



Solar Generation V – 2008

Electricidad solar para más de mil millones de personas y dos millones de puestos de trabajo para el año 2020

Índice

Prólogo	p. 4
Resumen ejecutivo	p. 7
Electricidad solar: preguntas frecuentes	p. 11
Fundamentos de la energía solar	p. 13
El mercado de la energía solar	p. 21
Futuro de la energía solar	p. 29
Costes y competitividad	p. 39
Ventajas de la energía solar	p. 47
Impulsores de la política.	p. 57

En 2001, EPIA y Greenpeace unieron sus fuerzas por primera vez con la misión de informar a una amplia audiencia de los últimos desarrollos y potenciales futuros de la energía fotovoltaica. Así nació **Solar Generation**.

Siete años y cinco ediciones más tarde, con 7 GW más de capacidad FV, decenas de miles de puestos de trabajo relacionados con la energía FV creados, cientos de empresas fundadas, muchos TWh de electricidad producidos y una reducción de millones de toneladas de CO₂, la energía FV se enfrenta a un mundo diferente. Nadie, ni siquiera la optimista industria FV pensaba en 2001 que tan solo unos pocos años más tarde, se instalarían en un año más de 2 GW, casi 10 veces más que en 2001.

El prólogo de Solar Generation del pasado año ponía de relieve que se había abierto una ventana de oportunidades única para la industria FV. Los informes científicos (informe Stern, informe IPCC) y las actividades políticas (objetivos energéticos de la Unión Europea para 2020) han generado una conciencia pública en todo el mundo de que al fin ha llegado el momento de pasar a la acción para proteger al planeta de las consecuencias del cambio climático.

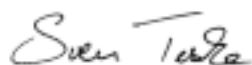
Prólogo

En 2008, al igual que en los años anteriores, EPIA y Greenpeace tuvieron que actualizar sus hipótesis para mantener el dinámico ritmo de desarrollo de la industria FV. La situación de la energía mundial ha cambiado de forma aún más drástica en solo un año. Si el año pasado se había abierto una ventana de oportunidades, este año se ha derrumbado la pared completa de la casa. La oportunidad de acción no solo se ha hecho más grande, sino que se ha transformado en una necesidad económica!

Los precios de la energía se han disparado. La energía es cada día más inaccesible para más gente en todo el mundo. Las capacidades FV mundiales tienen que crecer más rápidamente, y pueden hacerlo, como demostrará Solar Generation V. La industria FV mundial está deseando afrontar el reto.



EPIA
Ernesto Macias
Presidente de European Photovoltaic
Industry Association (EPIA)



Greenpeace
Sven Teske
Director de Energías Renovables
Greenpeace International



[Resumen ejecutivo

Estado global de la energía fotovoltaica

El mercado de la electricidad solar está en auge. A finales de 2007, la capacidad acumulativa instalada de los sistemas fotovoltaicos (FV) solares de todo el mundo superó los 9.200 MW. Esta cifra contrasta con los 1.200 MW existentes a finales del año 2000. Las instalaciones de células y módulos FV en todo el mundo han aumentado a una tasa media anual superior al 35% desde 1998.

Similar ha sido el crecimiento de la industria de electricidad solar, que en la actualidad tiene un valor superior a 13 000 millones de euros anuales.

La competencia entre los principales fabricantes se ha intensificado cada vez más, con la aparición de nuevos actores en el mercado al revelarse el potencial de la energía FV. La industria fotovoltaica mundial, en particular en Europa, EE. UU., China y Japón, está realizando fuertes inversiones en nuevas instalaciones de producción y tecnologías. A la vez, el apoyo político al desarrollo de la electricidad solar, ha promovido la implantación de marcos promocionales de largo alcance en numerosos países, en especial en Alemania, España, Italia, Francia, Corea del Sur, EE. UU., etc.

