

TRABAJO DE FIN DE MASTER

Master en energía renovable
año académico 2017/18



Universidad
Politécnica
de Cartagena

Análisis de la viabilidad del proyecto de integración de sistemas de generación renovables en una nave industrial.

Feasibility study of the project of integration of renewable generation systems
in an industrial building

Candidato:
Tedesco Carlo

Director de proyecto:
Nieto Morote, Ana María

Sommario

1. ENERGÍA RENOVABLE.....	4
1.1. QUE ES LA ENERGÍA RENOVABLE	4
1.1.1. ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE	4
1.1.2. FUENTES INAGOTABLES	5
1.2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	6
1.2.1. INTRODUCCIÓN	6
1.2.2. EL SOL	6
1.2.3. RADIACIÓN ÚTIL	6
1.2.4. HISTORIA	7
1.2.5. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA.....	7
1.2.6. LOS SISTEMAS SOLARES	12
1.2.7. MEDIO AMBIENTE Y TERRITORIO.....	13
1.3. Energía eólica	15
1.3.1. INTRODUCCIÓN	15
1.3.2. CONOCER LA ENERGÍA EÓLICA.....	15
1.3.3. CÓMO SE FORMA EL VIENTO	15
1.3.4. LA CIRCULACIÓN DE LOS VIENTOS	15
1.3.5. LA RUGOSIDAD DEL SUELO	16
1.3.6. HISTORIA	17
1.3.7. INSTALACIONES EÓLICAS.....	17
1.3.8. TIPOS DE PARQUES EÓLICOS.....	18
1.3.9. LA ENERGÍA EÓLICA EN EL MUNDO	19
1.3.10. MEDIO AMBIENTE Y TERRITORIO.....	21
1.4. BIOMASA	23
1.4.1. INTRODUCCIÓN	23
1.4.2. HISTORIA	24
1.4.3. PROCESOS BIOQUÍMICOS.....	25
1.4.4. PROCESOS TERMOQUÍMICOS	25
1.5. ENERGÍA GEOTÉRMICA	26
1.1.1. QUE ES LA GEOTÉRMICA	26
1.1.2. HISTORIA	27
1.1.3. CAMPOS GEOTÉRMICOS	27
1.1.4. PLANTAS GEOTÉRMICAS	28
1.1.5. GEOTERMIA PARA HOGARES	29
2. EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA DE ENERGÍA RENOVABLES	30

2.1.	FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES EN ITALIA	30
2.2.	CANTIDAD Y POTENCIA DE PLANTAS DE ENERGÍA RENOVABLE	32
2.2.1.	EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA DE LAS PLANTAS DE ENERGÍA RENOVABLE	32
2.2.2.	SOLAR	35
3.	ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	38
3.1.	INTRODUCCIÓN.....	38
3.2.	ASPECTOS GENERALES DE LA TECNOLOGÍA.....	38
3.2.1.	BASES FÍSICAS DE LA CONVERSIÓN FOTOVOLTAICA.....	39
3.2.2.	HISTORIA	39
3.2.3.	EVOLUCIÓN DE COSTES, MERCADOS Y PRODUCCIÓN	41
3.2.4.	LA TECNOLOGÍA Y LA INDUSTRIA SOLAR FOTOVOLTAICA: PRESENTE Y FUTURO ..	43
3.3.	LAS CÉLULAS SOLARES: CARACTERISTICAS, TIPOS Y DESARROLLO	43
3.3.1.	LA TECNOLOGÍA DE REFERENCIA: CELULAS DE SILICIO CRISTALINO.....	47
3.3.2.	EL RESTO DEL SISTEMA.....	48
3.4.	TIPOLOGÍA DE PROYECTOS TÉCNICOS	52
3.4.1.	INSTALACIONES CONECTADAS A RED	52
3.4.2.	INSTALACIONES SOBRE SUELO	53
3.4.3.	INSTALACIONES SOBRE EDIFICACIÓN	56
4.	PROYECTO DE VIABILIDAD PARA UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.	59
4.1.	PROYECTO TECNICO	59
4.1.1.	SITO DE INSTALACIÓN	61
4.1.2.	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN	63
4.1.3.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA MONOCRISTALINO	65
4.1.4.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA POLICRISTALINO	78
4.2.	PROYECTO ECONOMICO	90
4.2.1.	CONSUMOS DE LA NAVE	90
4.2.2.	INGRESOS	91
4.2.3.	INSTALACION PLANTA MONOCRISTALINO.....	95
4.2.3.1.	GASTOS.....	95
4.2.3.2.	ANÁLISIS ECONÓMICO	96
4.2.3.3.	INDICADORES ECONÓMICOS	98
4.2.4.	INSTALACION PLANTA POLICRISTALINO	100
4.2.4.1.	GASTOS.....	100
4.2.4.2.	ANÁLISIS ECONÓMICO	100
4.2.4.3.	INDICADORES ECONÓMICOS	102

5.	CONCLUSIONES	105
6.	ANEXOS	107
6.1.	NORMATIVAS DE REFERENCIA	107
6.2.	FICHAS TÉCNICAS	111
6.3.	COMPUTOS.....	121
6.4.	BIBLIOGRAFÍA.....	126

1. ENERGÍA RENOVABLE

1.1. QUE ES LA ENERGÍA RENOVABLE

Las fuentes renovables son aquellos recursos que se regeneran con el tiempo ciclos comparables a los de su consumo. A diferencia de los combustibles fósiles, pueden considerarse inagotables.

Las fuentes de energía renovable (RES) son aquellas formas de energía generadas de fuentes que se regeneran por sus características y no son "agotables" en la escala de los tiempos "humanos" y cuyo uso no afecta los recursos naturales para las generaciones futuras; Desde el punto de vista social y político, se crea la distinción en uso hoy en día entre las fuentes de energía. Considerado renovable (sol, viento, etc.) cuyo uso actual no afecta a su disponibilidad en el futuro, y no renovables, que deben tener largos períodos de formación muy superior a los del consumo actual (petróleo, carbón, gas natural), ambos para estar presentes en reservas no inagotables en la escala del tiempo humano (nuclear), son limitados en el futuro.

Una distinción que se hace a menudo en esta área es la de las fuentes renovables. "Clásico" (hidroeléctrico y geotérmico) y "nuevas" fuentes renovables. "(Llamado" NFER, incluido Energía solar, eólica y biomasa). Estas fuentes de energía se pueden clasificar en "Fuentes programables" y "Fuentes no programable" dependiendo de si se pueden programar de acuerdo a la solicitud de energía o no.

1.1.1. ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

La generación, el transporte y el consumo de energías convencionales tienen, como todas las actividades humanas, un impacto en el medio ambiente, y se puede argumentar que están en la raíz de algunos de los mayores problemas ambientales que sufre el planeta, como el cambio climático. y lluvia ácida. Sin ir tan lejos como para decir que estos efectos no existen en las energías renovables, es verdad, por otra parte, que son infinitamente más pequeños y siempre reversibles.

El consumo de energía, incluido el transporte, es actualmente la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes acidificantes. Según la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA), las emisiones de estos últimos contaminantes se han reducido significativamente gracias a la adopción de combustibles más limpios y al tratamiento de los gases de combustión. Pero el papel de los combustibles fósiles en la canasta de energía, los gases de efecto invernadero que causan el cambio climático parecen estar destinados a aumentar. Una mayor eficiencia energética y un aumento en el uso de energía renovable son considerados por la EEA como parte de la solución.

El cambio climático es el mayor desafío ambiental que la humanidad tendrá que enfrentar en las próximas décadas. En los últimos 100 años, la temperatura media global ha aumentado en 0,6 ° C (1,2 ° C en Europa) y los científicos han certificado que la década de los 90 fue la más calurosa de los últimos 150 años. Los pronósticos hablan de un aumento en la temperatura promedio que puede ir de 1.4 a 5.8 ° C entre 1990 y 2100, lo que interrumpiría los ciclos del agua y causaría

un aumento en el nivel del mar debido a la fusión de los casquetes polares. Para intentar evitarlo, en 1997 se firmó el Protocolo de Kyoto, que establece un calendario para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, en base a las emitidas por cada país. La UE en su conjunto debe reducirlos en un 8% en 2010 en comparación con 1990.

1.1.2. FUENTES INAGOTABLES

La energía renovable es inagotable. El uso de la radiación solar para producir calor o electricidad no disminuye en ningún caso la cantidad de energía que el Sol envía a la Tierra. Lo mismo ocurre con el viento. Por más aerogeneradores que hayan extraído su fuerza y se hayan convertido en electricidad, nunca habrían perturbado el equilibrio térmico del planeta. Sí, podría hacer el uso indiscriminado de biomasa natural, el primer recurso energético que los humanos han usado, más allá de su fuerza bruta. El uso excesivo de biomasa natural (en forma de leña, por ejemplo) causaría una rápida degradación de los ecosistemas naturales. Aun así, sigue siendo la base del consumo de energía en los países en desarrollo, que, en muchos casos, explota las masas de plantas más allá de su potencial de producción, lo que causa problemas de erosión y desertificación.

Lejos de ser inagotable, los combustibles fósiles se están acabando. Hasta el punto de que su control estratégico provoca conflictos políticos y sociales en el mundo, como lo demuestra la guerra en Irak, la primera guerra del Golfo o las revueltas en Venezuela o Bolivia. Los analistas de todo el mundo están de acuerdo en que, más allá de los argumentos presentados por la administración estadounidense, el actor principal en los conflictos mencionados, existe un fenómeno que afecta a todos los países industrializados: su dependencia del petróleo.

Vivir con petróleo tiene sus riesgos, ya que las principales reservas se concentran en áreas del planeta en las que se mantienen las incertidumbres políticas que se transfieren inmediatamente a la economía.

La energía renovable significa, por lo tanto, cambiar los costos de cambio mediante el pago de salarios también en los países: la energía renovable genera cinco veces más empleos que los convencionales. Todos los estudios a este respecto coinciden en los mejores efectos sobre el empleo renovable.

1.2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

1.2.1. INTRODUCCIÓN

La energía solar asociada al enorme flujo de radiación emitida por el sol y capturada por nuestro planeta, es el origen de la vida y nos permite perpetuarnos, también marca el tiempo de los ciclos y las estaciones biológicas. El hombre siempre ha usado la energía solar como fuente de calor y luz. La energía solar es la fuente de energía más abundante en la tierra: renovable, disponible y gratuita. Hoy utilizamos solo una pequeña parte de la enorme cantidad de energía que proviene del sol, por lo que el camino por delante aún es largo para explotar la energía solar a gran escala.

1.2.2. EL SOL

El Sol es la estrella más cercana a nosotros y la que permite la vida en la Tierra. El sol es una esfera con un diámetro de 1.4 millones de kilómetros (109 veces más que la Tierra) y una masa alrededor de 300,000 más grande que la tierra. Está formado por 75% de hidrógeno, 23% de helio y solo 2% de elementos más pesados. Produce su propio calor transformando el hidrógeno en helio en su parte más interna, donde la temperatura alcanza los 15 millones de grados centígrados (a la superficie de la temperatura es de alrededor de 6000 grados Celsius). La reacción de transformación se llama fusión nuclear y la une cuatro núcleos de hidrógeno (protones) para formar un núcleo de helio, liberando grandes cantidades de energía. Esta energía, en forma de fotones, se irradia en el espacio. Se llama constante solar, la radiación que afecta perpendicularmente a una superficie unitaria ubicada en el límite superior de la atmósfera y equivale a 1350 vatios por metro cuadrado. Este valor, multiplicado por la superficie de la sección de la Tierra (radio terrestre medio cuadrado por pi) nos proporciona la cantidad de energía que la Tierra recibe del Sol cada segundo: 173,000 Tera vatios.

1.2.3. RADIACIÓN ÚTIL

Solo una parte del enorme flujo de energía que proviene del Sol en la Tierra puede transformarse en energía útil. La cantidad de energía solar que llega a la superficie de la Tierra y que puede ser útil "cosechada" depende de la irradiación del lugar.

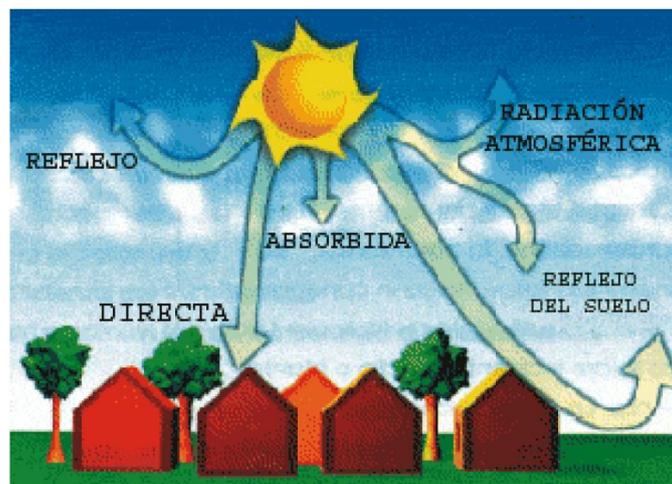


Figura 1: componentes de la radiación solar.

La irradiación es (fig. 1), de hecho, la cantidad de energía solar incidente en una superficie de la unidad en un cierto intervalo de tiempo, generalmente un día (medido en kilovatios hora por

metro cuadrado por día). En cambio, el valor de la radiación solar que llega a la unidad de superficie (en un instante dado) viene en cambio llamado irradiancia (se mide en kilovatios por metro cuadrado). La irradiancia está influenciada por las condiciones climáticas local (nubosidad, neblina, etc.) y depende de la latitud del lugar: como usted sabe, crece a medida que se acerca el ecuador.

1.2.4. HISTORIA

El hombre siempre ha sabido lo que sucede cuando un rayo del sol ilumina un cuerpo. Si esto es de color claro o es uno espejo, la energía del sol se refleja. Si está oscuro, la radiación solar se absorbe y el cuerpo se calienta.

Este principio se basa en el primer colector solar, inventado en 1767 por el suizo Horace de Saussure: una "olla negra" utilizada por los primeros pioneros estadounidenses para calentar agua y cocinar mientras viajaba hacia el oeste 1891, Clarence Kemp patentó el primer calentador de agua con energía solar. La idea complació, pero el hombre ya conocía sistemas más simples y más baratos para calentar el agua. Solo ochenta años después, tras la crisis energética del 1973 y el consiguiente aumento en el precio del petróleo, el calentador de agua Kemp habría tomado una forma más moderna, convirtiéndose en ese panel solar que se está extendiendo rápidamente hoy.

Además del potencial térmico del Sol, el hombre ha aprendido recientemente a explotar también el efecto electromagnético de la radiación solar. Se trata de convertir los rayos del Sol en energía eléctrica a través de dispositivos apropiados. El procedimiento, conocido como conversión o efecto fotovoltaico, fue descubierto en 1839 por el físico Bequerel, pero la primera aplicación comercial fue en 1954 en los Estados Unidos cuando los laboratorios Bell construyeron la primera célula fotovoltaica de silicio monocristalino con un rendimiento del 6%. Por lo tanto, se han producido los primeros pasos de la conversión fotovoltaica en la industria de los semiconductores y la informática. Un gran incentivo en el desarrollo de esta tecnología provino del uso de células de silicio en los generadores de energía eléctrica para satélites o naves espaciales. La primera de estas aplicaciones se remonta a 1958. Hoy las principales aplicaciones son terrestres y la producción industrial de células fotovoltaicas ha aumentado, desde los años sesenta hasta la actualidad, con una la consiguiente caída de los precios de producción. Se han logrado retornos significativos, hasta 10-15%, lo que será posible hacer que la explotación de la energía solar sea cada vez más competitiva en la producción de electricidad.

1.2.5. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

Sistemas solares

Los sistemas solares pasivos se definen como aquellos en los que la energía solar se usa directamente. Invernaderos, por ejemplo, son estructuras de vidrio que permiten el paso del Sol entrante, pero no dejan salir el calor. De esta manera, pueden mantener temperaturas interiores más altas que las externas. Por otra parte, están los destiladores solares en los que, en un espacio cerrado cubierto con placas transparentes expuestas al Sol, el agua de mar se evapora y luego se condensa debajo forma de agua sin sales y, por lo tanto, reutilizable. En los sistemas solares activos, por otro lado, la energía solar se recoge y transforma en energía térmica o eléctrica antes de ser utilizado. Los paneles solares son sistemas de este tipo calentadores, colectores de concentración utilizados en la producción de energía térmica y paneles solares fotovoltaicos, para la producción de electricidad. Las mejores tecnologías también permiten la cogeneración de varios tipos de energía y es posible acumular energía térmica de muchas maneras y para diferentes usos.

Paneles solares térmicos

Los paneles solares térmicos capturan la energía del sol y la usan para producir agua caliente (hasta 60-70 grados Celsius) que, acumulado en un tanque especial, puede usarse tanto para fines domésticos (por ejemplo, para calefacción vivienda y agua) para la generación de electricidad tanto industrial como a gran escala a través de la planta de energía solar térmica.

Hay diferentes tipos de paneles solares térmicos:

- Paneles de placa
- Colectores de concentración
- Colectores de tubo de vacío

Paneles de placa



Figura 2: paneles solares.

El sistema de paneles solares (fig.2) consta de dos elementos: el panel solar en sí y el tanque de almacenamiento. La primera se compone de un absorbedor de calor solar, que es una placa de acero o cobre, dentro de la cual pasan las tuberías en las que fluye el fluido que debe calentarse por el Sol: generalmente se agrega agua con anticongelante para tolerar el frío del invierno. Sobre el absorbedor se coloca una lámina de vidrio que pasa los rayos solares a entrada, pero no los deja salir, para que el entorno subyacente se mantenga caliente.

El tanque contiene un intercambiador de calor que permite transmitir el calor del líquido calentado al absorbedor de agua del sistema hidráulico casa. Los paneles solares térmicos se instalan en una posición fija, si es posible orientada hacia el sur, para recibir la cantidad máxima de radiación. Un metro cuadrado de colector solar puede calentar de 40 a 300 litros de agua al día 45-60 grados Celsius. La eficiencia varía según las condiciones climáticas y el tipo de colector desde 30% hasta 80%. El rendimiento de los paneles solares ha aumentado en aproximadamente un 30% en los últimos diez años.

Colectores de concentración

Los colectores de concentración (fig. 3) son paneles solares térmicos que utilizan un sistema de espejos que refleja los rayos del sol haciéndolos converger en un receptor. Los colectores pueden ser del tipo lineal, cuando los rayos del Sol se concentran en segmento de una línea recta, o pueden concentrar los rayos en un punto, calentando el fluido dejando el panel temperaturas superiores a 100 grados centígrados. La energía térmica así producida se puede enviar directamente a los usuarios. O el calor producido por los diversos concentradores solares

puede operar los motores que se activan por calor temperaturas medias y altas (por ejemplo, para bombear agua u otras aplicaciones mecánicas). La energía térmica puede también ser transformada en electricidad gracias a las plantas de energía solar térmica. Energía térmica en estas plantas es capturada por los colectores se utiliza para convertir el agua en vapor que, a su vez, impulsa una turbina acoplada a un generador de electricidad. Estas son plantas de energía limpia con un impacto ambiental muy bajo en comparación con aquellos alimentados con combustibles fósiles, ya que las únicas emisiones que producen en la atmósfera son de vapor.



Figura 2: colectores de concentración.

Colectores de tubo de vacío

También hay paneles solares térmicos llamados colectores de tubos de vacío (fig. 3) que están hechos de tubos de vidrio especiales empacado al vacío, cubierto con una capa que transforma la luz solar en calor. En este caso, el absorbedor de calor está en forma circular y alojado dentro de la cavidad de vacío de los propios tubos; de esta manera el fluido que conduce el calor se evapora y, cediendo su calor al extremo superior del tubo, se condensa y vuelve al fondo. A diferencia de los paneles placa, este tipo de colectores de vacío no conduce el calor (el aire es el mejor aislamiento), por lo que no se producen pérdidas y, por lo tanto, su rendimiento es mayor. Entonces estos colectores requieren una superficie de exposición más pequeña en comparación con otros tipos de paneles y son capaces de Redner el calor acumulado incluso en condiciones atmosféricas, garantizando un rendimiento alto y constante durante todo el año. Por estas razones también se pueden usar en áreas con una insolación media-baja o particularmente en condiciones climáticas duro durante el invierno, como en las altas montañas o en los países nórdicos.



Figura 3: colectores de tubos de vacío.

Paneles solares fotovoltaicos

La energía fotovoltaica es una tecnología que permite la transformación directa de la luz solar en electricidad utilizando el llamado efecto fotovoltaico (fig. 4). Utilizan las propiedades que tienen algunos materiales semiconductores como el silicio que, tratado apropiadamente, genera electricidad cuando es golpeado por la radiación solar.

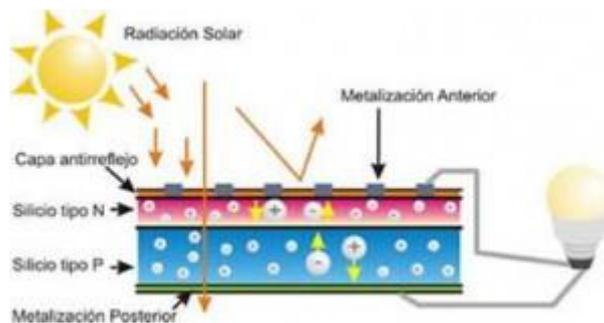


Figura 4: efecto fotovoltaico.

Celdas fotovoltaicas son el dispositivo más básico capaz de hacer tal conversión; cada célula produce aproximadamente 1.5 vatios de potencia en condiciones estándar, es decir, cuando está a una temperatura de 25 grados Celsius y está sujeto a una potencia de radiación de 100 vatios por metro cuadrado. La potencia de salida de un sistema fotovoltaico en condiciones estándar sí llama "potencia máxima" (Wp): expresa la energía eléctrica suministrada por un generador fotovoltaico con una irradiación de 1,000 vatios por metro cuadrado, temperatura del módulo de 25 grados centígrados y una masa de aire igual a 1.5. En realidad, la electricidad producida es menor que el valor máximo debido a temperaturas y valores más altos menor que la radiación. Muchas células ensambladas y conectadas juntas en una sola estructura forman un módulo la energía fotovoltaica. El módulo tradicional consiste en una serie de 36 celdas, para obtener una potencia de salida de aproximadamente 50 watt, pero actualmente, especialmente para las necesidades arquitectónicas, hay muchos módulos en el mercado alto en celdas y luego se pueden alcanzar potencias de hasta 200 vatios para cada módulo. Para aumentar la potencia eléctrica es necesario conectar más módulos: más módulos forman un panel y, de manera similar, más paneles forman una cadena.

Célula fotovoltaica

La célula fotovoltaica es un dispositivo formado por una lámina de un material semiconductor, muy a menudo de silicio (fig. 5). Se trata del mismo silicio utilizado en la industria electrónica, cuyo coste es todavía más alto. Actualmente el material más utilizado es el silicio mono-cristalino, que presenta prestaciones y duración en el tiempo superiores a cualquier otro tipo de silicio:

- Silicio mono-cristalino: rendimiento energético hasta 15-17%
- Silicio poli-cristalino: rendimiento energético hasta 12-14%
- Silicio amorfo: rendimiento energético menos del 10%

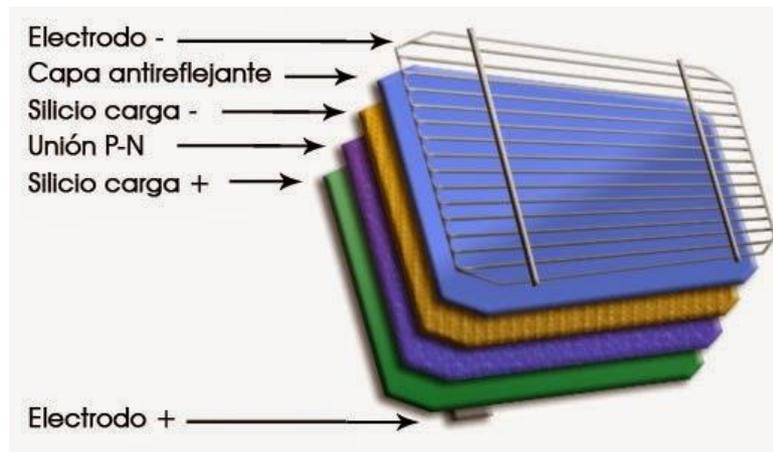


Figura 5: célula fotovoltaica.

El modulo fotovoltaico

Las células solares construyen un producto intermedio: proporcionan valores de tensión y corriente limitados en comparación a los requeridos normalmente por los usuarios, son extremadamente frágiles, eléctricamente no aisladas y sin un soporte mecánico. Se ensamblan de la manera adecuada para formar una única estructura: el modulo fotovoltaico, que es una estructura más manejable (fig. 6).



Figura 6: modulo fotovoltaico.

Los módulos pueden tener diferentes tamaños: los más utilizados están formados por 36 células conectadas eléctricamente en serie, con una superficie que oscila entre los 0.5 m². Las células están ensambladas entre un estrato superior de cristal y un estrato inferior de material plástico.

El producto preparado de esta manera se coloca en un horno de alta temperatura, con vacío de alto grado. El resultado es un bloque único laminado en el que las células están “ahogadas” en el material plástico fundido. Luego se añaden los marcos, normalmente de aluminio; de esta manera se confiere una resistencia mecánica adecuada y se garantizan muchos años de funcionamiento. En la parte trasera del módulo se añade una caja de unión en la que se ponen los diodos de by-pass y los contactos eléctricos.

1.2.6. LOS SISTEMAS SOLARES

Sistemas fotovoltaicos

El sistema fotovoltaico es el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que capturan la energía solar y la transforman en electricidad, hasta que esté disponible para el uso del usuario final. Hay dos tipos de sistemas fotovoltaicos: sistemas con acumulación y los que no. Los primeros están equipados con baterías para acumular electricidad durante las horas del Sol, luego usándola cuando el Sol no está allí.

Instalaciones aisladas

Estos sistemas no están conectados a la red eléctrica nacional que alimenta directamente a algunos equipos. También tienen un sistema de batería que garantiza el suministro de energía incluso durante las horas de poca luz o en la oscuridad. Estos sistemas son técnica y económicamente ventajosos en los casos en que la red eléctrica es ausente o difícil de alcanzar. Están muy extendidos especialmente en los países en desarrollo para los usuarios rurales que también los usan para bombear agua. Actualmente las aplicaciones más extendidas son necesarias para alimentos:

- Bombeo de agua;
- Repetidores de radio, estaciones para detectar y transmitir datos (meteorológicos y sísmicos), teléfonos;
- Aparatos de refrigeración, especialmente para el transporte de medicamentos;
- Sistemas de iluminación;
- Señalización en carreteras, puertos y aeropuertos;
- Suministro de servicios en campistas;
- Sistemas publicitarios, etc.

Instalaciones conectadas a la red eléctrica

Son plantas conectadas permanentemente a la red eléctrica nacional. En las horas en que el generador fotovoltaico no puede producir la energía necesaria para cubrir la demanda de electricidad, la red proporciona la energía requerida. Viceversa, si el sistema fotovoltaico produce más electricidad, el excedente se transfiere a la red. Tales sistemas no necesitan baterías porque la red de distribución compensa el suministro de electricidad en tiempos de indisponibilidad de la radiación solar. Se construyeron plantas centralizadas para la producción de electricidad fotovoltaica de alta potencia. En realidad, cada vez más pequeños sistemas de distribución se están extendiendo, gracias también a los incentivos públicos territoriales con una potencia no superior a 20 kilovatios (prevista como potencia máxima). Las plantas más

extendidas tienen poderes entre 1.5 y 3 kilovatios. Estos sistemas se instalan en los techos o en las fachadas de los edificios y ayudan a satisfacer la demanda de electricidad de los usuarios.

1.2.7. MEDIO AMBIENTE Y TERRITORIO

Beneficios de la energía solar

La energía solar es silenciosa, no es contaminante y le permite obtener de inmediato un fluido caliente que puede ser utilizado tanto como agua caliente sanitaria, tanto como calefacción y para diversos usos industriales. Los beneficios medioambientales derivados de la instalación de sistemas fotovoltaicos se pueden expresar en términos de emisiones evitadas: las emisiones que se producirían para la generación de una cantidad igual de energía eléctrica a través de sistemas termoeléctricos. Por ejemplo, se estima que una familia de cuatro personas consume alrededor de 7.7 con un calentador de agua eléctrico kilovatios-hora por día. En Italia, para producir un kilovatio-hora eléctrico, las plantas termoeléctricas producen dióxido de carbono, uno de los principales gases responsables del efecto invernadero. Entonces para uno el calentador de agua eléctrico produce un promedio de 4.5 kilogramos de CO₂ por día. Con los sistemas híbridos solar-gas, eso es sistemas solares integrados con calderas de gas, que proporcionan agua caliente durante todo el año, una familia de cuatro personas puede ahorrar alrededor de 0,69 kilogramos de CO₂ por día. Por lo tanto, la energía solar podría reducir significativamente el uso de combustibles fósiles, ya que finalmente podría representar una fuente de electricidad a gran escala. Convertir el sol directamente en electricidad es una opción que puede ser muy ventajosa no solo en asentamiento urbano, también en áreas marginadas y remotas, especialmente en el Tercer Mundo. Aquí la combinación de sistemas los sistemas fotovoltaicos con otras fuentes renovables existentes también pueden llevar electricidad a las aldeas y comunidades más aisladas para asegurar la iluminación, las telecomunicaciones, las bombas, pero también para desalinizar el mar y el agua salobre pozos, para conservar la pesca y los productos agrícolas, y para enfriar los medicamentos.

El impacto en el paisaje

El impacto ambiental de una planta de energía solar debe evaluarse teniendo en cuenta todo el ciclo de vida y en particular, la fase de construcción de la planta, la fase en la cual la planta está instalada y produce energía y, finalmente, la fase de desmantelamiento. El impacto que se deriva de la construcción de un sistema fotovoltaico es comparable al generado por la producción de cualquier producto de la industria química. De hecho, durante el procesamiento de los paneles, se usan sustancias muy tóxicas, que requieren medidas de seguridad especiales para proteger a los trabajadores, el medio ambiente y el medio ambiente personas que viven allí. Los productos utilizados varían según el tipo de panel: para paneles de silicio cristalino se usan ácido clorhídrico y triclorosilano, mientras que silano, fosfina y sílice se usan para paneles de silicio amorfo diborano. Las sustancias utilizadas para los paneles que no son de silicio son incluso más tóxicas y contaminantes que las mencionadas anteriormente. Por ejemplo, para producir paneles CIS (cobre, indio, selenio, hidrógeno seleniuro se usa mientras que para CdTe (Teluro de cadmio) Se usa cadmio, que es tóxico y cancerígeno, así como también seleniuro de hidrógeno. Sin embargo, los beneficios ambientales generados en el tiempo de vida de un sistema fotovoltaico (en promedio 20-25 años) ya son ahora ampliamente superior al daño causado durante las fases de producción de los paneles. En el momento de la eliminación de la planta, será necesario tratar el panel como un desecho especial, ya que contiene numerosas sustancias tóxicas, como plomo, cadmio, cobre, selenio, etc. En cuanto a la fase operacional de

la planta, el único impacto es en el paisaje, que varía según el tipo, la extensión y la colocación de las instalaciones. Los parques fotovoltaicos son plantas de tamaño considerable, que generalmente se instalan en aterrizar en amplios espacios abiertos, restando así el territorio de otros usos. El impacto visual de las plantas de energía fotovoltaica es, sin embargo, menor que la de las centrales térmicas o cualquier otra planta industrial grande; esto es debido esencialmente al hecho de que las plantas son mucho más bajas que una planta industrial. El impacto visual de las plantas pequeñas y medianas son ciertamente más bajas que las de una planta grande y con algunas precauciones, los paneles fotovoltaicos solares pueden encajar bien en el paisaje. Sin embargo, la compatibilidad con el paisaje debe ser evaluada de cada planta, por ejemplo, limitando el uso de paneles fotovoltaicos en ciudades de arte, en centros históricos o en áreas con alto valor naturalista, explotando, por otro lado, áreas marginales no utilizadas, como los techos de cobertizos o las áreas a recuperar, o instalando los paneles en los techos de las casas en áreas urbanas. Las integraciones arquitectónicas de los sistemas fotovoltaicos (fig. 7) en los edificios pueden reducir enormemente su impacto visual.

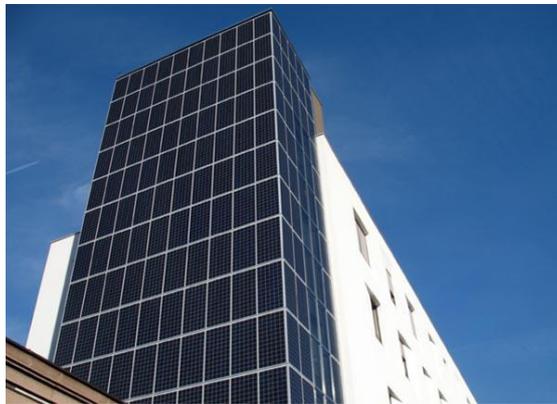


Figura 7: sistema fotovoltaico integrado en la arquitectura.

De hecho, se dice que una planta está integrada cuando los módulos fotovoltaicos se convierten en elementos estructurales del edificio, como techos, fachadas, ventanas, etcétera. De esta manera, el panel fotovoltaico de un elemento extraño se convierte en una parte integral del edificio.

1.3. Energía eólica

1.3.1. INTRODUCCIÓN

El viento es un elemento fundamental de nuestro planeta y el principal "motor" del clima de la tierra. En algunas áreas del planeta, el viento es uno de los principales agentes de la erosión de las rocas, el transporte de sedimentos y el modelado del paisaje: piense en la ambientes desérticos y costeros, donde el trabajo del viento deja una fuerte huella en las características morfológicas del paisaje. El viento está acompañado de todas las perturbaciones meteorológicas, es responsable del movimiento de las olas de los mares y de los océanos, y en consecuencia de las morfologías costeras, determina la estabilidad de la capa de nieve en las montañas altas y la morfología de las superficies cubiertas de nieve y hielo en las áreas árticas y antárticas. Desde el comienzo de la historia, el hombre se ha dado cuenta de la posibilidad de usar energía eólica, en primer lugar, para mover embarcaciones, luego operar engranajes, mover las aspas del molino de viento y finalmente producir electricidad.

1.3.2. CONOCER LA ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica es la energía que posee el viento. El hombre ha usado la fuerza del viento desde la antigüedad para navegar y mover las palas de los molinos, moler los cereales, exprimir aceitunas o bombear el agua. Solo desde unas pocas décadas, la energía eólica se usa para producir electricidad. La palabra "viento" deriva de Eolo, dios griego del viento, cuyo nombre "aiolos" significa "rápido". La electricidad se obtiene explotando la energía cinética del viento que hace girar las palas de una hélice; estos a su vez están conectados a un generador que transforma la energía mecánica (rotación de las palas) en energía eléctrica.

1.3.3. CÓMO SE FORMA EL VIENTO

El viento es un fenómeno atmosférico debido al calentamiento del Sol. El Sol irradia a la Tierra 1.74×10^{17} vatios de potencia; aproximadamente el 2% de la potencia se convierte en energía eólica. La Tierra le da a la atmósfera el calor recibido del Sol, pero no lo hace de manera uniforme. En áreas donde hay menos calor aumenta la presión de los gases atmosféricos, mientras que cuando se libera más calor, el aire se calienta y la presión del gas disminuye de esta forma se forman áreas de alta presión y baja presión, también influenciadas por rotación de la Tierra. Cuando diferentes masas de aire entran en contacto, el área donde la presión es mayor tiende a transferir aire donde la presión es menor. Lo mismo sucede cuando dejamos que un globo se desinflen, la alta presión dentro del globo tiende a transferir el aire hacia afuera, donde la presión es menor, dando lugar a un pequeño flujo de aire. El viento es, por lo tanto, el movimiento del aire, más o menos rápido, entre áreas de diferente presión. Y cuanto mayor es la diferencia de presión, cuanto más rápido es el desplazamiento del aire, más fuerte será el viento. La velocidad se mide con el anemómetro, un simple molinillo expuesto a la fuerza del viento: se mide la velocidad de rotación.

1.3.4. LA CIRCULACIÓN DE LOS VIENTOS

Los movimientos de las masas de aire se deben al calentamiento solar y, en particular, a la diferencia (gradiente) de temperatura existente entre las áreas ecuatorial y tropical. La irradiación solar de las zonas ecuatoriales es mayor que la de las áreas tropicales (fig. 8).

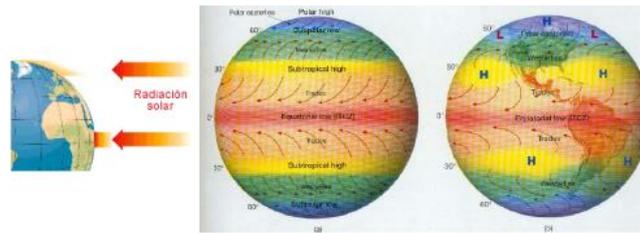


Figura 8: viento generado por el gradiente térmico.

El aire ecuatorial, más cálido y, por lo tanto, menos denso, tiende a elevarse recordando el aire frío de las áreas tropicales. En los trópicos, el aire caliente se enfría y comienza a descender. Y así sucesivamente en un ecuador polar continuo en circulación y viceversa. En ausencia de otros factores, la circulación de los vientos en la Tierra tendría un curso regular de este tipo. Hay otros factores que influyen en la circulación del viento en realidad, otros factores geográfico-astronómicos intervienen en la circulación del aire, modificando su tendencia. La inclinación del eje de la Tierra y la rotación de la Tierra alrededor del Sol cambian estacionalmente las bandas mayores irradiación entre los dos trópicos. Además, la rotación de la Tierra contribuye a la alternancia de la radiación solar y su superficie, poco homogénea, tiene una capacidad diferente de absorción e intercambio de calor. La rotación de la Tierra también induce otro factor fundamental para la comprensión de la circulación del viento: la aceleración de Coriolis (fig. 9), que les da a las masas de aire un componente giratorio o en espiral. Otros factores importantes para determinar la dirección e intensidad del viento son la fuerza de fricción de la superficie terrestre, para superar que la corriente de aire consume energía, y la presencia de cadenas montañosas, que bloquean o desviar la trayectoria del viento.

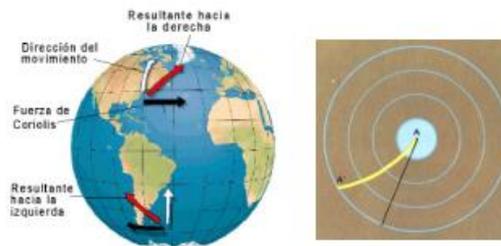


Figura 9: aceleración de coriolis.

1.3.5. LA RUGOSIDAD DEL SUELO

La velocidad del viento depende no solo de los parámetros atmosféricos, sino también de la forma del suelo. El terreno está arrugado, es decir, presenta variaciones abruptas de pendiente, bosques, edificios y montañas, más viento encontrará obstáculos ellos reducirán su velocidad (fig. 10).

Para definir la conformación de un suelo, se han identificado cuatro clases de rugosidad:

- Rugosidad clase 0: suelo plano como el mar, la playa y las extensiones nevadas
- Rugosidad clase 1: suelo abierto con tierras no cultivadas con poca vegetación y aeropuertos
- Rugosidad clase 2: áreas agrícolas con edificios raros y pocos árboles
- Rugosidad clase 3: suelo áspero en el que hay muchas variaciones de la pendiente del terreno, bosques y aldeas

En general, la posición ideal de un aerogenerador es en un suelo que pertenece a una clase baja de rugosidad.

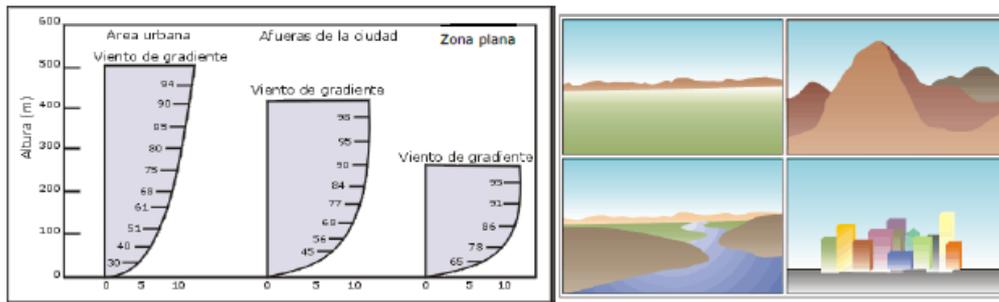


Figura 10: influencia de la rugosidad del suelo.

1.3.6. HISTORIA

El hombre ha aprendido a explotar la energía cinética del viento hace miles de años. La navegación a vela se remonta, de hecho, a hace al menos diez mil años, mientras que los primeros molinos de viento, de los cuales se encontraron rastros, son persas y datan de 200 a. C. Fueron construidos de manera muy simple, con velas atadas a marcos de madera. En los siglos siguientes, los molinos de viento sí se extendieron por todo el Medio Oriente, convirtiéndose en una máquina utilizada en la agricultura. Entre 1200 y 1300 también encontraron empleo en Europa, especialmente en los países del norte. El mismo Leonardo Da Vinci contribuyó a la evolución de estas máquinas. Alrededor de 1600, se introdujeron tecnologías más refinadas: se mejoraron los perfiles de las palas y se hicieron más aerodinámicas las palas para explotar mejor la fuerza del viento. En ese momento, la energía el viento no se usaba para moler el grano, sino especialmente para drenar tierra inundada. La invención de la dinamo por el Gramme belga a mediados del siglo XIX abrió nuevos horizontes al uso de la energía hidráulica y eólica y en 1887 el francés Duc de La Peltrie construyó el primer aerogenerador construido en Europa y destinado a la producción de electricidad: este fue el comienzo de la explotación de la energía eólica para industria. En el mismo período, los Estados Unidos también construyeron el primer "molino de viento" para producir electricidad (Charles Brush, Ohio, 1890). La producción de electricidad a partir de la energía eólica se desarrolló entre 1920 y 1930, siguiendo la evolución de turbinas para la transformación de energía hidráulica. Finalmente, la crisis del petróleo de 1973 revivió el interés en las fuentes de energía renovables, incluida la energía eólica, que en algunos casos demuestra ser competitivo con los combustibles fósiles. Los molinos modernos son mucho más rápidos y eficientes que los de principios de siglo. Tienen menos palas y pueden alcanzar velocidades incluso cinco veces mayores de la del viento, con una producción de energía doble en comparación con los molinos tradicionales.

