol o días nublados, no contaríamos con el aporte de la red eléctrica.

Tras tener todo lo anterior en cuenta concluimos, que la mejor opción es el uso de sistemas conectados a la red.

En cuanto al uso de materiales y la disposición de las placas y módulos fotovoltaicos, tendríamos que disponer de la ayuda de un ingeniero para el estudio de nuestro instituto y su correcta instalación.

## 6. Agradecimientos

Queremos agradecer principalmente a nuestras tutoras María Soledad Regidos y a María Isabel Sanz por su ayuda durante el curso, su implicación con nuestro trabajo y su preocupación por nosotras y también gracias a Héctor Llamas por habernos guiado por donde podemos empezar el trabajo enseñándonos páginas web en las que podíamos buscar tesis y al centro por habernos facilitado algunos datos del edificio.

También queríamos agradecer la ayuda del padre de una de las integrantes de este grupo por su ayuda e implicación con el trabajo.

Sin ellos, el trabajo no hubiese sido posible y estamos muy agradecidas de la ayuda recibida por todos ellos.

## 7. Bibliografía

<http://es.solarsufu.com/news/definition-and-difference-between-bipv-and-bap-48217068.html>

<https://youtu.be/MgLGKMrsBX8>

<https://www.teknosolar.com/community/index.php?p=/discussion/14/que-es-y-como-funciona-un-inversor-solar>

<https://www.cambioenergetico.com/content/32-instalaciones-industriales-energias-renovables>

<https://www.cambioenergetico.com/content/32-instalaciones-industriales-energias-renovables>

<https://www.rebacas.com/85-estructuras-paneles-solares>

<https://tarifasgasluz.com/autoconsumo/componentes/inversor-solar>

<https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/luz/calcular-cuantas-placas-solares-necesita-una-casa>

<https://sotysolar.es/placas-solares/instalacion/precio>

<https://fusionenergiasolar.es/43-inversores-de-red-autoconsumo?q=Potencia+nominal+de+salida+%28W%29-5.000+W>

[https://www.lespanol.com/omicron/tecnologia/20221224/placa-solar-eficiente-mundo-ahorro-factura-luz/727677499\\_0.html#:~:text=Cient%C3%ADficos%20de%20la%20instituci%C3%B3n%20alemana,del%20doble%20de%20lo%20habitual](https://www.lespanol.com/omicron/tecnologia/20221224/placa-solar-eficiente-mundo-ahorro-factura-luz/727677499_0.html#:~:text=Cient%C3%ADficos%20de%20la%20instituci%C3%B3n%20alemana,del%20doble%20de%20lo%20habitual)

[https://educajcyl-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/cristina\\_maraba\\_educa\\_jcyl\\_es/EVzVynqhaaRBvMKAf1-Fh4lBdOjOQKi\\_iD2Z2GqOIhVUKg?e=KFesTh](https://educajcyl-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/cristina_maraba_educa_jcyl_es/EVzVynqhaaRBvMKAf1-Fh4lBdOjOQKi_iD2Z2GqOIhVUKg?e=KFesTh)

[https://educajcyl-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/cristina\\_maraba\\_educa\\_jcyl\\_es/ESlrw2f8XyRIi0GQdfKlxlCBPhoI9xLYjV2qjrvM09ekng?e=vS8ybJ](https://educajcyl-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/cristina_maraba_educa_jcyl_es/ESlrw2f8XyRIi0GQdfKlxlCBPhoI9xLYjV2qjrvM09ekng?e=vS8ybJ)