Desde la publicación de la primera edición de Solar Generation en 2001, el mercado FV mundial ha seguido expandiéndose a una velocidad superior a la prevista en aquella época (véase la tabla siguiente). Aunque en algunos países el progreso ha sido más lento de lo que se esperaba, otros han superado las expectativas. En particular, el mercado alemán se ha desarrollado sistemáticamente en el límite superior de su régimen de expansión previsto. Otros países ajenos a la OCDE muestran también su determinación a desarrollar un futuro impulsado por energía solar.

Este claro compromiso comercial y político con la expansión de la industria FV hace que la corriente actual de actividad en el sector de la electricidad solar represente tan solo un anticipo de la transformación y expansión masivas previstas para las próximas

décadas. El objetivo: la consecución de la meta común de aumentar sustancialmente la penetración de la electricidad solar en la combinación energética mundial, reduciendo a la vez las emisiones de gases invernadero.

Todavía queda mucho por hacer para transformar el potencial en realidad. Un paso decisivo es introducir una gama mucho más amplia de actores en el sector, en especial en las áreas de inversión, financiación, marketing y consumo. Al mismo tiempo, se requiere transmitir a una audiencia lo más amplia posible, el mensaje de que la electricidad solar aportará beneficios socioeconómicos, industriales y medioambientales a las regiones que fomenten de forma activa su adopción.

Solar Generation: pronóstico hasta 2030

En el pasado se han publicado numerosos análisis cualitativos sobre el potencial desarrollo de mercado de la energía solar fotovoltaica. El objetivo aquí ha sido compilar una base de conocimiento cuantitativa detallada, junto con unos supuestos realistas y claramente definidos, a partir de los cuales se pudieran hacer extrapolaciones sobre la probabilidad de desarrollo de mercado de la electricidad solar hasta el año 2030 y más adelante.

Tomando como ejemplo experiencias de éxito como las de Alemania o España, este informe de EPIA/ Greenpeace contempla con esperanza lo que la energía solar podría lograr –con unas condiciones de mercado apropiadas y una reducción de costes prevista– en las tres primeras décadas del siglo XXI. Además de presentar las previsiones de capacidad instalada y rendimiento energético, incluye valoraciones del nivel de inversión necesario, el número de puestos de trabajo que se crearían y el efecto crucial que tendría el aumento del consumo de electricidad solar en las emisiones de gas invernadero.

Capacidad anual de las instalaciones en MW. Comparación de los resultados del mercado con las predicciones de 'Solar Generation' desde 2001

Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Resultados del mercado	334	439	594	1.052	1.320	1.603	2.392			
MW SG I 2001	331	408	518	659	838	1.060	1.340	1.700	2.150	2.810
MW SG II 2004					985	1.283	1.675	2.190	2.877	3.634
MW SG III 2006						1.883	2.540	3.420	4.630	5.550
MW SG IV 2007							2.179	3.129	4.339	5.650
MW SG V 2008								4.175	5.160	6.950

Esta hipótesis para el año 2030 se basa en las siguientes aportaciones esenciales:

- ❖ **El desarrollo de mercado de la energía FV en los últimos años, tanto a escala mundial como en regiones específicas**
- ❖ **Los programas de apoyo a los mercados regional y nacional**
- ❖ **Los programas de apoyo a los mercados regional y nacional**
- ❖ **El potencial de la energía FV en términos de radiación solar, la disponibilidad de un espacio en el tejado adecuado y la demanda de electricidad en zonas no conectadas a la red**

Se han empleado los siguientes supuestos:

Consumo de electricidad mundial: se han desarrollado dos supuestos diferentes de crecimiento previsto de la demanda de electricidad. La versión de referencia se basa en la última Perspectiva de la Energía Mundial (WEO 2007) de la Agencia Internacional de Energía. La versión alternativa se basa en el Informe sobre la Revolución Energética de Greenpeace y el Consejo Europeo de Energía Renovable, que contempla amplias medidas de eficiencia energética. Por lo tanto, la contribución a la energía FV es mayor en este último supuesto.