1.3.7. INSTALACIONES EÓLICAS

La forma más importante de uso de la energía eólica es la relacionada con la producción de electricidad a través de los generadores de viento o turbinas de viento. La electricidad se obtiene explotando la energía cinética del viento: las masas de aire que se mueven a una velocidad más de 10 kilómetros por hora giran las palas de una hélice; estos a su vez están conectados a un generador que transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Hay aerogeneradores diferentes en forma y tamaño. De hecho, pueden tener una, dos o tres hojas de varias longitudes: aquellos con palas de 50 cm de largo se usan como cargadores de baterías, aquellos con palas de unos 30 metros de largo están en capaz de entregar una potencia de 1500 kilovatios, logrando cumplir con el requisito eléctrico diario de aproximadamente 1000 familias. El aerogenerador más difundido consiste en una torre de acero de alturas que están entre 60 y

100 metros, con dos o más tres palas de unos 20 metros de largo y genera una potencia de 600 kilovatios equivalente al requisito eléctrico diario de 500 familias. Las palas del generador de viento están fijadas en un elemento mecánico llamado góndola (fig. 11) para formar el elemento del aerogenerador llamado rotor. Dependiendo de la posición del eje alrededor del cual gira este mecanismo, sí distinguir rotores de eje horizontal y rotores de eje vertical. Los primeros son los más conocidos y difundidos, los últimos fueron usados desde la antigüedad, pero solo recientemente han sido estudiados e investigados para mejorar su eficiencia (los principales las ventajas del eje vertical son: operación constante independientemente de la dirección del viento, la mejor resistencia incluso a altas velocidades del viento y turbulencia). La estructura de un aerogenerador con rotor de eje horizontal es simple: un soporte (formado por una base y torre) con una góndola o nave espacial en su parte superior.

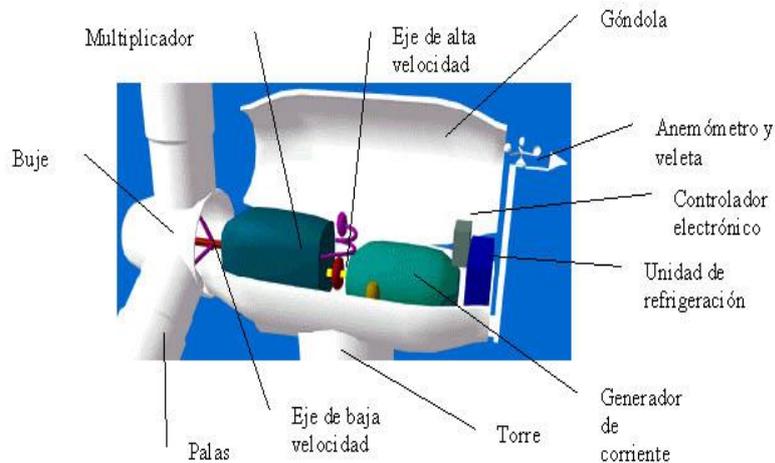


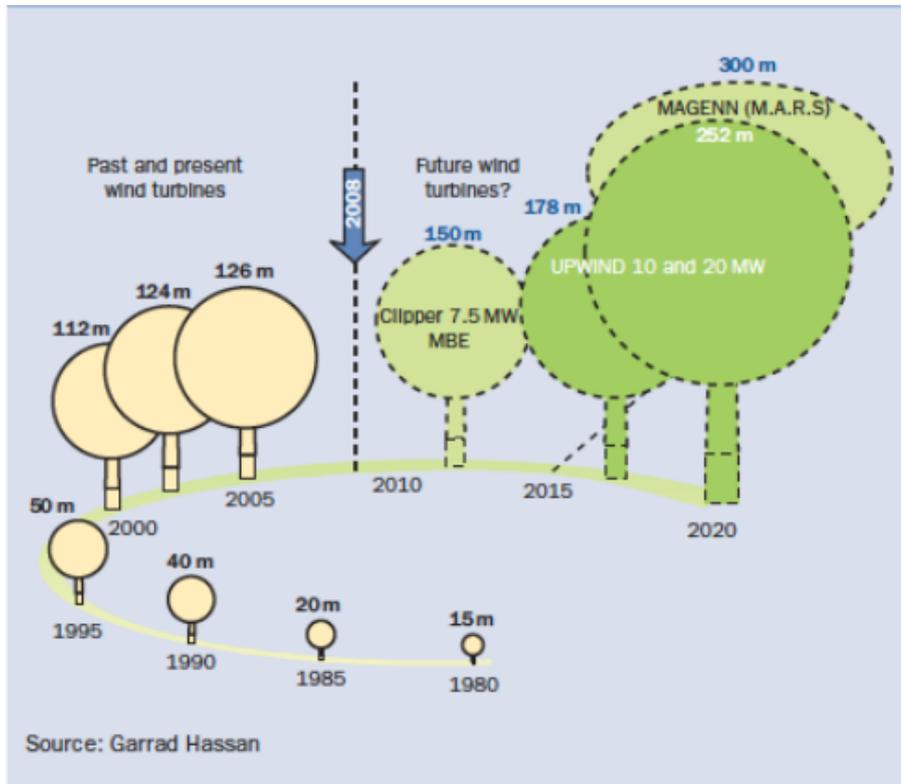
Figura 11: Aerogenerador.

Este árbol contiene el árbol de transmisión lenta, multiplicador de revoluciones, eje rápido, generador eléctrico y dispositivos auxiliares (sistema de frenado y control). Al final del eje lento se fija el rotor (que consiste en el cubo en el que están montadas las palas). La forma de las palas está diseñada para que el flujo del aire que invierte el rotor se comparta. Desde el rotor, la energía cinética del viento se transmite a un generador de corriente. El generador de viento funciona dependiendo de la fuerza del viento. Debajo de 4/5 metros por segundo no puede funcionar. La velocidad mínima que permite la máquina para proporcionar energía del proyecto es de 10/12 metros por segundo por unos pocos cientos de kilovatios. A altas velocidades (20/25 metros por segundo) el aerogenerador está apagado por razones de seguridad. Los avances en el diseño de la turbina eólica en los últimos 10 años les permiten funcionar incluso a velocidades del viento más bajo, aprovechando una mayor cantidad de energía y recogiéndola a mayores alturas, aumentando la cantidad de energía eólica explotable. También se han desarrollado rotores con palas "móviles": variando la inclinación de las palas de acuerdo con la velocidad de las palas el viento puede mantener constante la cantidad de electricidad producida por la turbina eólica.

1.3.8. TIPOS DE PARQUES EÓLICOS

La electricidad se puede utilizar a través de dos grandes categorías de plantas (fig. 12): plantas para usuarios aislados y sistemas diseñados para conectarse a redes eléctricas existentes. Un primer tipo de planta es aquella para la producción de electricidad "de servicio" suministrada por pequeñas turbinas eólicas. Potencia inferior a 1 kilovatios (rotor de 1-2 m) para la

alimentación de equipos colocados en ubicaciones aisladas, como repetidores de radio, detectores, sistemas de señalización, etc. estos usos a menudo son competitivos o se usan junto con sistemas fotovoltaicos. Además, hay una producción de electricidad para el suministro de casas dispersas o asentamientos aislados no conectados a la red. Estas plantas consisten en pequeñas turbinas eólicas (3-20 kilovatios) y un sistema de acumulación (batería) de la electricidad producida en momentos de viento favorables.



Fuente: European Renewable Energy Council (EREC)

Figura 12: tamaño de los aerogeneradores.

Estas aplicaciones se han extendido limitado en los países industrializados, pero podría tener perspectivas interesantes en los países en desarrollo con alta vientos. El segundo tipo de parques eólicos son los conectados a la red y se subdivide en dos categorías: uno para la producción de electricidad para la alimentación de redes pequeñas y la conectada a la red nacional. En el primer caso, estas son plantas ubicadas en plantas pequeñas islas o en áreas remotas que funcionan con sistemas eléctricos no conectados a la red nacional. También para este tipo de sistemas, se puede prever el uso conjunto de energía eólica y fotovoltaica (plantas híbridas), lo que podría, en algunos casos, se integran cada año. La aplicación más importante para la energía eólica es la alimentación de las grandes redes nacionales; para este propósito se utilizan máquinas de tamaño medio-grande instaladas individualmente o en grupos de unidades (parque eólico) con potencia total hasta unas decenas de megavatios.

1.3.9. LA ENERGÍA EÓLICA EN EL MUNDO

En los últimos años ha habido un crecimiento exponencial de la energía eólica instalada y la producción de energía eléctrica mediante el viento. En 2016 se instaló una potencia de 54 GW en todo el mundo (fig. 13), con un aumento de alrededor del 22% en comparación con 2015, alcanzando una potencia total de 486 GW. Las principales potencias instaladas en 2016 están en

China (aprox. 168,3 GW), en los EE. UU. (82 GW), en Alemania (50 GW), en India (28.7 GW) y en España (23 GW), con Europa 28 a nivel mundial representa el 32.7% de la energía eólica mundial. El 81% de la potencia instalada en el mundo está solo diez países: China, EE. UU., Alemania, India, España, Gran Bretaña, Canadá, Francia, Italia y Brasil.

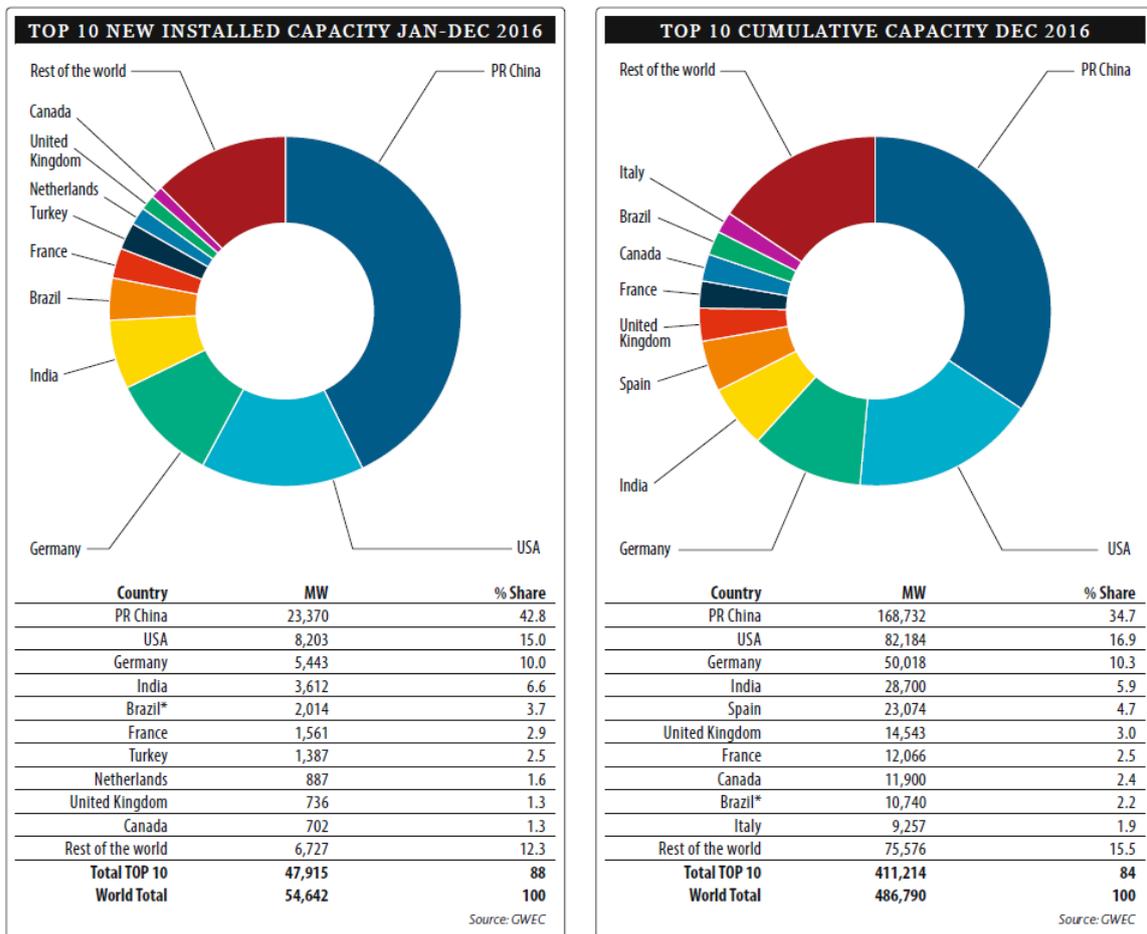


Figura 13: la energía eólica en el mundo (global wind report 2016).

Tradicionalmente, desde el comienzo del uso del viento como fuente de electricidad, los países que han invertido más y más producto fueron Alemania, España y EE. UU: Alemania siempre ha sido la primera en la clasificación, pero en 2011 fue superado por China y los Estados Unidos. En los últimos 5 años ha surgido un "outsider" muy importante, China, que desde 2010 se convirtió en el país líder en el ranking, convirtiéndose en el primer país emergente en el sector eólico. En 2015, los mayores esfuerzos para fomentar la energía eólica instalada provienen de China, que, con un aumento de 30.8% en comparación con 2014, alcanza el 30% de la potencia global instalada, y de EE. UU., Lo que representa un aumento 8.6% alcanza 17%. La posición de Italia siempre ha estado a la vanguardia, y en 2014 Italia ocupa un honorable 9 ° lugar en el ranking de potencia instalada, después de China, EE. UU., Alemania, India, España, Gran Bretaña, Canadá, Francia. En 2015, la energía eólica cubrió el 3,7% del consumo mundial de electricidad, pero en algunos países la producción de energía. El viento es una parte muy importante de la red eléctrica nacional. Por ejemplo, en 2015 en España un buen 18% la energía consumida provino de fuentes eólicas, en Dinamarca el 42%, en Irlanda y en Portugal el 23%. (Fuente de datos: Renovables 2015 - Informe del estado global; EWEA - Viento en el poder: 2015 European Statistics).

1.3.10. MEDIO AMBIENTE Y TERRITORIO

Límites y ventajas del viento

El viento en sí mismo es abundante, económico, inagotable, ampliamente distribuido y la energía eólica es una fuente renovable que no produce ninguna emisión contaminante. Por lo tanto, especialmente en el campo de la producción de electricidad, su difusión puede contribuir significativamente a la reducción de las emisiones de los llamados "gases de efecto invernadero". Además, en comparación con la energía solar y geotérmica, la energía eólica tiene la ventaja de estar disponible de forma continua y, por lo tanto, fácilmente convertida en electricidad. Además, los generadores eólicos no producen sustancias contaminantes radioactivos o químicos, ya que están compuestos únicamente de plásticos y metales. También es necesario considerar que la energía producida por un aerogenerador en el curso de su vida media (aproximadamente 20 años para plantas en tierra y más de 25 años para instalaciones offshore), es aproximadamente 80 veces mayor que la requerida para su propia construcción, mantenimiento, operación, desmantelamiento y desguace. Se ha calculado que dos o tres meses son suficientes para recuperar toda la energía gastada para construir la turbina eólica y mantenerla en funcionamiento. La energía eólica también tiene algunas desventajas. En primer lugar, es una fuente intermitente de forma estacional y todos los días. Por esta razón, instalar 100 MW de aerogeneradores no significa tener 100 MW de potencia disponible en continuo. La capacidad anual efectiva es igual al 45% de la capacidad nominal en las más áreas ventosas, alcanzando un promedio de 30% a nivel mundial. En otras palabras, para tener efectividad de 100MW es necesario haber instalado 250 MW. Otro problema que debe abordarse son las redes de transmisión y distribución la energía a la que están conectadas las plantas eólicas, que debe estar predispuesta a recibir un flujo eléctrico voltaje medio intermitente. Las redes de distribución actualmente presentes en los países industrializados están diseñadas de la manera opuesta, ya que están conectados a unas pocas plantas de energía grandes y con flujos de energía controlados predecible. La transición a una producción de energía de muchas plantas pequeñas, parques eólicos y más, requiere cambios adecuados y costosos a la red de distribución de electricidad.

Impacto visual

El impacto visual de un aerogenerador de 40 a 60 metros es evidente (fig. 14), pero se puede reducir realizando los sistemas a cierta distancia de los centros habitados más cercanos. Hoy tendemos a disminuir el impacto visual organizando las máquinas en una sola fila y usando colores neutros (como el blanco). También se logra el menor impacto ambiental-paisajístico colocando los sistemas en el mar abierto más allá del horizonte visible desde las costas.



Figura 14: impacto ambiental de los aerogeneradores.

Sin embargo, se están estudiando soluciones constructivas menos visibles incluso para instalaciones terrestres. Puede recurrir a la mímica cromática que consiste en hacer que los colores de las torres eólicas sean similares a los del paisaje circundante (por ejemplo, la parte inferior que está camuflada) con el verde del campo, mientras que la parte superior gradualmente azul como el cielo), o el camuflaje de la forma integrando sistemas eólicos en estructuras preexistentes.

Ruido

La posible contaminación acústica de los aerogeneradores está relacionada con dos tipos de ruido: el ruido mecánico proveniente del generador y el aerodinámico que viene de las palas del rotor. En cuanto al ruido, en términos de decibeles, el zumbido de las turbinas de viento está muy por debajo del ruido que se puede sentir en la ciudad. Alejándose a trescientos metros de un parque eólico se perciben los mismos decibeles que se perciben normalmente en el tráfico o en las cercanías de muchas industrias. Actualmente, sin embargo, las turbinas eólicas de alta tecnología son muy silenciosas. Se calcula que, a una distancia superior a unos 200 metros, el ruido de rotación debido a las palas del rotor se confunde completamente con el sonido del viento que atraviesa la vegetación circundante.

1.4. BIOMASA

1.4.1. INTRODUCCIÓN

La biomasa se produce a través del proceso de fotosíntesis de la clorofila, gracias a la energía solar, el dióxido de carbono atmosférico y el agua subterránea se combinan para producir azúcares necesarios para vivir (fig. 15). La misma energía solar se almacena en los enlaces químicos de estas sustancias fotosíntesis activada La fotosíntesis es muy importante porque nutre la vida en la Tierra y porque se elimina de la atmósfera 2×10^{11} toneladas de carbono por año, con un contenido de energía del orden de 70 mil millones de toneladas equivalentes de petróleo, o diez veces las necesidades energéticas anuales del mundo. Quemando la biomasa, el oxígeno atmosférico sí se combina con el carbono contenido en ellos, mientras que el dióxido de carbono y el agua se liberan y se produce calor. El dióxido de carbono regresa a la atmósfera y desde aquí está nuevamente disponible para realimentar en el proceso fotosintético para producir nueva biomasa.

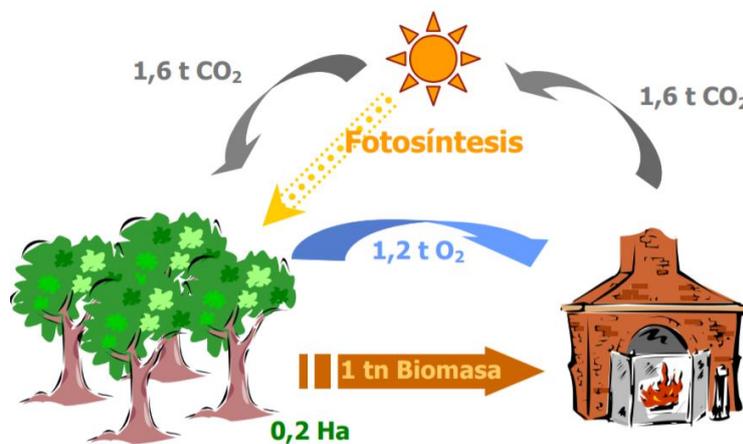


Figura 15: ciclo de la biomasa.

La biomasa, por lo tanto, es un recurso renovable. En el campo de la energía, el término "biomasa" se refiere a varios productos de origen principalmente vegetal, y solo en cierta medida animal menor, utilizado para producir energía: residuos agrícolas y forestales, desechos de la industria de la madera, como virutas y serrín, "cultivos energéticos" (es decir, plantas específicamente cultivadas con fines energéticos), desechos de empresas residuos zootécnicos y agroalimentarios (residuos de cultivos destinados a la alimentación humana o animal, como paja).

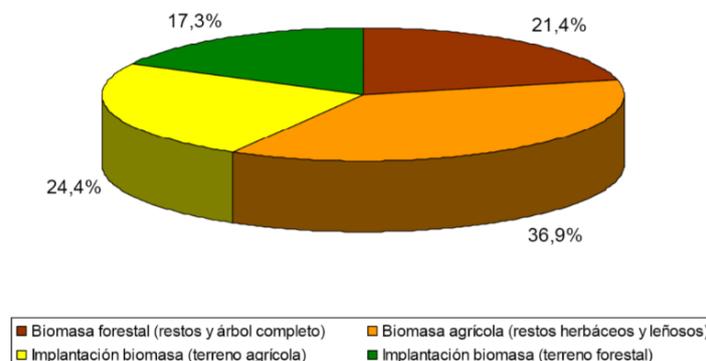


Figura 16: distribución de biomasa potencial disponible.

La biomasa es una de las fuentes renovables más disponibles en nuestro planeta. La biomasa podría cubrir aproximadamente el 10% de los requisitos de energía del mundo (Agencia Internacional de Energía, Key World Energy Statistics 2013). Su uso, sin embargo, no está muy extendido de manera homogénea. En los países en desarrollo, de hecho, esta fuente de la energía cubre del 34% al 40% de las necesidades energéticas totales. Por el contrario, en los países industrializados su contribución es mucho más modesta y las biomásas contribuyen solo en un 3% a los usos de energía primaria. En particular Estados Unidos obtiene 3.2% de su energía de la biomasa, y un total de 3.5% en Europa. Excepcionalmente, en Suecia y Finlandia, al quemar los desechos de la industria forestal, se produce una cantidad de energía electricidad para cubrir, respectivamente, el 17% y el 15% de la demanda nacional de electricidad. En Austria las biomásas cubren el 13% de las necesidades eléctricas nacionales. En Italia, sin embargo, la contribución de la biomasa al presupuesto la energía nacional está limitada al 3.5%. Esta distribución no tiene en cuenta solo la atención y el compromiso económico de algunos países para la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías, también para la disponibilidad concreta de tierra donde localizar los "cultivos energéticos". De hecho, se ha estimado que en los países desarrollados la sustitución de combustibles fósiles por la biomasa requeriría la disponibilidad de más de 950 mega-hectáreas (millones de hectáreas) de tierra para cultivos energía. Los países del centro y norte están a la vanguardia de la explotación de la biomasa como fuente de energía en Europa, que ha instalado grandes plantas de cogeneración (producción asociada de electricidad y calor) y calefacción urbana alimentada por biomasa. Francia, que tiene el área agrícola más grande de Europa, destaca en la producción de biodiesel y etanol, para cuyo uso como combustible se ha adoptado una política de reducción de impuestos. Gran Bretaña, por otro lado, ha desarrollado una producción insignificante de biocombustibles, y se ha dedicado en particular al desarrollo de un vasto y eficiente sistema de recuperación del biogás de vertederos, tanto para usos térmicos como eléctricos. Suecia y Austria, que dependen de una larga tradición de uso de leña, han seguido aumentando este uso tanto para calefacción como para calefacción urbana, dando un gran impulso a las plantaciones de monte bajo (sauce, álamo) que rinden 3-4 veces por encima del promedio como un suministro de materia prima.

1.4.2. HISTORIA

El fuego, incuestionablemente invento más importante de la historia de la humanidad, ha sido descubierto gracias a la combustión de madera. El fuego ha iluminado, calentado, protegido y nutrido al hombre durante miles de años, favoreciendo el nacimiento de la civilización. La madera, además, se ha mantenido como la materia prima más utilizada durante muchos siglos, y no solo para alimentar el fuego, también como material de construcción. La invención de la máquina de vapor permitió, entonces, obtener energía mecánica de la quema de madera, mientras que, hasta el siglo XVIII, viento y agua eran las únicas formas de energía mecánica utilizadas, gracias a los molinos. Con la Revolución Industrial, el recurso la madera comenzó a escasear debido a la deforestación masiva para producir energía. La humanidad ha tenido que buscar fuentes alternativas de energía, encontrándolas en el carbón y el petróleo, alguna vez abundantes, incluso si no son renovables. Sólo recientemente, las mayores necesidades de energía, las perspectivas de agotamiento de los combustibles fósiles y la contaminación producidos por su combustión, empujaron al hombre a "redescubrir" la utilidad de la madera y la biomasa como fuentes energía.

1.4.3. PROCESOS BIOQUÍMICOS

Los procesos bioquímicos funcionan gracias a la acción de hongos y bacterias que crecen en biomasa en ciertas condiciones de temperatura y humedad. Estos microorganismos digieren la materia orgánica y liberan moléculas de desecho (para ellos), pero precioso para nosotros. No toda la biomasa es buena para estos procesos: los hongos y las bacterias no se comen los suyos de todos, pero requieren materiales orgánicos ricos en proteínas y agua. Las algas, los restos de los cultivos son excelentes patata y remolacha, desperdicios de alimentos y deyecciones de animales. Los principales productos que se pueden obtener con estos sistemas son biogás, bioetanol, fertilizantes para agricultura y calor. El biogás es una mezcla de gases que consiste principalmente en metano (50-70%) y dióxido de carbono que puede usarse para calentar o para operar instalaciones particulares para la producción de electricidad. El bioetanol es un alcohol que se puede usar para alimentar el motor del automóvil. Se obtiene de la fermentación de azúcares obtenidos a partir de remolacha o de caña de azúcar. Es un combustible de gran interés porque es limpio y barato. Se estima que cada año se producen aproximadamente 11 millones de toneladas de bioetanol, especialmente en los Estados Unidos y Brasil. Otra aplicación de biomasa es el calentamiento del ganado y las granjas de cultivo. La descomposición de los productos de desecho, como el follaje o las deyecciones de los animales, producen calor que puede usarse para calentar.

1.4.4. PROCESOS TERMOQUÍMICOS

Todo el mundo sabe que, para encender y alimentar el fuego, es necesario quemar un material que se define combustible. El combustible solo no es suficiente para que exista fuego, se necesita otro elemento: el comburente. El comburente más común es el oxígeno que, en una reacción de combustión, tiene la función de "oxidar" el combustible que da como resultado la liberación de energía en forma de calor y luz. El fuego, por lo tanto, no es más que la manifestación visible de una reacción química, la combustión, que se produce entre dos sustancias diferentes: el combustible y el comburente. Hay muchas sustancias y materiales combustibles. Al principio, el hombre quemó la madera, luego carbón. Hoy en día, los combustibles más utilizados son los combustibles fósiles: petróleo, metano y carbón fósil. La combustión es el método más antiguo para obtener energía a partir de biomasa. Los antiguos brotes, las chimeneas y las estufas de hoy han sido reemplazados por calderas modernas y eficientes que pueden aprovechar al máximo la energía oculta en madera. Si los hongos y las bacterias prefieren las sustancias húmedas y proteicas, el fuego se alimenta mejor con los materiales seco y rico en celulosa. La celulosa es una molécula compleja y muy resistente que consiste en largas cadenas de glucosa. Las verduras están hechas de celulosa y también lo son la madera, las hojas y el papel el algodón. Existen varios sistemas para obtener energía de la madera que puede clasificarse de acuerdo con la temperatura a la que tiene lugar combustión y el tipo de transformación física y química que se logra. En primer lugar, es necesario especificar que estos sistemas funcionan con madera triturada. Los chips de madera, llamados chips, se pueden usar tal así o compactado en bloques, los pellets. Estos ladrillos de madera aumentan la eficiencia de las calderas. La madera, así transformada, puede quemarse a temperaturas muy altas (alrededor de 1000 ° C) hasta reducirlo a una mezcla de gases útiles para mover turbinas y producir electricidad. Quemado a temperaturas más bajas (entre 400 y 800 ° C) la madera se separa en sustancias gaseosas, líquidas y sólidas. El componente sólido, carbón, todavía puede ser usar como combustible mientras que la parte líquida, aceite pirolítico, puede impulsar motores o ser la base para la síntesis de otros productos.

1.5. ENERGÍA GEOTÉRMICA

Nuestro planeta emite constantemente energía en forma de calor, desde las áreas más profundas se extiende hacia la superficie: este es el llamado flujo de calor o flujo geotérmico. El calor del sol calienta la superficie de la tierra con un flujo que es casi 6.000 veces mayor que el producido desde el interior de la Tierra. Sin embargo, el flujo geotérmico, constante y continuo, representa una importante fuente de energía: con un promedio de 0.06 vatios por m², desde toda la superficie terrestre irradia una cantidad de calor igual a aproximadamente 30,000 mil millones de vatios. El uso de la energía geotérmica para la calefacción doméstica sufrió, hasta hace unos años, dos limitaciones serias, que impidieron drásticamente su difusión: solo fue posible con temperaturas relativamente altas (60 - 80 ° C) y solo en las inmediaciones de los campos geotérmicos porque no fue posible transportar el calor demasiado lejos de la fuente. Los recientes avances tecnológicos ahora permiten, mediante el uso de equipos particulares, bombas de calor, que se aproveche el calor de la Tierra incluso cuando las temperaturas no sean particularmente altas (12 - 14 ° C). Esto determinó un nuevo y muy importante paso adelante en el sector geotérmico: con los nuevos sistemas, es posible, en cualquier lugar de la Tierra, en cualquier condición geológica o climática, obtener suficiente energía para cubrir los normales consumos para calefacción y agua caliente de una familia.

1.1.1. QUE ES LA GEOTÉRMICA

Nuestro planeta emite constantemente energía en forma de calor, que desde las áreas más profundas se extiende hacia la superficie: este es el llamado flujo de calor o flujo geotérmico. El calor del sol calienta la superficie de la tierra con un flujo que es casi 6.000 veces mayor que el producido desde el interior de la Tierra, sin embargo, el flujo geotérmico constante y continuo es una fuente importante de calefacción para nuestro planeta: con un promedio de 0.06 vatios por m², uno irradia desde toda la superficie de la tierra cantidad de calor igual a aproximadamente 30,000 mil millones de vatios. El hecho de que la tierra se calienta cuando desciende a gran profundidad es un fenómeno bien conocido por los mineros: en algunas minas y túneles las temperaturas profundas alcanzan el límite de la supervivencia humana (no es así en las cuevas, donde lo natural la circulación de aire y agua reduce significativamente las temperaturas, tanto que la temperatura aumenta con la profundidad es prácticamente no perceptible). La calidez de la Tierra se debe en gran parte a la liberación de energía en los procesos de descomposición de isótopos radiactivos de algunos elementos como, por ejemplo, potasio, torio y uranio. La debido a los diferentes espesores de la corteza terrestre y de las diferentes situaciones geológicas, que pueden producir movimiento de materiales más cálidos de las áreas profundas, el gradiente geotérmico (es decir, el aumento de la temperatura con la profundidad) no es lo mismo en toda la Tierra: en promedio, la temperatura aumenta en 2-3 ° C cada 100 m de profundidad, pero el aumento puede variar desde 1 hasta 5 ° C / 100 m. Se abren pozos de al menos 300 m de profundidad para medir el gradiente geotérmico (para no verse afectado por las variaciones) temperatura diaria y anual debido a las influencias climáticas), en la que se eliminan los termómetros específicos registran temperaturas a diferentes profundidades. El flujo de calor es mayor en áreas donde se reduce el grosor de la litosfera, como, por ejemplo, a lo largo de las crestas oceánicas o en áreas de rifting continental, o en áreas volcánicas, donde diferentes procesos geológicos conducen a rocas que se derriten, o en áreas donde los magmas se ralentizan en el subsuelo.

1.1.2. HISTORIA

El uso de aguas geotermales es muy antiguo y probablemente se remonta al Paleolítico superior. Sin embargo, su desarrollo en términos de salud más específicos, se originó en Japón y en Italia hace unos 2000 años. Pero mientras en Japón está limitado dentro de las fronteras nacionales, desde Italia los romanos lo extendieron a todas las regiones del Imperio (Hungría, Alemania, Francia, España, Gran Bretaña, Turquía y países árabes). Empezando desde el Renacimiento, sin embargo, el termalismo se trata de manera científica, con la impresión de De Thermis, escrito por Andrea Bacci (Venecia, 1571). A partir de este momento, entre los siglos XVII y XVIII, se construyen numerosos establecimientos termales en Europa, con la función de centros terapéuticos para el cuidado corporal y corporal "Espíritu". Además de Italia, el país más famoso en Europa para los spas, gracias a sus 170 centros, también debe ser recordado Hungría con Budapest (fuerte de una tradición que data de los romanos) e Islandia. Los usos energéticos de los fluidos geotérmicos se desarrollaron más tarde que los térmicos. La primera planta industrial para la producción de energía se construyó en Toscana en 1827. En ese momento, Francesco Larderel, propietario de una planta que produce ácido bórico extrayéndolo del agua que circula en el subsuelo de área, tuvo una idea brillante, en lugar de evaporar las aguas bóricas quemando la madera en los bosques cercanos, pensó en explotar el calor contenido naturalmente en estas aguas. La idea fue exitosa y, hasta 1875, la industria química de Larderello fue el más importante del mundo en el campo de los productos bóricos. También en Larderello, en 1904 los edificios estaban iluminados con las primeras bombillas con energía geotérmica y en 1913 se fundó la primera planta industrial para la producción de electricidad de origen geotérmico, con una potencia de 250 kW. Desde entonces, Italia siempre ha sido un líder en la producción de energía geotermoeléctrica, acumulando en el tiempo una gran cantidad de experiencias únicas en el mundo. Desde la década de 1920, la actividad geotérmica también se ha extendido a Japón, Islandia y Hungría y luego, desde la década de 1950, resto del mundo.

1.1.3. CAMPOS GEOTÉRMICOS

Las zonas caracterizadas por un flujo de calor alto y anómalo son aquellas donde la liberación de energía es mayor desde el subsuelo (fig. 17), sin embargo, para poder utilizar esta fuente de energía además de las rocas calientes se necesita otro ingrediente fundamental: agua

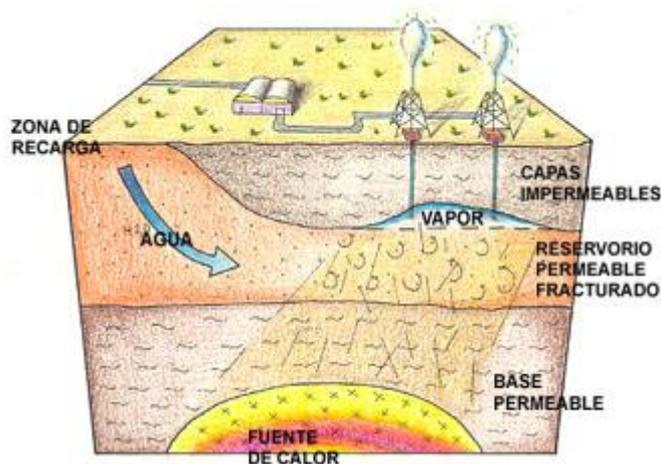


Figura 17: esquema de un campo geotérmico.

El agua, en contacto con las rocas calientes del subsuelo, se calienta y, si las condiciones de temperatura y presión permitir, también puede cambiar al estado de vapor. Para comprender los fenómenos en estas áreas anormalmente calientes, debe recordarse que la temperatura a la

que el agua se convierte en vapor depende de la presión: a la presión de 1 atmósfera (atm), la temperatura de vaporización, como sabemos, es de 100 ° C, pero a 10 atm (correspondiente a presión de una columna de 100 m de agua, o alrededor de 30 m de roca), se eleva a 180 ° C. De esta manera, por lo tanto, ja presiones elevadas es posible mantener el agua en estado líquido incluso a temperaturas mucho más altas que los 100 ° C a los que estamos acostumbrados asociar el agua hirviendo en la olla! Las áreas donde un alto flujo de calor calienta el agua subterránea se llaman campos geotérmicos y generalmente se distinguen sistemas geotérmicos de alta y baja temperatura (también llamados sistemas de alta y baja entalpía). Estas son las áreas donde es posible, con tecnologías apropiadas, explotar la energía natural de la Tierra para producir electricidad, para calefacción doméstica y varios otros usos industriales: energía disponible gratis y renovable. Por desgracia, los campos geotérmicos capaces de producir una buena cantidad de energía no son muchos en el mundo.

1.1.4. PLANTAS GEOTÉRMICAS

Las plantas de energía geotérmica pueden ser de diferentes tipos: "contrapresión" si el vapor, después de ser explotado, es lanzado a la atmósfera; y "Condensación", si el vapor ya utilizado, se condensa y reinyecta en el subsuelo, a través de un pozo especial. Los paneles "flash" se instalan con fluidos de "agua dominante" y son equipados con un separador que separa el vapor que se va a arrancar de la turbina, del agua que luego se elimina. Las centrales geotérmicas pueden explotar el calor geotérmico. El flujo de vapor proveniente del subsuelo, libremente o canalizado por perforación geológica profunda, produce una fuerza para hacer mover una turbina; la energía mecánica de la turbina se convierte en electricidad a través de un alternador. Los sistemas de energía geotérmica dominante se pueden usar para producir electricidad, mediante el envío de vapor a una turbina conectada a un generador de corriente. Si el fluido no llega a la temperatura suficientemente alta, el agua caliente puede usarse para la producción de calor, por ejemplo, en sistemas de calefacción urbana. Además de la tecnología de vapor directo "Direct Steam", hay otra planta de ese tipo llamada "ciclo binario" en la cual el calor del fluido geotérmico se intercambia con otro fluido que activa las turbinas (fig.18).

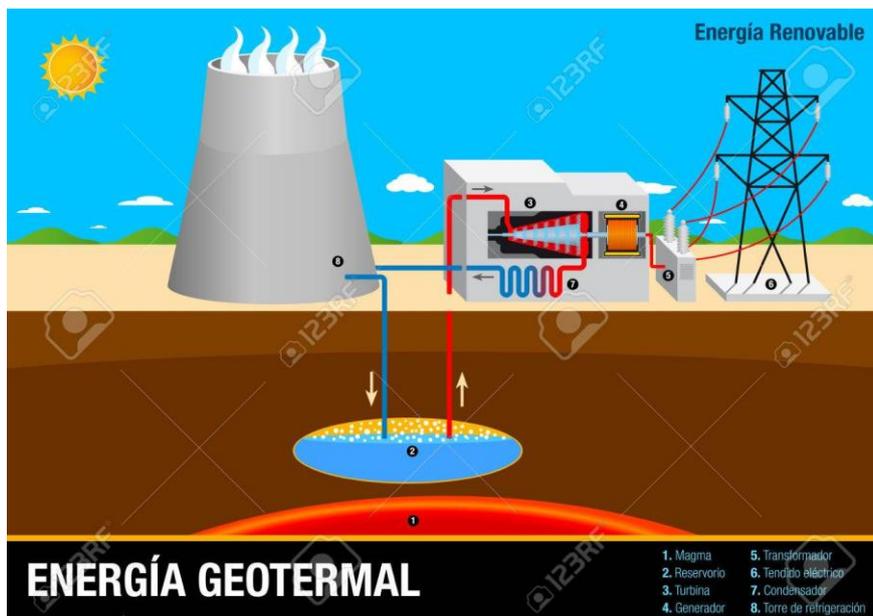


Figura 18: planta geotérmica.

El sistema de seguimiento es una opción técnicamente adecuada cuando el valor de energía del fluido es bajo (temperaturas más bajas) a 180 ° C, mientras que "vapor directo" es la elección

más efectiva en presencia de una temperatura de fluido más alta. Con las mismas características del fluido, la planta "Direct Steam" ofrece ventajas significativas: se reduce el impacto ambiental, gracias a la menor cantidad de fluido necesaria para producir la misma cantidad de energía (por lo que hay menos pozos para perforar y menos tuberías para construir), la estructura es más compacta y, por lo tanto, más pequeña y es menos ruidosa en comparación a la tecnología de ciclo binario para la cantidad reducida de torres de refrigeración y ventiladores relacionados. Ambas las tecnologías, tienen diferencias significativas en las emisiones a la atmósfera porque, incluso en el ciclo binario, los gases separados de la fase líquida son tratados.

1.1.5. GEOTERMIA PARA HOGARES

Una fuente de energía prácticamente inagotable que calienta nuestros hogares a muy bajo costo y de una manera limpia y respetuosa con medio ambiente: este es el sueño de millones de familias en todo el mundo. La energía geotérmica parece cumplir todos estos requisitos y, desde los albores de la civilización, el hombre ha empezado a usar el calor interno de la Tierra, primero disfrutando del placer de los baños termales en aguas cálidas de forma natural, y a principios del siglo XX, aprendiendo a usarlo para la producción de electricidad, y luego (con la primera planta de calefacción urbana encargada en Islandia en 1925) también calentar las casas de ciudades enteras. Las posibilidades de energía de esta nueva tecnología son enormes y potencialmente ilimitadas.