Reducción de dióxido de carbono: en todo el periodo de la hipótesis se estima que se reducirá una media de 0,6 kg de CO₂ por kilovatio hora producido por un generador solar.

Se contemplan dos hipótesis: una **hipótesis Avanzada**, basada en el supuesto de que unos mecanismos de apoyo adicionales llevarán a un crecimiento mundial dinámico, y una **hipótesis Moderada**, que estima un nivel de compromiso político continuo, pero más bajo. Las tasas de crecimiento previstas en estas hipótesis varían del 40% con una reducción del 15% en el periodo considerado en la *versión Avanzada* (2030), al 30% con reducción del 10% en la *versión Moderada*.

Las dos hipótesis se dividen a su vez en dos vías: en las cuatro principales divisiones del mercado mundial (aplicaciones de consumo, con conexión a la red, industrial a distancia y rural sin conexión a la red), y en las regiones del mundo tal como se definen en las previsiones de la demanda futura de electricidad realizadas por la Agencia Internacional de Energía.

Solar Generation: resultados clave del análisis de EPIA/Greenpeace

Los resultados clave de la hipótesis de EPIA/Greenpeace muestran claramente que, incluso con una línea base relativamente baja, la electricidad solar tiene el potencial de contribuir de forma relevante tanto al suministro mundial de energía del futuro como a la reducción del cambio climático. Las cifras siguientes corresponden a la *hipótesis Avanzada*:

Rendimiento de la electricidad solar mundial en 2030	
8,9% de la demanda mundial de electricidad a partir de energía FV / previsión de demanda según la hipótesis de consumo referencia de la AIE	
13,8% de la demanda mundial de electricidad a partir de energía FV / previsión de demanda según la hipótesis de [R]evolución Energética de Greenpeace	

Previsiones detalladas para el año 2030	
Capacidad acumulativa de los sistemas FV	1.864 GW
Producción de electricidad	2.646 TWh
Consumidores con conexión a la red	1.280 millones
Consumidores sin conexión a la red	3.216 millones
Potencial de creación de empleo	10 millones de puestos de trabajo
Valor de mercado	454.000 millones de euros al año
Coste de la electricidad solar	7 a 13 euros por kWh dependiendo de la situación
Reducción acumulativa de CO ₂	8.953 millones de toneladas de CO ₂

Solar Generation: contribución de la energía FV al suministro mundial de electricidad

La hipótesis Avanzada de EPIA/Greenpeace muestra que en el año 2030, los sistemas FV podrían generar aproximadamente 2.600 TWh de electricidad en todo el mundo. Esto significa que, suponiendo que haya un compromiso serio con la eficiencia energética, en un periodo de 25 años se produciría en todo el mundo suficiente energía solar para satisfacer las necesidades de electricidad de casi el 14% de la población mundial.

Resumen ejecutivo

La capacidad de los sistemas de energía solar instalados anualmente llegaría a 281 GW en 2030. Aproximadamente el 60% de dicha capacidad estaría en el mercado conectado a la red, principalmente en países industrializados. En esta situación, el número total de personas que obtendrían su propia electricidad de un sistema solar conectado a la red sería de 1.280 millones.

Si bien en la actualidad los mercados clave se encuentran situados principalmente en el mundo industrializado, un cambio global haría que el mundo en vías de desarrollo tuviera una cuota significativa para electrificación rural –aproximadamente el 20%, o un mercado anual de 56 GW– en el año 2030. Como los tamaños de los sistemas son mucho más pequeños y la densidad de población mayor, esto significa que de este modo usarían electricidad solar hasta 3.200 millones de personas en los países en vías de desarrollo. Esto representaría un adelanto importantísimo para la tecnología con respecto a su estado emergente actual.

Solar Generation: contribución de la energía fotovoltaica a la industria, el empleo y el medioambiente

Dado que el mercado anual de la energía FV podría crecer hasta 281 GW, a la industria FV se le están presentando grandes oportunidades. Para los que busquen trabajo en la tercera década del siglo XXI, esto supondrá una importante contribución a sus perspectivas de empleo. Suponiendo que se creen más puestos de trabajo en la instalación y el mantenimiento de los sistemas FV que en su fabricación, el resultado será que a través del desarrollo de la energía solar en el mundo, en 2030 se habrán creado unos 10 millones de puestos de trabajo a tiempo total. La mayoría de estos puestos estarán encuadrados en la instalación y comercialización.

En 2030, la energía solar FV habría producido también otro importante efecto. En el aspecto medioambiental, habría una reducción anual de las emisiones de CO₂ de 1600 millones de toneladas. Esta reducción equivaldría a las emisiones de 450 plantas alimentadas por carbón. La reducción acumulativa de CO₂ obtenida a partir de la generación de electricidad solar habría alcanzado el nivel de 9.000 millones de toneladas

Recomendaciones relativas a la política

Para suministrar electricidad solar a más de 3.000 millones de personas en el año 2030 será necesario un cambio radical en la política energética. La experiencia desde hace unos cuantos años ha demostrado la eficacia del compromiso industrial y político conjunto para lograr una mayor penetración de la energía solar en la combinación energética en los niveles local, nacional, regional y mundial.

Se requiere una serie de acciones políticas clave:

- ❖ **En primer lugar, el crecimiento del mercado FV anual en el mundo hasta alcanzar los 281 GW en 2030 sólo se conseguirá ampliando los esquemas de apoyo a las mejores prácticas, adaptados adecuadamente a las circunstancias locales, para fomentar la adopción de la electricidad solar entre los consumidores. Las experiencias alemana y japonesa ponen de relieve la repercusión que pueden tener estas acciones. En Europa, el sistema de primas (feed-in tariff) ha demostrado ser el mecanismo de apoyo al mercado más eficaz para las energías renovables, incluida la energía solar FV.**
- ❖ **En segundo lugar, se deberán eliminar las barreras inherentes a la adopción de la energía solar –y los subsidios concedidos a los combustibles fósiles y nucleares, que penalizan actualmente a las fuentes renovables.**
- ❖ **En tercer lugar se deberá establecer un conjunto de mecanismos, de obligado cumplimiento por ley, que garanticen y aceleren el nuevo mercado de energía solar fotovoltaica.**

Nuestra meta ahora debe ser movilizar los compromisos necesarios en los ámbitos industrial, político y de usuario final, con esta tecnología, y lo que es más importante, con los servicios que proporciona. Hemos de redoblar nuestros esfuerzos para garantizar que la generación que nace hoy disfrute de todos los beneficios socioeconómicos y medioambientales que ofrece la electricidad solar.

¿Cuál es la diferencia entre los colectores térmicos solares y un sistema de energía fotovoltaica?

Los colectores térmicos solares se usan para calentar agua, principalmente para uso doméstico. Los sistemas fotovoltaicos generan electricidad.

¿Qué diferencia hay entre un sistema conectado a la red y uno no conectado?

Las aplicaciones conectadas a la red pueden suministrar electricidad directamente a una red eléctrica. Los sistemas sin conexión a la red suelen tener baterías para almacenar la electricidad producida, y no tienen acceso a la red de electricidad.

¿Disponemos de suficiente silicio como materia bruta?

El silicio que se usa como materia bruta en la industria FV está disponible en abundancia en todo el mundo. Sin embargo, el proceso de producción del silicio puro necesario para las células solares cristalinas es complejo. Desde que se planifica una nueva fábrica de silicio hasta que se obtienen las primeras unidades pueden pasar dos años. El desarrollo dinámico del mercado FV ha generado una escasez de silicio puro, y la industria ha reaccionado construyendo nuevas instalaciones. Estas nuevas fábricas mejoran la situación del abastecimiento.

¿Se pueden reciclar los módulos fotovoltaicos?