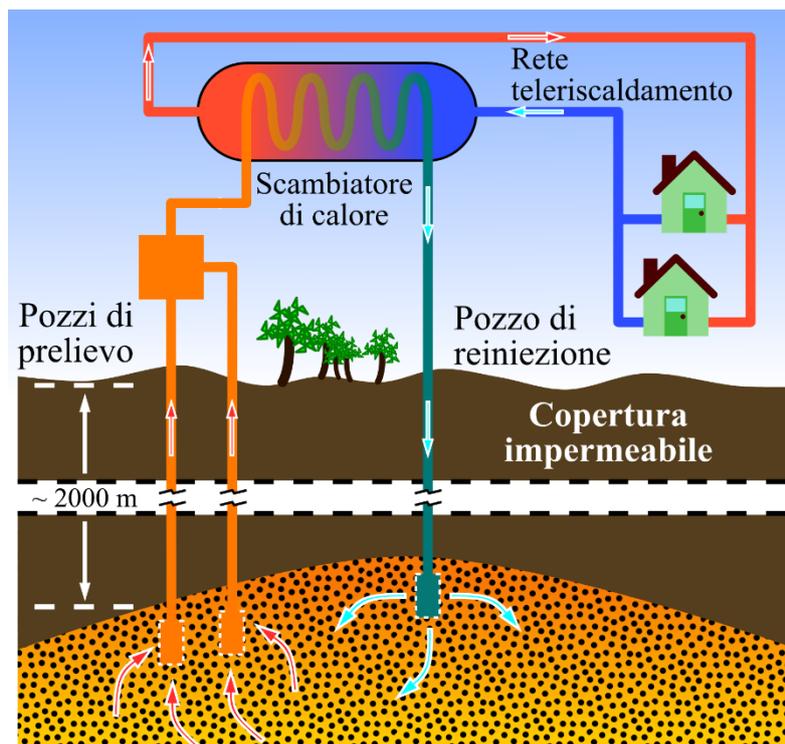


Figura 19: Planta geotérmica.

2. EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA DE ENERGÍA RENOVABLES

2.1. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES EN ITALIA

En 2016, las fuentes de energía renovables (RES) confirmaron su liderazgo en el panorama energético italiano, encontrando un uso generalizado tanto para la producción de electricidad (sector eléctrico) como para la producción de calor (sector térmico) y como biocombustibles (Sector de transporte).

Este capítulo tendrá que fortalecerse aún más: la nueva Estrategia Nacional de Energía adoptada en noviembre de 2017, de hecho, identifica en las RES un elemento central para el desarrollo sostenible del país, fijando 2030 objetivos de crecimiento más ambiciosos que los actualmente propuestos para Nivel comunitario.

La aplicación de las definiciones y los criterios de cálculo establecidos por la Directiva 2009/28 / CE con el fin de vigilar los objetivos de la UE en la RES (por ejemplo, la normalización de la producción hidroeléctrica y la energía eólica y la contabilidad de sólo biolíquidos y biocombustibles sostenibles), en 2016 el consumo final de energía RES en Italia son iguales a 21,1 Mtep, ligeramente hacia abajo (alrededor de 200 ktep) en comparación con 2015 (-1%). Esta caída afectó al sector térmico (-1.4%) y al sector transporte (-10.7%), mientras que el sector eléctrico mostró un ligero crecimiento (+ 0.7%).

En cuanto a las tendencias de las fuentes individuales, en particular, el crecimiento observado para el sector de la energía eólica, aunque significativa (más de 100 ktep incremental), no compensó la disminución de las aplicaciones de bioenergía en el sector térmico (el clima menos severo se ha traducido en una reducción de casi 200 ktep de consumo de madera de leña y gránulos), los biocombustibles (alrededor de 125 ktep menos en términos de energía, principalmente debido a un fuerte aumento en el consumo de biocombustibles colocación de doble conteo por sujetos obligados) y la producción de electricidad a partir de solar fotovoltaica (por primera vez, la cifra cae en comparación con el año anterior, alrededor de 70 ktep menos, principalmente debido a las peores condiciones de radiación).

Con respecto al sector eléctrico, los datos -producidos por Terna y GSE para fotovoltaica y por Terna para otras fuentes- indican que el 37,3% de la producción nacional bruta proviene de fuentes renovables. Más detalladamente, las más de 742,000 plantas impulsadas por FER (para una potencia total de 52.3 GW) generaron en 2016 una producción eléctrica real de 108 TWh que aumentó a 110.5 TWh (9.5 Mtep, 34 % del consumo bruto de electricidad doméstica) mediante la aplicación de las normas de cálculo previstas por la Directiva 2009/28 / CE.

La fuente renovable que en 2016 proporcionó la contribución más importante a la producción de electricidad real es hidráulica (39% de la producción eléctrica de RES), seguida de la fuente solar (20%), bioenergía (18%), la fuente de viento (16 %, sin embargo, el que tiene un mayor crecimiento en comparación con 2015) y geotérmica (6%).

En 2016, el consumo final bruto total en Italia ascendió a aproximadamente 121,1 Mtep, una cifra ligeramente inferior a la de 2015 (121,5 Mtep).

La cuota cubierta por RES en 2016 es, por tanto, del 17,41%: un valor que, aunque ligeramente inferior al del año anterior (17,53%), sigue siendo superior al objetivo asignado a Italia por la Directiva 2009/28 / CE para 2020 (17,0%). Esta ligera disminución, como se mencionó

anteriormente, es principalmente atribuible a la reducción significativa en el consumo de biomasa sólida para calefacción (debido a condiciones climáticas más suaves), menor producción de electricidad a partir de fuentes solares (debido a peores condiciones de radiación) y menores cantidades de biocombustibles lanzados para consumo (debido al uso más extenso por parte de los operadores de biocombustibles de double counting).

	Potenza efficiente lorda (MW)	Produzione					
		Effettiva			da Direttiva 2009/28/CE		
		TWh	ktep	Var. % sul 2015	TWh	ktep	Var. % sul 2015
Idraulica	18.641,0	42,4	3.648,5	-6,8%	46,2	3.971,7	0,6%
Eolica	9.409,9	17,7	1.521,0	19,2%	16,5	1.420,3	8,0%
Solare	19.283,2	22,1	1.900,6	-3,7%	22,1	1.900,6	-3,7%
Geotermica	814,6	6,3	540,7	1,7%	6,3	540,7	1,7%
Bioenergie	4.124,1	19,5	1.677,4	0,6%	19,4	1.670,3	0,3%
- Biomasse solide*	1.670,7	6,5	562,3	4,0%	6,5	562,3	4,0%
- Biogas	1.423,5	8,3	710,1	0,6%	8,3	710,1	0,6%
- Bioliquidi	1.029,8	4,7	405,0	-3,8%	4,6	397,8	-4,9%
Totale	52.272,8	108,0	9.288,2	-0,8%	110,5	9.503,7	0,7%

Tabla 1: energía renovable en Italia.

Con una potencia instalada de poco menos de 52,3 GW (+ 1,6% en comparación con el año anterior), en 2016 la producción bruta real de electricidad ascendió a alrededor de 108 TWh (9,288 ktep), hacia abajo alrededor de 880 GWh en comparación con 2015 (-0.8%). Esta tendencia está vinculada a la contracción en la producción de centrales hidroeléctricas (-6,8%) y plantas solares (-3,7%), no compensada por el crecimiento registrado por otras fuentes y, en particular, la energía eólica (+ 19,2%) (fig. 20).

La producción calculada según los criterios de la Directiva 2009/28 / CE es, en cambio, igual a 110,5 TWh (9,504 ktep); en este caso, el cambio comparado con 2015 es positivo (+810 GWh aproximadamente, + 0.7%): la normalización de la producción hidroeléctrica y eólica de hecho ha atenuado significativamente los efectos de las variaciones reales descritas anteriormente.

Poco menos del 73% de la energía renovable instalada en el país se concentra en plantas hidroeléctricas y fotovoltaicas, lo que corresponde a una producción real de 42,4 TWh y 22,1 TWh, que en conjunto se consideran en conjunto alrededor del 60% de la producción nacional total de electricidad de RES en 2016.

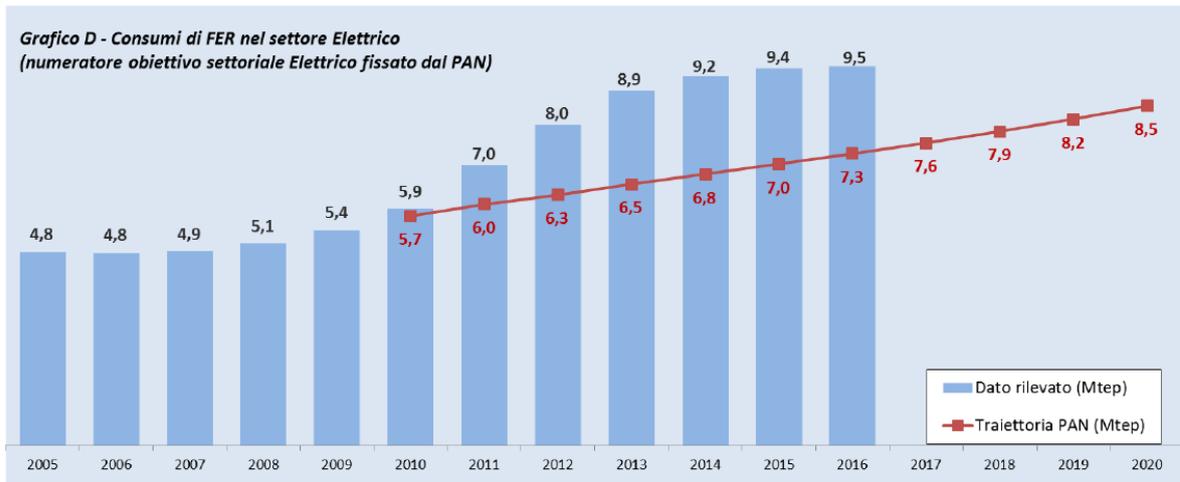


Figura 20: consumo de engría renovable en Italia (sector eléctrico).

2.2. CANTIDAD Y POTENCIA DE PLANTAS DE ENERGÍA RENOVABLE

A fines de 2016, se instalaron 742,340 plantas de energía eléctrica con fuentes renovables en Italia; este número está compuesto casi en su totalidad de plantas fotovoltaicas (98.6%), incrementado en aproximadamente 45,000 unidades en comparación con 2015.

La capacidad eficiente bruta de las plantas de energía renovable instaladas excede los 52,000 MW, con un incremento en comparación con 2015 de casi 800 MW (+ 1.5%); este crecimiento se debe principalmente a fuentes solares (+380 MW) y eólicas (+250 MW).

2.2.1. EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA DE LAS PLANTAS DE ENERGÍA RENOVABLE

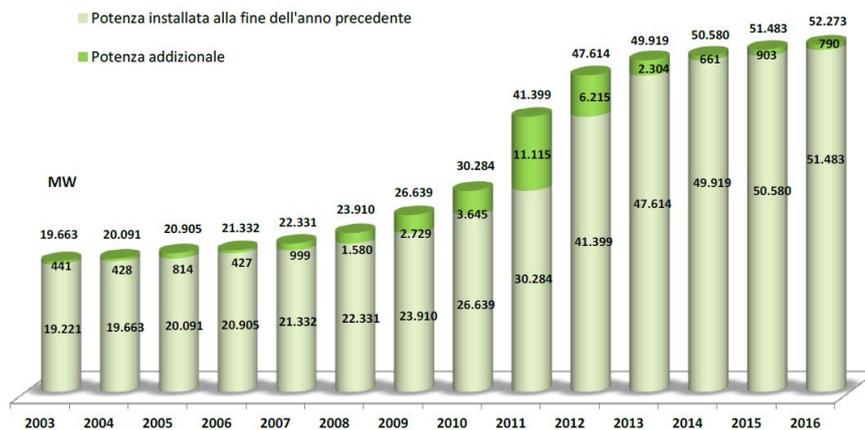


Figura 21: Potenza installata y potencia adicional.

En los 13 años entre 2003 y 2016, la potencia bruta eficiente instalada en Italia aumentó de 19,663 MW a 52,273 MW, un aumento de 32,610 MW y una tasa de crecimiento anual promedio de 7.2% (fig. 21); los años caracterizados por mayores aumentos de poder son 2011 y 2012.

La capacidad instalada total de las plantas que entraron en servicio en 2016 fue de 790 MW, un valor 12% menor en comparación con el aumento registrado en 2015 (903 MW).

Desde principios del siglo XX, el parque eléctrico nacional se ha caracterizado por la amplia difusión de plantas hidroeléctricas; en los últimos años, la capacidad instalada de estas plantas se ha mantenido casi constante (+ 0.7% en promedio por año), mientras que todas las otras fuentes renovables han crecido considerablemente gracias principalmente a los diversos sistemas públicos de incentivos (fig. 22).

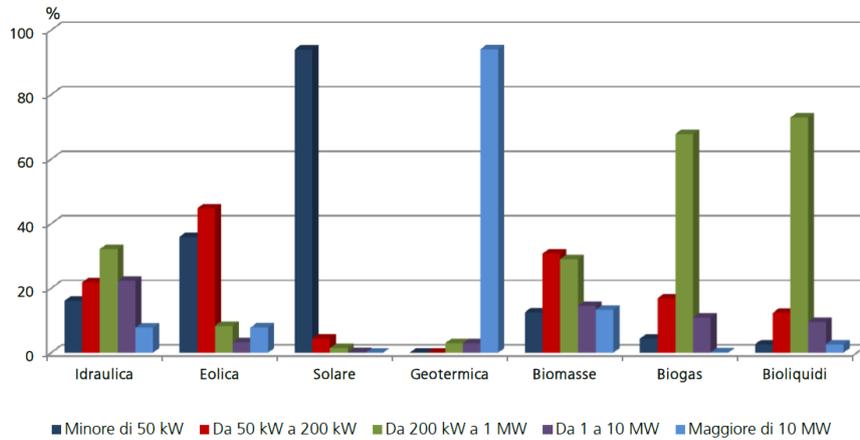


Figura 22: Características del parque de plantas de energía renovable.

El tamaño y la potencia de la planta varían significativamente dependiendo de la fuente renovable que los alimenta. Alrededor del 94% de los sistemas fotovoltaicos instalados en Italia tienen una capacidad de menos de 50 kW, mientras que el 94,1% de ellos la geotermoeléctrica supera los 10 MW; las plantas que funcionan con biogás y biolíquidos generalmente tienen un poder entre 200 kW y 1 MW (68.9% y 72.6% respectivamente). Para las plantas hidroeléctricas, la clase más importante, con 32.0% de las plantas, es la que tiene una potencia entre 200 kW y 1 MW; las plantas pequeñas generalmente son agua corriente. Por último, más del 80% de los parques eólicos pequeños tienen una capacidad de menos de 200 kW; 44.7% de las plantas tienen una potencia entre 50 kW y 200 kW (fig. 23).

A fines de 2016, Lombardía es la región con la mayor concentración de potencia instalada entre todas las regiones italianas (15,7% de la potencia total instalada a nivel nacional). Toscana, gracias principalmente a la explotación de los recursos geotérmicos, es en cambio la región con más potencia instalada en el centro de Italia.

En el sur, la primera región de potencia instalada es Apulia (10,3% de la potencia nacional); seguido por Sicilia (6.4%) y Campania (5.2%)

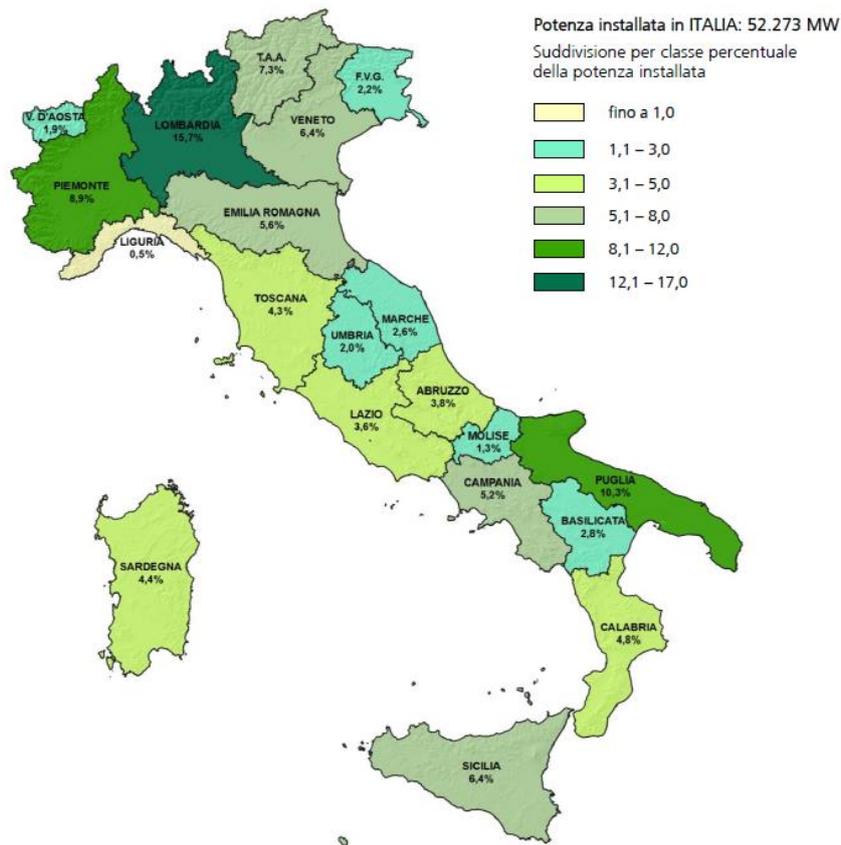


Figura 23: Distribución regional del poder a fines de 2016.

En 2016, la producción de fuentes renovables ascendió a 108.022 GWh, un valor casi igual a la producción del año anterior (fig. 24).

Mientras que hasta 2008 la tendencia de la electricidad generada por FER estaba principalmente vinculada a la fuente hidráulica, en los últimos años la importancia de las "nuevas energías renovables" (solar, eólica y bioenergía) ha aumentado gradualmente.

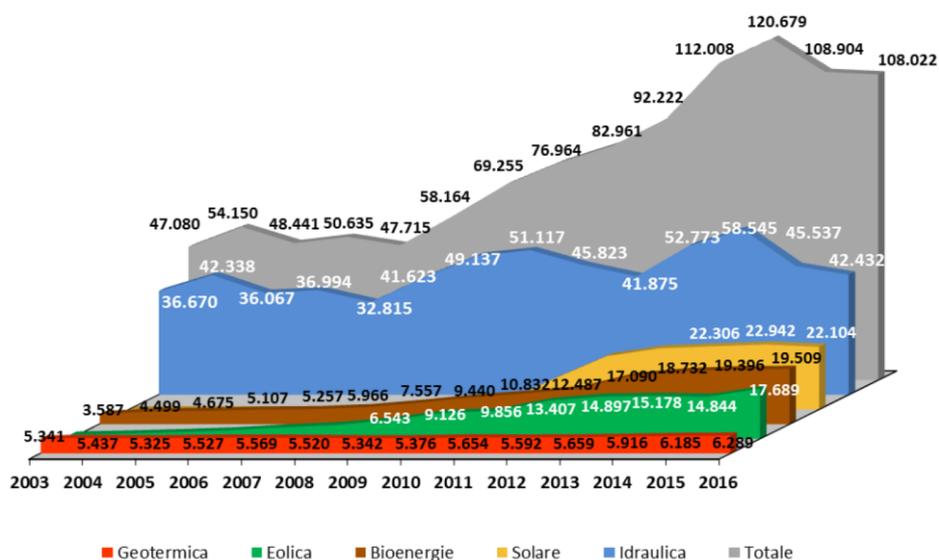


Figura 24: Evolución de la producción de fuentes renovables.

En particular, la fuente hidráulica alcanzó un valor de producción de 42.432 GWh, un valor de producción muy inferior a los máximos observados en 2014 e inferior al valor de 2015.

La fuente solar contribuyó con un valor de producción de 22.104 GWh, bajando durante el primer año en términos absolutos (- 3.7%); esta disminución se debe principalmente a una irradiación en el territorio nacional más baja que el año anterior.

Por otro lado, el rendimiento de la producción eólica fue significativo, equivalente a 17.689 GWh, con un aumento de casi 3 TWh en comparación con la cifra de 2015 (+ 19,2%). Por otro lado, la producción de bioenergía en 2016 fue de alrededor de 19.999 GWh, un 0,7% más que en 2015.

2.2.2. SOLAR

A fines de 2016, se instalaron 732,053 plantas fotovoltaicas en Italia; la mayoría de estos (alrededor del 91%) tienen una potencia inferior a 20 kW. El 38% de la potencia instalada se refiere a plantas fotovoltaicas de entre 200 kW y 1 MW. En general, el poder de los sistemas fotovoltaicos representa el 36.9% del de toda la planta de energía renovable.

En el transcurso del año, la producción de fuente solar es igual a 22.104 GWh, el 20,5% de la producción eléctrica total de fuentes renovables. El 62% de la electricidad generada por los sistemas fotovoltaicos es producida por plantas de tamaño superior a 200 kW.

Al 31 de diciembre de 2016, las plantas fotovoltaicas instaladas en Italia eran 732,053, lo que corresponde a un poder de 19,283 MW. Las plantas pequeñas (potencia inferior o igual a 20 kW) constituyen más del 90% de las plantas total instalado en Italia y representa el 20% de la potencia nacional total.

El tamaño medio de los sistemas instalados en Italia a finales de 2016 es de 26,3 kW.

Classi di potenza	n°	Potenza (MW)	Energia (GWh)
P ≤ 3	245.293	671	730
3 < P ≤ 20	423.307	3.107	3.381
20 < P ≤ 200	51.673	4.032	4.270
200 < P ≤ 1.000	10.638	7.297	8.535
P > 1000	1.142	4.177	5.188
Totale	732.053	19.283	22.104

Tabla 2: Datos resumidos sobre sistemas fotovoltaicos en 2016.

Solo en el año 2016, se instalaron más de 44,000 plantas, casi todas menos de 200 kW, para una capacidad instalada total de 382 MW.

En comparación con 2015, las plantas que ingresaron al servicio durante el año aumentaron aproximadamente un 10%, mientras que la capacidad instalada es crecida en un 27.5%.

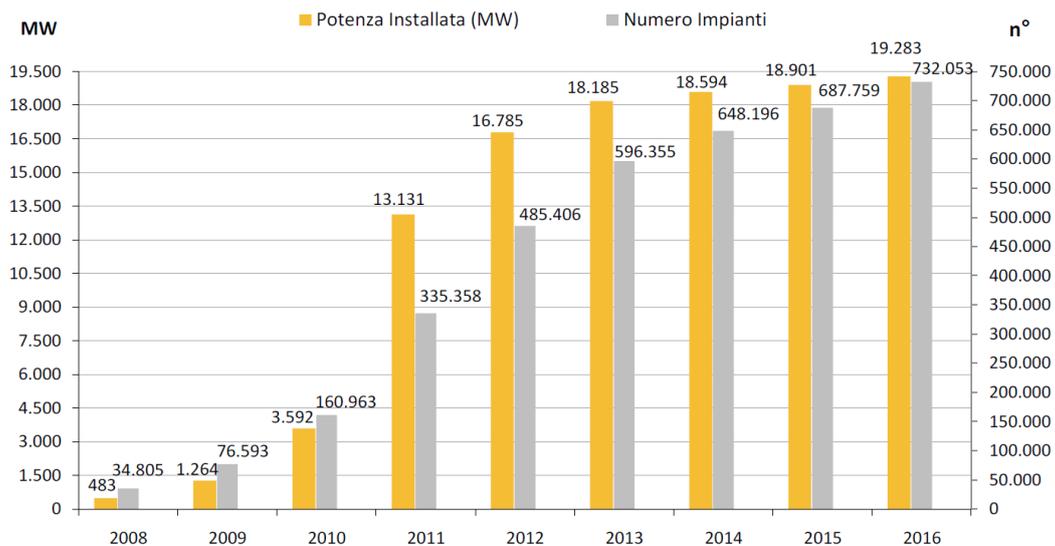


Figura 25: Evolución de la potencia y el número de sistemas fotovoltaicos.

El gráfico muestra la evolución de la serie histórica del número y la potencia instalada de los sistemas fotovoltaicos en Italia (fig. 25). Desde 2013, con la terminación de la Cuenta de Energía, las tasas de crecimiento son significativamente menos sostenidas. Las plantas que entraron en servicio en 2016 - en su mayoría instalaciones para usuarios domésticos - tienen una potencia promedio (8.6 kW) más alta que el período anterior de dos años. En general, el tamaño promedio nacional de los sistemas fotovoltaicos disminuye progresivamente, llegando a 2016 alrededor de 26.3 kW.

La instalación incremental de plantas fotovoltaicas en 2016 no causó cambios significativos en la relativa distribución territorial, que permanece casi sin cambios en comparación con el año anterior (fig. 26). La mayor concentración de instalaciones se encuentra en las regiones del norte (alrededor del 54% del total); en el centro está instalado alrededor del 17%, en el sur el 29% restante. Las regiones con mayor incidencia de plantas son Lombardía y Veneto.

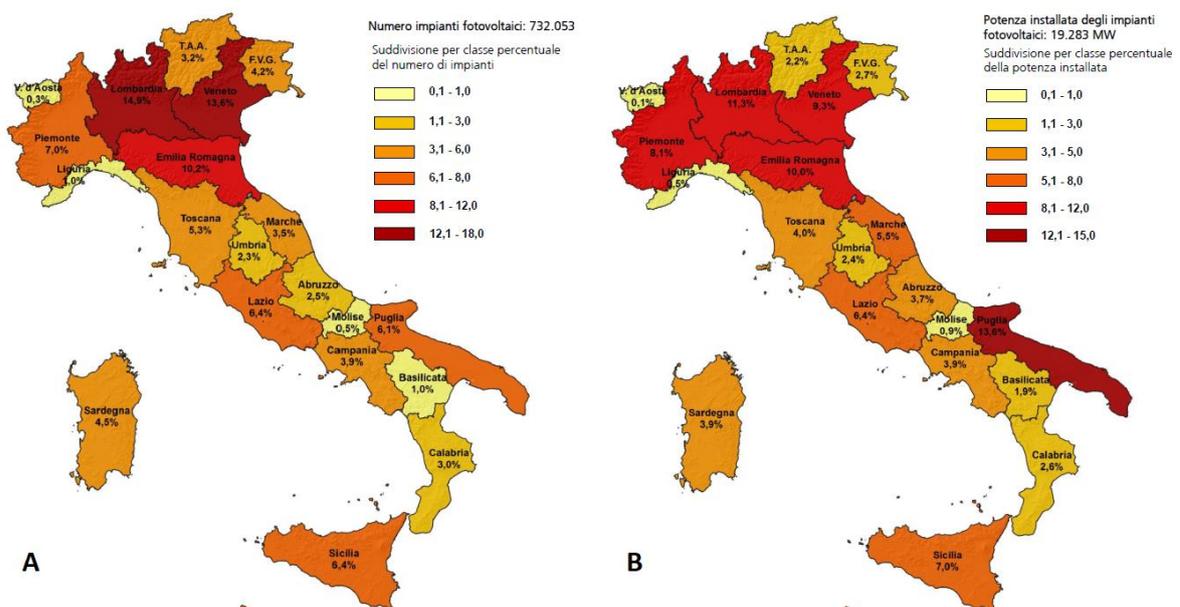


Figura 26: número de sistemas fotovoltaicos (A), potencia instalada (B).

La potencia instalada se concentra en un 44% en el norte, un 38% en el sur y un 18% en el centro de Italia. Puglia, con 13.6%, presenta la mayor contribución al total nacional, seguida de Lombardía con 11.3%. Lazio se destaca en el Centro, con el 6,4% de la potencia total instalada.

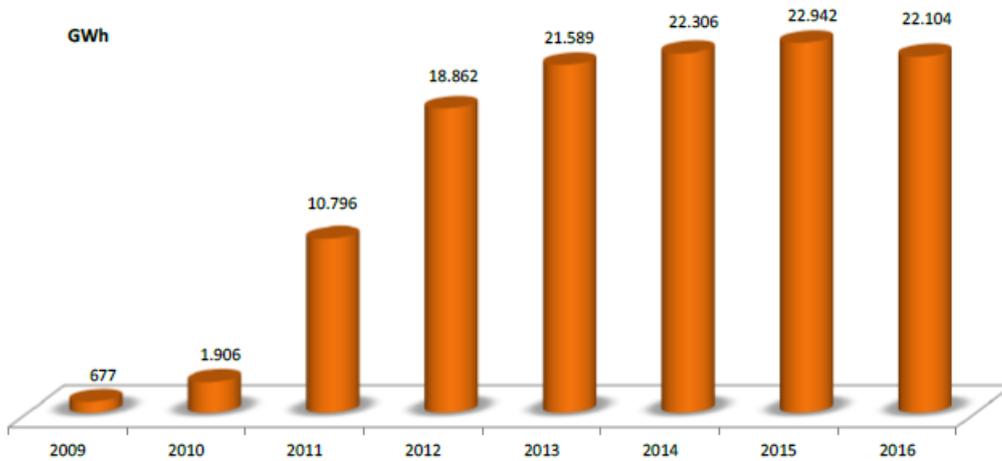


Figura 26: Evolución de la producción fotovoltaica.

En 2016, la producción de sistemas fotovoltaicos en Italia alcanzó los 22.104 GWh; durante el primer año hay una disminución de la producción en comparación con el año anterior (-3,7%). En 2016, la producción fotovoltaica representó el 20,4% de los 108 TWh producidos a partir de fuentes renovables en Italia (fig. 26).

3. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

3.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo de fin de máster será crear un plan para instalar una o más plantas que produzcan electricidad a partir de fuentes renovables para dar servicio a la empresa ubicada en Angri (cerca de Nápoles en Italia). Se analizaron varias posibilidades de intervención para comprender cuál es la más practicable. Después de haber estudiado bien el sitio donde se encuentra la empresa, se descartó la idea de instalar una planta de energía eólica porque la energía eólica no es muy alta y el impacto ambiental de la planta es alto. La hipótesis de una planta de biomasa no es factible porque no hay suficiente espacio para instalar la planta y el depósito. Después de analizar las diversas posibilidades, se decidió instalar un sistema de células fotovoltaicas ya que es la única forma sensata de hacerlo. Posteriormente, el proyecto se desarrolló siguiendo dos caminos; se ha sugerido utilizar paneles con células monocristalinas y policristalinas, de esta forma, al calcular la energía producible y el costo de la planta, se ha llevado a cabo un plan de factibilidad para comprender cuál de las dos hipótesis es la más ventajosa.

Una vez elegida la tecnología fotovoltaica, describiremos mejor su funcionamiento técnico y las reglamentaciones vigentes en Italia.

3.2. ASPECTOS GENERALES DE LA TECNOLOGÍA

La Energía Solar Fotovoltaica es una tecnología que genera corriente continua (potencia medida en vatios o kilovatios) por medio de semiconductores cuando éstos son iluminados. Mientras la luz incide sobre una célula solar, que es el nombre dado al elemento fotovoltaico individual, se genera potencia eléctrica; cuando la luz se extingue, la electricidad desaparece. Las células solares no necesitan ser cargadas como las baterías. Algunas células solares vienen manteniéndose en operación terrestre o en el espacio desde hace 30 años.

La Energía Solar Fotovoltaica presenta ventajas e inconvenientes tanto técnicas como no técnicas. A menudo, las ventajas y desventajas son diametralmente opuestas a las de las centrales convencionales de fuel. Por ejemplo, las plantas de combustibles fósiles provocan emisiones peligrosas para el medio ambiente, usan una fuente limitada, su coste tiende a crecer y no son modulares, es decir, no se pueden hacer plantas pequeñas. La Energía Solar Fotovoltaica no tiene ninguno de esos problemas; por el contrario, tiene la desventaja de su difícil almacenamiento. Por último, coinciden en ser ambas tecnologías muy fiables.

En la Tabla 1 identificamos las ventajas e inconvenientes de la Energía Solar Fotovoltaica. Algunos de estos últimos no son técnicos, sino que están relacionadas con la economía o las infraestructuras, pero pueden compensarse parcialmente gracias a la gran aceptación pública y por los indudables beneficios al medio ambiente. Durante la segunda mitad de los años 90 la producción creció una media del 33% anual y en el siglo XXI lo está haciendo al 40%.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Limpia, renovable, infinita, silenciosa	Gran inversión inicial
Retribuida económicamente la producción para venta a red	Difícil almacenamiento
Subvenciones	Proceso de fabricación de módulos complejo y caro
Corto <i>pay-back</i> de la energía	No competitiva con otras energías en la actualidad
Sin partes móviles y modular	Producción variable según climatología y época del año

Tabla 3: Ventajas e inconvenientes de la Energía Solar Fotovoltaica

3.2.1. BASES FÍSICAS DE LA CONVERSIÓN FOTOVOLTAICA

Las células solares están hechas de materiales semiconductores, que poseen electrones débilmente ligados ocupando una banda de energía denominada “banda de valencia”. Cuando se aplica un cuanto de energía por encima de un cierto valor a un electrón de valencia, el enlace se rompe y el electrón pasa a una nueva banda de energía llamada “banda de conducción”. Mediante un contacto selectivo, estos electrones pueden ser llevados a un circuito externo y realizar un trabajo útil, perdiendo así la energía captada y regresando por otro contacto a la banda de valencia con la energía inicial, anterior al proceso de absorción de un fotón luminoso. El flujo de electrones en el circuito exterior se llama corriente de la célula y su producto por el voltaje con el que se liberan los electrones por los contactos selectivos determina la potencia generada. Todo esto ocurre a temperatura ambiente y sin partes móviles, pues las células solares, que convierten en electricidad sólo una parte de la energía de los fotones absorbidos se calientan sólo unos 25-30°C por encima de la temperatura ambiente. La estructura típica de una célula solar es una unión pn similar a los diodos semiconductores, pero no necesariamente la única posible. En las aplicaciones fotovoltaicas, las células solares se interconectan y encapsulan en elementos llamados módulos fotovoltaicos, que es el producto final vendido al usuario. Estos módulos producen corriente continua que suele transformarse en corriente alterna, más útil, mediante un dispositivo electrónico llamado inversor u ondulator. El inversor, las baterías recargables, en caso de que se necesite almacenamiento, las estructuras sobre las que se montan y orientan los módulos así como otros elementos necesarios para construir un sistema fotovoltaico (FV) se llama BOS (Balance of System), que significa, sencillamente, “resto de sistema”.

3.2.2. HISTORIA

Aunque ya en el siglo XIX se descubrió el efecto fotovoltaico (Becquerel, 1839) y se hicieron dispositivos funcionando con selenio (Frits, 1883), el primer dispositivo funcional, una célula de silicio de unión pn del 6% de eficiencia no fue realizado hasta 1954 en los laboratorios Bell (USA). El mismo año en laboratorios de la fuerza aérea se obtuvo una célula de heterounión Cu₂S/SCd también del 6%. En 1960 varios autores, entre los que se incluye el premio Nobel Schockley, desarrollaron la teoría fundamental de la célula solar en todos sus aspectos más relevantes:

Materiales, espectro de la radiación, temperatura, termodinámica y eficiencia. Las células solares fueron empleadas por rusos y americanos en sus satélites artificiales demostrando su fiabilidad. En 1972 suceden dos hechos importantes: El primero es la creación de la Agencia de Desarrollo e Investigación en Energía (USA), la primera organización promovida y sostenida por un gobierno en el mundo, y, en segundo lugar, el embargo petrolífero impuesto por los productores de petróleo del Golfo Pérsico. Este hecho sacudió intensamente a los países industrializados, de modo que muchos gobiernos, incluido el de España, iniciaron programas para favorecer la aplicación de las energías renovables, en especial, la solar.

Hasta 1980 la Industria no empezó a madurar, basándose en la tecnología de células de unión pn de silicio. Los desarrollos fabriles en película delgada, como el silicio Amorfo (a-Si) y las heterouniones CuInSe₂ encontraron dificultades insalvables al tratar de obtener módulos de tamaño comercial. Éstas y otras dificultades derivadas del pequeño mercado en los 80 determinaron que muchas compañías cambiaran de dueño, aunque pocas desaparecieron. En 1981 se crea en España Isofotón como spin-off de la Universidad Politécnica de Madrid (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación) que llegaría a convertirse en la segunda de Europa y séptima del mundo a finales de los 90.

Mientras las compañías en Europa y América iban mejorando sus procesos de fabricación y aumentando su capacidad de producción, la Industria japonesa despegó en la producción de módulos convencionales de silicio cristalino así como en la fabricación de células de a-Si para aplicaciones a pequeña escala (relojes, calculadoras, juguetes, etc.) que llegaron al nivel de megavatios en el mercado mundial.

La iluminación pública se mostró como un mercado capaz de mantener la actividad de muchas Industrias durante los 80 por cuanto esa aplicación era ya entonces competitiva con la ejecución del tendido eléctrico soterrado. Otras de las aplicaciones iniciales fue la electrificación rural en asentamientos remotos para ayudar a un tercio de la población mundial a disponer de una modesta cantidad de iluminación y comunicaciones. La mayoría eran instalaciones muy pequeñas, del orden de 10 a 40 W, es decir, unas 100 veces menor que lo requerido en una casa media en el mundo desarrollado. La mayoría de esas instalaciones fueron financiadas por agencias internacionales de ayuda. Visto retrospectivamente, se comprueba que la tasa de fallos fue grande si bien se debió a falta de infraestructura, financiación, distancia cultural, diseño de la estructura de pago y otras razones no técnicas. Pero raramente fallaron los módulos. Desgraciadamente, incluso con los subsidios de las agencias internacionales el coste inicial (100-1000 \$) era excesivo y constituyó la principal barrera a su despliegue. Actualmente, en los países pobres las deficiencias en las infraestructuras eléctricas llevan a que la Energía Solar Fotovoltaica sea una elección técnica y económica más flexible a medio y a largo plazo que el tendido de red eléctrica. Además, una vez puestas en marcha, las instalaciones no están sujetas a las fluctuaciones de los precios de los combustibles fósiles.

En el lado opuesto de la escala de tamaños estuvieron las plantas fotovoltaicas del orden de MW's instalados en los países desarrollados por las compañías eléctricas en los 80 para evaluar su potencial en dos aplicaciones: Como suministradores de potencia en los picos de carga (al mediodía) y como generadores distribuidos para reducir las pérdidas de transmisión y distribución. Las compañías americanas, que iniciaron estas pruebas a escala de central, perdieron el interés a finales de los 90 cuando el gobierno retiró las tarifas especiales. Por el contrario, en Europa y Japón este mercado empezó a crecer rápidamente gracias a la adopción de importantes ayudas gubernamentales, en forma de tarifas especiales de producción. Así, la

instalación de medianas y grandes plantas fotovoltaicas conectadas a la red está siendo explosiva en estos países.

Por último, hay que mencionar otro importante campo de aplicación de la Energía Solar Fotovoltaica al final de los 90 como es la integración de los módulos fotovoltaicos en los edificios. Ya sea colocados en ventanas, fachadas instalados sobre el tejado, con mayor o menor fortuna en la integración, se desarrolló un mercado enorme mediante el establecimiento gubernativo de tarifas especiales a pagar por la electricidad de origen fotovoltaico generada por particulares en conexión a red. En este marco el propietario recibe del orden de 0,5 \$/kWh por la energía que produce y descarga en la red y paga 0,1 \$/kWh, por la que consume. Este esquema fue establecido en Europa adoptándose mayoritariamente un modelo de centrales grandes conectadas frente al modelo alemán de casas particulares fotovoltaicas. Los bancos alemanes han concedido generosos préstamos para el desarrollo de estas instalaciones, y algo parecido están haciendo las instituciones de crédito públicas y privadas de España. Este sencillo esquema es el responsable del extraordinario y explosivo crecimiento del mercado y de la capacidad de producción y también, desgraciadamente, de la escasez transitoria de silicio ultrapuro con el que fabricar las obleas sobre las que se constituyen las células. Con todo, la reacción no se ha hecho esperar y la capacidad de producción de silicio, ya dedicada al sector fotovoltaico, está aumentando.

En Japón el éxito también ha sido abrumador. Allí, se concede una subvención del 30% del coste de la instalación y luego, se remunera el consumo neto, que es la diferencia entre el consumo total y la producción propia. Sorprendentemente, aún cuando el apoyo del gobierno japonés bajó, el mercado fotovoltaico en las casas particulares ha seguido creciendo de forma notable.

3.2.3. EVOLUCIÓN DE COSTES, MERCADOS Y PRODUCCIÓN

La investigación desde 1960 a 1980 se centró en hacer un producto fotovoltaico más y más eficiente, que produjese más potencia. El aumento de eficiencia de células y módulos fue impresionante. Además, los costes bajaron drásticamente al pasar de piloto a producción semiautomática. Aunque la cifra importante del coste es el \$/kWh, la relación \$/Wp se usa muy frecuentemente. Los módulos son medidos y especificados en “vatios de potencia pico”. Esa es la potencia que proporciona un módulo a una carga perfectamente adaptada cuando una luz incidente de 1 kW/m² y un espectro determinado caen sobre él mientras las células se mantienen a 25°C. Los módulos se pagan, en general, respecto a esa potencia pico, pese a que las condiciones estándar no se dan prácticamente nunca en las aplicaciones.

La figura 27 muestra la evolución de la producción y el coste del vatio pico en los últimos años. Las curvas son típicas de las nuevas tecnologías: Precios altos al principio como causa de una baja producción y un reparto de costes entre las pocas unidades vendidas. En este período sólo pueden usarla las aplicaciones nicho (telecomunicaciones remotas, satélites, estaciones meteorológicas, aplicaciones militares e incluso programas de desarrollo humano en áreas remotas y bombeo de agua). Luego, a medida que aumenta la producción bajan los precios, con lo que se amplía el mercado con la aparición de nuevas aplicaciones, mientras que los precios disminuyen más lentamente. Una vez se alcanza cierto precio, se abre un horizonte de mercado masivo, que ofrece oportunidades a los nuevos inversores para financiar el aumento de la capacidad productiva.

La relación entre la producción acumulada en MW y el precio en \$/Wp puede describirse con lo que se denomina “curva de experiencia” o learning curve. La curva de experiencia para la tecnología de módulos fotovoltaicos se muestra en la figura 28. De ella se deduce un “factor de experiencia” de 0,18, es decir, que los precios caen un 18% cada vez que se dobla la producción acumulada. Por tanto, si continúa a este ritmo el precio de 1\$/Wp se alcanzaría para una producción acumulada de 10^5 MWp.