Sí, se pueden reciclar todos los componentes de un módulo solar. Las partes más valiosas son las propias células solares, que se pueden reciclar en nuevas obleas, que constituyen la base de las nuevas células solares. Los bastidores de aluminio, el cristal y los cables también se pueden reciclar. Para ampliar información, visite: www.pvcycle.org

¿Cuándo será rentable la energía FV?

En muchos casos, la electricidad solar ya es rentable, en especial en aplicaciones autónomas, sin acceso a la red pública. En el sur de Europa, la electricidad fotovoltaica con conexión a la red será rentable con potencia punta hacia el año 2015. Se prevé que los precios sigan bajando.

¿Generan los sistemas FV a lo largo de su vida útil más energía que la que se requiere para producirlos?

Sí. En unos dos años, un sistema FV basado en tecnología cristalina en el sur de Europa habrá generado la misma energía que se necesitó para producir e instalar todos sus componentes. En un sistema de capa delgada, el periodo es aproximadamente de un año. Un sistema FV producirá en su tiempo de vida de más de 30 años mucha más

energía que la que se necesitó para crearlo. La energía empleada en la producción de sistemas FV se reduce constantemente.

¿La energía FV solo es eficiente en países meridionales?

No. La energía FV funciona en cualquier sitio en que haya luz. Incluso en el sur de Alemania, un sistema de tejado de tamaño medio de 3 kW genera cerca de 3.000 kWh al año. Esto puede cubrir la demanda anual total de electricidad de una vivienda.

¿Es cara la energía FV?

Los costes de generación de electricidad de los sistemas FV son actualmente superiores a los de otras fuentes de energía, si se excluyen los costes medioambientales de la generación de electricidad convencional. Por ello, se requiere un apoyo financiero para desarrollar una industria fuerte con economías de escala. Con una producción a gran escala, se espera que los precios caigan por debajo de los de la electricidad residencial, y competirán también con los costes de generación de todas las demás fuentes de electricidad (nuclear, fósil) en 20 ó 30 años. En los países con sistema de primas, la electricidad FV ya es una inversión atractiva.

¿Hay espacio suficiente para instalar un gran número de sistemas FV?

Sí. La tecnología FV es eficaz en términos de espacio. Para un sistema de 1 kW se requieren aproximadamente 7 m² de módulos. Para cubrir la demanda completa de electricidad de la UE, solo se necesitaría un 0,7% de la superficie total del terreno. Hay una gran superficie disponible que no compite con otros usos del terreno, incluidos los tejados, las fachadas de los edificios, las barreras contra el ruido y los terrenos vacíos. La disponibilidad de espacio no es un factor limitativo para el desarrollo FV.

¿Cuánto tiempo de vida útil tiene un módulo FV?

Muchos productores ofrecen garantías de rendimiento de 20 ó 25 años para sus módulos. En el Centro de Investigación Conjunta de la CE en Ispra (Italia) se han tenido módulos cristalinos funcionando en pruebas en el terreno con excelentes resultados de rendimiento durante más de 20 años. La mayoría de los módulos siguen superando el 92% de su producción de energía nominal, registrada al inicio del periodo de prueba.

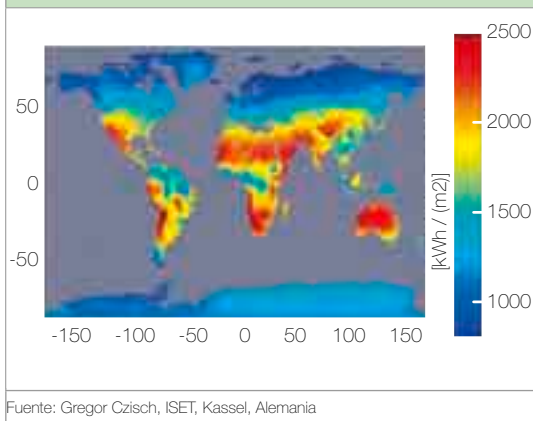
¿Cuánto espacio se necesita para instalar un sistema de tejado?