Hay que aclarar que pese a ser un crecimiento espectacular el de los módulos fotovoltaicos (del 33% anual desde 1995-2000 y del 40% en el siglo XXI), el factor de experiencia del 19% es bastante mediocre. Por ejemplo, el de las memorias de semiconductor es del 32%, si bien para la tecnología eólica es sólo del 15%. Siendo así que la tecnología fotovoltaica no está reduciendo los precios muy eficazmente, se piensa que se debe sostener un I+D, que busque ideas innovadoras capaces de reducir los precios más allá del camino seguro de la curva de experiencia.

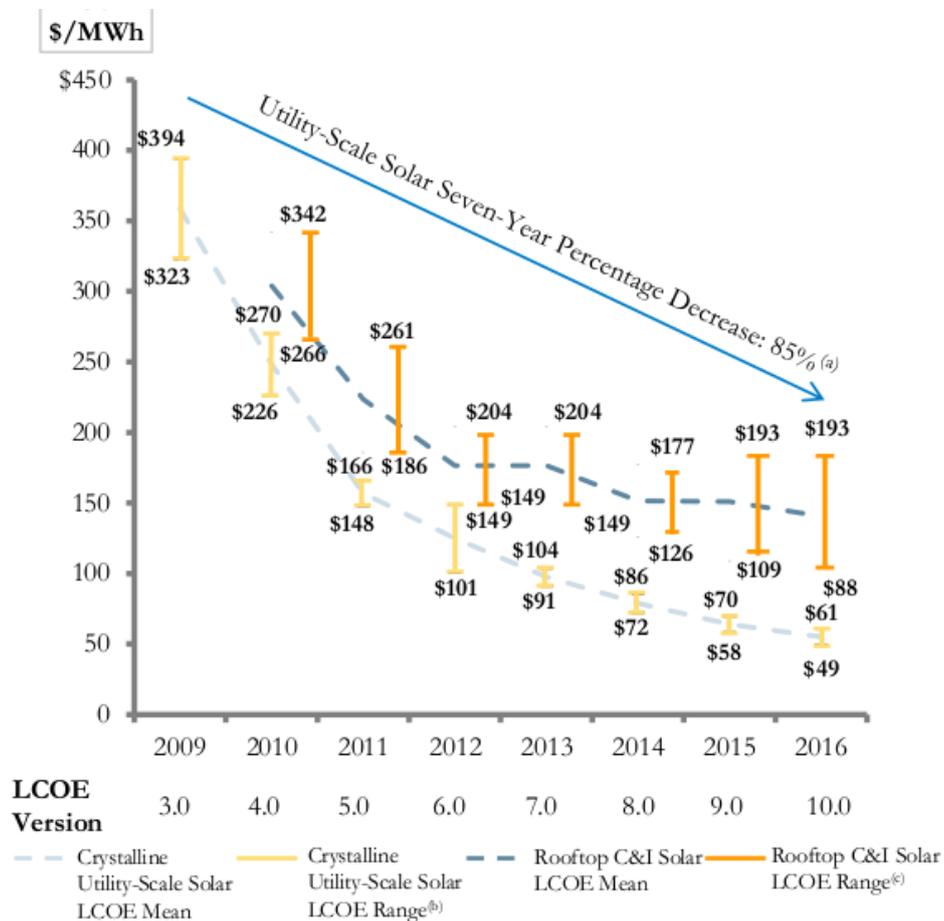


Figura 27: Evolución de la producción y el coste del vatio pico.

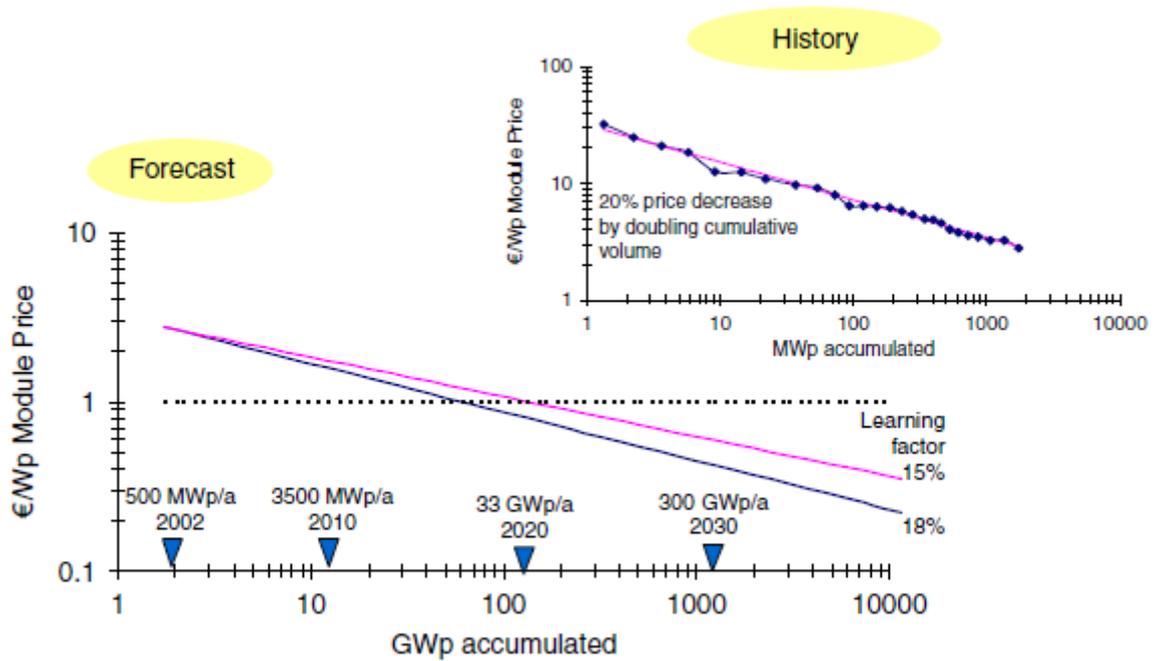


Figura 28: Curva de experiencia para la tecnología fotovoltaica.

3.2.4. LA TECNOLOGÍA Y LA INDUSTRIA SOLAR FOTOVOLTAICA: PRESENTE Y FUTURO

Puesto que el objetivo global de la tecnología fotovoltaica es producir sistemas fotovoltaicos de bajo coste, es obvio que se precisa algo más que células eficientes y baratas: Se necesita también un BOS eficiente y de bajo coste que incluya los elementos de montaje, electrónica de acondicionamiento de potencia, fusibles, cables, acumuladores, seguimiento del sol, etc. Sobre estas áreas se ha hecho mucha menos I+D que sobre las células y los módulos, de modo que existe una perspectiva de reducción de precios y aumento de la fiabilidad notables en el futuro. Vamos seguidamente a revisar los principales componentes del sistema y sus alternativas presentes y futuras.

3.3. LAS CÉLULAS SOLARES: CARACTERÍSTICAS, TIPOS Y DESARROLLO

Es el dispositivo en el que se produce la conversión de luz en electricidad gracias a las propiedades de los semiconductores por una parte y a las estructuras (unión pn, heterounión, interfaz sólido-electrolito, etc.) que permiten extraer los electrones excitados de la célula, antes de que vuelvan a su estado de equilibrio térmico, hacia un circuito exterior para que realicen un trabajo.

La célula solar utiliza un haz de fotones a 6000°K, es decir, opera como una máquina térmica cuya fuente caliente, la caldera, estuviera a esos 6000°K. En una central térmica se calienta agua para crear vapor a 900°K, y en el caso de las centrales termosolares, el gas de 6000°C se degrada para calentar el agua a 700- 800°K. Atendiendo al principio de Carnot la eficiencia que se puede conseguir en la superficie de la tierra con el gas de fotones solar sería del 95%. Ciertos efectos

de reemisión de fotones dejan esta cifra máxima en el 87%. Para las centrales térmicas esas eficiencias ideales máximas son del 66% y el 60%, respectivamente.

Así que el potencial en eficiencia de la conversión fotovoltaica es el mayor imaginable puesto que una caldera de 6000°K no es realizable con ningún material: Todos se funden a menores temperaturas. Por otra parte, el proceso de conversión se realiza sin partes móviles, ni fluidos, ni bombas.

Las células más utilizadas son las realizables en silicio cristalino y silicio multi- cristalino en las que se han realizado una unión pn y contactos en ambas caras. Estas células proporcionan aproximadamente 0,5 Voltios y una corriente de 35 mA/cm² cuando son iluminadas por el sol en un día claro a 1000 W/m² que se toma como irradiancia de referencia estándar. Ambos materiales utilizan silicio ultrapuro como el empleado en la Industria microelectrónica, de cuyos excedentes se ha nutrido la Industria fotovoltaica hasta hoy.

La estructura multicristalina se forma por solidificación de crisoles de gran tamaño (hasta 500 kg) y se diferencia del monocristal en que el tamaño del grano es de varios milímetros. Su coste por oblea y su eficiencia son menores, de modo que el precio por vatio pico es prácticamente el mismo. Sin embargo, se tiende a la producción creciente de material multicristalino en espera de reducciones reales de coste.

La segunda tecnología de células digna de mención se agrupa bajo el término común de “células de capa delgada” o thin film solar cells, si bien bajo esta denominación se engloban tecnologías muy distintas. Las más notables por sus resultados actuales y el desarrollo industrial iniciado son las células realizadas sobre CdTe (Teluro de Cadmio), a-Si (Silicio amorfo) y Cu(InGa)Se₂ (CIGS), ordenadas de menor a mayor eficiencia obtenidas en laboratorio. La principal característica de la Energía Solar Fotovoltaica de capa delgada es la posibilidad de lograr un bajo coste más que su excelente eficiencia. Su eficiencia récord siempre fue la mitad que la lograda en silicio monocristalino.

Otra tecnología es la denominada “células de silicio pelicular” o Si-sheet solar cells, que es un tipo de célula realizado por una sola compañía (Astropower) consistente en silicio policristalino fabricado al estilo de capa delgada.

Por último, están las células más eficientes jamás logradas, denominadas células multiunión y que son, en realidad, varias células de distintos materiales construidas monolíticamente, es decir, en un solo monocristal continuo. Se ha alcanzado con ellas una eficiencia de 40,7% bajo luz concentrada. Estas células, intrínsecamente caras, se usan en el espacio y ahora “han bajado a la tierra” para ser utilizadas con sistemas de concentración para generación en plantas conectadas a red. Varias compañías están industrializando estas células y los concentradores para satisfacer los primeros contratos mundiales, promovidos por el ISFOC (Instituto de Sistemas Fotovoltaicos de Concentración) en Puertollano, como primer paso para demostrar su eficiencia y operación en campo.

La figura 29 muestra la fantástica evolución de la eficiencia (récores de laboratorio) de cada tecnología en los últimos 40 años. Asimismo, demuestra que hay muchas tecnologías con posibilidades de lograr altas eficiencias. Pese a todo, vemos en la figura 30 que el 90% de los módulos producidos en el mundo son de c-Si o multi c-Si y hay un incremento del silicio policristalino pelicular (Si-sheet).

Cerca del 10% restante de las ventas se centra en Thin film, es decir, en células de silicio amorfo o silicio-germanio amorfos.

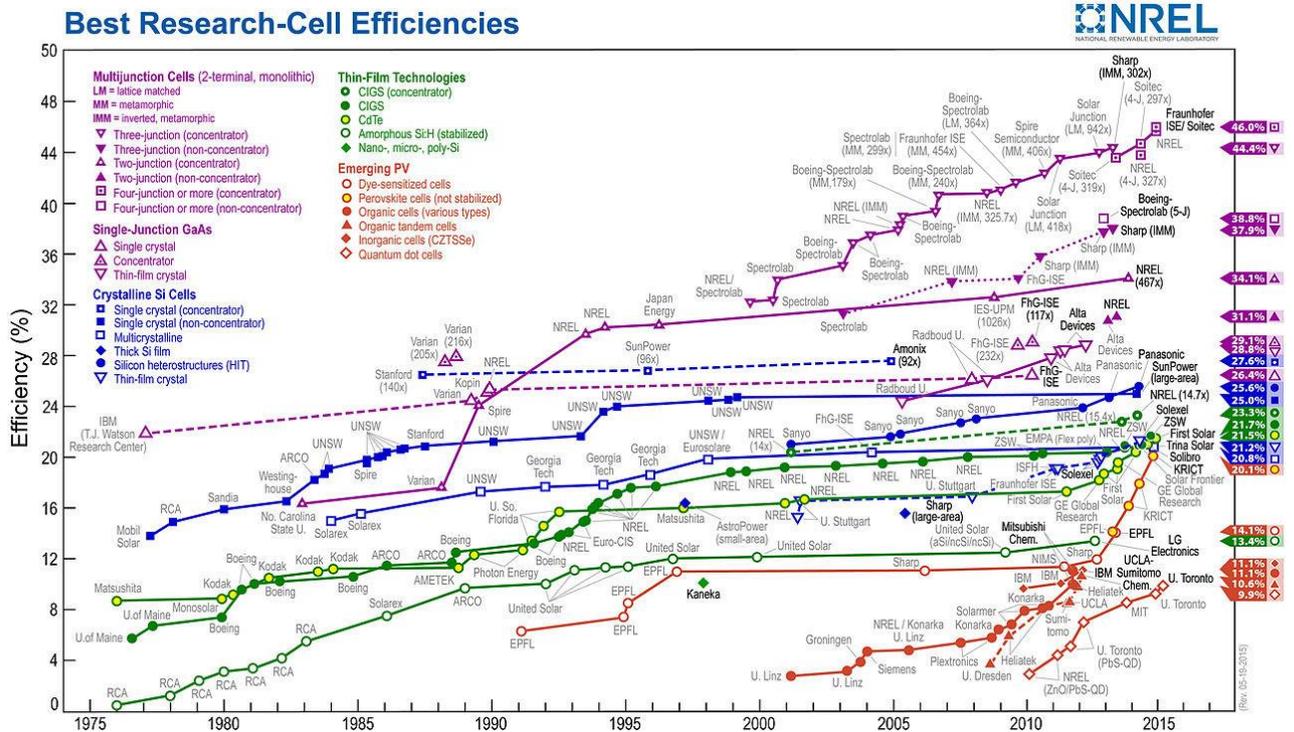
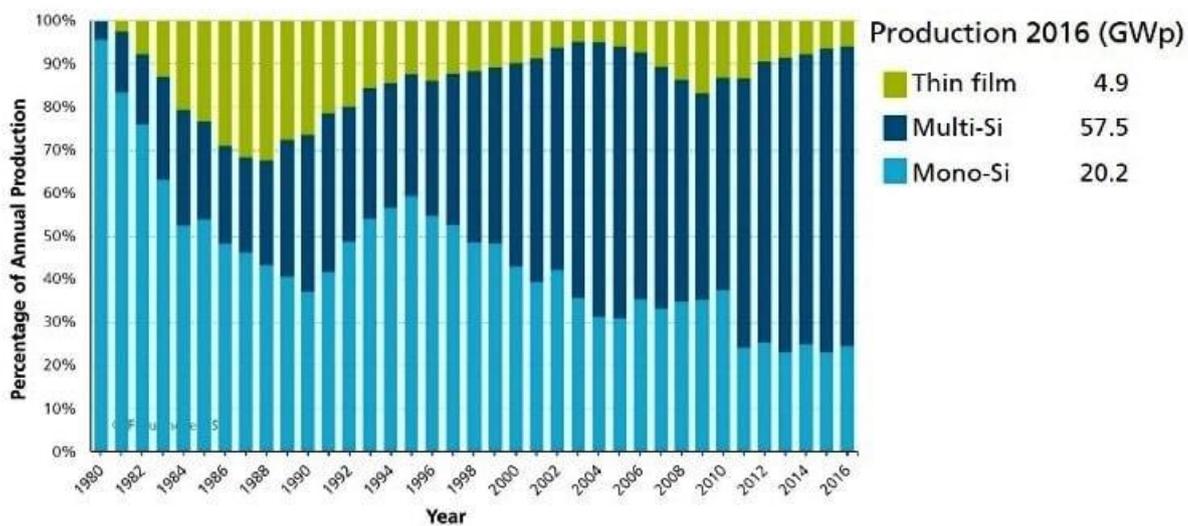


Figura 29: Evolución de la eficiencia de las diferentes tecnologías.

La importancia de la eficiencia del dispositivo frente a la reducción de coste de la célula solar, es que al aumentar aquélla disminuye proporcionalmente la superficie de colector (vidrio, encapsulante), soportes, terreno, cables, transporte, instalación, etc. Como cifra mágica se suele decir que ninguna tecnología con eficiencia menor del 10% tiene sentido en ningún nicho de aplicación frente a las demás.

PV Production by Technology Percentage of Global Annual Production



Data: from 2000 to 2010: Navigant; from 2011: IHS (Mono-/Multi- proportion from cell production). Graph: PSE AG 2017

© Fraunhofer ISE

Fraunhofer
ISE

Figura 30: % de producción de diferentes tecnologías.

Por último nos preguntamos quiénes fabrican los módulos fotovoltaicos. La figura 31 responde a esta pregunta agrupando los productores mundo.

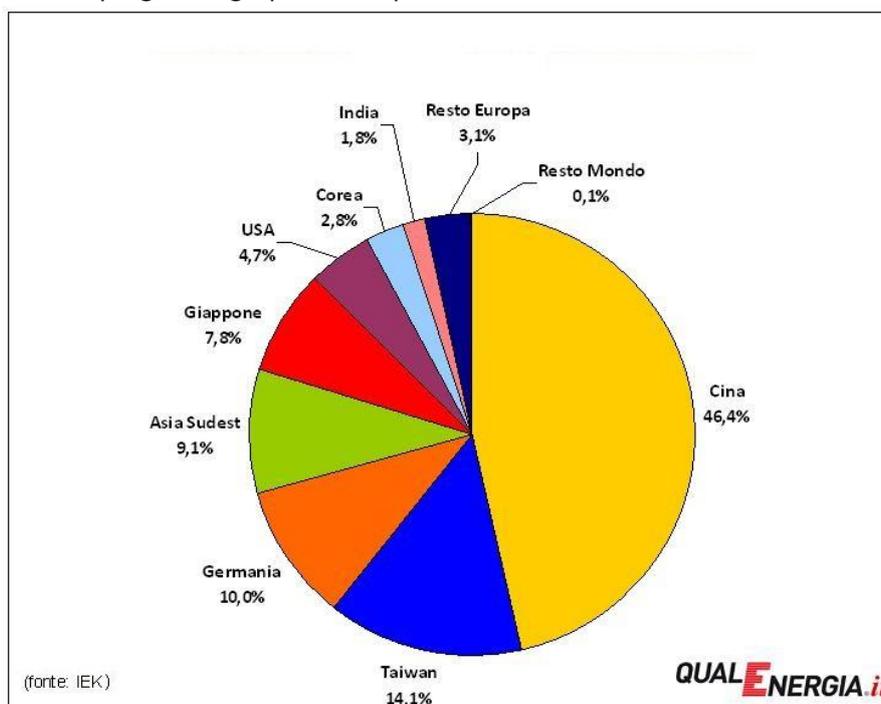


Figura 31: Principales productores de módulos fotovoltaicos.

La producción europea actual está hoy dominada por Alemania, seguida de España. En 2001, España era líder y muy por detrás se hallaban Francia, Italia y Holanda. En el gráfico no se indica el lugar de destino final de los paneles: El 70% de los paneles de USA y el 80% de los españoles se exportan.

3.3.1. LA TECNOLOGÍA DE REFERENCIA: CELULAS DE SILICIO CRISTALINO

Su éxito diferencial se basa en la abundancia del material en la corteza terrestre y en el conocimiento previo que se tiene del mismo desde 1960 por el esfuerzo inversor en relación a su uso en la microelectrónica. Desde el punto de vista fotovoltaico el valor de su banda prohibida (1,1 eV) es muy adecuado para la conversión de la luz solar en electricidad. Al ser un semiconductor de banda indirecta se necesita un espesor notable (≥ 100 micras) para absorber la luz pero su fragilidad determina que las células solares se construyan sobre obleas de 300 micras.

Para que los electrones elevados a la banda de conducción no vuelvan a la banda de valencia, antes de que podamos sacarlos para realizar un trabajo, se necesita que el material útil sea de una gran pureza y de gran perfección estructural, por eso se emplea un material de calidad microelectrónica y obleas monocristalinas. También es válido obtener obleas con cristales grandes, de varios mm.

En el proceso de cortado de los monocristales o multicristales se pierde mucho material. Una de las vías de abaratamiento más recientes consiste en obtener y procesar obleas de 150 micras. Para obviar el proceso de corte de las obleas a partir de las barras monocristalinas o multicristalinas, se han desarrollado procedimientos que permiten obtener, directamente desde el baño de silicio fundido cintas planas continuas, aunque su extracción y enfriamiento para obtener la calidad estructural necesaria es lenta y crítica.

El reparto de costes de un módulo basado en células de silicio se muestra en la figura 32:

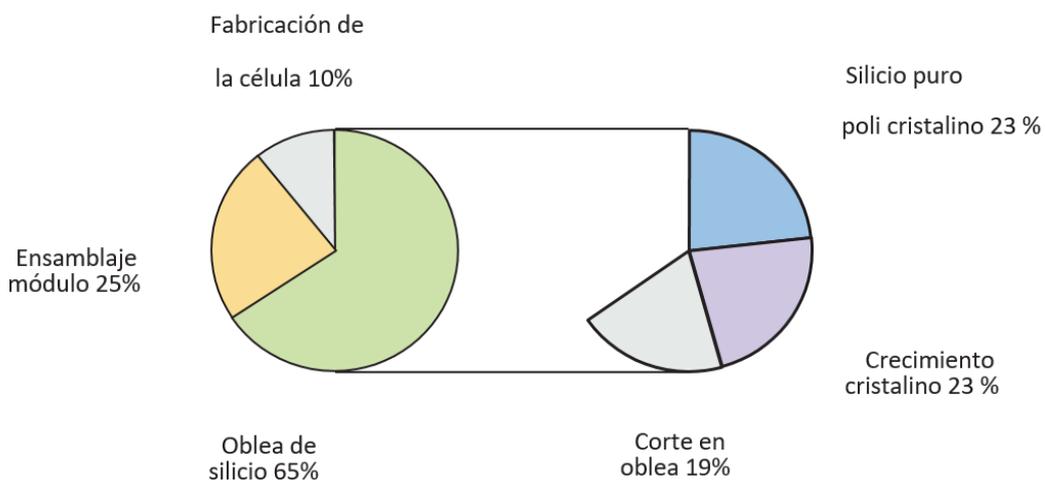


Figura 32: Reparto de costes de un módulo de silicio.

Recientemente se han reportado algunas ventas de hasta 2,6 \$/Wp si bien las hay muy por encima de este precio a causa de la circunstancial escasez de silicio de los dos últimos años. Los intentos de obtener un polisilicio más barato chocan con el hecho de que sólo representa el 23% del coste (ver figura 9), de modo que si el polisilicio más barato rebajara la eficiencia final podría ser contraproducente porque aumentarían los costes restantes que representan el 77%.

Si extendemos esta consideración al sistema fotovoltaico completo, ya instalado, vemos que el peso total del material es sólo del 10%, de modo que el impacto del precio del poli-silicio es todavía bajo.

En el laboratorio se han obtenido células de Si del 25% con estructuras casi ideales. Sin embargo, con los procesos de fabricación establecidos por la Industria se tienen hasta el 15% para silicio monocristalino y 13% para multicristalino. En los módulos se reducen a 14 y 12%, respectivamente.

El enorme margen de eficiencia entre el producto industrial actual y los resultados del laboratorio sugiere que van a aparecer nuevos procesos capaces de alcanzar el nivel de 18-20% (BP Solar y Sanyo ofrecen ya células del 17 y 18% en producción).

Con todo, la clave de una producción rentable reside en el rendimiento de producción, esto es el porcentaje de obleas que acaban convirtiéndose en células solares. Esta cifra es del 95%. Muchas tecnologías supuestamente baratas fracasan en este aspecto al obtener un alto nivel de rechazo o rotura.

En la figura 33 puede observarse la estructura de una célula solar y de un módulo:

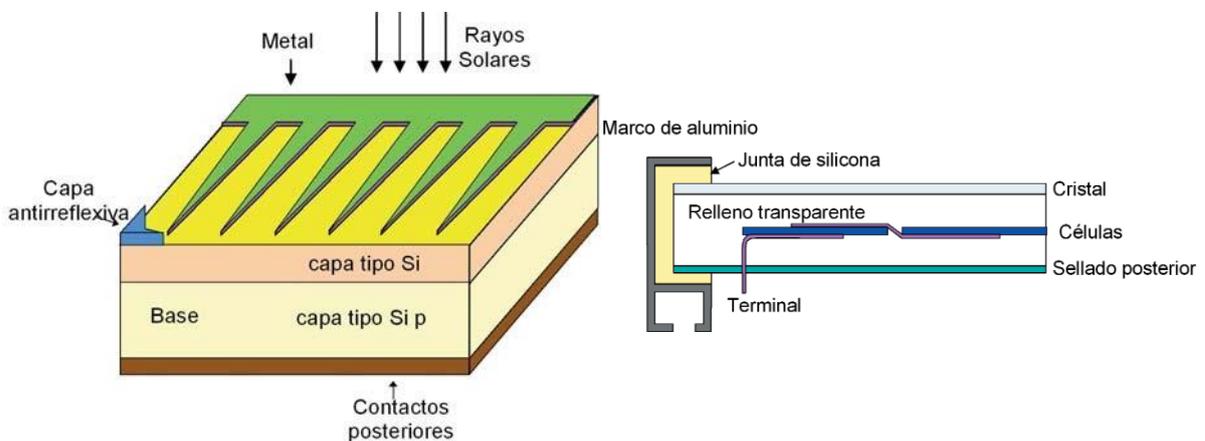


Figura 33: Esquema de una célula solar y de un módulo fotovoltaico.

3.3.2. EL RESTO DEL SISTEMA

Un sistema fotovoltaico consiste en más cosas que sólo módulos fotovoltaicos que contienen las células. Requiere otros elementos que se conocen genéricamente como BOS. Lo constituyen, típicamente, el acumulador electroquímico en caso de algunos sistemas aislados de la red, la unidad de control y el inversor (equipo electrónico), la estructura mecánica de soporte, el cableado eléctrico y los dispositivos de protección (fusibles, tomas de tierra e interruptores).

El reparto de costes de una instalación aislada con acumulación, se muestra en la figura 34. Vemos que los módulos representan aproximadamente un cuarto del coste total, siendo el coste de las baterías superior al de los módulos, sobre todo si se incluye la reposición periódica durante 20 años de operación. Así pues, aunque los módulos fueran gratis, sólo reduciríamos el coste de las estaciones aisladas en un 25%. Afortunadamente, muchas aplicaciones no necesitan acumuladores (bombeo de agua, riego, conexión a red) y están libres de esta carga económica.

Brevemente diremos que las baterías más usadas y más convenientes son las de plomo-ácido

para aplicaciones “estacionarias” o de “descarga profunda”. Éstas permiten, a diferencia de las usadas en el automóvil, una descarga porcentual muy importante y funcionan eficientemente durante mucho tiempo, hasta 10 ó 12 años si son mantenidas adecuadamente.

Un elemento imprescindible para mantener las baterías en buen estado es el regulador de carga, un equipo electrónico que impide la sobrecarga y evita la sobredescarga. En los sistemas híbridos tipo generador diésel-fotovoltaico o eólico-fotovoltaico, se utiliza un sofisticado sistema de control para conectar uno u otro sistema según lo planificado, y también para priorizar las cargas manteniendo activas las esenciales en caso de escasez.

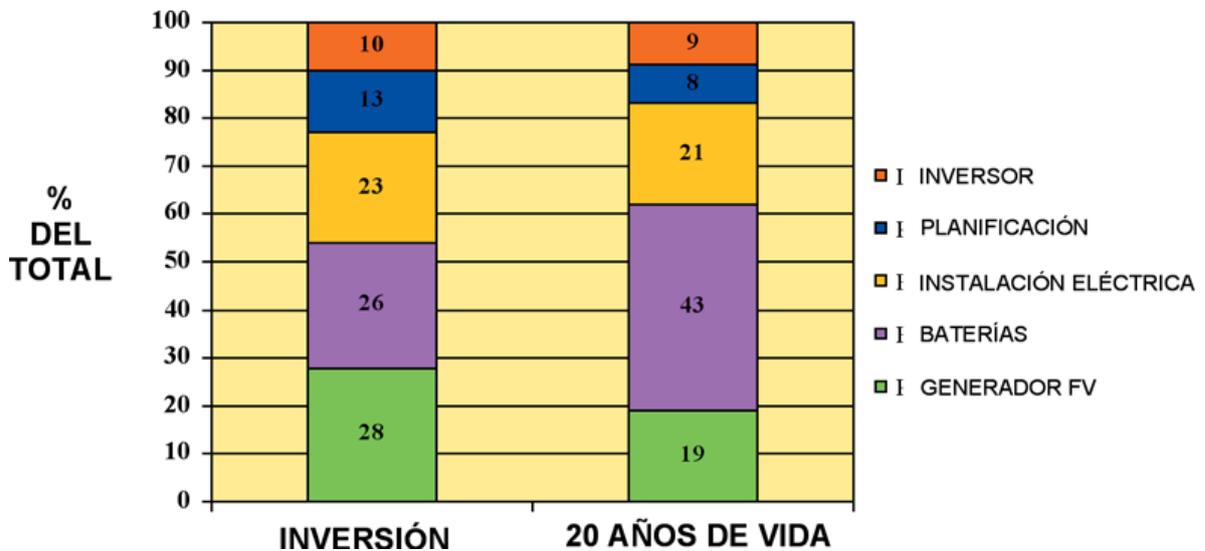


Figura 34: Reparto de costes en una instalación aislada.

Los inversores, en las instalaciones domésticas aisladas, convierten la energía eléctrica continua en alterna para permitir el uso de electrodomésticos convencionales; en la conexión a red el inversor no sólo convierte la energía continua en alterna sino que adapta la carga a la máxima potencia disponible en el generador fotovoltaico la cual, obviamente varía con la irradiancia incidente y con la temperatura de las células. Ambas acciones se realizan en tiempo real y además el inversor realiza servicios de supervisión, alarma de aislamiento, medidas de potencia, y en un futuro próximo la detección de módulos en estado de mal funcionamiento. Si bien el coste del inversor es elevado como corresponde a un equipo electrónico de producción limitada, se espera que pueda reducirse sustancialmente. Sin embargo, la estructura mecánica de soporte será el segundo elemento de coste, después de los módulos, y será además difícil de reducir.

La figura 35 muestra la distribución de costes de construcción de una gran planta fotovoltaica conectada a la red con dos tecnologías de futuro, una con módulos planos de capa delgada CIS y otra con concentradores y células de silicio operando a 500 soles.

La figura 36 muestra la influencia de la eficiencia en el precio para las distintas tecnologías disponibles, aunque no todas en el mismo tramo de energía. Las curvas se han dibujado hasta los máximos valores de eficiencia esperables para cada tecnología.

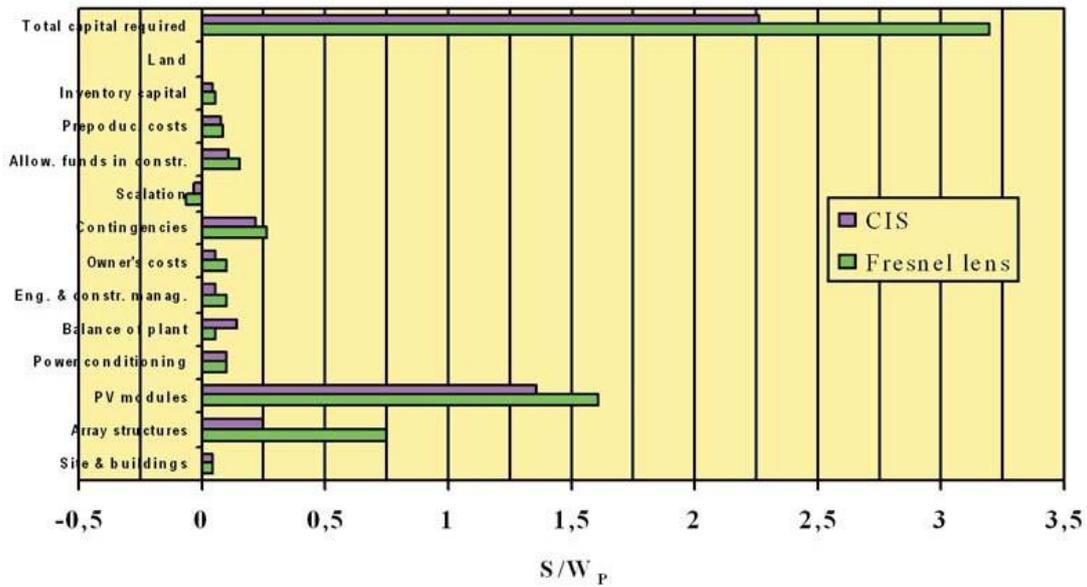


Figura 35: Reparto de costes en una instalación conectada.

Por último, mostramos la Tabla 4 en la que se calcula el coste de la energía fotovoltaica producida por varias tecnologías. En ella se incluyen los concentradores de futuro, aunque ahora ya se están industrializando en Europa, Asia y USA. Vemos que, en el mejor de los casos, el coste de la fotovoltaica es el doble del actual precio medio de la electricidad, pero este precio puede ser atractivo para las compañías eléctricas porque la Energía Solar Fotovoltaica puede cubrir el suministro durante los picos de demanda (coincidentes con el sol tanto en la Industria como en el aire acondicionado) en los cuales los costes de producción convencionales son mucho mayores que 5c\$/kWh. Además los precios de la electricidad convencional tienden a subir y la reducción de emisiones de CO2 se consigue con esta energía.

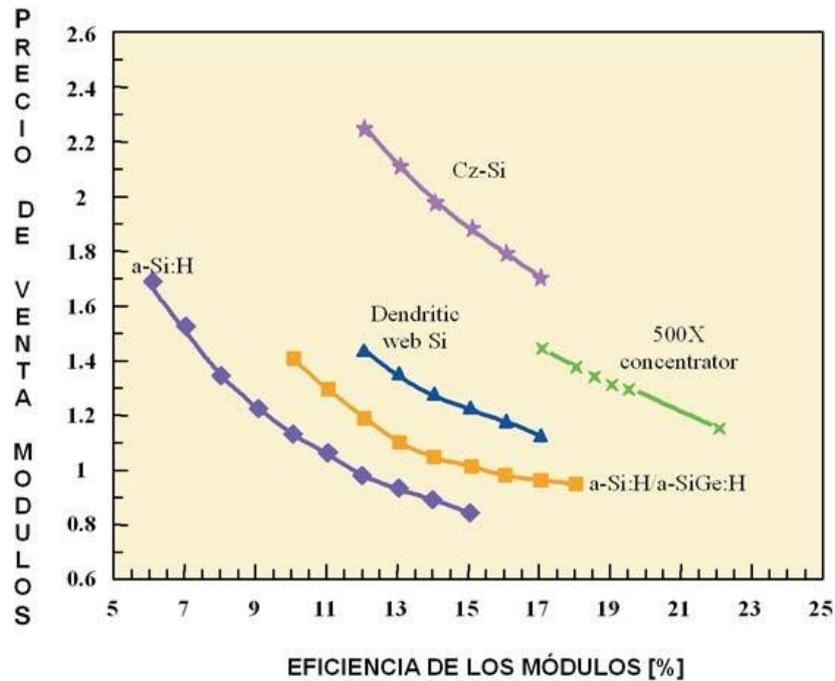


Figura 36: Eficiencia versus precio para diferentes tecnologías.

	Concentradores Lentes de Fresnel	CIS
Energía producida (MWh)	140100	112000
Coefficiente de capacidad	32.0%	25.8%
Eficiencia anual energética	18.8%	9.9%
Gastos anuales (\$10⁶)		
Precio	16.69	11.95
Costes de operación y mantenimiento	0.61	0.18
Total	17.30	12.13
Coste de energía a 30 años		
Precio	0.119	0.106
Costes de operación y mantenimiento	0.004	0.002
Total (\$/kWh)	0.123	0.106

Tabla 4: Coste de la energía fotovoltaica para varias tecnologías

3.4. TIPOLOGÍA DE PROYECTOS TÉCNICOS

Las instalaciones fotovoltaicas operan de dos modos principales:

- Conectadas a red: La producción eléctrica obtenida se inyecta a la red eléctrica para su venta a las compañías distribuidoras.
- Aisladas de red: La producción eléctrica resultante se emplea para el autoconsumo.

Los escenarios de aplicación son muy amplios y variados. En general, un sistema conectado a red se compone de los módulos fotovoltaicos y la estructura soporte que conjuntamente integran el generador fotovoltaico, el inversor, las protecciones en Baja Tensión y el contador eléctrico, si la conexión se realiza en Baja Tensión. Si se conecta en Media Tensión, se precisará adicionalmente un Centro de Transformación y protecciones en Media Tensión. Al estar compensada económicamente la inyección en red de la energía eléctrica producida por un sistema fotovoltaico, un elemento clave de una instalación conectada a red será el inversor, que deberá funcionar con seguridad y eficiencia. El contador será el dispositivo encargado de medir la energía eléctrica vertida a red para su posterior retribución económica.

Los elementos generales que componen un sistema fotovoltaico aislado de red son los módulos fotovoltaicos, el regulador de carga, la batería y el inversor. Los sistemas de acumulación o baterías son necesarios para almacenar la energía eléctrica producida que no se utiliza inmediatamente o cubrir la demanda energética en ausencia de producción. El regulador de carga es el elemento que controla el estado de la batería ante posibles problemas de sobrecargas excesivas o descargas. El inversor o convertidor de corriente continua a alterna transforma la corriente continua a una corriente alterna adecuada para el consumo

3.4.1. INSTALACIONES CONECTADAS A RED

Las instalaciones conectadas a red representan hasta el 89% de la potencia instalada en el mundo y constituyen, por tanto, el motor de desarrollo del sector y la vía de implantación en el sistema energético de los países desarrollados que verán así aumentar su seguridad energética y reducir el impacto ambiental. Por otra parte, esta actividad representa un importante negocio y factor de desarrollo económico.

Disociando las partes de un proyecto tipo de conexión a la red, atendiendo a su aspecto económico, encontramos las siguientes:

- Generador fotovoltaico
- Acondicionamiento de potencia
- Obra civil y otras actuaciones en suelo y edificación
- Sistemas complementarios
- Unidad de transformación y conexión a la red (la unidad de transformación es necesaria si la conexión es en Media Tensión)

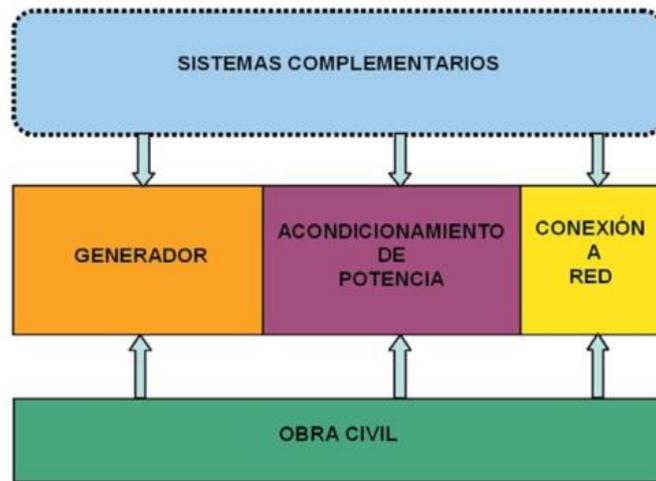


Figura 37: Partes de un proyecto tipo de conexión a red.

3.4.2. INSTALACIONES SOBRE SUELO

Bajo esta denominación se agrupan a todas las plantas instaladas sobre suelo. Las denominadas huertas, granjas, viñedos o parque solares son grandes centrales generadoras de potencia que agrupan estaciones individuales de pequeña potencia, en torno a los 100 kWp que comparten infraestructuras y servicios, convirtiéndose en auténticas plantas generadoras para la venta de la producción a las compañías eléctricas, que gracias a la modularidad pueden llegar a ocupar muchas hectáreas. Las instalaciones individuales pueden ser propiedad de una empresa, entidad o de un particular. Esta modalidad de instalación implica una serie de ventajas para los propietarios ya que los gastos administrativos, de gestión, de mantenimiento y vigilancia se reducen al aprovecharse recursos y servicios comunes. Es la solución para los que quieren invertir en energía pero no disponen de terrenos adecuados para ello. A continuación se presentan los componentes típicos de una instalación fotovoltaica:

Generador fotovoltaico

Está compuesto por los paneles y las estructuras de soporte. Aunque la generación de energía se produce en la célula solar, la unidad elemental de uso es el módulo fotovoltaico. Un módulo consiste en un conjunto de células solares interconectadas en serie o combinaciones serie-paralelo que proporcionan una salida eléctrica en corriente continua mediante dos bornas o dos cables. El módulo proporciona rigidez y protección frente al ambiente al conjunto de células e incorpora elementos de seguridad que protegen a éstas del circuito exterior.

Estructuras fijas

Proporcionan una incidencia normal o casi normal de los rayos del sol durante todos el tiempo, de modo que la captación de energía puede aumentar hasta un 35% respecto a la producción con paneles estáticos en determinadas localizaciones. A estas estructuras se las llama también estructuras con seguimiento del Sol (tracking). Suelen estar activadas por motores que mantienen la superficie de los módulos orientada hacia el sol. Para paneles convencionales, una precisión de +/-5 grados es suficiente, de modo que basta controlar el

movimiento con programas de la efeméride solar y sensores de posición angular muy sencillos.

Con el seguimiento se consigue que los inversores trabajen más tiempo cerca de su máxima potencia de modo que su eficiencia es mayor. Asimismo, las estructuras de seguimiento deben ser capaces de soportar vientos de hasta 50 Km/hora. Para ello, se colocan en posición de mínima resistencia a partir de un viento límite. En algunos casos, la disposición de mínima carga es adoptada también por la noche.

Obviamente, las estructuras con seguimiento son más caras que las estáticas pero su uso generalizado cada vez más frecuente, confirma que el aumento de producción compensa el coste adicional que comporta el seguimiento.

Las estructuras de seguimiento pueden clasificarse atendiendo a su geometría o al número de ejes de giro. Así, encontramos sistemas de seguimiento en un eje y en dos ejes. Los sistemas de dos ejes suelen controlar los ángulos de azimut y elevación del sol. La estructura preferida para este tipo de control es el pedestal, aunque la mesa giratoria es también usada. Para seguimiento en un eje encontramos:

- el pedestal de elevación fija, que sólo gira alrededor de un eje vertical en azimut,
- el sistema de eje polar, válido para paneles de unos pocos módulos, que gira alrededor del eje a la velocidad constante del reloj y
- el panel con eje horizontal Norte/Sur.

Además del control de seguimiento por medio de las ecuaciones astronómicas, se usan sistemas de apunte directo al disco solar mediante sensores ópticos que detectan la incidencia no perpendicular de los rayos. Incluso, hay dispositivos térmicos que son capaces de actuar pasivamente sobre la orientación del panel sin necesidad de motores, sólo con el desplazamiento de gases en un circuito neumático.

Inversor

La corriente producida por los paneles fotovoltaicos es continua. Este elemento es el encargado de transformarla a alterna para su consumo. Los inversores comercializados en la actualidad emplean diversas tecnologías. Deben garantizar un funcionamiento automático, el seguimiento del punto de máxima potencia y evitar el funcionamiento en isla, actuando como controlador permanente de aislamiento para la conexión–desconexión automática de la instalación. Dependiendo del tipo de uso de la instalación, aislada a red o conectada, las exigencias variarán. En sistemas conectados a red, será fundamental su capacidad para adaptarse a la red eléctrica, evitando modificar sus características.

Contador

Como la energía se inyecta a red, será necesario el uso de dos contadores, o de un contador bidireccional ubicados entre el inversor y la red, uno para cuantificar la energía que se genera e inyecta a la red para su facturación, y otro para cuantificar el pequeño consumo del inversor fotovoltaico en ausencia de radiación solar, así como garantía para la compañía de posibles consumos que el titular de la instalación pudiera hacer.

Además se contará con una caja general de protección que alojará los elementos de protección de las líneas generales de alimentación.

Asimismo, y sólo en el caso de que la energía inyectada a red sea tal que se precise la conexión en Media Tensión será necesario la incorporación de un centro de transformación y las debidas protecciones en Media Tensión.

Centro de Transformación (CT) y Protecciones de Media Tensión

Es la instalación provista de uno o varios transformadores con la a paramenta y obra complementaria precisa. Sólo es necesario en las instalaciones conectadas a red en Media Tensión (MT). Su función es la de convertir la Baja Tensión (BT) (230/400 V) en MT (15000, 20000 V), incorporando las protecciones en MT.

Un esquema típico de instalación sobre suelo es el siguiente:

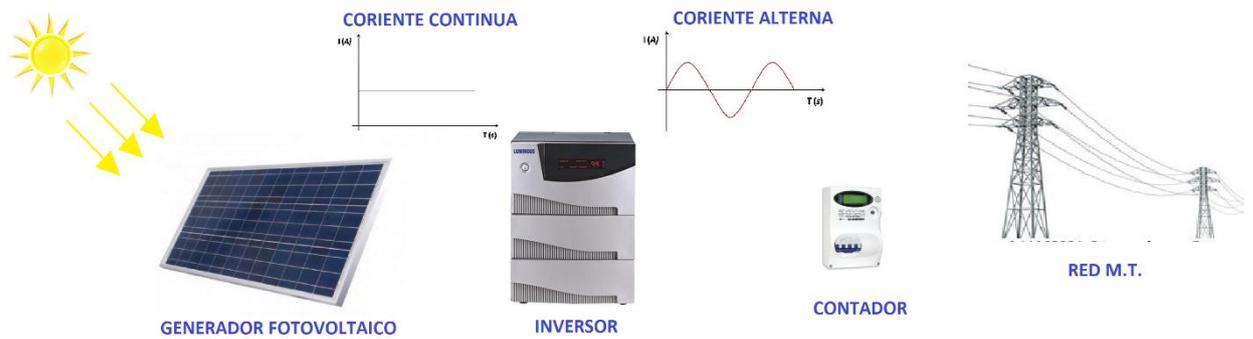


Figura 38: Instalación sobre suelo.

Sistemas Complementarios

La incorporación de sistemas complementarios para el control, supervisión y gestión de estas instalaciones proporciona un valor añadido ya que por una parte se facilita a los inversores información de manera remota del estado de las instalaciones, es un instrumento que optimiza el control de la producción y mejora la seguridad, ya que normalmente se hallan en zonas aisladas fácilmente accesibles a ladrones.



Figura 39: Instalación sobre suelo con paneles fijos.



Figura 40: Instalación sobre suelo con sistemas de seguimiento.

3.4.3. INSTALACIONES SOBRE EDIFICACIÓN

Por ley, todos los edificios nuevos y aquellos afectados por renovaciones importantes deben cumplir con la obligación de producir parte de la energía térmica y eléctrica utilizando fuentes renovables.

El Decreto Legislativo 28/2011 requiere que todas las empresas de construcción y profesionales involucrados en el proyecto cumplan con ciertos límites relacionados con la producción de energía para satisfacer las necesidades del edificio. En particular, se espera que un cierto porcentaje de energía provenga de fuentes renovables. Estos requisitos se refieren tanto al suministro de electricidad como a la potencia térmica requerida para el aire acondicionado de las habitaciones y el suministro de agua caliente sanitaria. Esta disposición fue adoptada de conformidad con la Directiva Europea 28/2009. Antes de examinar en detalle las disposiciones del decreto y los problemas que han surgido hasta ahora de su aplicación, tratamos de comprender las razones detrás de tales medidas legislativas y por qué es tan importante fomentar el uso de fuentes renovables, incluso en edificios residenciales.

Durante décadas, las industrias, las pequeñas empresas y los edificios públicos y privados, incluidos los edificios residenciales, han utilizado casi exclusivamente combustibles fósiles para satisfacer sus necesidades energéticas. A esto se agrega el consumo de combustible por diversos medios de transporte, que da como resultado emisiones nocivas y contaminantes. Con el tiempo, ha quedado claro que las emisiones de los combustibles fósiles han causado un daño ambiental y climático increíble, comenzando con el efecto invernadero y el aumento de las temperaturas, para terminar con las mareas y derretimiento del hielo polar. Por lo tanto, se entiende que es muy urgente y no es posible resolver el problema en el origen y, por lo tanto, identificar nuevas fuentes de energía limpia, lo que permitiría limitar el uso de fuentes contaminantes. Por esta razón, en los últimos años, ha habido una creciente difusión de plantas que explotan fuentes de energía alternativas: el sol, el agua, el viento, el calor Rednido en el aire, en el suelo y en los acuíferos subterráneos. Estas fuentes, además de ser limpias y no contaminantes, también son renovables, prácticamente inagotables. Este aspecto también se opone a la explotación de fuentes fósiles como el carbón, cuyos depósitos están casi agotados y requieren cada vez más energía para las actividades mineras.

Con el tiempo, incluso los ciudadanos privados han comenzado a comprender los beneficios del uso de fuentes renovables. De hecho, los paneles solares de sistemas fotovoltaicos, un sistema solar térmico o una bomba de calor no solo garantizan la protección del medio

ambiente, sino que también han demostrado ser muy prácticos. La reducción del consumo de combustibles fósiles, de hecho (como por ejemplo, el gas natural necesario para el funcionamiento de la caldera tradicional), por un lado reduce las emisiones contaminantes a la atmósfera y, por otro lado, genera importantes ahorros en las facturas de electricidad y gas. El precio cada vez más accesible de estas plantas, el desarrollo tecnológico que las hace cada vez más eficientes y una mayor concienciación de los ciudadanos han garantizado que sistemas como la fotovoltaica, las bombas de calor y la energía solar térmica se extiendan rápidamente por todo el territorio nacional.

La consecuencia natural fue una intervención legislativa que fomentó el uso de fuentes renovables en todos los niveles, por lo tanto también a nivel residencial. Si gana el medio ambiente y salva al ciudadano, está claro que este es el camino correcto a seguir. Por otro lado, desde hace un tiempo el Estado se ha inclinado a fomentar la instalación de plantas que utilizan fuentes renovables: quienes siguen nuestro sitio, saben bien que medidas como la Cuenta Térmica, las deducciones fiscales y otras medidas destinadas a la eficiencia energética de los edificios ha resultado en grandes ahorros para los ciudadanos privados. Con la disposición que mencionamos al comienzo de este artículo, el Decreto Legislativo 28/2011, el Estado quiso ir más allá al respecto. La instalación de un sistema fotovoltaico o tecnologías similares ya no es una simple elección del ciudadano individual, sino que se convierte en una obligación por parte del constructor de nuevos edificios. Imponer el uso de fuentes renovables es una opción que garantiza un futuro sostenible para las nuevas generaciones. Una elección que cuida y respeta el entorno en el que vivimos. En resumen, sobre este tema, Italia y Europa están haciendo exactamente el interés de sus ciudadanos.

Antes que nada, queremos entender qué se entiende por nuevos edificios o aquellos que están sujetos a una reestructuración significativa. Para aclarar es el artículo 11 del Decreto Legislativo 28/2011 y su anexo 3. Los edificios nuevos son aquellos para los cuales se presenta la solicitud del título de edificio planificado después de la fecha de entrada en vigor del decreto. A este respecto, es necesario especificar que el decreto de 2011 preveía su aplicación progresiva con porcentajes crecientes. En otras palabras, dependiendo del año en que se solicita el Permiso de Construcción al Municipio, el porcentaje de energía que debe derivarse de fuentes renovables aumenta gradualmente, de acuerdo con un esquema identificado por el mismo decreto, que analizaremos en breve en el detalle. Por otro lado, en lo que respecta a los proyectos de reestructuración relevantes, son los que se refieren a edificios existentes, con un área utilizable de más de 1.000 metros cuadrados. Las intervenciones de reestructuración deben consistir en la reestructuración completa de la envoltura del edificio o la demolición y reconstrucción del edificio.

La producción de energía térmica a partir de fuentes renovables debe realizarse respetando los siguientes porcentajes: en primer lugar, debe garantizar el 50% del consumo previsto de agua caliente sanitaria. Además, como mencionamos anteriormente, dependiendo del año de construcción, los edificios deben garantizar un cierto porcentaje de la producción de energía térmica a partir de fuentes renovables es la suma del consumo requerido para la calefacción, la refrigeración y el suministro de agua caliente sanitaria.

Aquí está el detalle:

- 20%, si el Permiso de Construcción fue solicitado antes del 31 de diciembre de 2013
- 35% si el permiso de construcción fue solicitado antes del 31 de diciembre de 2017
- 50%, si el título del edificio se solicita a partir del 1 de enero de 2018

Esta previsión se debe a la prórroga prevista en el Decreto Ley 244/2016, que se ha movido desde principios de 2017 hasta 2018, el inicio del aumento porcentual al 50%. Cabe señalar que los edificios conectados a una red de calefacción urbana que satisfacen los requisitos de

suministro de calefacción y ACS no están dentro de la obligación. En cuanto a las obligaciones relacionadas con el suministro de electricidad, la potencia de las instalaciones debe calcularse según una fórmula específica. A modo de ejemplo, con una pequeña aproximación, podemos decir que un apartamento de unos 100 metros cuadrados debe proporcionar la instalación de un sistema fotovoltaico de al menos 1 kwp de potencia nominal. Si no se respetan los plazos legales, la consecuencia es la negativa a emitir el permiso de construcción. Cabe señalar, sin embargo, que, si existe la imposibilidad técnica de cumplir con estas obligaciones, el diseñador debe proporcionar información detallada en el informe de diseño técnico.

4. PROYECTO DE VIABILIDAD PARA UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.

Después de haber enmarcado la tecnología fotovoltaica de amplio espectro, este trabajo de fin de máster tiene como objetivo generar un proyecto de factibilidad para una planta fotovoltaica en una empresa de media dimensión con el objetivo de comprender la ventaja económica real que implica una elección de este tipo.

la empresa (OMPM) está ubicada en el municipio de Angri, en el centro-sur de Italia. Esta empresa es elegida porque la maquinaria que utiliza consume mucha electricidad; el costo de las facturas eléctricas es de alrededor de € 15,000 por mes. Un costo tan alto para las facturas de electricidad nos lleva a pensar que una instalación de producción de energía renovable es casi indispensable, en lugar de una opción.

Obviamente, para definir cuál sería la ventaja económica derivada de un sistema fotovoltaico, debemos comprender cuánta energía se puede producir y cuál sería el costo de materializar y poner en funcionamiento esta planta.

el proyecto de factibilidad se dividió en dos partes de la misma importancia; El primero es un proyecto técnico, es decir, fuimos a diseñar el sistema fotovoltaico considerando el espacio disponible y la irradiancia para obtener una estimación de cuánta energía se podría producir. La segunda parte del proyecto fue un análisis económico, es decir, el precio de instalación de la planta se estimó teniendo en cuenta también los incentivos del gobierno y la ganancia económica resultante del hecho de que la cantidad de energía producida se traduce en ahorros en la factura de electricidad.

El proyecto, además, se ha llevado a cabo asumiendo el uso de 2 tecnologías diferentes, silicio mono y poli cristalino. el primero es más caro que el segundo, pero tiene un mejor rendimiento, tratamos de entender si este mejor rendimiento justifica la diferencia de precio en este caso.

4.1. PROYECTO TECNICO

El propósito de esta Instalación fotovoltaica, identificada como "impianto fotovoltaico", es contribuir a la producción de electricidad a partir de una fuentes de energía renovables más importante: el Sol

El uso de esta tecnología viene de la necesidad de:

- integrar de forma compatible requisitos arquitectónicos y medioambiente;
- reducir la contaminación acústica;
- ahorrar combustible fósiles;
- producir electricidad sin emisión de contaminantes.

Hoy en día la mayor parte de la electricidad del mundo se produce a través de diversos tipos de centrales energéticas, como la nuclear, la hidroeléctrica y la termoeléctrica, que se basan sustancialmente en el uso de combustibles fósiles. Si consideramos la energía estimada como la tasa de producción para el primer año, 161 619.63 kWh por la instalación con paneles en monocristalino y de 130 331.04 kWh por la instalación con paneles de policristalino, la pérdida

anual de eficiencia en 0.90%, lo siguiente es válido para toda la vida útil del Instalación que se establece en 20 años.

Ahorro de combustible

Un indicador muy útil para medir la cantidad de combustible ahorrado cuando se usa una fuente de energía renovable es el factor de conversión de electricidad a energía primaria [TOE / MWh].

Este coeficiente identifica T.O.E. (Toneladas de Equivalente de Petróleo) necesarias para la producción de 1 MWh de energía, o los TOEs ahorradas con la adopción de tecnologías fotovoltaicas para la producción de electricidad.

Ahorro de combustible (opción monocrystalino)	TOE
Factor de conversión de electricidad a energía primaria [TOE/MWh]	0.187
TOE ahorrado en un año	30.22
TOE guardado en 20 años	555.46
Ahorro de combustible (opción policristalino)	TOE
Factor de conversión de electricidad a energía primaria [TOE/MWh]	0.187
TOE ahorrado en un año	24.37
TOE guardado en 20 años	447.93

Tabla 5: Ahorro de combustible.

Emisiones evitadas en la atmósfera

Además, la instalación fotovoltaica permite la reducción de sustancias contaminantes en la atmósfera que contribuyen al efecto invernadero.

Emisiones atmosféricas evitadas (monocrystalino)	CO₂	SO₂	NO_x	Polveri
Emisiones atmosféricas específicas [kg CO ₂ e/kWh]	474.0	0.373	0.427	0.014
Emisiones evitadas en un año [kg CO ₂ e]	76 607.70	60.28	69.01	2.26
Emisiones evitadas en 20 año [kg CO ₂ e]	1 407 965.91	1 107.96	1 268.36	41.59

Emisiones atmosféricas evitadas (policristalino)	CO₂	SO₂	NO_x	Polveri
Emisiones atmosféricas específicas [kg CO ₂ e/kWh]	474.0	0.373	0.427	0.014
Emisiones evitadas en un año [kg CO ₂ e]	61 776.91	48.61	55.65	1.82
Emisiones evitadas en 20 año [kg CO ₂ e]	1 135 392.17	893.46	1 022.81	33.53

Fonte dati: Rapporto ambientale ENEL 2013

Tabla 6: Emisiones atmosféricas evitadas.

Normativas de referencia

Los sistemas deben estar hechos de manera artesanal, según lo prescrito por la normativa vigente, y en particular por el D.M. 22 de enero de 2008, n. 37.

Las características de las plantas, así como de sus componentes, deben estar de acuerdo con las leyes y regulaciones vigentes y en particular cumplir con:

- los requisitos de las autoridades locales, incluidas las de los VVFF;
- los requisitos y las indicaciones de Electricity Distributor Company;
- los requisitos del operador de red;
- a los estándares del CEI (Comité Electrotécnico Italiano).

4.1.1. SITO DE INSTALACIÓN

El dimensionamiento de la energía del sistema fotovoltaico conectado a la red del distribuidor se hizo teniendo en cuenta, así como la disponibilidad económica, de:

- disponibilidad de espacios en los que instalar el sistema fotovoltaico;
- disponibilidad de fuente solar;
- factores morfológicos y ambientales (sombreado).

La empresa en estudio es de nueva construcción y tiene un techo plano sin estructuras que impiden o dificultan la instalación de los paneles fotovoltaicos (fig. 41).



Figura 41: Posición de la nave.

Disponibilidad de fuente solar: Irradiación promedio mensual en el plano horizontal

La disponibilidad de la fuente solar para el sitio de instalación se verifica utilizando los datos "UNI 10349: 2016 - Estación de detección: Nocera Inferiore" relacionados con los valores diarios medios mensuales de irradiación solar en el plano horizontal.

Para la localidad de la intervención, es decir, el municipio de ANGRI (SA) que tiene una latitud de 40 ° .7408 N, una longitud de 14 ° .5733 E y una altitud de 32 mslmm, se estiman los valores diarios promedio mensuales de radiación solar en el plano horizontal igual a:

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.89	2.64	3.39	5.11	6.39	6.78	6.56	6.00	4.92	3.25	1.89	1.36

Fonte dati: UNI 10349:2016 - Stazione di rilevazione: Nocera Inferiore



Figura 42: irradiación media diaria mensual en el plano horizontal [kWh / m²] - Fuente de datos: UNI 10349: 2016 - Estación de detección: Nocera Inferiore

Por lo tanto, los valores de radiación solar anual en el plano horizontal son de 1 528.96 kWh / m² (Fuente de datos: UNI 10349: 2016 - Estación de detección: Nocera Inferiore).

Factores morfológicos y ambientales: SOMBREADO

Los efectos del sombreado debido a elementos naturales (montañas, árboles) o artificiales (edificios), determinan la reducción de las ganancias solares y el tiempo de retorno correspondiente. El coeficiente de sombreado, función de la morfología del sitio, es **1.00**.

Diagrama de energía solar para ANGRI:

A continuación se muestra el diagrama solar para la nave:

DIAGRAMMA SOLARE

ANGRI (SA) - Lat. 40°.7408 N - Long. 14°.5733 E - Alt. 32 m
Coeff. di ombreggiamento (da diagramma) 0.99

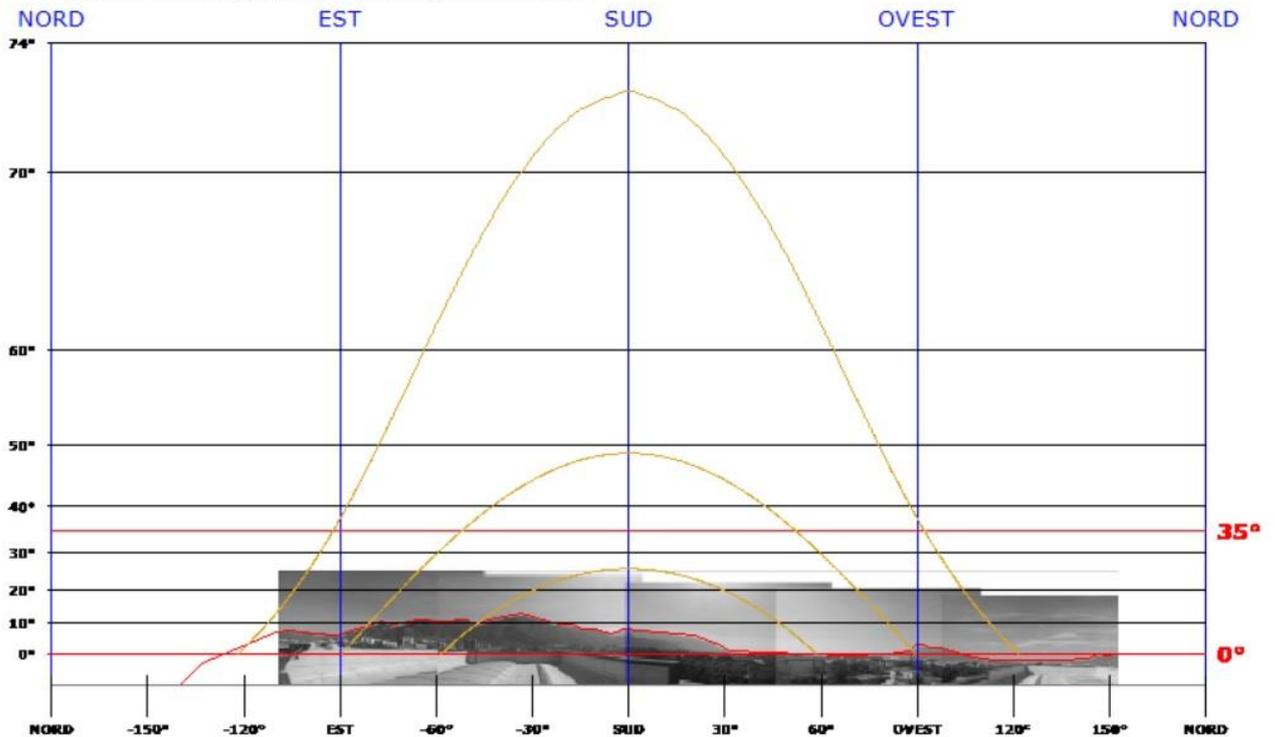


Figura 43: Diagrama solar.

4.1.2. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

Criterios generales de diseño

El principio de diseño normalmente utilizado para una instalación fotovoltaica es maximizar la recolección de la radiación solar anual disponible.

En la mayoría de los casos, la instalación fotovoltaica debe estar expuesta a la luz solar de forma óptima, eligiendo una orientación prioritaria hacia el sur, para evitar el exceso de sombreado. De acuerdo con las limitaciones arquitectónicas de la estructura sobre la que se instala la instalación, se pueden adoptar diferentes orientaciones siempre y cuando se verifiquen y evalúen adecuadamente.

Las pérdidas de energía debidas a tales fenómenos afectan el costo de los kWh producidos y el tiempo de recuperación.

Desde el punto de vista arquitectónico, en el caso de instalaciones en techos inclinados, la elección de la inclinación y orientación debe tener en cuenta que es generalmente recomendable mantener el plano de los módulos en paralelo o incluso coplanario con el de la propia cubierta. Esto con el fin de no alterar la forma del edificio y no aumentar la acción de las fuerzas del viento en los módulos. Esto favorece la circulación de aire entre la parte posterior de los módulos y la superficie del edificio para limitar las pérdidas de temperatura.

Producción de energía - estimación de los criterios

La energía producida depende de:

- Lugar de instalación (latitud, radiación solar, temperatura, reflectancia superficial del frente de los módulos).
- Exposición de los módulos: ángulo de inclinación (tilt), ángulo de orientación (azimut).
- Sombreado debido a elementos naturales o artificiales.
- Características de los módulos: potencia nominal, coeficiente de temperatura, pérdidas de desacoplamiento o desajuste.
- B.O.S. (Balance Of System).

El valor de BOS puede estimarse directamente o como complemento de la unidad de todas las pérdidas, calculado usando la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdidas totales [\%]} = [1 - (1 - a - b) \times (1 - c - d) \times (1 - e) \times (1 - f)] + g$$

con los siguientes valores:

- a - Pérdidas de reflexión
- b - Pérdidas de sombreado
- c - Pérdidas no coincidentes
- d - Pérdidas debidas a los efectos de las variaciones de temperatura
- e - Pérdidas dentro de los circuitos de corriente continua
- f - Pérdidas del inversor
- g - Pérdidas dentro de los circuitos de CA

Criterios de verificación eléctrica

Considerando la temperatura mínima y máxima de funcionamiento de los módulos, (-10°C) y (70°C), se cumplen las siguientes condiciones:

MPPT TENSIONES

Voltaje al punto máximo de potencia, V_m a 70 °C mayor que la tensión mínima MPPT.

Voltaje al punto de potencia máximo, V_m a -10 °C menor que la máxima tensión MPPT.

Estos valores de voltaje MPPT representan el rango operativo máximo y mínimo para el rendimiento a potencia máxima.

VOLTAJE MÁXIMO

V_{oc} (circuito abierto) a -10 °C menor que la tensión máxima del inversor.

MÓDULO TENSIÓN MÁXIMA

V_{oc} (circuito abierto) a -10 °C menor que el voltaje máximo del módulo.

CORRIENTE MÁXIMA

Corriente máxima generada I_{sc} (cortocircuito), menor que la corriente máxima del inversor.

FACTOR DE DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR

Un factor de dimensionamiento típico es entre 70 % y 120 %.

El factor de dimensionamiento del inversor es la relación porcentual entre la potencia nominal del inversor y la potencia del generador fotovoltaico conectado a ella (en el caso de los subsistemas MPPT, se comprueba el tamaño para el subsistema MPPT en su conjunto).

4.1.3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA MONOCRISTALINO

La instalación es un tipo de instalación conectada a la red y está conectada a la red principal con una conexión de tipo "trifase in media tensione".

Su potencia nominal es de 128.154 kW y una producción de energía anual de 161 619.63 kWh (igual a 1 261.14 kWh/kW), resultante de 403 módulos, superficie de 657.29 m² y consiste en 1 generatore.

Hoja técnica del sistema

DatOS generales	
latitud	40°.7408 N
longitud	14°.5733 E
altitud	32 m
Radiación solar anual en el plano horizontal	1 528.96 kWh/m²
Coeficiente de sombreado	1.00
Datos tecnicos	
Superficie total módulos	657.29 m²
Número total de módulos	403
Número total de inversores	13
Energía anual total	161 619.63 kWh
Potencia total	128.154 kW
Fase L1 - Potencia	42.718 kW
Fase L2 - Potencia	42.718 kW
Fase L3 - Potencia	42.718 kW
Energía por kW	1 261.14 kWh/kW
Sistema de almacenamiento	Assente
Capacidad útil de almacenamiento	-
BOS	74.97 %

Energía producida

La energía total anual producida por la instalación es **161 619.63 kWh**.

El gráfico muestra la energía producida diariamente:

monocristal kWh																
hora	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
gen		0,00	0,00	0,00	18,00	30,36	40,56	46,39	46,56	41,04	31,04	18,71	0,00	0,00	0,00	0,00
feb		0,00	0,00	10,43	23,49	36,63	47,31	53,37	53,57	47,84	37,39	24,32	11,15	0,00	0,00	0,00
mar		0,00	0,00	14,28	26,96	39,36	49,29	54,88	55,05	49,76	40,04	27,70	14,95	3,83	0,00	0,00
abr		0,00	9,00	22,96	38,26	52,75	64,14	70,49	70,72	64,77	53,69	39,34	24,03	9,92	0,00	0,00
may		2,96	13,21	28,31	44,28	59,06	70,52	76,88	77,12	71,21	60,09	45,51	29,57	14,38	2,96	0,00
jun		4,15	14,85	29,77	45,34	59,61	70,61	76,70	76,93	71,28	60,63	46,55	31,04	16,03	4,15	0,00
jul		3,61	14,03	28,92	44,54	58,93	70,04	76,20	76,44	70,71	59,94	45,75	30,17	15,20	3,61	0,00
ago		0,00	11,26	26,82	43,59	59,30	71,55	78,38	78,64	72,29	60,39	44,89	28,14	12,44	0,00	0,00
sept		0,00	6,71	22,11	39,43	56,08	69,28	76,69	76,96	70,05	57,21	40,73	23,39	7,79	0,00	0,00
oct		0,00	0,00	13,60	28,46	43,23	55,16	61,92	62,14	55,78	44,11	29,43	14,48	0,00	0,00	0,00
nov		0,00	0,00	0,00	16,96	28,27	37,57	42,89	43,04	38,00	28,85	17,56	6,44	0,00	0,00	0,00
dec		0,00	0,00	0,00	11,57	21,05	28,93	33,44	33,56	29,24	21,46	11,97	0,00	0,00	0,00	0,00

El siguiente cuadro muestra los valores energéticos mensuales producidos por la instalación fotovoltaica:

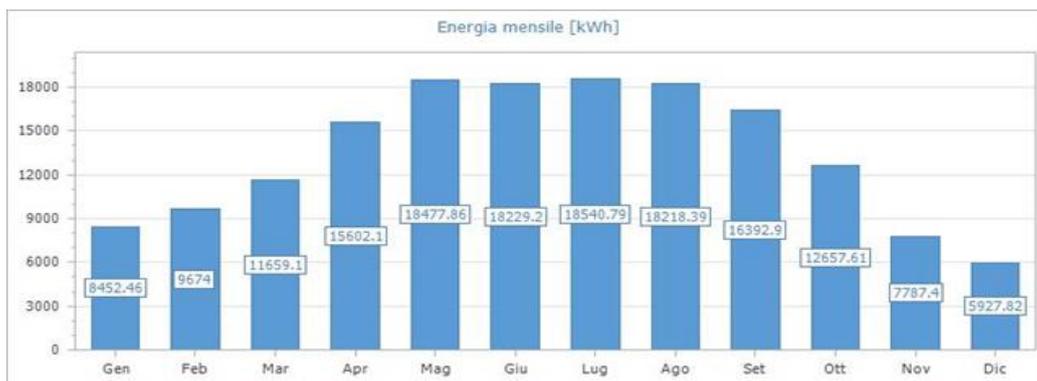


Figura 44: energía mensual producida.

Generator

El generador tiene una potencia nominal de salida de **128.154 kW** y una producción de energía anual de **161 619.63 kWh**, proveniente de 403 módulos que ocupan una superficie total de 657.29 m².

Il generatore ha una connessione trifase.

Hoja técnica

Datos generales	
Posicionamiento del módulo	No coplanar a las superficies
Estructura de soporte	fijo
Inclinación del módulo (Tilt)	31°
Orientación del módulo (Azimut)	2°
Radiación solar anual en el plano del módulo	1 681.83 kWh/m²
Número de superficies disponibles	1
Superficie total disponible	1 306.68 m²
Superficie total utilizada	1 306.68 m²
Potencia total	128.154 kW
Energía anual total	161 619.63 kWh

Modulo	
Productor – Modelo	AU Optronics Corporation (BenQ) - SunForte PM318B00
Número total de módulos	403
Superficie total módulos	657.29 m²

Configuración del inversor

MPPT	Numero di moduli	Stringhe per modulo
1	20	2 x 10
2	11	1 x 11

Inversores	
Productor – Modelo	ABB S.p.A. - PVI-10.0-TL-OUTD
Número total	13
Dimensionamiento inversores (entre 70 % y 120 %)	101.44 % (VERIFICATO)
Tipo fase	Trifase

Posicionamiento de Módulos como ilustrado a continuación:

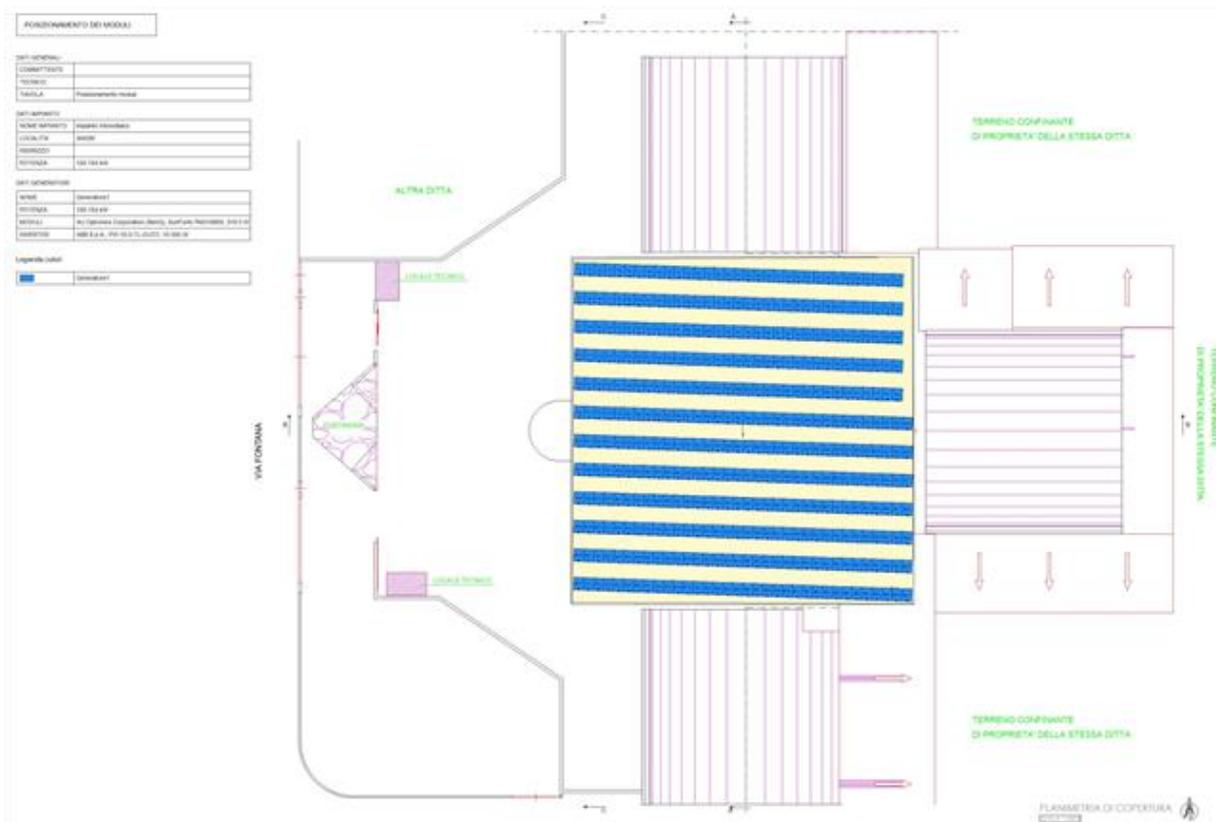


Figura 45: Posicionamiento de los paneles.

Verificaciones eléctricas MPPT 1

Considerando valores de temperatura mínimos (-10°C) y máximos (70°C) de los módulos, se han comprobado la siguiente condición:

TENSION MPPT

Vm a 70 °C (425.50 V) mayor que Vmppt min. (300.00 V)	VERIFICADO
Vm a -10 °C (641.50 V) menor que Vmppt max. (750.00 V)	VERIFICADO

TENSIONES MÁXIMAS	
Voc a -10 °C (741.50 V) menor que MPPT max input voltaje (900.00 V)	VERIFICADO

MAXIMUM MODULE VOLTAGE	
Voc a -10 °C (741.50 V) menor que voltaje max de los módulos (1 000.00 V)	VERIFICADO

CORRIENTE MÁXIMA	
Corriente max generada (12.40 A) menor que maxima corriente MPPT (36.00 A)	VERIFICADO

Verificaciones eléctricas MPPT 2

Considerando valores de temperatura mínimos (-10°C) y máximos (70°C) de los módulos, se han comprobado la siguientes condiciones:

TENSION MPPT	
Vm a 70 °C (468.05 V) mayor que Vmppt min. (300.00 V)	VERIFICADO
Vm a -10 °C (705.65 V) menor que Vmppt max. (750.00 V)	VERIFICADO

TENSIONES MÁXIMAS	
Voc a -10 °C (815.65 V) menor que MPPT max input voltaje (900.00 V)	VERIFICADO

MAXIMUM MODULE VOLTAGE	
Voc a -10 °C (815.65 V) menor que voltaje max de los módulos (1 000.00 V)	VERIFICADO

CORRIENTE MÁXIMA	
Corriente max generada (6.20 A) menor que maxima corriente MPPT (36.00 A)	VERIFICADO

Esquema eléctrico

El dispositivo de interfaz es externo a los convertidores de CD/CA y compuesto por: Contattore

La norma di riferimento per il dimensionamento dei cavi è la CEI UNEL 35024 - 35026.

Cables

	resultados
--	-------------------

Descripción	Designación	Sección (mm ²)	Corriente (A)	Portada (A)	caída de tensión (%)
Red - Cuadro general	FG7R 0.6/1 kV	70.0	184.98	194.00	0.03
Cuadro general - Cuadro fotovoltaico	FG7R 0.6/1 kV	70.0	184.98	194.00	0.03
Cuadro fotovoltaico - I 1	FG7R 0.6/1 kV	10.0	14.23	60.00	0.02
I 1 - MPPT 1		6.0	11.64	38.00	0.02
I 1 - Cuadro electrico1	H1Z2Z2-K	6.0	11.64	54.00	0.02
Cuadro electrico1 - S 1	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico1 - S 2	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
I 1 - MPPT 2		6.0	5.82	38.00	0.01
I 1 - Cuadro electrico2	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico2 - S 3	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 2	FG7R 0.6/1 kV	10.0	14.23	60.00	0.02
I 2 - MPPT 1		6.0	11.64	38.00	0.02
I 2 - Cuadro electrico3	H1Z2Z2-K	6.0	11.64	54.00	0.02
Cuadro electrico3 - S 4	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico3 - S 5	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
I 2 - MPPT 2		6.0	5.82	38.00	0.01
I 2 - Cuadro electrico4	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico4 - S 6	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 3	FG7R 0.6/1 kV	10.0	14.23	60.00	0.02
I 3 - MPPT 1		6.0	11.64	38.00	0.02
I 3 - Cuadro electrico5	H1Z2Z2-K	6.0	11.64	54.00	0.02
Cuadro electrico5 - S 7	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico5 - S 8	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
I 3 - MPPT 2		6.0	5.82	38.00	0.01
I 3 - Cuadro electrico6	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico6 - S 9	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 4	FG7R 0.6/1 kV	10.0	14.23	60.00	0.02
I 4 - MPPT 1		6.0	11.64	38.00	0.02
I 4 - Cuadro electrico7	H1Z2Z2-K	6.0	11.64	54.00	0.02
Cuadro electrico7 - S 10	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico7 - S 11	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
I 4 - MPPT 2		6.0	5.82	38.00	0.01

I 4 - Cuadro electrico8	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico8 - S 12	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 5	FG7R 0.6/1 kV	10.0	14.23	60.00	0.02
I 5 - MPPT 1		6.0	11.64	38.00	0.02
I 5 - Cuadro electrico9	H1Z2Z2-K	6.0	11.64	54.00	0.02
Cuadro electrico9 - S 13	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico9 - S 14	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
I 5 - MPPT 2		6.0	5.82	38.00	0.01
I 5 - Cuadro electrico10	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico10 - S 15	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 6	FG7R 0.6/1 kV	10.0	14.23	60.00	0.02
I 6 - MPPT 1		6.0	11.64	38.00	0.02
I 6 - Cuadro electrico11	H1Z2Z2-K	6.0	11.64	54.00	0.02
Cuadro electrico11 - S 16	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico11 - S 17	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
I 6 - MPPT 2		6.0	5.82	38.00	0.01
I 6 - Cuadro electrico12	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico12 - S 18	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 7	FG7R 0.6/1 kV	10.0	14.23	60.00	0.02
I 7 - MPPT 1		6.0	11.64	38.00	0.02
I 7 - Cuadro electrico13	H1Z2Z2-K	6.0	11.64	54.00	0.02
Cuadro electrico13 - S 19	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico13 - S 20	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
I 7 - MPPT 2		6.0	5.82	38.00	0.01
I 7 - Cuadro electrico14	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico14 - S 21	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 8	FG7R 0.6/1 kV	10.0	14.23	60.00	0.02
I 8 - MPPT 1		6.0	11.64	38.00	0.02
I 8 - Cuadro electrico15	H1Z2Z2-K	6.0	11.64	54.00	0.02
Cuadro electrico15 - S 22	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico15 - S 23	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
I 8 - MPPT 2		6.0	5.82	38.00	0.01
I 8 - Cuadro electrico16	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico16 - S 24	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 9	FG7R 0.6/1 kV	10.0	14.23	60.00	0.02

I 9 - MPPT 1		6.0	11.64	38.00	0.02
I 9 - Cuadro electrico17	H1Z2Z2-K	6.0	11.64	54.00	0.02
Cuadro electrico17 - S 25	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico17 - S 26	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
I 9 - MPPT 2		6.0	5.82	38.00	0.01
I 9 - Cuadro electrico18	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico18 - S 27	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 10	FG7R 0.6/1 kV	10.0	14.23	60.00	0.02
I 10 - MPPT 1		6.0	11.64	38.00	0.02
I 10 - Cuadro electrico19	H1Z2Z2-K	6.0	11.64	54.00	0.02
Cuadro electrico19 - S 28	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico19 - S 29	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
I 10 - MPPT 2		6.0	5.82	38.00	0.01
I 10 - Cuadro electrico20	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico20 - S 30	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 11	FG7R 0.6/1 kV	10.0	14.23	60.00	0.02
I 11 - MPPT 1		6.0	11.64	38.00	0.02
I 11 - Cuadro electrico21	H1Z2Z2-K	6.0	11.64	54.00	0.02
Cuadro electrico21 - S 31	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico21 - S 32	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
I 11 - MPPT 2		6.0	5.82	38.00	0.01
I 11 - Cuadro electrico22	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico22 - S 33	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 12	FG7R 0.6/1 kV	10.0	14.23	60.00	0.02
I 12 - MPPT 1		6.0	11.64	38.00	0.02
I 12 - Cuadro electrico23	H1Z2Z2-K	6.0	11.64	54.00	0.02
Cuadro electrico23 - S 34	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico23 - S 35	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
I 12 - MPPT 2		6.0	5.82	38.00	0.01
I 12 - Cuadro electrico24	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico24 - S 36	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 13	FG7R 0.6/1 kV	10.0	14.23	60.00	0.02
I 13 - MPPT 1		6.0	11.64	38.00	0.02
I 13 - Cuadro electrico25	H1Z2Z2-K	6.0	11.64	54.00	0.02
Cuadro electrico25 - S 37	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01

Cuadro electrico25 - S 38	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
I 13 - MPPT 2		6.0	5.82	38.00	0.01
I 13 - Cuadro electrico26	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01
Cuadro electrico26 - S 39	H1Z2Z2-K	6.0	5.82	54.00	0.01

Cuadros de distribución

Panel general	
SPD uscita presente	
<i>Protezione sugli ingressi</i>	
Ingresso	Dispositivo
Cuadro fotovoltaico	Interruttore magnetotermico

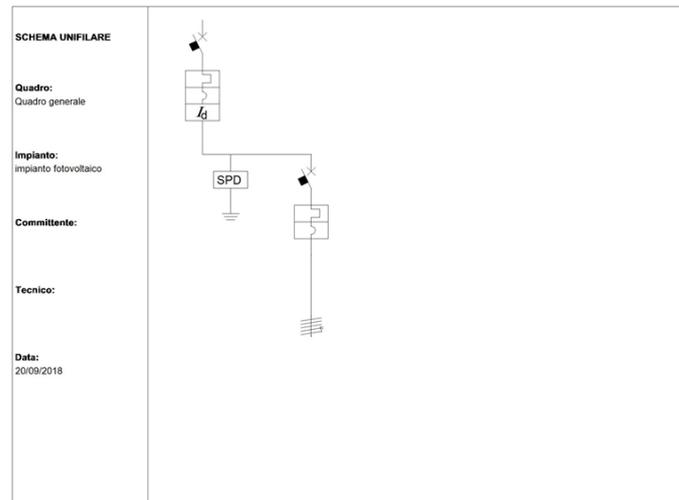


Figura 46: Esquema eléctrico.