Depende de la tecnología que se emplee. Un sistema de 3 kW basado en módulos cristalinos requiere unos 23 m² de superficie de tejado en pendiente orientado aproximadamente al sur.



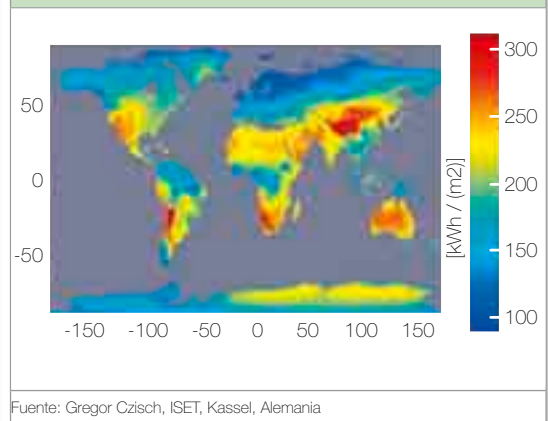
Primera parte:
**Fundamentos de la
energía solar**

Figura 1.1: Variaciones de la irradiación en el mundo



Fuente: Gregor Czisch, ISET, Kassel, Alemania

Figura 1.2: Potencial de la energía FV en el mundo



Fuente: Gregor Czisch, ISET, Kassel, Alemania

El potencial de la energía solar

En el mundo hay radiación solar más que suficiente para satisfacer la demanda de los sistemas de energía solar. La proporción de los rayos solares que llegan a la superficie terrestre puede satisfacer más de 10.000 veces el consumo de energía mundial. Como media, cada metro cuadrado de terreno tiene una exposición a la luz solar suficiente para obtener 1.700 kWh de energía al año.

La base de datos estadísticos del recurso de energía solar es muy sólida. Por ejemplo, la base de datos Nacional de Radiación Solar de EE. UU. ha registrado 30 años de radiación solar y datos meteorológicos adicionales de 237 lugares de EE. UU. El Centro Europeo de Investigación Conjunta (JRC por su sigla

Fábrica de
Isofotón
en Málaga

en inglés) (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>) publica y evalúa los datos de radiación solar en Europa, obtenidos de 566 lugares.

Cuanto mayor es el recurso solar disponible en un punto determinado, mayor es la cantidad de electricidad que se genera. Las regiones subtropicales ofrecen un recurso mejor que las latitudes más templadas. Por ejemplo, la media aproximada de energía que se recibe en Europa es de 1.000 kWh por metro cuadrado. Este valor contrasta con los 1.800 kWh que se reciben en Oriente Medio.

La *figura 1.2* muestra una estimación del rendimiento potencial de los generadores solares FV en diferentes partes del mundo. El cálculo tiene en cuenta la eficiencia media de los módulos y convertidores, así como el ángulo correcto con respecto al sol que se requiere en las diferentes latitudes.

Al comparar las *figuras 1.1* y *1.2* se aprecia que solo se puede usar una parte de la radiación solar para generar electricidad. No obstante, a diferencia de las fuentes de energía convencionales, no se desperdicia energía por pérdida de eficiencia, ya que la luz solar no puede desperdiciarse. Se ha calculado que si el 0,71% de la masa terrestre europea estuviera cubierto por módulos FV, se satisfaría el consumo completo de electricidad en Europa. Además, los cálculos de la Agencia Internacional de Energía (AIE) muestran que si se usara tan sólo el 4% de las zonas desérticas, extremadamente secas, del mundo para instalaciones FV, se cubriría la demanda de energía primaria de todo el mundo. Teniendo en cuenta las amplias zonas de espacio inutilizado existentes (tejados, superficies de edificios, barbechos, desiertos, etc.), el potencial es casi inagotable.



¿Qué es la energía fotovoltaica?

'Fotovoltaico' es el resultado de la unión de dos palabras, 'foto', que significa luz, y 'voltaico', que significa electricidad. 'Tecnología fotovoltaica' es el término que se emplea para describir el sistema físico que convierte la energía solar en energía utilizable, generando electricidad a partir de la luz. En el corazón de la tecnología fotovoltaica (FV) reside un material semiconductor que puede adaptarse para liberar electrones, las partículas con carga negativa que constituyen la base de la electricidad. El material semiconductor más común que se emplea en las células fotovoltaicas es el silicio, un elemento que se encuentra habitualmente en la arena. Su disponibilidad como materia prima no tiene límites; el silicio es el segundo material más abundante en la masa terrestre.

Todas las células FV tienen dos capas de semiconductores, una con carga positiva y otra con carga negativa. Cuando brilla la luz en el semiconductor, el campo eléctrico presente en la unión entre estas dos capas hace que fluya la electricidad, generando una corriente continua (CC). Cuanto mayor sea la intensidad de la luz, mayor será el flujo de electricidad.

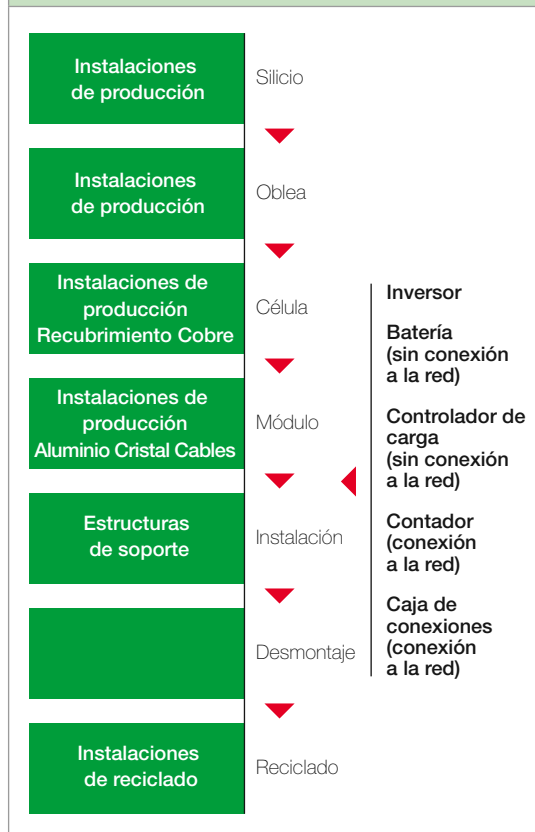
Por lo tanto, un sistema fotovoltaico no necesita luz solar brillante para funcionar. También puede generar electricidad en días nublados. Debido a la reflexión de la luz solar, los días ligeramente nublados pueden incluso hacer que se genere más energía que en los días con el cielo totalmente despejado.

La generación de energía mediante un sistema solar FV es completamente diferente del funcionamiento de un sistema solar térmico, en el que se usan los rayos solares para generar calor, normalmente para calentar el agua de una vivienda, una piscina, etc.

Ventajas de la tecnología FV:

- ❖ El combustible es gratis.
- ❖ No hay piezas móviles susceptibles de desgaste, rotura o sustitución.
- ❖ Sólo se requiere un mantenimiento mínimo para garantizar el funcionamiento del sistema.
- ❖ Los sistemas son modulares y se pueden instalar rápidamente en cualquier parte.
- ❖ No produce ruido, emisiones nocivas ni gases contaminantes.

Figura 1.3: ciclo de vida de un sistema FV (Si-c)



Tecnología FV

Los componentes más importantes de un sistema FV son las **células**, que constituyen los bloques de construcción básicos de la unidad y se encargan de recoger la luz del sol; los **módulos**, que unen grandes números de células en una unidad; y en algunas ocasiones, los **inversores**, que se usan para convertir la electricidad generada en una forma adecuada para el uso diario.