Panel fotovoltaico	
Presencia de salida SPD	
<i>Protezione sugli ingressi</i>	
Ingresso	dispositivo
I 1	Interruptor magnetotérmico
I 2	Interruptor magnetotérmico
I 3	Interruptor magnetotérmico
I 4	Interruptor magnetotérmico
I 5	Interruptor magnetotérmico

I 6	Interruptor magnetotérmico
I 7	Interruptor magnetotérmico
I 8	Interruptor magnetotérmico
I 9	Interruptor magnetotérmico
I 10	Interruptor magnetotérmico
I 11	Interruptor magnetotérmico
I 12	Interruptor magnetotérmico
I 13	Interruptor magnetotérmico

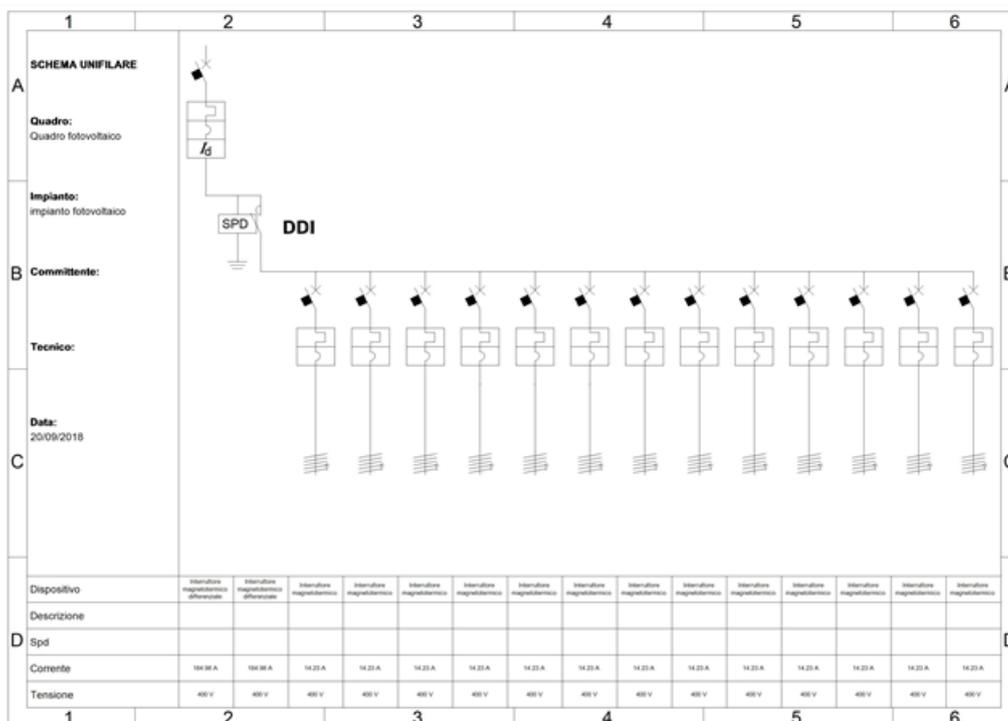


Figura 46: Diagrama unifilar "Panel fotovoltaico".

Diagrama de línea individual

El siguiente diagrama ilustra el diagrama de una sola línea de todo el sistema fotovoltaico, en el que se destacan sus subsistemas y componentes.

Resumen de potencia por fase			
Generador / subsistema	L1	L2	L3
Generador 1	42.718 kW	42.718 kW	42.718 kW
total	42.718 kW	42.718 kW	42.718 kW

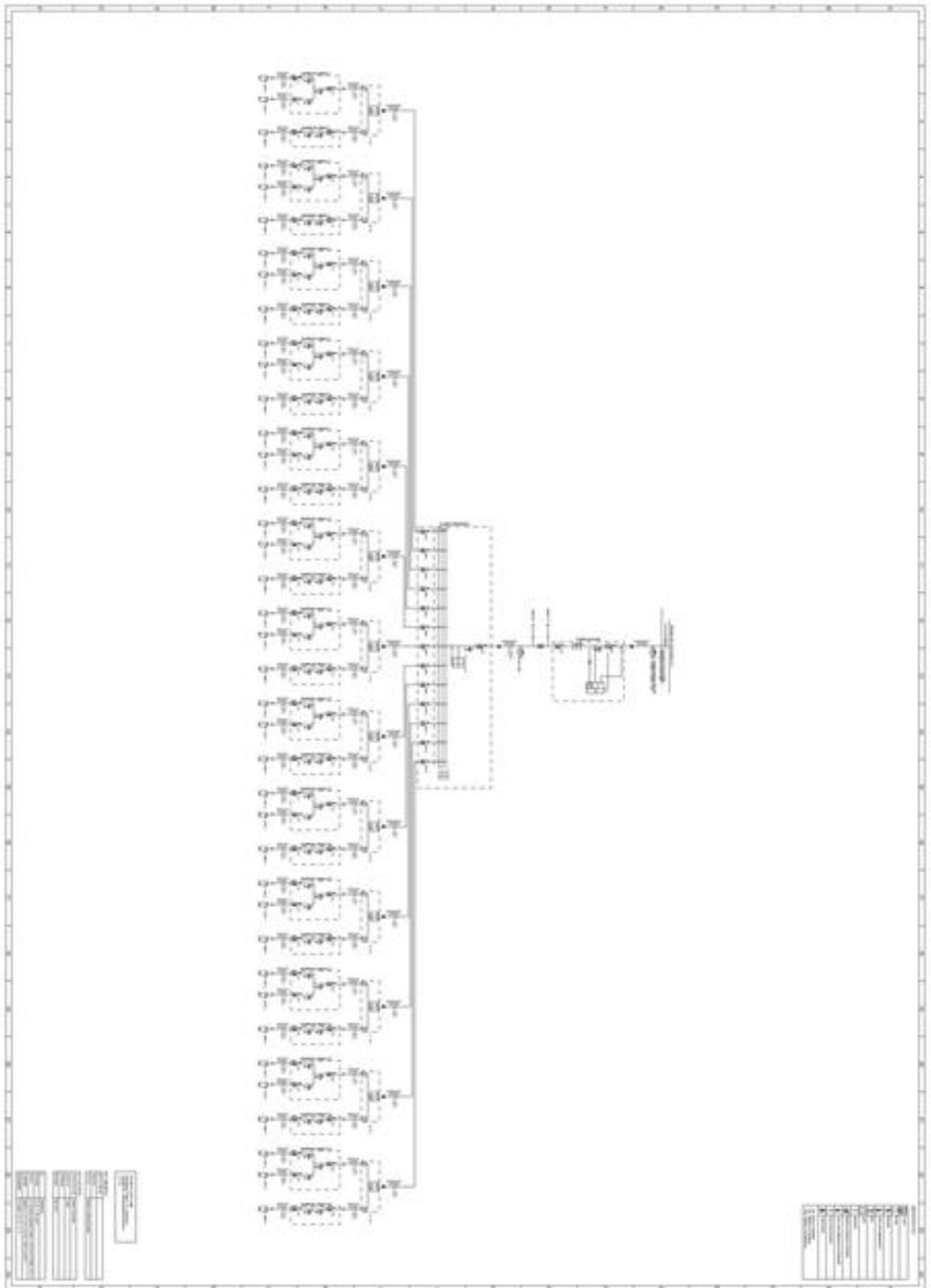


Figura 46: Diagrama de linea individual.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MÓDULOS

Módulo M.1483

DATOS GENERALES

Productor	AU Optronics Corporation (BenQ)
Modelo	SunForte PM318B00
Tipo material	Si monocristalino
Precio	€ 285

ELECTRICAL CHARACTERISTICS IN STC

Potencia máxima	318.0 W
Im	5.82 A
Isc	6.20 A
Eficiencia	19.50 %
Vm	54.70 V
Voc	64.70 V

OTHER ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Voc coef. térmico	-0.2700 V/°C
Isc coef. térmico	3.720 mA/°C
NOCT	45.0 °C
Vmax	1 000.00 V

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Longitud	1 559.00 mm
Anchura	1 046.00 mm
Área	1.631 m²
Espesor	46.00 mm
Peso	18.60 kg
Número de células	96

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INVERORES

Inversores I.0025

DATOS GENERALES

Marca	ABB S.p.A.
Modelo	PVI-10.0-TL-OUTD
Tipo fase	Trifase
Precio	€ 1428.00

INGRESSI MPPT

N	VMppt min [V]	VMppt max [V]	V max [V]	I max [A]
1	300.00	750.00	900.00	36.00
2	300.00	750.00	900.00	36.00

Max pot. FV [W] 11 400

PARÁMETROS DE SALIDA

Potencia nominal	10 000 W
Tensión nominal	400 V
Eficiencia máxima	97.80 %
Dist. Armónica	2 %
Eficiencia Euro	97.10 %

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Dimensiones L x P x H	645x716x222 mm
Peso	41.00 kg

4.1.4. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA POLICRISTALINO

El sistema es un tipo conectado a la red, el tipo de conexión es: media tensión trifásica.

Tiene una potencia total de 103.950 kW y una producción energética anual de 130 331.04 kWh (equivalente a 1 253.79 kWh / kW), que se deriva de 385 módulos que cubren un área de 647,57 m², y consta de 1 generador.

Datos técnicos	
Superficie total módulos	647.57 m²
Número total de módulos	385
Número total de inversores	11
Energía anual total	130 331.04 kWh
Potencia total	103.950 kW
Fase L1 - Potencia	34.650 kW
Fase L2 - Potencia	34.650 kW
Fase L3 - Potencia	34.650 kW
Energía por kW	1 253.79 kWh/kW
Sistema de almacenamiento	Assente
Capacidad útil de almacenamiento	-
BOS	74.97 %

Energía producida

La energía total anual producida por la instalación es 130 331.04 kWh.

El siguiente cuadro muestra los valores energéticos mensuales producidos por la instalación fotovoltaica:

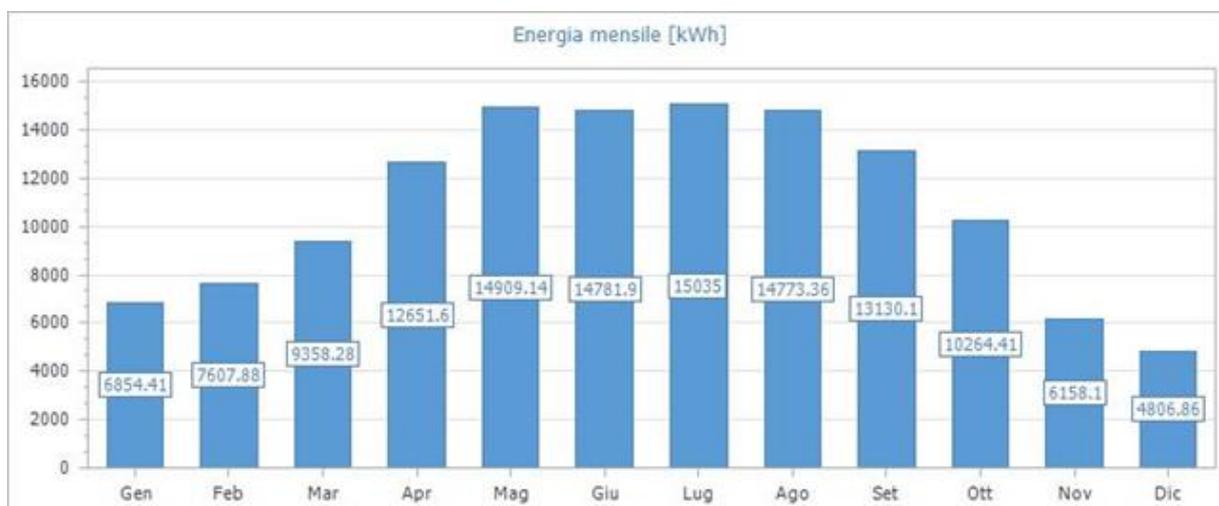


Figura 47: Energía mensual producida.

policristal kWh																
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
gen	0,00	0,00	0,00	0,00	14,60	24,62	32,89	37,62	37,76	33,28	25,17	15,17	0,00	0,00	0,00	0,00
feb	0,00	0,00	0,00	0,00	19,05	29,70	38,36	43,28	43,44	38,80	30,32	19,72	9,04	0,00	0,00	0,00
mar	0,00	0,00	0,00	11,58	21,86	31,92	39,97	44,50	44,64	40,35	32,47	22,47	12,12	0,00	0,00	0,00
abr	0,00	0,00	7,30	18,62	31,03	42,78	52,01	57,16	57,35	52,52	43,53	31,90	19,48	8,04	0,00	0,00
may	0,00	0,00	10,72	22,96	35,90	47,89	57,18	62,34	62,54	57,74	48,73	36,90	23,98	11,66	2,40	0,00
jun	0,00	3,37	12,04	24,14	36,76	48,34	57,26	62,19	62,38	57,80	49,16	37,75	25,17	13,00	3,37	0,00
jul	0,00	2,93	11,38	23,45	36,12	47,78	56,80	61,79	61,98	57,34	48,61	37,10	24,47	12,32	2,93	0,00
ago	0,00	0,00	9,13	21,75	35,35	48,08	58,02	63,56	63,77	58,62	48,97	36,40	22,82	10,09	0,00	0,00
sept	0,00	0,00	0,00	17,93	31,98	45,48	56,18	62,19	62,41	56,80	46,39	33,03	18,96	6,32	0,00	0,00
oct	0,00	0,00	0,00	11,03	23,08	35,05	44,73	50,21	50,39	45,23	35,77	23,87	11,75	0,00	0,00	0,00
nov	0,00	0,00	0,00	0,00	13,75	22,92	30,47	34,78	34,90	30,81	23,40	14,24	0,00	0,00	0,00	0,00
dec	0,00	0,00	0,00	0,00	9,38	17,07	23,46	27,12	27,21	23,71	17,40	9,71	0,00	0,00	0,00	0,00

El generador denominado como: "Generatore1" tiene una potencia nominal de salida de **103.950 kW** y una producción de energía anual de **130 331.04 kWh**, proveniente de 385 módulos que ocupan una superficie total de 647.57 m².

El generador tiene una conexión trifásica.

Hoja técnica

Datos generales	
Posicionamiento de los módulos	No coplanar a las superficies
Estructura de soporte	fijo
Inclinando los módulos (inclinación)	31°
Orientación de formularios (Azimut)	2°
Irradiación solar anual en el plano de los módulos	1 672.38 kWh/m²
Número de superficies disponibles	1
Extensión total disponible	1 306.68 m²
Extensión total utilizada	1 306.68 m²
Potencia total	103.950 kW
Energía anual total	130 331.04 kWh

Modulo	
Marca - Modelo	Luxor Solar GmbH - Secure Line LX-270P
Número total de módulos	385
Área total de módulos	647.57 m²

Configuración del inversor		
MPPT	Numero di modulos	Stringhe per modulo
1	18	1 x 18
2	17	1 x 17

Inversor	
Productor – Modelo	Shenzhen INVT Electric Co., Ltd. - iMars BG10KTR
Número total de módulos	11
Superficie total módulos	105.82 % (VERIFICATO)
Tipo de fase	Trifasico

El posicionamiento de los módulos se muestra en la siguiente imagen:

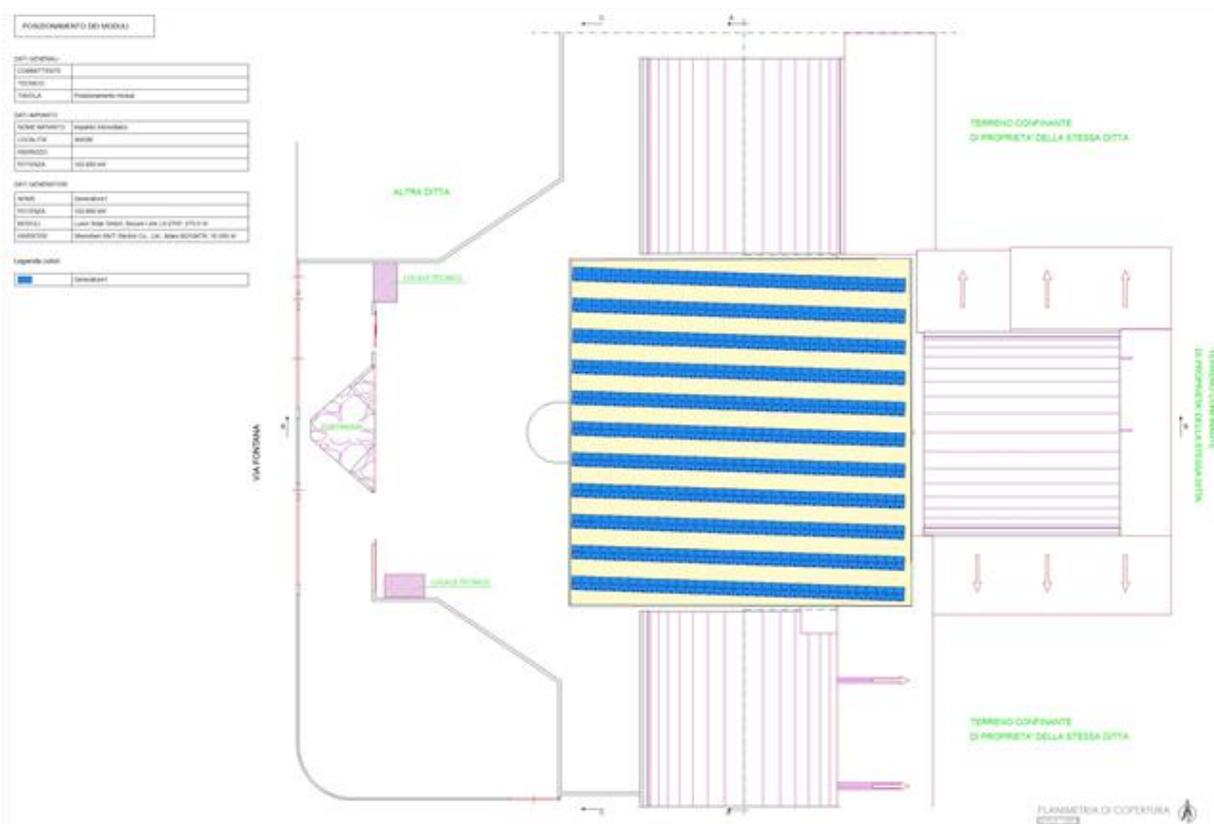


Figura 48: Posicionamiento de los paneles.

Verificaciones eléctricas MPPT 1

Considerando valores de temperatura mínimos (-10°C) y máximos (70°C) de los módulos, se han comprobado la siguientes condiciones:

TENSIONES MPPT	
Vm a 70 °C (268.02 V) mayor que Vmppt min. (180.00 V)	VERIFICADO
Vm a -10 °C (757.62 V) menor que Vmppt max. (800.00 V)	VERIFICADO
TENSIONES MÁXIMAS	
Voc a -10 °C (896.04 V) menor que MPPT max input voltaje (1 000.00 V)	VERIFICADO
MAXIMUM MODULE VOLTAGE	
Voc a -10 °C (896.04 V) menor que voltaje max de los módulos (1 000.00 V)	VERIFICADO
CORRIENTE MÁXIMA	

Corriente max generada (9.50 A) menor que maxima corriente MPPT (21.00 A)	VERIFICADO
---	-------------------

Verificaciones eléctricas MPPT 2

Considerando valores de temperatura mínimos (-10°C) y máximos (70°C) de los módulos, se han comprobado la siguientes condiciones:

TENSIONES MPPT	
Vm a 70 °C (253.13 V) mayor que Vmppt min. (180.00 V)	VERIFICATO
Vm a -10 °C (715.53 V) menor que Vmppt max. (800.00 V)	VERIFICATO
TENSIONES MÁXIMAS	
Voc a -10 °C (846.26 V) menor que MPPT max input voltaje (1 000.00 V)	VERIFICATO
MAXIMUM MODULE VOLTAGE	
Voc a -10 °C (846.26 V) menor que voltaje max de los módulos (1 000.00 V)	VERIFICATO
CORRIENTE MÁXIMA	
Corriente max generada (9.50 A) menor que maxima corriente MPPT (21.00 A)	VERIFICATO

Diagrama de circuito

El dispositivo de interfaz es externo a los convertidores de CD/CA y compuesto por: Contattore

La norma di riferimento per il dimensionamento dei cavi è la CEI UNEL 35024 - 35026.

Cables

Descripción	Designación	Sección (mm ²)	resultados		
			Corriente (A)	Portada (A)	caída de tensión (%)
Red - Cuadro general	FG7R 0.6/1 kV	95	150.04	154.00	0.03
Cuadro general - Cuadro fotovoltaico	FG7R 0.6/1 kV	95	150.04	154.00	0.03
Cuadro fotovoltaico - I 1	FG7R 0.6/1 kV	10.0	13.64	60.00	0.01
I 1 - MPPT 1		6.0	8.95	38.00	0.01
I 1 - Cuadro electrico1	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico1 - S 1	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
I 1 - MPPT 2		6.0	8.95	38.00	0.01
I 1 - Cuadro electrico2	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico2 - S 2	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 2	FG7R 0.6/1 kV	10.0	13.64	60.00	0.01
I 2 - MPPT 1		6.0	8.95	38.00	0.01

I 2 - Cuadro electrico3	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico3 - S 3	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
I 2 - MPPT 2		6.0	8.95	38.00	0.01
I 2 - Cuadro electrico4	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico4 - S 4	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 3	FG7R 0.6/1 kV	10.0	13.64	60.00	0.01
I 3 - MPPT 1		6.0	8.95	38.00	0.01
I 3 - Cuadro electrico5	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico5 - S 5	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
I 3 - MPPT 2		6.0	8.95	38.00	0.01
I 3 - Cuadro electrico6	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico6 - S 6	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 4	FG7R 0.6/1 kV	10.0	13.64	60.00	0.01
I 4 - MPPT 1		6.0	8.95	38.00	0.01
I 4 - Cuadro electrico7	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico7 - S 7	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
I 4 - MPPT 2		6.0	8.95	38.00	0.01
I 4 - Cuadro electrico8	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico8 - S 8	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 5	FG7R 0.6/1 kV	10.0	13.64	60.00	0.01
I 5 - MPPT 1		6.0	8.95	38.00	0.01
I 5 - Cuadro electrico9	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico9 - S 9	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
I 5 - MPPT 2		6.0	8.95	38.00	0.01
I 5 - Cuadro electrico10	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico10 - S 10	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 6	FG7R 0.6/1 kV	10.0	13.64	60.00	0.01
I 6 - MPPT 1		6.0	8.95	38.00	0.01
I 6 - Cuadro electrico11	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico11 - S 11	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
I 6 - MPPT 2		6.0	8.95	38.00	0.01
I 6 - Cuadro electrico12	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico12 - S 12	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 7	FG7R 0.6/1 kV	10.0	13.64	60.00	0.01
I 7 - MPPT 1		6.0	8.95	38.00	0.01

I 7 - Cuadro electrico13	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico13 - S 13	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
I 7 - MPPT 2		6.0	8.95	38.00	0.01
I 7 - Cuadro electrico14	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico14 - S 14	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 8	FG7R 0.6/1 kV	10.0	13.64	60.00	0.01
I 8 - MPPT 1		6.0	8.95	38.00	0.01
I 8 - Cuadro electrico15	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico15 - S 15	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
I 8 - MPPT 2		6.0	8.95	38.00	0.01
I 8 - Cuadro electrico16	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico16 - S 16	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 9	FG7R 0.6/1 kV	10.0	13.64	60.00	0.01
I 9 - MPPT 1		6.0	8.95	38.00	0.01
I 9 - Cuadro electrico17	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico17 - S 17	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
I 9 - MPPT 2		6.0	8.95	38.00	0.01
I 9 - Cuadro electrico18	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico18 - S 18	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 10	FG7R 0.6/1 kV	10.0	13.64	60.00	0.01
I 10 - MPPT 1		6.0	8.95	38.00	0.01
I 10 - Cuadro electrico19	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico19 - S 19	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
I 10 - MPPT 2		6.0	8.95	38.00	0.01
I 10 - Cuadro electrico20	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico20 - S 20	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro fotovoltaico - I 11	FG7R 0.6/1 kV	10.0	13.64	60.00	0.01
I 11 - MPPT 1		6.0	8.95	38.00	0.01
I 11 - Cuadro electrico21	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico21 - S 21	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
I 11 - MPPT 2		6.0	8.95	38.00	0.01
I 11 - Cuadro electrico22	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01
Cuadro electrico22 - S 22	H1Z2Z2-K	6.0	8.95	54.00	0.01

Cuadros de distribución

Cuadro general	
SPD uscita presente	
<i>Protezione sugli ingressi</i>	
Ingresso	Dispositivo
Cuadro fotovoltaico	Interruttore magnetotermico

Panel fotovoltaico	
SPD uscita presente	
<i>Protezione sugli ingressi</i>	
entrata	Dispositivo
I 1	Interruptor magnetotérmico
I 2	Interruptor magnetotérmico
I 3	Interruptor magnetotérmico
I 4	Interruptor magnetotérmico
I 5	Interruptor magnetotérmico
I 6	Interruptor magnetotérmico
I 7	Interruptor magnetotérmico
I 8	Interruptor magnetotérmico
I 9	Interruptor magnetotérmico
I 10	Interruptor magnetotérmico
I 11	Interruptor magnetotérmico

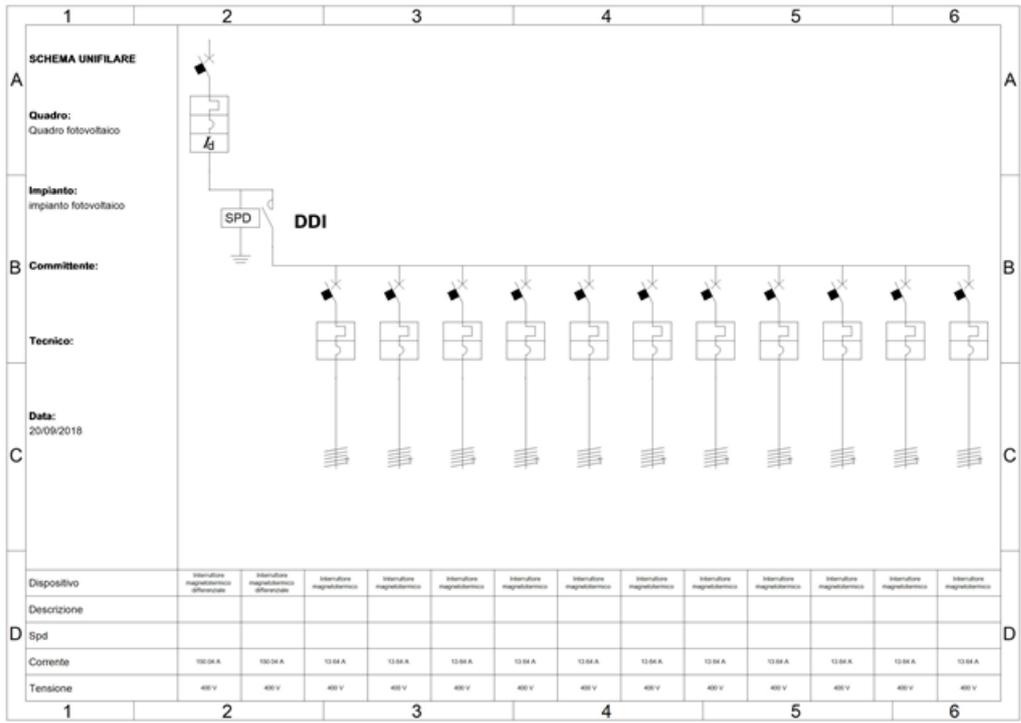


Fig. 6: Schema unifilare quadro "Cuadro fotovoltaico"

Diagrama de línea individual

El siguiente diagrama ilustra el diagrama de una sola línea de todo el sistema fotovoltaico, en el que se destacan sus subsistemas y componentes.

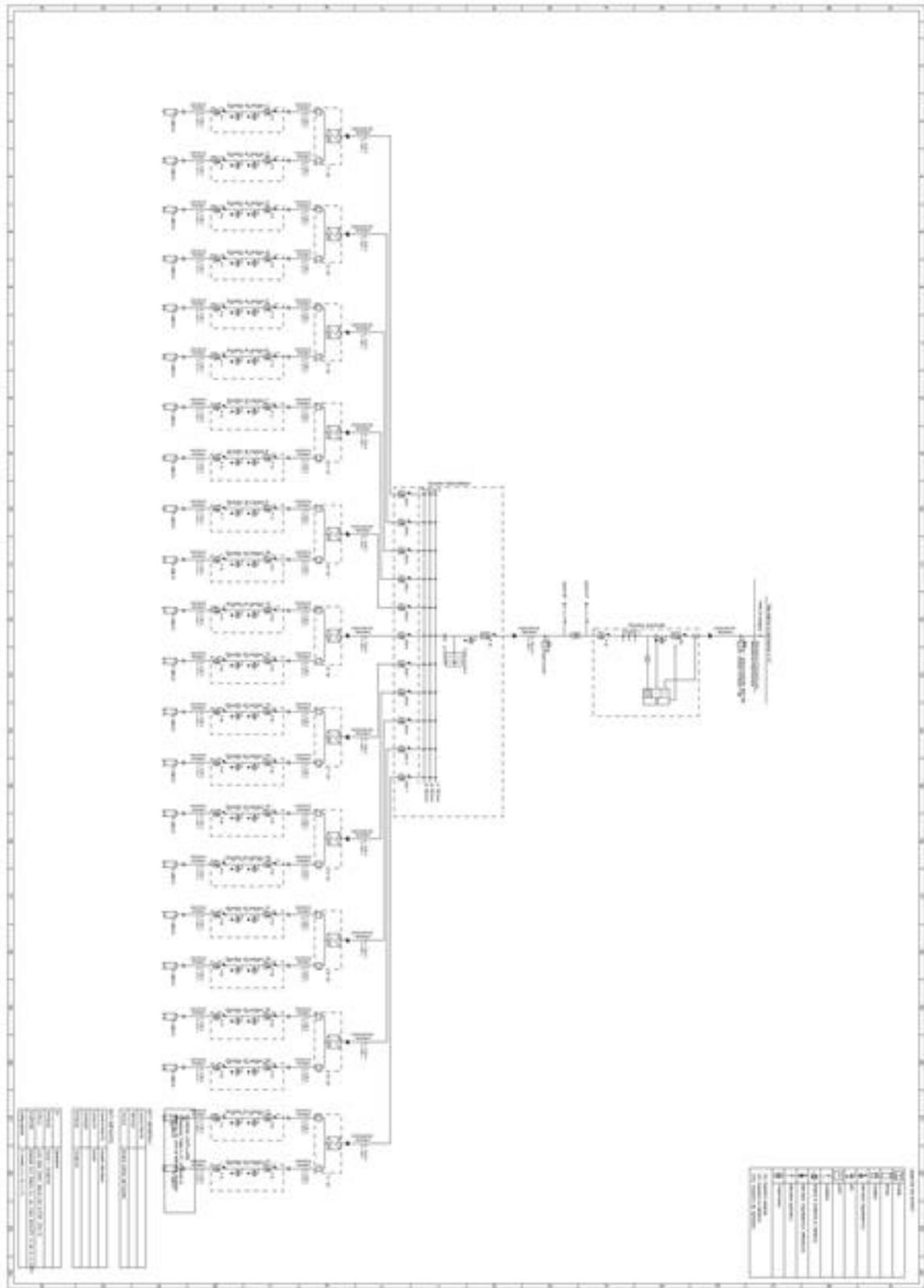


Figura 49: Diagrama de línea individual.

Resumen de potencia por fase			
Generador / subsistema	L1	L2	L3
Generatore1	34.650 kW	34.650 kW	34.650 kW
total	34.650 kW	34.650 kW	34.650 kW

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MÓDULOS

Módulo M.11736

DATOS GENERALES

Marca	Luxor Solar GmbH
Modelo	Secure Line LX-270P
Tipo material	Si policristalino
Precio	€ 137

ELECTRICAL CHARACTERISTICS IN STC

Potencia máxima	270.0 W
Im	8.95 A
Isc	9.50 A
Eficiencia	16.05 %
Vm	30.19 V
Voc	37.88 V

OTHER ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Voc coef. térmico	-0.3400 V/°C
Isc coef. térmico	4.750 mA/°C
NOCT	43.6 °C
Vmax	1 000.00 V

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Longitud	1 682.00 mm
Anchura	1 000.00 mm
Área	1.682 m²
Espesor	41.00 mm
Peso	23.00 kg
Número de células	60

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INVERORES

Inversores I.2315

DATOS GENERALES

Marca	Shenzhen INVT Electric Co., Ltd.
Modelo	iMars BG10KTR
Tipo fase	Trifase
Precio	€ 1350.00

INGRESI MPPT

N	VMppt min [V]	VMppt max [V]	V max [V]	I max [A]
1	180.00	800.00	1 000.00	21.00
2	180.00	800.00	1 000.00	21.00

Max pot. FV [W] 10 400

PARÁMETROS DE SALIDA

Potencia nominal	10 000 W
Tensión nominal	400 V
Eficiencia máxima	98.00 %
Dist. Armónica	3 %
Eficiencia Euro	97.50 %

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Dimensiones L x P x H	494x656x206 mm
Peso	36.00 kg

4.2. PROYECTO ECONOMICO

Luego de haber diseñado técnicamente la planta y calculado la cantidad de energía que puede generar, se realizó un análisis económico. En primer lugar, analizamos la cantidad de energía que consume la empresa ya qué precio la compra, luego analizamos las diversas posibilidades de venta de energía producida para comprender cuál es la más ventajosa. En realidad, la energía producida por la planta cubre aproximadamente el 12% de la energía requerida por la compañía, por lo tanto, el régimen de ventas nunca ocurre y la ventaja económica consiste en una menor cantidad de energía comprada por la compañía.

4.2.1. CONSUMOS DE LA NAVE

Lo primero que se debe hacer para continuar con el proyecto económico es comprender cuánta electricidad consume la compañía y cuál es el precio al que la compra. Para realizar esta evaluación, se han utilizado todas las facturas de electricidad de los últimos 2 años (es decir, desde que la empresa comenzó a operar). La siguiente tabla muestra un resumen de los valores obtenidos en las facturas de electricidad proporcionadas por la empresa.

año	Mes	TOT	energía	transporte	gastos	impuestos	recalculos	total
		kWh/día	€	€	€	€	€	€
2016	enero	2991,36	4894,44	1327,06	4254,97	927,86	0	11404,33
2016	febrero	2929,87	5101,56	1324,97	4411,9	962,09	0	11800,52
2016	marzo	2927,98	5722,17	1513,81	4984,27	1086,9	2660,61	15967,76
2016	abril	2932,96	5402,88	1591,6	5038,29	1095,81	-490,44	12638,14
2016	mayo	2990,95	6301,88	1747,72	5860,08	1274,55	41,09	15225,32
2016	junio	2975,62	5586,66	1630,87	5176,97	1125,98	42,46	13562,94
2016	julio	2712,21	5879,37	1619,59	5033,65	1096,71	0	13629,32
2016	agosto	2696,43	3010,99	1219,19	2547,2	554,98	42,46	7374,82
2016	septiembre	2713,51	6392,09	1748,84	5490,4	1196,23	42,46	14870,02
2016	octubre	2754,06	6295,84	1761,18	5938,97	1282,56	41,09	15319,64
2016	noviembre	2877,51	6900,02	1902,83	6534,14	1411,09	42,46	16790,54
2016	diciembre	2892,52	5964,73	1786,66	5642,39	1281,51	41,09	14716,38
2017	enero	2965,82	5994,44	1844,93	5441,22	1263,24	42,46	14586,29
2017	febrero	3040,53	6038,25	1863,2	5452,47	1265,85	-75,77	14544
2017	marzo	3116,46	6844,02	2014,68	6173,89	1433,34	38,35	16504,28
2017	abril	3143,41	6334,23	1810,17	4991,46	1218,8	42,46	14397,12
2017	mayo	3180,59	7529,48	1962,77	5912,78	1444,16	0	16849,19
2017	junio	3221,82	6805,9	1823,42	5381,05	1314,1	0	15324,47
2017	julio	3277,12	7036,77	1907,21	5523,72	1349	0	15816,7
2017	agosto	3353,66	4764,77	1548,49	3705,33	904,2	0	10922,79
2017	septiembre	3395,14	7232,73	1899,92	5672,74	1385,45	0	16190,84
2017	octubre	3467,39	7755,49	2083,64	6715,91	1612,23	0	18167,27
2017	noviembre	3449,86	6317,75	1975,75	5546,44	1331,11	0	15171,05
2017	diciembre	3587,4	7157,91	2024,14	6209,94	1510,08	3561,84	20463,91

La siguiente tabla enumera el consumo anual:

Descripcion	Consumo anual [kWh]
Consumo total de la nave	1 082 210.40

El consumo anual total es 1 082 210.40 kWh, el siguiente gráfico muestra el consumo de cada mes:

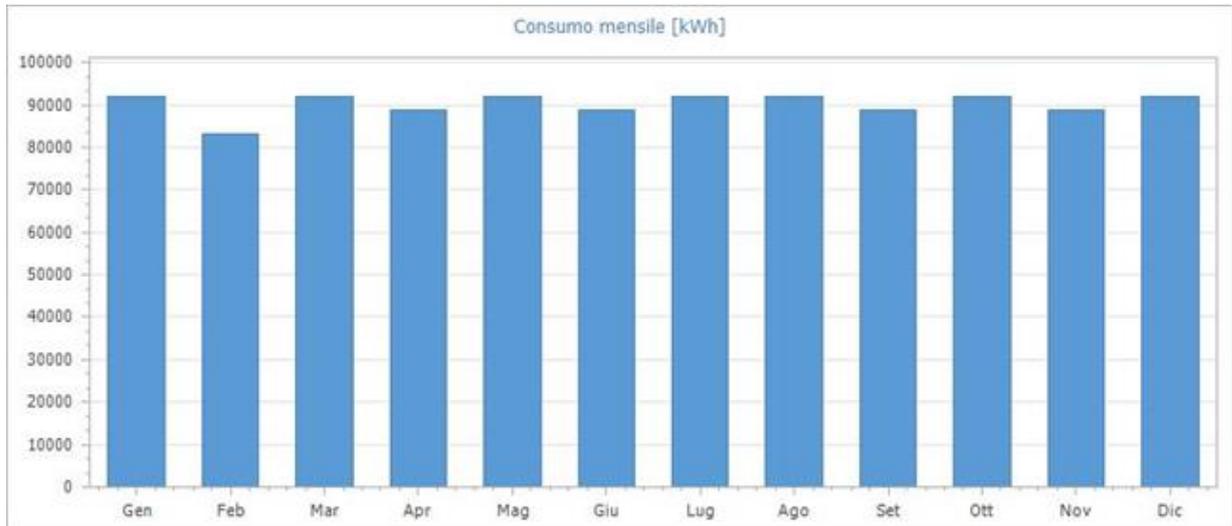


Figura 49: Consumo de cada mes.

4.2.2. INGRESOS

Ingresos bajo un régimen de retiro dedicado

El retiro dedicado es un procedimiento simplificado disponible para los productores para la venta de electricidad alimentada en la red, como alternativa a los contratos bilaterales o la venta directa en la bolsa de valores. Consiste en la venta de electricidad suministrada a la red al Operador de Servicios de Energía - GSE S.p.A. (GSE), que lo remunera, pagando al productor un precio por cada kWh retirado en base a los términos y condiciones definidos en el Anexo A de la Resolución no AEEG. 280/07.

La electricidad suministrada a la red por los productores y retirada por la GSE con el mecanismo de retiro dedicado se valora al "precio promedio por hora", es decir, al precio promedio mensual por hora - formado en el mercado de electricidad - correspondiente al área de mercado en la que La planta está conectada (Artículo 6 de la Resolución No. 280/07 y resoluciones posteriores).

Los pequeños productores pueden recibir del GSE una remuneración garantizada, los llamados "precios mínimos garantizados", diferenciados por kWh anuales por año, sin poner en peligro la posibilidad de recibir más en caso de que resulte la remuneración a precios zonales por hora. más ventajoso.

Los precios mínimos garantizados son actualizados anualmente por la Autoridad de Electricidad y Gas (AEEG).

El GSE reconoce los precios definidos por la Autoridad para la electricidad que se alimenta a la red y se incrementa por las pérdidas estándar equivalentes a 2.40% en TM y 5.10% en BT.

El GSE aplica una tarifa para cubrir los costos administrativos incurridos, incluidos los pronósticos, la programación y la comercialización de la energía, según lo establecido en las resoluciones 281/2012 / R / efr y 493/2012 / R / efr (consulte el Anexo A de la resolución No. 280/07).

Para los productores que participan en el esquema de Retirada Dedicada, la contraprestación se obtiene de la suma entre una Consideración A, calculada como una función de la potencia de la planta, y una Consideración B, calculada como un porcentaje del valor de la electricidad vendida a la GSE. La suma de la Consideración A y de la Consideración B no puede exceder un cierto umbral, establecido por la clase de potencia de la planta.

Deducción de impuestos

Se solicitó la deducción de impuestos para la planta.

La deducción es igual al 36% de los gastos elegibles, € 48,000.00 y se divide en 10 cuotas anuales de € 728,00.

Datos de compra de energía

Potenza impegnata	376.00 kW
Tariffa acquisto energia	BTA4 - Trioraria / Giugno 2018

La tarifa de compra eléctrica consta de varios componentes.

- Componente de energía: representa el precio de la energía de PE y el precio de marketing y ventas (TIV, Integrated Sales Text)
- Componente de despacho: representa la tarifa por despacho de electricidad.
- Componente PCV: representa la tarifa para cubrir los costos de comercialización asociados con el servicio de venta de electricidad.
- Componente de transporte: consiste en servicios de transmisión, distribución y medición (instalación y mantenimiento de medidores, recolección, validación y registro de mediciones de electricidad).
- Componente A: cubre los costes incurridos en interés general del sistema eléctrico, como, por ejemplo, los costes de investigación, los costes para fomentar el uso de fuentes de energía renovables, etc.
- Componente UC: cubre elementos de costo adicionales del servicio eléctrico (como, por ejemplo, la ecuilización).
- Componente MCT: es el componente tarifario para la financiación de las medidas territoriales de compensación a que se refiere el artículo 4, párrafo 1-bis, de la ley no. 368/03.

Datos generales	
Nombre trato	BTA4 - Trioraria / Giugno 2018
descripción	Tasa aplicada a contratos estipulados en hogares distintos a la residencia

Tipo de usuario	Domestica
régimen	Maggior Tutela
Potencia	Mayor de 06.00 kW
Tipo de tarifa	Trioraria
Ranuras de tiempo	AEEG 181/06 - Trioraria
los impuestos especiales	0.01250 €/kWh
Autoridades locales adicionales	0.00000 €/kWh
IVA	22.0 %

Componente de energía	
Tarifa fija [€]	0.00000
Cuota de potencia [€ / kW]	0.00000
Tasa de F1	0.06163
Tasa de F2	0.06053
Tasa de F3	0.05097
Componente de despacho	
Tarifa fija [€]	-1.87550
Cuota de potencia [€ / kW]	0.00000
Cuota energética [€ / kWh]	0.01155
Componente PCV	
Tarifa fija [€]	118.37770
Cuota de potencia [€ / kW]	0.00000
Cuota energética [€ / kWh]	0.00000
Componente de transporte	
Tarifa fija [€]	24.19010
Cuota de potencia [€ / kW]	29.88320
Cuota energética [€ / kWh]	0.00774
Componente A	
Tarifa fija [€]	25.35600
Cuota de potencia [€ / kW]	32.37360
Cuota energética [€ / kWh]	0.05431

Componente UC	
Tarifa fija [€]	0.45200
Cuota de potencia [€ / kW]	0.00000
Cuota energética [€ / kWh]	0.00074
Componente MCT	
Tarifa fija [€]	0.00000
Cuota de potencia [€ / kW]	0.00000
Cuota energética [€ / kWh]	0.00000
Totale	
Tarifa fija [€]	166.50030
Cuota de potencia [€ / kW]	62.25680
Tarifa F1 [€ / kW]	0.13597
Tarifa F2 [€ / kW]	0.13487
Tarifa F3 [€ / kW]	0.12531

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
lunes	Green	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green																
martes	Green	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green																
miércoles	Green	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green																
jueves	Green	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green																
viernes	Green	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green																
sábado	Green	Yellow	Green																					
domingo	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green							

Tarifa F1  Tarifa F2  Tarifa F3 

Datos de venta de energía.

Valorización de la energía vendida.	Precios zonales
Precios zonales	GSE 2018
Aumento de la entrada de electricidad (pérdidas)	2.40 %

Lugar: **ANGRI (SA) - Zona Sud (datos de GSE)**



Prezzi medi mensili per fascia oraria e zona di mercato

(articolo 13.4, "Allegato A", deliberazione AEEG 280/07)

Prezzi 2018 (Euro/MWh)										
Fascia	F1									
Zona	gen.	feb.	mar.	apr.	mag.	giu.	lug.	ago.	set.	ott.
Centro Nord	53,17	63,25	58,80	50,83	57,84	61,99	66,15			
Centro Sud	51,65	62,72	56,41	50,84	57,85	61,18	63,88			
Nord	53,36	65,93	60,23	50,88	57,93	61,91	66,21			
Sardegna	48,77	63,33	56,59	50,87	55,47	58,15	63,79			
Sicilia	62,46	62,06	49,76	52,78	66,31	61,01	73,30			
Sud	50,42	56,79	47,87	50,10	57,97	60,92	63,29			

Fascia	F2									
Zona	gen.	feb.	mar.	apr.	mag.	giu.	lug.	ago.	set.	ott.
Centro Nord	50,34	58,25	57,52	48,38	53,98	51,93	58,32			
Centro Sud	49,81	56,03	56,56	49,01	54,54	53,15	59,61			
Nord	50,61	57,76	58,07	48,66	53,34	51,50	58,55			
Sardegna	48,06	54,05	50,96	45,13	51,26	49,00	58,42			
Sicilia	69,12	70,34	59,40	53,88	65,78	59,16	77,74			
Sud	49,67	55,46	53,15	47,85	53,25	51,97	59,03			

Fascia	F3									
Zona	gen.	feb.	mar.	apr.	mag.	giu.	lug.	ago.	set.	ott.
Centro Nord	42,55	46,66	46,37	35,75	41,12	47,13	50,19			
Centro Sud	42,33	46,86	44,44	36,48	41,90	51,18	52,30			
Nord	42,34	46,28	48,03	37,34	41,05	46,43	50,66			
Sardegna	44,43	45,83	42,62	32,17	39,56	48,58	50,54			
Sicilia	44,60	44,75	40,63	37,64	47,10	51,66	65,91			
Sud	42,26	45,62	41,48	33,53	39,90	50,45	49,65			

4.2.3. INSTALACION PLANTA MONOCRISTALINO

4.2.3.1. GASTOS

El costo total de la instalación se puede resumir como sigue (en anexo hay la lista de precios):

Descripción	Total
Costos de construcción - Materiales y mano de obra (1 435.05 €/kW)	€ 161 742.50
Cuotas de diseño (10.00 %)	€ 16 174.25
Otros costos (certificación seu)	€ 250.00

Total	€ 178 166.75
--------------	---------------------

Costos de funcionamiento

Costes una tantum

Estos son los costos de tipo tecnológico que son necesarios para un análisis financiero preciso:

descripción	año	[%]	[€/kW]	[€]
Mantenimiento extraordinario	10	10.00	126.21	16 174.25
Reemplazo del inversor	10	9.27	117.05	15 000.00

Costes periódicos

Los siguientes costes periódicos también aportan los mejores criterios de funcionamiento de la instalación:

descripción	Periodo	duración	[%]	[€/kW]	[€]
mantenimiento	1	20	4.00	50.48	6 469.70
seguro	1	20	0.40	5.07	650.00

4.2.3.2. ANÁLISIS ECONÓMICO

Los siguientes parámetros de referencia también se han considerado en el Análisis Económico:

Tasa IRPEF fija	27.70 %
Depreciación anual de la planta.	9.00 %
Tasa de inflación anual de los costos.	2.00 %
Tasa de inflación anual de las tarifas energéticas.	6.00 %
Tasa de descuento	4.00 %
Aumento anual del consumo de energía.	2.00 %
Pérdida anual de eficiencia de la planta.	0.90 %

Tabla presupuesto anual

Budget annuale

año	1	2	3	4	5
Efectivo inicial	-178 166.75	-158 917.01	-137 737.02	-115 691.14	-92 730.94
Entrada - Salida	19 249.74	21 179.99	22 045.88	22 960.21	23 925.49
ingresos	31 630.22	32 906.53	34 249.41	35 662.19	37 148.40
Recaudación de ingresos dedicada	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Factura de ahorro	29 902.22	31 178.53	32 521.41	33 934.19	35 420.40
Deducción de impuestos	1 728.00	1 728.00	1 728.00	1 728.00	1 728.00
salidas	12 380.48	11 726.54	12 203.53	12 701.98	13 222.91
Costos de operacion	7 203.30	7 345.69	7 490.94	7 639.09	7 790.19
Préstamo a plazos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

impuestos	5 177.18	4 380.85	4 712.59	5 062.89	5 432.72
Efectivo final	-158 917.01	-137 737.02	-115 691.14	-92 730.94	-68 805.45

año	6	7	8	9	10
Efectivo inicial	-68 805.45	-43 861.15	-17 841.72	9 312.04	37 662.40
Entrada - Salida	24 944.30	26 019.43	27 153.76	28 350.36	2 676.22
ingresos	38 711.67	40 355.93	42 085.21	43 903.82	45 816.22
Recaudación de ingresos dedicada	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Factura de ahorro	36 983.67	38 627.93	40 357.21	42 175.82	44 088.22
Deducción de impuestos	1 728.00	1 728.00	1 728.00	1 728.00	1 728.00
salidas	13 767.37	14 336.50	14 931.45	15 553.46	43 140.00
Costos de operacion	7 944.32	8 101.54	8 261.90	8 425.46	45 848.42
Préstamo a plazos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
impuestos	5 823.05	6 234.96	6 669.55	7 128.00	-2 708.42
Efectivo final	-43 861.15	-17 841.72	9 312.04	37 662.40	40 338.62

año	11	12	13	14	15
Efectivo inicial	40 338.62	69 553.86	99 308.63	129 185.44	160 621.45
Entrada - Salida	29 215.25	29 754.77	29 876.81	31 436.01	33 079.26
ingresos	46 099.13	48 213.47	50 436.49	52 773.65	55 230.67
Recaudación de ingresos dedicada	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Factura de ahorro	46 099.13	48 213.47	50 436.49	52 773.65	55 230.67
Deducción de impuestos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
salidas	16 883.88	18 458.70	20 559.68	21 337.64	22 151.41
Costos de operacion	8 762.48	8 936.05	9 113.10	9 293.69	9 477.89
Préstamo a plazos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
impuestos	8 121.40	9 522.65	11 446.58	12 043.95	12 673.52
Efectivo final	69 553.86	99 308.63	129 185.44	160 621.45	193 700.71

año	16	17	18	19	20
Efectivo inicial	193 700.71	228 511.59	265 146.95	303 704.48	344 286.80
Entrada - Salida	34 810.88	36 635.37	38 557.53	40 582.32	42 715.01
ingresos	57 813.60	60 528.75	63 382.81	66 382.74	69 535.89
Recaudación de ingresos dedicada	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Factura de ahorro	57 813.60	60 528.75	63 382.81	66 382.74	69 535.89
Deducción de impuestos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
salidas	23 002.72	23 893.38	24 825.28	25 800.42	26 820.88
Costos de operacion	9 665.77	9 857.42	10 052.90	10 252.28	10 455.66
Préstamo a plazos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
impuestos	13 336.95	14 035.96	14 772.38	15 548.14	16 365.22
Efectivo final	228 511.59	265 146.95	303 704.48	344 286.80	387 001.81

(*) Los importes del presupuesto anual se expresan en euros [€].

4.2.3.3. INDICADORES ECONÓMICOS

Periodo de recuperación

El número de años necesarios para compensar la inversión mediante flujos de efectivo positivos es igual a **8**

VAN (Valor actual neto)

El valor actual neto o el valor actual neto (NPW) de los flujos de efectivo de series temporales, tanto entrantes como salientes y considerando una expectativa de vida de 20 años, es igual a € **187 078.97**.

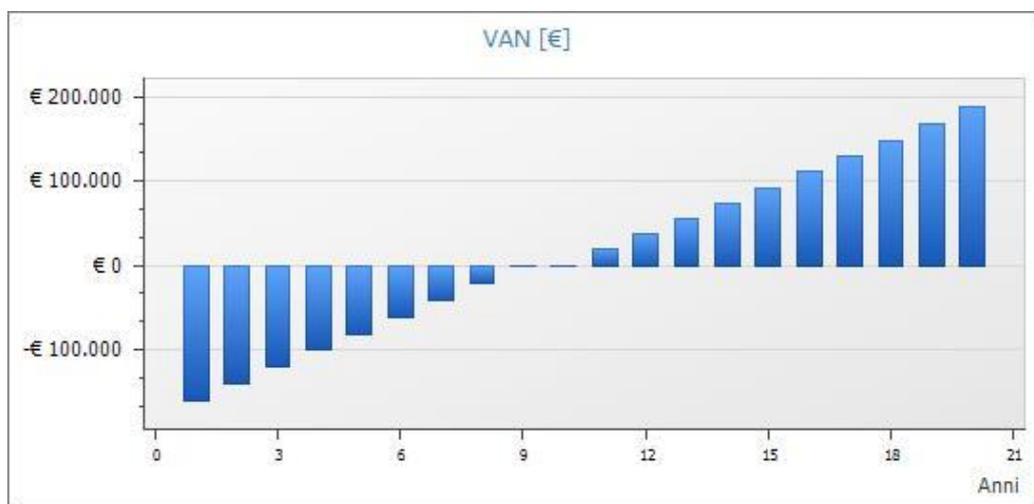


Figura 50: VAN de los flujos de efectivo futuros analizados.

TIR (Tasa Interna de Retorno)

La Tasa Interna de Retorno, utilizada como un índice para medir y comparar la rentabilidad de la inversión, considerando una expectativa de vida de la instalación de 20 años, es igual a **12.53 %**.

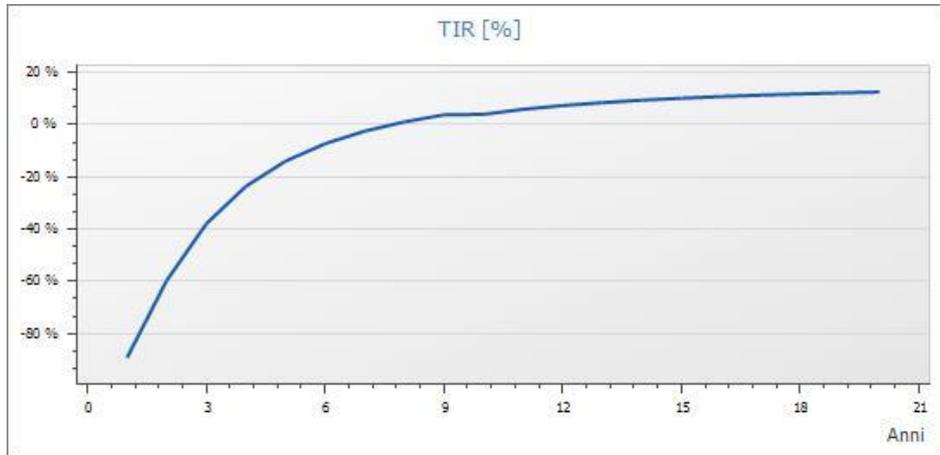


Figura 51: TIR.

Ingresos

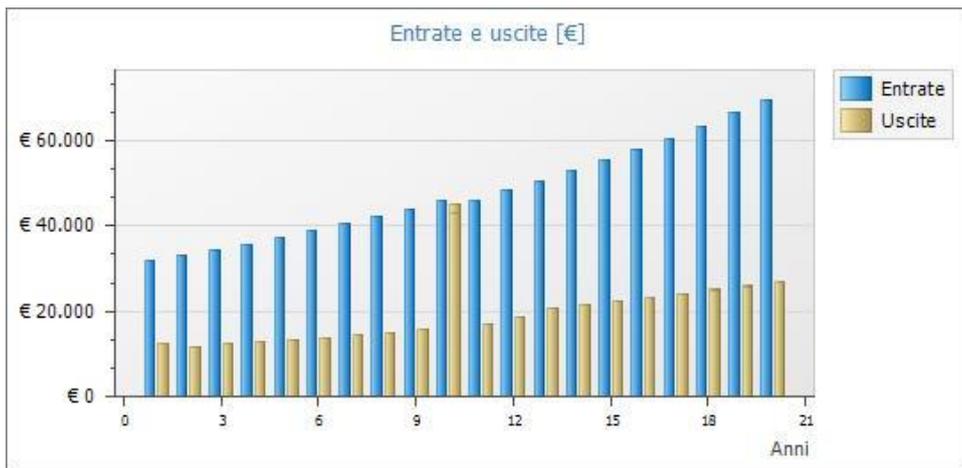


Figura 52: beneficios.

Flujo de caja acumulado



Figura 53: Flujo de caja acumulado.

4.2.4. INSTALACION PLANTA POLICRISTALINO

4.2.4.1. GASTOS

El costo total de la instalación se puede resumir como sigue (en anexo hay la lista de precios):

Descripción	Total
Costos de construcción - Materiales y mano de obra (1 435.05 €/kW)	€ 92 005.00
Cuotas de diseño (10.00 %)	€ 9 200.50
Otros costos (certificación seu)	€ 500.00
Total	€ 101 705.50

Costos de funcionamiento

Costes una tantum

Estos son los costos de tipo tecnológico que son necesarios para un análisis financiero preciso:

descripción	año	[%]	[€/kW]	[€]
Mantenimiento extraordinario	10	10.00	88.51	9 200.50
Reemplazo del inversor	10	16.30	144.30	15 000.00

Costes periódicos

Los siguientes costes periódicos también aportan los mejores criterios de funcionamiento de la instalación:

descripción	Periodo	duración	[%]	[€/kW]	[€]
mantenimiento	1	20	4.00	35.40	3 680.20
seguro	1	20	0.64	5.65	587.00

4.2.4.2. ANÁLISIS ECONÓMICO

Tabla presupuesto anual

año	1	2	3	4	5
Efectivo inicial	-101 705.50	-86 168.10	-69 495.97	-52 096.47	-33 930.20
Entrada - Salida	15 537.40	16 672.12	17 399.50	18 166.27	18 974.46
ingresos	24 370.66	25 401.02	26 484.48	27 623.65	28 821.32
Recaudación de ingresos dedicada	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Factura de ahorro	22 642.66	23 673.02	24 756.48	25 895.65	27 093.32
Deducción de impuestos	1 728.00	1 728.00	1 728.00	1 728.00	1 728.00
salidas	8 833.26	8 728.90	9 084.98	9 457.38	9 846.86
Costos de operacion	4 335.07	4 420.41	4 507.46	4 596.26	4 686.83
Préstamo a plazos	4 498.19	4 308.49	4 577.52	4 861.12	5 160.03
impuestos	-86 168.10	-69 495.97	-52 096.47	-33 930.20	-14 955.73

año	6	7	8	9	10
Efectivo inicial	-14 955.73	4 870.49	25 594.25	47 263.68	69 929.35
Entrada - Salida	19 826.22	20 723.76	21 669.42	22 665.67	2 602.13
ingresos	30 080.50	31 404.23	32 795.76	34 258.52	35 796.05
Recaudación de ingresos dedicada	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Factura de ahorro	28 352.50	29 676.23	31 067.76	32 530.52	34 068.05
Deducción de impuestos	1 728.00	1 728.00	1 728.00	1 728.00	1 728.00
salidas	10 254.28	10 680.47	11 126.34	11 592.85	33 193.92
Costos de operacion	4 779.21	4 873.43	4 969.54	5 067.57	34 089.41
Préstamo a plazos	5 475.07	5 807.04	6 156.80	6 525.28	-895.49
impuestos	4 870.49	25 594.25	47 263.68	69 929.35	72 531.48

año	11	12	13	14	15
Efectivo inicial	72 531.48	95 623.92	119 534.44	144 127.10	170 010.52
Entrada - Salida	23 092.43	23 910.52	24 592.66	25 883.41	27 242.44
ingresos	35 684.23	37 382.92	39 168.28	41 044.68	43 016.76
Recaudación de ingresos dedicada	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Factura de ahorro	35 684.23	37 382.92	39 168.28	41 044.68	43 016.76
Deducción de impuestos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
salidas	12 591.80	13 472.40	14 575.62	15 161.27	15 774.32
Costos de operacion	5 269.56	5 373.60	5 479.71	5 587.95	5 698.35
Préstamo a plazos	7 322.24	8 098.80	9 095.91	9 573.32	10 075.97
impuestos	95 623.92	119 534.44	144 127.10	170 010.52	197 252.96

año	16	17	18	19	20
Efectivo inicial	197 252.96	225 926.11	256 105.38	287 870.00	321 303.23
Entrada - Salida	28 673.15	30 179.26	31 764.62	33 433.22	35 189.31
ingresos	45 089.24	47 267.28	49 556.16	51 961.41	54 488.92
Recaudación de ingresos dedicada	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Factura de ahorro	45 089.24	47 267.28	49 556.16	51 961.41	54 488.92
Deducción de impuestos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
salidas	16 416.09	17 088.02	17 791.54	18 528.19	19 299.61
Costos de operacion	5 810.95	5 925.83	6 042.98	6 162.48	6 284.38
Préstamo a plazos	10 605.14	11 162.19	11 748.56	12 365.71	13 015.23
impuestos	225 926.11	256 105.38	287 870.00	321 303.23	356 492.54

4.2.4.3. INDICADORES ECONÓMICOS

Periodo de recuperación

El número de años necesarios para compensar la inversión mediante flujos de efectivo positivos es igual a **6**

VAN (Valor actual neto)

El valor actual neto o el valor actual neto (NPW) de los flujos de efectivo de series temporales, tanto entrantes como salientes y considerando una expectativa de vida de 20 años, es igual a € **193 363.50..**

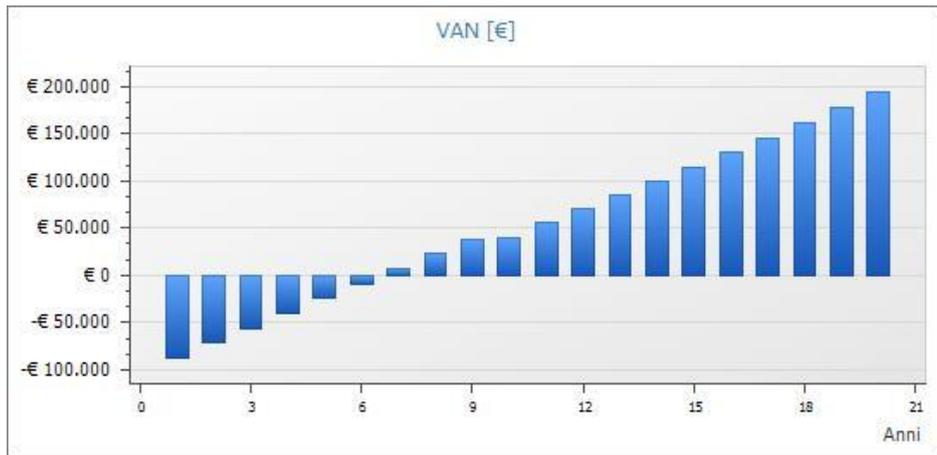


Figura 54: VAN de los flujos de efectivo futuros analizados.

TIR (Tasa Interna de Retorno)

La Tasa Interna de Retorno, utilizada como un índice para medir y comparar la rentabilidad de la inversión, considerando una expectativa de vida de la instalación de 20 años, es igual a **17.96 %**.

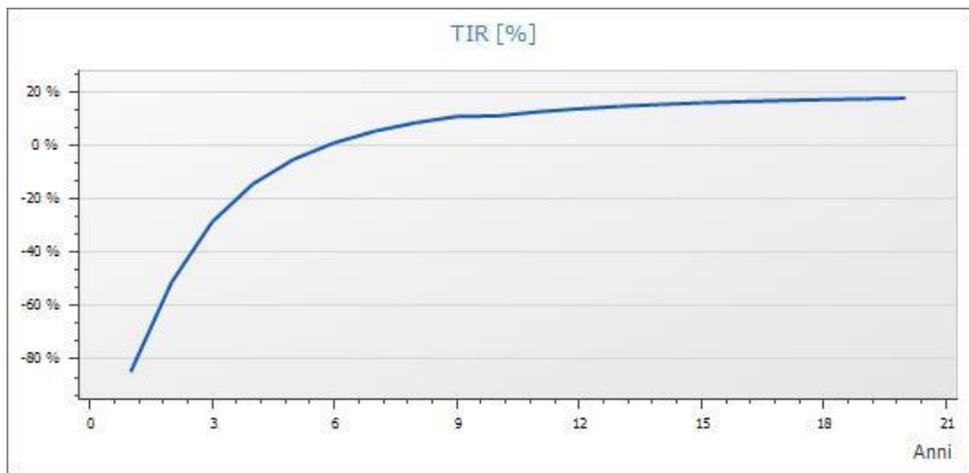


Figura 55: TIR.

Ingresos

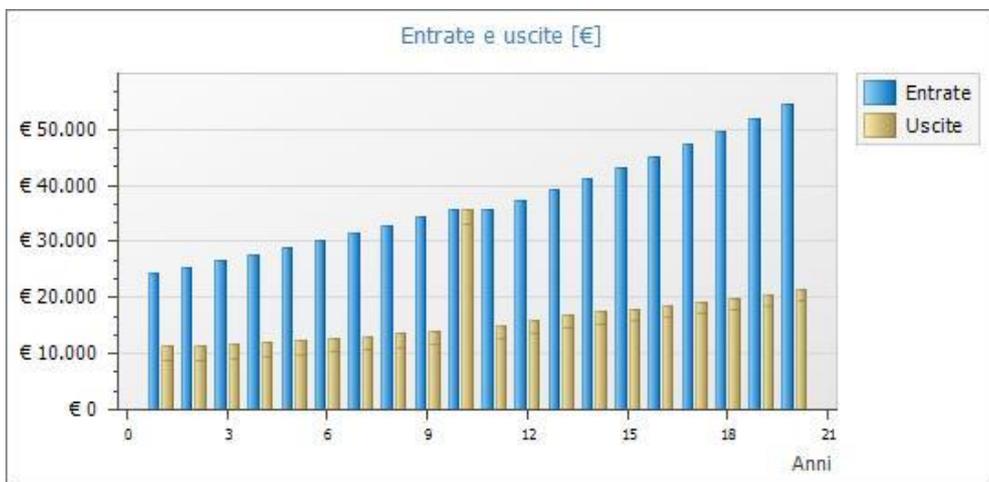


Figura 56: beneficios.

Flujo de caja acumulado

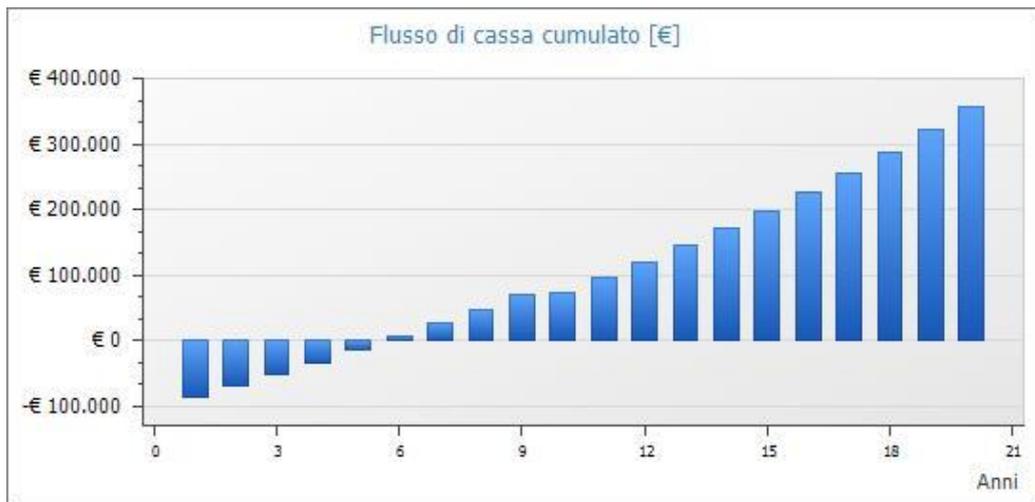


Figura 57: Flujo de caja acumulado.

5. CONCLUSIONES

En la primera parte de este trabajo de fin de master se enumeran y describen brevemente las tecnologías más utilizadas para producir energía a partir de fuentes renovables, después el estudio se centró en la tecnología de células solares, ya que ha sido el más adaptable al caso en estudio. Esto no quiere decir que otras tecnologías son más difíciles de usar, solo que tenemos una gama de opciones y es posible que de vez en cuando para elegir la tecnología adecuada, esto es una ventaja de las energías renovables ya que se adaptan al lugar donde se instalan sin causar los daños de a las energías convencionales (especialmente la contaminación). En el proyecto de factibilidad llevado a cabo en este trabajo de fin de master, se ha visto que, incluso para una empresa que tiene un alto consumo de electricidad, la fotovoltaica es una opción económicamente ventajosa. Incluso si la instalación solo cubre parte del consumo, hay un retorno económico y es ventajoso. Además de la posibilidad de elegir entre diferentes tipos de células (mono y poli cristalino) que nos da la oportunidad de realizar un análisis no sólo técnico pero también económico y, teniendo en cuenta los dos aspectos, identificar la opción que asegura más ventajas. El aspecto económico es esencial cuando se trata de energía, ya que, a pesar de la reducción de la emisión de gases nocivos es un aspecto fundamental, sobre todo hoy que la contaminación ha alcanzado niveles muy altos, el ahorro económico sigue siendo el motor principal que puede hacer optar para este tipo de elección. La elección de una empresa como caso de estudio no fue casual, ya que los aspectos fundamentales de una empresa son las ganancias y estos son el resultado de la resta entre los ingresos y los gastos, y, en este caso a tener altos ahorros en capacidad de facturas se traduce en más beneficios directos de negocios, pero el gasto cortado también da la oportunidad de entrar en el mercado con precios más bajos y por lo tanto aumentar el volumen de ventas en comparación con las empresas que no eligen a la auto-producir la energía que consumen. Las dos hipótesis del proyecto llevadas a cabo dan como resultado que la instalación de una planta de células fotovoltaicas siempre es conveniente desde el punto de vista ecológico y ambiental. En particular, la elección de las células con el silicio monocristalino maximiza los beneficios ambientales, sin embargo, la elección de silicio policristalino es más ventajoso económicamente debido a los menores precios de compra que se prefieren a pesar de la producción de energía es menor. Después de completar el proyecto de factibilidad, corresponde al usuario, en este caso la empresa, decidir si se debe favorecer el aspecto económico o ambiental.

Sin embargo, se observa que la realización de una instalación de células fotovoltaicas es incapaz de cubrir la demanda de energía total, entonces, en este caso concreto las energías obtenidas a partir de fuentes renovables no pueden sustituir totalmente a los convencionales, deben ser presentadas a las empresas que producen energía y gobiernos para decidir invertir fuertemente en energía renovable.

Cuando se trata de energía de fuentes renovables, parece que estamos hablando de algo innovador, en verdad, la energía de fuentes renovables ha sido la primera utilizada por la humanidad. La energía hidráulica y eólica se han utilizado a lo largo de la historia en forma de molinos, o incluso como un motor de la embarcación por medio de las velas, biomásas haber calentado la raza humana de la época de las cavernas. El uso de combustibles fósiles se remonta a hace menos de 200 años, y estos han evolucionado para cubrir casi la demanda mundial de energía a costa de un enorme daño ambiental. Como ha sucedido a menudo en la historia, debemos haber llegado a un punto crítico antes de tomar decisiones. Hasta la fecha, las tecnologías capaces de producir electricidad a partir de fuentes renovables están evolucionando

rápidamente, por ejemplo, la tecnología fotovoltaica ha explotado los estudios realizados sobre el silicio en la tecnología de la información que lo han hecho más eficiente y económico. El progreso y la evolución de estas tecnologías está en marcha y está evolucionando rápidamente. No es tonto pensar que en unas pocas décadas estas tecnologías serán mucho más poderosas y costarán mucho menos reemplazando totalmente las fuentes de energía fósil. Estamos siguiendo los primeros pasos de una larga escalera que nos llevará a producir electricidad totalmente limpia.

6. ANEXOS

6.1. NORMATIVAS DE REFERENCIA

Normativa generale

Decreto Legislativo n. 504 del 26-10-1995, aggiornato 1-06-2007: Testo Unico delle disposizioni legislative concernenti le imposte sulla produzione e sui consumi e relative sanzioni penali e amministrative.

Decreto Legislativo n. 387 del 29-12-2003: attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.

Legge n. 239 del 23-08-2004: riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia.

Decreto Legislativo n. 192 del 19-08-2005: attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

Decreto Legislativo n. 311 del 29-12-2006: disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

Decreto Legislativo n. 115 del 30-05-2008: attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE.

Decreto Legislativo n. 56 del 29-03-2010: modifiche e integrazioni al decreto 30 maggio 2008, n. 115.

Decreto del presidente della repubblica n. 59 del 02-04-2009: regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.

Decreto Legislativo n. 26 del 2-02-2007: attuazione della direttiva 2003/96/CE che ristruttura il quadro comunitario per la tassazione dei prodotti energetici e dell'elettricità.

Decreto Legge n. 73 del 18-06-2007: testo coordinato del Decreto Legge 18 giugno 2007, n. 73.

Decreto 2-03-2009: disposizioni in materia di incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare.

Legge n. 99 del 23 luglio 2009: disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia.

Legge 13 Agosto 2010, n. 129 (GU n. 192 del 18-8-2010): Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 8 luglio 2010, n. 105, recante misure urgenti in materia di energia. Proroga di termine per l'esercizio di delega legislativa in materia di riordino del sistema degli incentivi. (Art. 1-septies - Ulteriori disposizioni in materia di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili).

Decreto legislativo del 3 marzo 2011, n. 28: Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili.

Decreto legge del 22 giugno 2012, n. 83: misure urgenti per la crescita del Paese.

Legge 11 agosto 2014, n. 116: conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 24 giugno 2014, n. 91, recante disposizioni urgenti per il settore agricolo, la tutela ambientale e l'efficientamento energetico dell'edilizia scolastica e universitaria, il rilancio e lo sviluppo delle imprese, il contenimento dei

costi gravanti sulle tariffe elettriche, nonché per la definizione immediata di adempimenti derivanti dalla normativa europea. (GU Serie Generale n.192 del 20-8-2014 - Suppl. Ordinario n. 72).

Decreto Ministero dello sviluppo economico del 19 maggio 2015 (GU n.121 del 27-5-2015): approvazione del modello unico per la realizzazione, la connessione e l'esercizio di piccoli impianti fotovoltaici integrati sui tetti degli edifici.

Sicurezza

D.Lgs. 81/2008: (testo unico della sicurezza): misure di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro e succ. mod. e int.

DM 37/2008: sicurezza degli impianti elettrici all'interno degli edifici.

Ministero dell'interno

"Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici" - DCPREV, prot.5158 - Edizione 2012.

"Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici" - Nota DCPREV, prot.1324 - Edizione 2012.

"Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici" - Chiarimenti alla Nota DCPREV, prot.1324 "Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici – Edizione 2012".

Secondo Conto Energia

Decreto 19-02-2007: criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare, in attuazione dell'articolo 7 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387.

Legge n. 244 del 24-12-2007 (Legge finanziaria 2008): disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato.

Decreto Attuativo 18-12-2008 - Finanziaria 2008

DM 02/03/2009: disposizioni in materia di incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare.

Terzo Conto Energia

Decreto 6 agosto 2010: incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare.

Quarto Conto Energia

Decreto 5 maggio 2011: incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti solari fotovoltaici.

Quinto Conto Energia

Decreto 5 luglio 2012: attuazione dell'art. 25 del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28, recante incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti solari fotovoltaici.

Deliberazione 12 luglio 2012 292/2012/R/EFR: determinazione della data in cui il costo cumulato annuo degli incentivi spettanti agli impianti fotovoltaici ha raggiunto il valore annuale di 6 miliardi di euro e della decorrenza delle modalità di incentivazione disciplinate dal decreto del ministro dello sviluppo economico, di concerto con il ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 5 luglio 2012.

Normativa fotovoltaica

CEI 82-25: guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione.

CEI 82-25; V2: guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione.

CEI EN 60904-1(CEI 82-1): dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente.

CEI EN 60904-2 (CEI 82-2): dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento.

CEI EN 60904-3 (CEI 82-3): dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento.

CEI EN 61215 (CEI 82-8): moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo.

CEI EN 61646 (82-12): moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri - Qualifica del progetto e approvazione di tipo.

CEI EN 61724 (CEI 82-15): rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati.

CEI EN 61730-1 (CEI 82-27): qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 1: Prescrizioni per la costruzione.

CEI EN 61730-2 (CEI 82-28): qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 2: Prescrizioni per le prove.

CEI EN 62108 (82-30): moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) - Qualifica di progetto e approvazione di tipo.

CEI EN 62093 (CEI 82-24): componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali.

CEI EN 50380 (CEI 82-22): fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici.

CEI EN 50521 (CEI 82-31): connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove.

CEI EN 50524 (CEI 82-34): fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici.

CEI EN 50530 (CEI 82-35): rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla Red elettrica.

EN 62446 (CEI 82-38): grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection.

CEI 20-91: cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.

UNI 10349: riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.

UNI/TR 11328-1: "Energia solare - Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia - Parte 1: Valutazione dell'energia raggiante ricevuta".

Altra Normativa sugli impianti elettrici

CEI 0-2: guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici.

CEI 0-16: regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.

CEI 0-21: regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica.

CEI 11-20: impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.

CEI EN 50438 (CT 311-1): prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione.

CEI 64-8: impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.

CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata

CEI EN 60439 (CEI 17-13): apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).

CEI EN 60445 (CEI 16-2): principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico.

CEI EN 60529 (CEI 70-1): gradi di protezione degli involucri (codice IP).

CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni.

CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti - Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso $I_n = 16$ A per fase).

CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2).

CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3).

CEI EN 50470-1 (CEI 13-52): apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparato di misura (indici di classe A, B e C).

CEI EN 50470-3 (CEI 13-54): apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: Prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C).

CEI EN 62305 (CEI 81-10): protezione contro i fulmini.

CEI 81-3: valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato.

CEI 20-19: cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V.

CEI 20-20: cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V.

CEI 13-4: sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica.

CEI UNI EN ISO/IEC 17025:2008: requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura.

6.2. FICHAS TÉCNICAS

AUO

SunForte PM318B00

Modulo Fotovoltaico Monocristallino



Resistenza al Vento Forte
Carico meccanico dinamico testato fino a
4 volte più rispetto del requisito standard IEC



Resistenza migliore alla ruggine salina e umidità
Il vetro più resistente alla ruggine salina e
Inclusione di umidità del 95% in più



Celle Back Contact
L'assenza di strisce sul lato anteriore
aumenta lo spazio di conversione della luce



Scatola di giunzione "potted" IP-68
Migliore protezione dei componenti elettrici
dall'umidità e dall'alta temperatura



Resistenza a PID (fino al livello Diamante)
Alta resistenza a PID verificata



Prestazioni superiori a temperature elevate
Meno perdita di potenza in estate grazie a
un basso coefficiente di temperatura



Dati elettrici (STC)

Valore tip. Potenza nominale P_N	325W	327W	330W	335W
Valore tip. Efficienza modulo	19.6%	20.1%	20.3%	20.6%
Tensione nominale tipica V_{mp} (V)	54.7	54.7	54.7	54.7
Corrente nominale tipica I_{mp} (A)	5.86	5.98	6.04	6.13
Tensione a circuito aperto tipica V_{oc} (V)	64.8	64.9	64.9	64.9
Corrente di corto circuito tipica I_{sc} (A)	6.27	6.46	6.52	6.62
Tolleranza massima della P_N	0 / +3%			

* I dati precedenti costituiscono la misurazione effettiva alle condizioni di test standard STC (Standard Test Conditions)
 * STC: Irradiazione 1000W/m², AM1.5, temperatura dell'aria 25 ° C, in conformità con EN 60904-2

Dati elettrici (NOCT)

Valore tip. Potenza nominale P_N	234W	235W	237W	241W
Tensione nominale tipica V_{mp} (V)	49.4%	49.4%	49.4%	49.4%
Corrente nominale tipica I_{mp} (A)	4.74	4.77	4.81	4.89
Tensione a circuito aperto tipica V_{oc} (V)	60.2	60.2	60.2	60.2
Corrente di corto circuito tipica I_{sc} (A)	5.23	5.26	5.3	5.39

* I dati precedenti costituiscono la misurazione effettiva alle Temperature della Cella a Operazione Normale (NOCT)
 * NOCT: Irradiazione 800W/m², AM1.5, temperatura dell'aria 20 ° C, velocità del vento 1 m/s

Coefficiente di temperatura

NOCT	46 ± 2 ° C
Coefficiente di temperatura tipico della P_N	-0.33% / K
Coefficiente di temperatura tipico della V_{oc}	-0.26% / K
Coefficiente di temperatura della I_{sc}	0.05% / K

Caratteristiche meccaniche

Dimensioni (lungh. x largh. x sp.)	1559 x 1046 x 46 mm (61.38 x 41.18 x 1.81 pollici)*
Peso	18.6 kg (41.0 lbs)
Vetro anteriore	Vetro solare altamente trasparente (temperato), 3.2 mm (0.13 pollici)
Cella	96 celle back-contact ad alta efficienza
Foglio posteriore	Pellicola composita
Telaio	Telaio in alluminio anodizzato
Scatola di derivazione	Classificazione IP-68 con 3 diodi di bypass
Tipo di connettore	MC4 KST4KBT4; 1 x 4 mm ² (0.04 x 0.16 in ²)

* Tolleranza di dimensioni del modulo (Aut.): 2 mm (0.079 in)

Condizioni operative

Temperatura di funzionamento	-40 ~ +85 ° C
Intervallo temperatura ambiente	-40 ~ +45 ° C
Max. Tensione sistema	1000V
Val. nominale fusibile in serie	20 A
Carico neve/vento	5400 Pa / 2400 Pa
Carico meccanico dinamico	4000 Pa

Garanzie e certificazioni

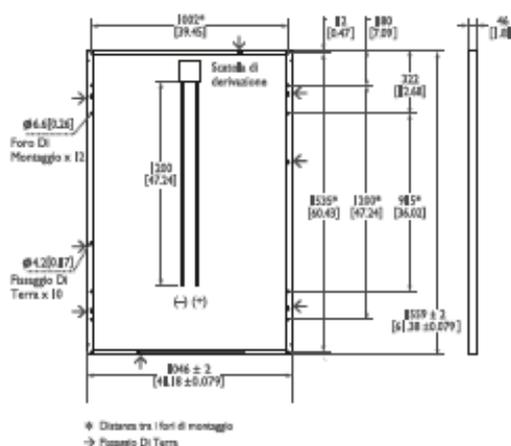
Prodotto	25 anni per materiale e manifattura
Garanzia delle prestazioni	Rendimento garantito del 95% ^{*1} per 5 anni e del 87% per 25 anni con un degrado lineare
Certificazioni	In conformità con le linee guida IEC/EN 61215, IEC/EN 61730, UL 1703, IEC, MCS, JET, NREC, VPC ^{**}

*1: La garanzia sulla potenza di 97% e 90% per 5 anni è opzionale
 **2: Esaminare le altre certificazioni presso i rivenditori ufficiali

Configurazione dell'imballo

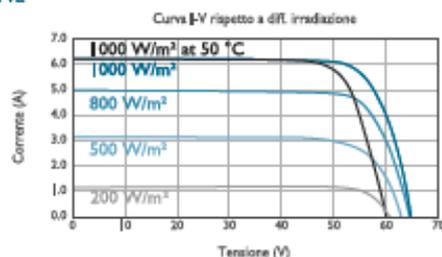
Container	20' GP	40' GP	40' HQ
Pezzi per pallet	26	26	26
Pallet per container	6	14	28
Pezzi per container	156	364	728

Dimensione mm [pollici]



* Distanza tra i fori di montaggio
 → Passaggio Di Terra

I-V Curva



Caratteristiche di corrente-tensione con dipendenza su irradiazione e temperatura del modulo



AU Optronics: Chi siamo

AU Optronics (AUO) è un produttore leader mondiale di TFT-LCD dedicato a fornire soluzioni ecologiche ai propri clienti in tutto il mondo in un modo sostenibile e rispettoso per l'ambiente. Oltre ai suoi punti di forza nell'innovazione di prodotto e tecnologica, AUO sottolinea il suo impegno ecologico e l'utilizzo della sua eccellenza produttiva per sviluppare soluzioni fotovoltaiche in alta efficienza per il settore residenziale, commerciale e utility.



AU Optronics Corporation
 No. 1, Li-Hsin Rd. 2, Hsinchu Science Park, Hsinchu 30078, Taiwan
 Tel: +886-3-500-8899 sol@AUO.com

© Copyright, ottobre 2017, AU Optronics Corp. Tutti i diritti riservati. La informazioni sono soggette a modifica senza preavviso. Questo foglio di calcolo è stato stampato con Soy Ink.

INVERTER SOLARI

Inverter di stringa ABB

PVI-10.0/12.5-TL-OUTD

da 10 a 12.5 kW



01

01
PVI-10.0/12.5-TL-OUTD
Inverter di stringa
da esterno

L'algoritmo di MPPT veloce e preciso consente un inseguimento della potenza in tempo reale e una migliore raccolta di energia.

Due MPPT indipendenti e un'efficienza che raggiunge il 97.8%

Questo dispositivo senza trasformatore è dotato di due MPPT indipendenti e ha una classe d'efficienza che raggiunge il 97.8%.

Curve di efficienza piatte garantiscono un elevato rendimento a tutti i livelli di erogazione assicurando una prestazione costante e stabile nell'intero intervallo di tensione in ingresso e di potenza in uscita.

L'ampio intervallo di tensione in ingresso rende l'inverter adatto per impianti a bassa potenza con formato di stringhe ridotto.

Progettato per uso commerciale, questo inverter trifase si distingue per la sua capacità di controllare le prestazioni dei pannelli fotovoltaici, specialmente durante periodi di condizioni ambientali variabili.

Caratteristiche principali

- Unità di conversione DC/AC con topologia di ponte trifase
- Topologia senza trasformatore
- Ciascun inverter è programmato con specifici standard di rete che possono essere installati direttamente sul campo
- Ampio intervallo di tensione in ingresso
- Doppia sezione di ingresso con inseguimento MPPT indipendente, consente una ottimale raccolta di energia anche nel caso di stringhe orientate in direzioni diverse
- Sezionatore DC integrato in conformità con gli standard internazionali (versioni -S e -FS)
- Raffreddamento a convezione naturale per garantire la massima affidabilità
- Involucro da esterno per uso in qualsiasi condizione ambientale
- Interfaccia di comunicazione RS-485 (per connessione con computer portatili o data logger)

Inverter di stringa ABB PVI-10.0/12.5-TL-OUTD da 10 a 12.5 kW

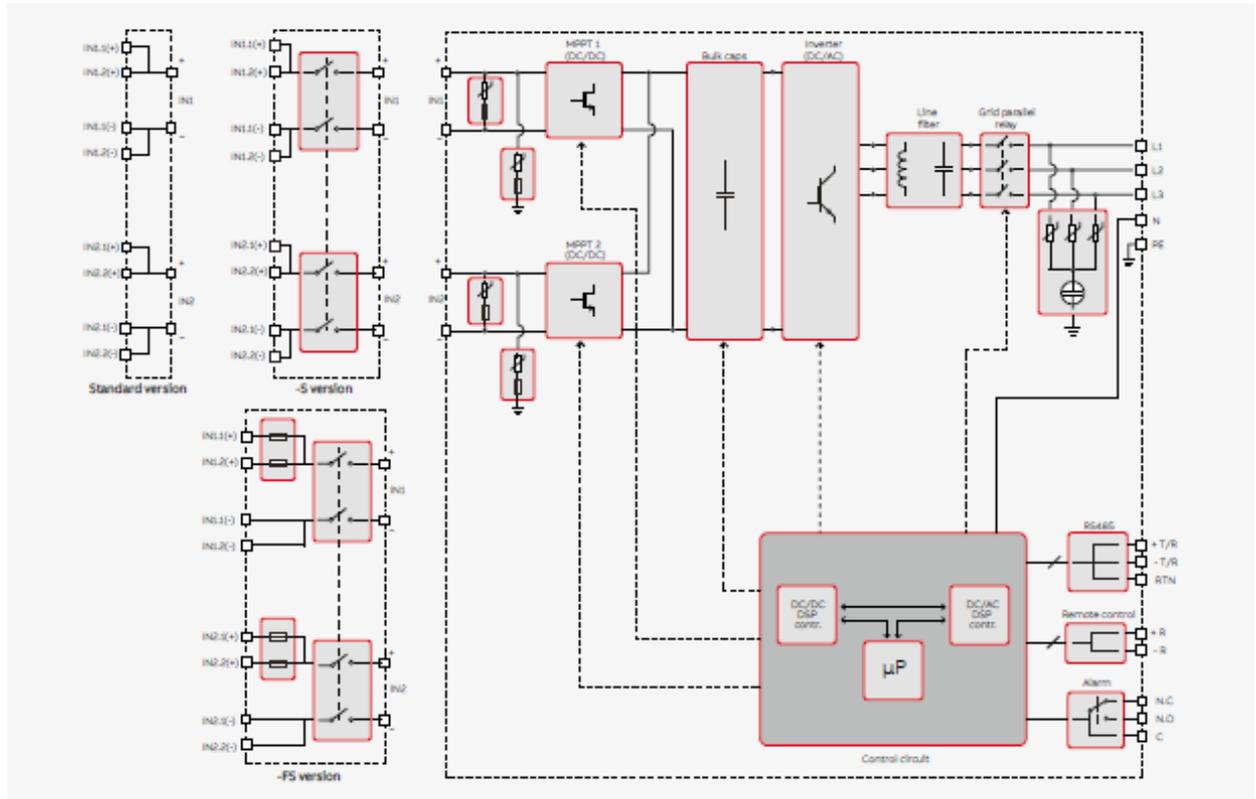


Dati tecnici e modelli

Modello	PVI-10.0-TL-OUTD	PVI-12.5-TL-OUTD
Ingresso		
Massima tensione assoluta DC in ingresso ($V_{max,abs}$)	900 V	
Tensione di attivazione DC di ingresso (V_{start})	360 V (adj. 250...500 V)	
Intervallo operativo di tensione DC in ingresso ($V_{min,op}...V_{max,op}$)	0.7 x $V_{max,abs}$...850 V (min 200 V)	
Tensione nominale DC in ingresso (V_{nom})	580 V	
Potenza nominale DC di ingresso (P_{in})	10300 W	12800 W
Numero di MPPT indipendenti	2	
Potenza massima DC di ingresso per ogni MPPT ($P_{MPPT,max}$)	6500 W	
Intervallo di tensione DC con configurazione di MPPT in parallelo a P_{in}	300...750 V	
Limitazione di potenza DC con configurazione di MPPT in parallelo	Derating da max a zero [750 V V_{MPPT} $850 V$]	
Limitazione di potenza DC per ogni MPPT con configurazione di MPPT indipendenti a P_{in} , esempio di massimo sbilanciamento	6500 W [380 V V_{MPPT} $750 V$] altro canale: P_{in} - 6500 W [225 V V_{MPPT} $750 V$]	8000 W [445 V V_{MPPT} $750 V$] altro canale: P_{in} - 8000 W [270 V V_{MPPT} $750 V$]
Massima corrente DC in ingresso ($I_{in,max}$) / per ogni MPPT ($I_{MPPT,max}$)	34.0 A / 17.0 A	36.0 A / 18.0 A
Massima corrente di cortocircuito di ingresso per ogni MPPT	22.0 A	
Numero di coppie di collegamento DC in ingresso per ogni MPPT	2	
Tipo di connessione DC	Connettore PV ad innesto rapido ¹⁾	
Protezioni di ingresso		
Protezione da inversione di polarità	Protezione per il solo inverter, da sorgente limitata in corrente	
Protezione da sovratensione di ingresso per ogni MPPT - varistore	Sì	
Controllo di isolamento	In accordo alla normativa locale	
Caratteristiche sezionatore DC per ogni MPPT (versione con sezionatore DC)	25 A / 1000 V	
Caratteristiche fusibili (ove presenti)	15 A / 1000 V	
Uscita		
Tipo di connessione AC alla rete	Trifase 3 fili + PE o 4 fili + PE	
Potenza nominale AC di uscita (P_{out} @ $\cos\phi=1$)	10000 W	12500 W
Potenza massima AC di uscita ($P_{out,max}$ @ $\cos\phi=1$)	11000 W ²⁾	13800 W ²⁾
Potenza apparente massima (S_{out})	11500 VA	13800 VA
Tensione nominale AC di uscita (V_{out})	400 V	
Intervallo di tensione AC di uscita	320...480 V ³⁾	
Massima corrente AC di uscita ($I_{out,max}$)	16.6 A	20.0 A
Contributo alla corrente di corto circuito	19.0 A	22.0 A
Frequenza nominale di uscita (f)	50 Hz / 60 Hz	
Intervallo di frequenza di uscita ($f_{min}...f_{max}$)	47...53 Hz / 57...63 Hz ³⁾	
Fattore di potenza nominale e intervallo di agglustabilità	> 0.995, adj. \pm 0.9 con P_{in} = 10.0 kW, \pm 0.8 con max 11.5 kVA	> 0.995, adj. \pm 0.9 con P_{in} = 12.5 kW, \pm 0.8 con max 13.8 kVA
Distorsione armonica totale di corrente	< 2%	
Tipo di connessione AC	Morsettiera a vite, presa cavo M40	
Protezioni di uscita		
Protezione anti-islanding	In accordo alla normativa locale	
Massima protezione esterna da sovracorrente AC	25.0 A	
Protezione da sovratensione di uscita - varistore	3, più gas arrester	
Prestazioni operative		
Efficienza massima (η_{max})	97.8%	
Efficienza pesata (EURO/CEC)	97.1% / -	97.2% / -
Soglia di alimentazione della potenza	30.0 W	
Consumo notturno	< 1.0 W	
Comunicazione		
Monitoraggio locale cablato	PVI-USB-RS232_485 (opz.)	
Monitoraggio remoto	VSN300 Wifi Logger Card (opz.), VSN700 Data Logger (opz.)	
Monitoraggio locale wireless	VSN300 Wifi Logger Card (opz.)	
Interfaccia utente	Display LCD con 16 caratteri x 2 linee	

SCHEDA TECNICA PER PVI-10.0/12.5-TL-OUTD INVERTER SOLARI ABB

ABB PVI-10.0/12.5-TL-OUTD - Diagramma a blocchi



Dati tecnici e modelli

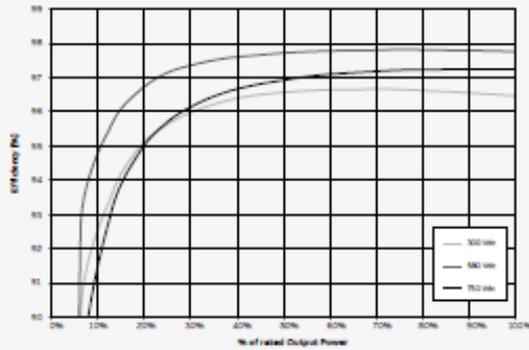
Modello	PVI-10.0-TL-OUTD	PVI-12.5-TL-OUTD
Ambientali		
Temperatura ambiente	-25...+60°C (-13...+140°F) con derating sopra 55°C (131°F)	-25...+60°C (-13...140°F) con derating sopra 50°C (122°F)
Umidità relativa	0...100% con condensa	
Pressione di emissione acustica, tipica	50 dBA @ 1 m	
Massima altitudine operativa senza derating	2000 m / 6560 ft	
Fisici		
Grado di protezione ambientale	IP65	
Sistema di raffreddamento	Naturale	
Dimensioni (H x W x D)	716 mm x 645 mm x 224 mm / 28.2" x 25.4" x 8.8"	
Peso	< 41.0 kg / 90.4 lbs	
Sistema di montaggio	Staffe da parete	
Sicurezza		
Livello di isolamento	Senza trasformatore	
Certificazioni	CE (solo 50 Hz), RCM	
Norme EMC e di sicurezza	EN 50178, IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2, AS/NZS 3100, AS/NZS 60950.1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12	
Norme di connessione alla rete (verificare la disponibilità tramite il canale di vendita)	CEI 0-21, CEI 0-16, DIN V VDE V 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, G59/3, C10/11, EN 50438 (non per tutte le varianti nazionali), RD 1699, RD 413, RD 661, P.O. 12.3, AS/NZS 4777, IEC 61727, IEC 62116, BDEW, MEA, NRS 097-2-1, VFR 2014	
Modelli disponibili		
Standard	PVI-10.0-TL-OUTD	PVI-12.5-TL-OUTD
Con sezionatore DC	PVI-10.0-TL-OUTD-S	PVI-12.5-TL-OUTD-S
Con sezionatore DC e fusibile	PVI-10.0-TL-OUTD-FS	PVI-12.5-TL-OUTD-FS

¹ L'intervallo di tensione di uscita può variare in funzione della norma di connessione alla rete, valida nel Paese di installazione
² L'intervallo di frequenza di uscita può variare in funzione della norma di connessione alla rete, valida nel Paese di installazione
³ Fare riferimento al documento "String Inverters – Product manual appendix" disponibile sul sito www.abb.com/solarinverters per conoscere la marca ed il modello di

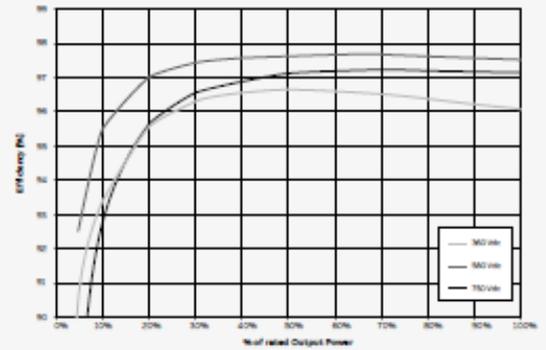
connettore ad innesto rapido utilizzato sull'inverter
⁴ Limitata a 10000 W per il Belgio e la Germania
⁵ Limitata a 12500 W per la Germania

Nota. Le caratteristiche non specificatamente menzionate nel presente data sheet non sono incluse nel prodotto

Curve di efficienza PVI-10.0-TL-OUTD



Curve di efficienza PVI-12.5-TL-OUTD



Per maggiori informazioni, si prega di contattare un rappresentante ABB o di visitare:

www.abb.it/solarinverters
www.abb.it

L'azienda si riserva il diritto di apportare modifiche tecniche o modificare i contenuti del presente documento senza preavviso. Per quanto riguarda gli ordini di acquisto, valgono i dettagli concordati. ABB declina qualsiasi responsabilità per possibili errori o mancanza di informazioni nel presente documento.

L'azienda si riserva tutti i diritti sul presente documento, sugli argomenti e sulle illustrazioni in esso contenuti. Qualsiasi riproduzione, rivelazione a terzi o utilizzo del contenuto, in toto o in parte, è vietata senza previa autorizzazione scritta da parte di ABB.
 Copyright © 2007 ABB. Tutti i diritti riservati.





SECURE LINE P60/260 – 280 W

Glass-Glass module family
Transparent Edition, Polycrystalline



Longlife tested



Power proofed



Safety provided



Selection of components



Back glass



Edge-Sealing



Performance surplus of 0Wp to 6.49Wp



Higher heat dispensing



Wider light spectrum absorbed



100% PID free cells



Special packing to avoid micro cracks in the cells



German warrantor in the cells

The premium 60-cell Glass-Glass Edition is the first choice for safety-conscious system owners. Secure stands for outstanding lifespan and a groundbreaking quality standard on components and manufacturing technology. Glass sheets on front and back side guarantee highest durability, mechanical stability as well as fire safety. As special edge sealing of the laminate used in automotive manufacturing provides for absolute protection from humidity and other harmful environmental influences. The use of PVB rather than EVA as encapsulant

allows for a higher transmission factor as well as 100% protection against PID. High-quality solar cells with highest efficiency at the best possible low light behaviour ensure the best energy output. And this at plus tolerances of 0Wp to 6.49Wp.

The premium Glass-Glass module is the best possible solution when it comes to extraordinary lifespan, reliability and durability. This is reflected by a surpassing 35-year warranty on workmanship and power.

SECURE LINE TRANSPARENT P60/260 – 280 W

Glass-Glass module family, Polycrystalline Module type LX - XXXP/156-60+ GG | XXX = Rated power Pmpp

Electrical data at STC

Rated power Pmpp [Wp]	260.00	265.00	270.00	275.00	280.00
Pmpp range to	266.49	271.49	276.49	281.49	286.49
Rated current Impp [A]	8.53	8.62	8.70	8.79	8.88
Rated voltage Vmpp [V]	30.72	31.13	31.39	31.65	31.91
Short-circuit current Isc [A]	9.03	9.12	9.22	9.31	9.40
Open-circuit voltage Uoc [V]	37.89	38.30	38.71	39.03	39.35
Efficiency at STC	15.58%	15.95%	16.24%	16.54%	16.85%
Efficiency at 200 W/m ²	15.15%	15.53%	15.80%	16.09%	16.39%

Electrical data at NOCT

Pmpp [Wp]	194.83	199.44	203.13	206.90	210.73
Rated current Impp [A]	6.82	6.89	6.96	7.03	7.11
Rated voltage Vmpp [V]	28.55	28.93	29.17	29.41	29.65
Short-circuit current Isc [A]	7.22	7.30	7.37	7.45	7.52
Open-circuit voltage Uoc [V]	35.21	35.68	35.97	36.27	36.57

Specification as per STC (Standard test conditions): irradiance 1000W/m² | module temperature 25°C | AM= 1.5
NOCT (nominal operating cell temperature): irradiance 800W/m² | wind speed 1m/sec | temperature 20°C | @45 °/- 2°C | AM= 1.5

Limiting values

Max. system voltage [V]	1000 V
Max. return current [I]	15 A
Temperature range	- 40 to 85°C
Snow-load zone ¹	approval up to SLZ 3 (according to DIN 1055)
Max. pressure load (static) [Pa]	6600
Max. dynamic load [Pa]	2400

Temperature coefficient

Temperature coefficient [V] [I] [P]	-0.29%/°C 0.051%/°C -0.4%/°C
---	----------------------------------

Specifications

Number of cells (matrix)	6 x 10, three strings in a row 156 mm x 156 mm
Module dimensions [L x W x H] ² Weight	1682 mm x 1000 mm x 41 mm 23 kg
Front-side glass	2.1 mm hardened solar glass with low iron content, DIN 12150
Back-side glass	2.1 mm hardened solar glass with low iron content, DIN 12150
Frame	stable, anodised aluminium frame in a hollow-section design
Socket	plastic (PPD), IP67
Cable	4 mm ² solar cable, cable length 1.0 m
Diodes	3 Schottky Diodes 15A/45V
Plug-in connection	high-quality plug-in system, (IP67) MC4 or equivalent
Hail test (max. hailstorm)	Ø 45mm impact velocity 23 m/s

The specifications and average values can vary slightly. What is important is the corresponding data of the individual measurement. Specifications are subject to change without notice. Measurement tolerances: rated power +/- 3%, other values +/- 10%, all information in this data sheet corresponds to DIN 50380. A potential light-induced degradation of the power after commissioning is not considered here, other information can be found in the installation guidelines.

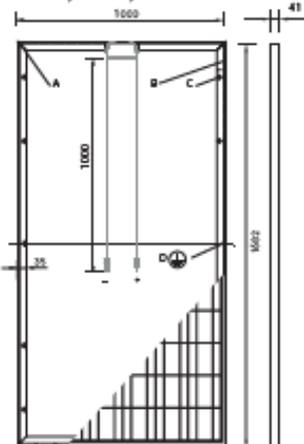
¹ The specific warranty conditions are given under www.luxon-solar.com/download.htm

² For standing installation

³ Tolerance L/W = +/- 3 mm, H= the dimensions given in the order confirmation will be decisive

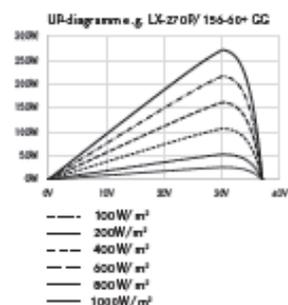
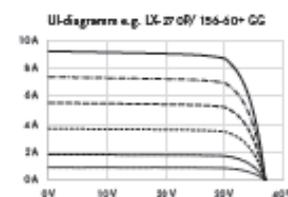
⁴ Location on request

Back - / Front -/ Side view³



A: 4 x drainage 10 x 10 mm
B: 8 x ventilation aperture 3 x 7 mm
C: 8 x mounting hole d = 7 mm
D: 2 x earthing d = 2 mm

Electrical characteristics



Luxor, your specialised company

Guidelines: 2005/75/EC - 2006/75/EC, 89/336/EWG - 89/336/EEC, 93/68/BWG - 93/68/EEC



The validity of the certificates/labels for a specific country has to be examined under: www.luxor-solar.com/download.htm

REFU*sol*

REFU*sol* 08K ... 23K

Die neue Generation

- Zukunftssicher
- Weltweit einsetzbar
- Flexibel dezentral

Die neue Generation basiert auf der erfolgreichen Plattform die für höchste Erträge und Wartungsfreiheit steht. In Zusammenarbeit mit unseren Kunden haben wir die Geräte weiter verbessert: zukunftssicher, benutzerfreundlich und zuverlässig. Ob Sie künftig Speicher integrieren, die PV-Anlage in Smart-Grid Netze einbinden oder sich Regularien verändern – durch die neue Software sind Sie für die Zukunft gerüstet.

Planen und bauen Sie flexibel Ihr dezentrales PV-Projekt. Die einfache Auslegung lässt sich gerade bei Großanlagen schnell multiplizieren. Für vorzeitige Renditen sorgen Teilanlagen, die bereits während der Bauphase ans Netz gehen. Die Geräte sind für den weltweiten Einsatz vorgesehen, mit speziellen Varianten für die Märkte Nordamerika (UL-Version) und Japan (JP-Version).



⚡ Jetzt mit
Sunclix DC-Anschluss-technik.
Dauerhaft guter Kontakt
ohne Spezialwerkzeug ⚡

— Für Nordamerika auch
als UL-Variante verfügbar

— Für Japan auch als
JP-Variante verfügbar

Technische Daten	REFUso1	REFUso1	REFUso1	REFUso1	REFUso1	REFUso1
	08K (867)	10K (867)	13K (867)	17K (867)	20K (867)	23K-MV (867)
Art. Nr.	867P008.010	867P010.010	867P013.010	867P017.010	867P020.010	867P023.010

DC-DATEN

Empfohlene max. PV-Leistung (kWp)	12,4	18,0	19,5	25,5	30,0	34,5
MPPT-Bereich Nennleistung (V)	370 ... 850	410 ... 850	480 ... 850	480 ... 850	490 ... 850	575 ... 850
Max. DC-Spannung (V)	1000					
DC-Startspannung (V)	350					
Max. DC-Betriebsstrom (A)	23,0	25,0	31,1	38,3	41,8	41,0
Max. PV-Kurzschlussstrom ISC (A)	50					
MPP-Tracker	1					
Anzahl DC-Anschlüsse	6 x Plus, 6 x Minus Phoenix Sunclix®					

AC-DATEN

AC-Bemessungsleistung (kW)	8,25	10,00	13,00	17,00	20,00	23,00
AC-Netzanschluss	L1, L2, L3, N, PE					
Nenn-Leistungsfaktor / Bereich	1 / 0,8l ... 0,8c					
Nennspannung AC (V)	400					
Spannungsbereich AC (V)	320 ... 460					
Nenn-Frequenz / Frequenzbereich (Hz)	50, 60 / 45 ... 65					
Max. AC-Strom (A)	3 x 12	3 x 16	3 x 21	3 x 29,2	3 x 29,2	3 x 29,2
Max. Klirrfaktor THD (%)	2,5	2,5	2,5	1,8	1,8	1,8
Max. Wirkungsgrad (%)	98,0	98,0	98,0	98,2	98,2	98,3
Europ. Wirkungsgrad (%)	97,3	97,4	97,5	97,8	97,8	98,1
Einspeisung ab (W) / Eigenverbrauch Nacht (W)	20 / < 0,5					

UMGEBUNGSBEDINGUNGEN

Kühlung	natürliche Konvektion
Umgebungstemperatur (°C)	-25 ... +55
Relative Luftfeuchtigkeit (%)	0 ... 100
Geräuschpegel (dBA)	< 45
Schutzart (IEC 60529)	IP65

SICHERHEITS- UND SCHUTZFUNKTIONEN

DC-Freischalstelle / Isolationsüberwachung	ja / ja
Netzüberwachung	Spannung, Frequenz, Anti-Islanding, DC-Einspeisung
Netztrennung	Selbsttätige Schaltstelle gemäß VDE 0126-1-1 (allpolige, redundante Netztrennung)
Allstromsensitive Fehlerstromüberwachung (AFI)	ja
Interner Überspannungsschutz (EN 61643-11)	Typ 3
Schutzklasse (IEC 62103) / Überspannungskategorie (EN 60664-1)	I / DC; II, AC; III

ALLGEMEINE DATEN

Schnittstellen	Ethernet, RS485, Einstrahlungs- und Temperatursensor
Abmessungen B x H x T (mm) / Gewicht (kg)	535 x 601 x 277 / 38,4
Zertifikate	VDE V 0126-1-1, IEC 62109-1, IEC 62109-2, IEC 62116, IEC 61727, IEC 61683, IEC 60364-7-712, BDEW, AR-N 4105, G59/3, CEI 0-21, CEI 0-16, EN 50438, AS 4777 (aktuelle Zertifikate finden Sie unter www.refu-sol.com)

Alle Angaben ohne Gewähr. Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten.

REFU Elektronik GmbH | Marktstraße 185 | 72793 Pfullingen | Deutschland | Tel. +49 7121 4332-0 | Fax +49 7121 4332-140 | mail@refu-elektronik.de

6.3. COMPUTOS

		Cuadro elettrico17	3.00			3.00		
		Cuadro elettrico18	2.00			2.00		
		Cuadro elettrico19	3.00			3.00		
		Cuadro elettrico20	2.00			2.00		
		Cuadro elettrico21	3.00			3.00		
		Cuadro elettrico22	2.00			2.00		
		Cuadro elettrico23	3.00			3.00		
		Cuadro elettrico24	2.00			2.00		
		Cuadro elettrico25	3.00			3.00		
		Cuadro elettrico26	2.00			2.00		
		SOMMANO cadauno				79.00	35.00	2 765.00
6	PRT.0002	Interruttore magnetotermico differenziale						
		MISURAZIONI:						
		Cuadro general	1.00			1.00		
		Cuadro fotovoltaico	1.00			1.00		
		SOMMANO cadauno				2.00	50.00	100.00
7	PRT.0003	Contattore						
		MISURAZIONI:						
		Cuadro fotovoltaico	1.00			1.00		
		SOMMANO cadauno				1.00	500.00	500.00

Poli cristallino Computo metrico

Nr. Ord.	TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
			Par.ug	Lung.	Larg.	H/peso		unitario	TOTALE
1	MOD.0001	Modulo fotovoltaico Luxor Solar GmbH Secure Line LX-270P - Si policristallino 270.0 Wp MISURAZIONI: Generatore1 SOMMANO cadauno	385.00				385.00 385.00	155.00	59 675.00
2	INV.0001	Convertitore statico (inverter) Shenzhen INVT Electric Co., Ltd. iMars BG10KTR - 10 000 W MISURAZIONI: Generatore1 SOMMANO cadauno	11.00				11.00 11.00	1 350.00	14 850.00
3	QCA.0001	QuadroCA MISURAZIONI: Cuadro general Cuadro fotovoltaico SOMMANO cadauno	1.00 1.00				1.00 1.00 2.00	250.00	500.00
4	QCC.0001	QuadroCC MISURAZIONI: Cuadro elettrico1 Cuadro elettrico2 Cuadro elettrico3 Cuadro elettrico4 Cuadro elettrico5 Cuadro elettrico6 Cuadro elettrico7 Cuadro elettrico8 Cuadro elettrico9 Cuadro elettrico10 Cuadro elettrico11 Cuadro elettrico12 Cuadro elettrico13 Cuadro elettrico14 Cuadro elettrico15 Cuadro elettrico16 Cuadro elettrico17 Cuadro elettrico18 Cuadro elettrico19 Cuadro elettrico20 Cuadro elettrico21 Cuadro elettrico22 SOMMANO cadauno	1.00 1.00				1.00 22.00	110.00	2 420.00
5	PRT.0001	Interruttore magnetotermico MISURAZIONI: Cuadro general Cuadro fotovoltaico Cuadro elettrico1 Cuadro elettrico2 Cuadro elettrico3 Cuadro elettrico4 Cuadro elettrico5 Cuadro elettrico6 Cuadro elettrico7 Cuadro elettrico8 Cuadro elettrico9 Cuadro elettrico10 Cuadro elettrico11 Cuadro elettrico12 Cuadro elettrico13 Cuadro elettrico14 Cuadro elettrico15 Cuadro elettrico16 Cuadro elettrico17 Cuadro elettrico18 Cuadro elettrico19 Cuadro elettrico20 Cuadro elettrico21	1.00 11.00 2.00				1.00 11.00 2.00		

		Cuadro electrico22	2.00		2.00		
		SOMMANO cadauno			56.00	35.00	1 960.00
6	PRT.0002	Interruttore magnetotermico differenziale					
		MISURAZIONI:					
		Cuadro general	1.00		1.00		
		Cuadro fotovoltaico	1.00		1.00		
		SOMMANO cadauno			2.00	50.00	100.00
7	PRT.0003	Contattore					
		MISURAZIONI:					
		Cuadro fotovoltaico	1.00		1.00		
		SOMMANO cadauno			1.00	500.00	500.00
8	PRT.0004	Sistema protezione di interfaccia					
		MISURAZIONI:					
		Cuadro fotovoltaico	1.00		1.00		
		SOMMANO cadauno			1.00	500.00	500.00
9	SPD.0001	Spd					
		MISURAZIONI:					
		Cuadro general	1.00		1.00		
		Cuadro fotovoltaico	1.00		1.00		
		Cuadro electrico1	2.00		2.00		
		Cuadro electrico2	2.00		2.00		
		Cuadro electrico3	2.00		2.00		
		Cuadro electrico4	2.00		2.00		
		Cuadro electrico5	2.00		2.00		
		Cuadro electrico6	2.00		2.00		
		Cuadro electrico7	2.00		2.00		
		Cuadro electrico8	2.00		2.00		
		Cuadro electrico9	2.00		2.00		
		Cuadro electrico10	2.00		2.00		
		Cuadro electrico11	2.00		2.00		
		Cuadro electrico12	2.00		2.00		
		Cuadro electrico13	2.00		2.00		
		Cuadro electrico14	2.00		2.00		
		Cuadro electrico15	2.00		2.00		
		Cuadro electrico16	2.00		2.00		
		Cuadro electrico17	2.00		2.00		
		Cuadro electrico18	2.00		2.00		
		Cuadro electrico19	2.00		2.00		
		Cuadro electrico20	2.00		2.00		
		Cuadro electrico21	2.00		2.00		
		Cuadro electrico22	2.00		2.00		
		SOMMANO cadauno			46.00	250.00	11 500.00

6.4. BIBLIOGRAFÍA

- Strategia Energetica Nazionale: per un'energia più competitiva e sostenibile, Ministero dello Sviluppo Economico, marzo 2013
http://www.mise.gov.it/images/stories/normativa/20130314_Strategia_Energetica_Nazionale.pdf
- The climate and energy package - <http://ec.europa.eu/clima/policies/package/>
- Renewable energy Directive: Directive of the European Parliament and of the Council, amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources, COM(2012) 595 final, 2012/0288 (COD), Brussels, 17.10.2012
http://ec.europa.eu/energy/renewables/biofuels/doc/biofuels/com_2012_0595_en.pdf
- Clima ed energia: obiettivi UE per un'economia competitiva, sicura e a basse emissioni di carbonio entro il 2030, Comunicato Stampa della Commissione Europea, 22 gennaio 2014. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-54_it.htm
- Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030, Brussels, 22.1.2014 – COM(2014) 15 final
http://ec.europa.eu/energy/doc/2030/com_2014_15_en.pdf
- Commission against EU leadership: Less growth, fewer jobs, more import spending – Press Release, EREC (European Renewable Energy Council), 22th January 2014.
- Understanding the 2030 Climate and Energy Framework – Analysis of Impact Assessment, Final Draft 21/01/014 - EREC (European Renewable Energy Council)
- Europarlament agrees to back a stronger 30% renewable energy by 2030 target, The Climate Group, 5 February 2014
<http://www.theclimategroup.org/what-we-do/news-and-blogs/eu-parliament-agrees-to-back-a-stronger-30-renewable-energy-by-2030-target/>
- Horizon 2020 – Work Programme 2014-2015, part 10. Secure, clean and efficient energy, European Commission Decision C (2013)8631 of 10 December 2013
http://ec.europa.eu/research/participants/portal/doc/call/h2020/common/1587801-10._energy_wp_2014-2015_en.pdf
- Horizon 2020 – Work Programme 2014-2015, part 18. General Annexes, European Commission Decision C (2013)8631 of 10 December 2013

http://ec.europa.eu/research/participants/portal/doc/call/h2020/common/1587809-18._general_annexes_wp2014-2015_en.pdf

- Audi e-gas: il carburante pulito prodotto con energia eolica

<http://www.greenstyle.it/audi-e-gas-il-carburante-pulito-prodotto-con-energia-eolica-14461.html>

- Tabella di Marcia per l'energia 2050 – Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al comitato delle regioni COM(2011) 885, 15/12/2011

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0885:FIN:IT:PDF>

- M. Z. Jacobson, M. A. Delucchi, Providing all global energy with wind, water, and solar Power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials , Energy Policy 39 (2011) 1154-1169; Part II: Reliability, system and transmission costs, and policies, Energy Policy 39 (2011) 1170-1190

- W. Chandler, C. Shiping, H. Gwin, W. Yanjia - China's Future Generation – Assessing the Maximum Potential for Renewable Power Sources in China to 2050 – ENTRI/WWF – 2014

http://awsassets.panda.org/downloads/chinas_future_generation_report_final__1_.pdf

- Terna – Piano di Sviluppo 2013

<http://www.terna.it/LinkClick.aspx?fileticket=gw0JzJRpz4I%3d&tabid=6345>

Renewables 2013 Global Status Report, REN21 – Renewable Energy Policy Network for the 21st Century

http://www.ren21.net/portals/0/documents/resources/gsr/2013/gsr2013_lowres.pdf

- Renewable Energy in Spain: The Good and the Downright Ugly - Forbes

<http://www.forbes.com/sites/peterdetwiler/2013/05/08/renewable-energy-in-spain-the-goodand-the-downright-ugly/>

- Obstacles to Danish Wind Power - New York Times, Jan 22, 2012

http://www.nytimes.com/2012/01/23/business/global/obstacles-to-danish-wind-power.html?_r=3&

- Denmark: 1,000 Megawatts of offshore Wind, and no signs of slowing down

<http://www.forbes.com/sites/peterdetwiler/2013/03/26/denmark-1000-megawatts-of-offshore-wind-and-no-signs-of-slowing-down/>

- M. Falchetta et al. – Il Programma ENEA sull'energia solare a concentrazione ad alta temperatura, ENEA SOL/RS/2005/22

<http://www.solaritaly.enea.it/Documentazione/csp.pdf>

- D. Consoli, T. Crescenzi, M. Falchetta, G. Liberati, S. Malloggi, D. Mazzei,

“Commissioning of the Archimede 5 MW molten salt parabolic trough solar plant”, in Proc. of SolarPACES2010 Conference, September 20-24th 2010, Perpignan.

- M. Di Carlo, L. Michi, A. Camponeschi - Gli impianti CCGT nel nuovo contesto di mercato e del sistema elettrico – L’Energia Elettrica 35, novembre-dicembre 2013

- G. Knies – Regional Co-operation and Transmission Interconnection Across the Mediterranean – Intervento a Green Power Mediterranean, 15-16 novembre 2005, Roma

- E.M. Callavik, P. Lundberg, M.P. Bahrman, R.P. Rosenqvist, HVDC technologies for the future onshore and offshore grid - Cigrè Symposium “Grid of the future”, October 2012, Kana City, USA

[http://www05.abb.com/global/scot/scot221.nsf/veritydisplay/0734892d7ef80ddfc1257ab600463388/\\$file/Grid%20of%20the%20future_HVDC.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot221.nsf/veritydisplay/0734892d7ef80ddfc1257ab600463388/$file/Grid%20of%20the%20future_HVDC.pdf)

[30] D. Laing, Thermal Energy Storage for Concentrated Solar Power: State of the art and current developments – ISES Annual Meeting, Tel Aviv University, Oct 5, 2011

<http://www.ises.org.il/assets/files/Conference%202011/Laing%20ISES2011.pdf>

- Grid Energy Storage – DOE – December 2013.

- Dati storici – Terna

- Le Tecnologie delle Fonti Rinnovabili di energia, Gruppo Ventiquattrore-EON- ENEA

- DIRETTIVA 2012/27/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE –

- MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO DECRETO 23 giugno 2016 .

Incentivazione dell’energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili diverse dal fotovoltaico.

- ENERGIA SOSTENIBILE E FONTI RINNOVABILI: CUADRO GENERAL DELLA NORMATIVA, DESCRIZIONE DELLE TECNOLOGIE, BUONE PRATICHE ATTUATE DALLE AMMINISTRAZIONI LOCALI Dr.ssa Emanuela Gravina

-Matteo Falcione “DIRITTO ALL’ENERGIA” ed. Barbera, 2008

- Adriano Piglia, “ENERGIE RINNOVABILI, UN SOGNO NEL CASSETTO”, ed. Fabaino,2008 - M. Randazzo articolo accademico, “BIOENERGY AND DEVELOPING COUNTRIES PERSPECTIVE”

- Pietro Mennea, “ENERGIA PULITA”, ed. Il Mulino, 2003 - Alessandro Bordin, “BIOCOMBUSTIBILI E BIOCARBURANTISOLUZIONI, TECNOLOGIE, AGEVOLAZIONI”, ed. Ipsoa, Milano 2007

- Mauro Spagnolo, “IL SOLE NELLA CITTA’. L’USO DEL FOTOVOLTAICO NELL’EDILIZIA”, ed. Franco Muzzio, Roma 2002

- “COSTI DI PRODUZIONE DI ENERGIAELETTRICA DA FONTI RINNOVABILI” Rapporto commissionato da AEEG al Politecnico di Milano