Células y módulos FV

Generalmente, las células FV son de **silicio cristalino**, cortado en láminas de lingotes o bloques fundidos, o de cintas estiradas; o de **capa delgada**, depositada en capas delgadas en un soporte de bajo coste. La mayoría de las células producidas hasta ahora (el 90% en 2007) son del primer tipo, mientras que en los planes de futuro se contempla decididamente el segundo. Se prevé que la tecnología de capa delgada basada en silicio y otros materiales va a acaparar una cuota mucho mayor del mercado de la energía FV. Esta tecnología ofrece varias ventajas, como su bajo consumo de material, poco peso, y aspecto uniforme.

Silicio cristalino

El silicio cristalino sigue siendo la base de la mayoría de los módulos FV. Aunque en algunos parámetros técnicos no es el material ideal para las células solares, presenta las ventajas de que está ampliamente disponible, es muy conocido, y emplea la misma tecnología que la industria de la electrónica. Se han obtenido rendimientos superiores al 20% con células de silicio ya en fase de producción en serie. Esto significa que se puede transformar en electricidad el 20% de la radiación solar recibida.

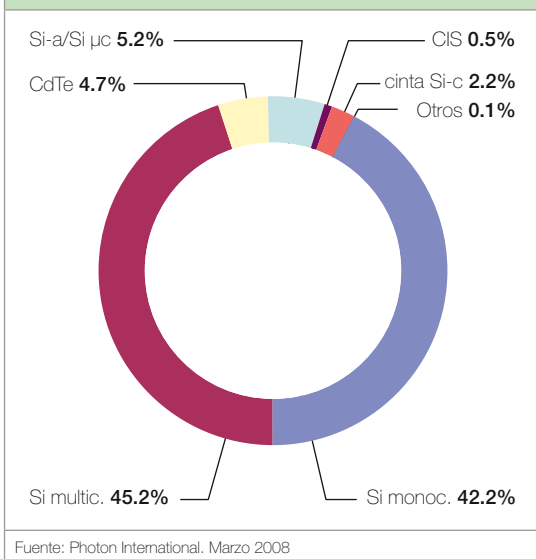
Al igual que el rendimiento de las células solares, su espesor también es un factor muy importante. Las obleas –láminas muy finas de silicio– son la base de las células solares cristalinas. Cuanto más finas sean las obleas, menos silicio se necesitará en cada célula solar y, por lo tanto, más bajo será el coste. El espesor medio de las obleas se ha reducido de 0,32 mm en 2003 a 0,17 mm en 2008. En el mismo periodo, el rendimiento medio ha aumentado del 14% al 16%. El objetivo para el año 2010 es reducir el espesor de las obleas a 0,15 mm y aumentar a la vez el rendimiento hasta una media del 16,5%.

Durante la producción de las obleas se pierde una cantidad considerable de valioso silicio en forma de pulpa de corte. La tecnología de cinta representa un enfoque alternativo. Evita las pérdidas de corte produciendo capas de silicio cristalino finas mediante una serie de técnicas, como la extracción de capas finas a partir de fusión, o la fusión de silicio en polvo en un sustrato. Al evitarse los procedimientos de corte, y

Gran Planta de Energía FV con seguidores solares situada en Castejón (Navarra), España



Figura 1.4: Cuotas de tecnología de células en 2007



las pérdidas de material que conlleva, se puede reducir significativamente la demanda de silicio por vatio de capacidad.

Capa delgada

Los módulos de capa delgada se construyen depositando capas extremadamente delgadas de materiales fotosensibles sobre soportes de bajo coste, como vidrio, acero inoxidable o plástico. Con ello se consigue reducir los costes de producción en comparación con la tecnología cristalina, más intensiva en materiales, lo que le reporta una ventaja en precios que actualmente se ve contrarrestada por unos índices de rendimiento considerablemente inferiores.

En la actualidad hay tres tipos de módulos de capa delgada disponibles en el mercado. Se fabrican a partir de silicio amorfo (Si-a), diseleniuro de cobre e indio (CIS, CIGS) y telurio de cadmio (CdTe). Todos ellos tienen capas activas en la gama de espesores por debajo de unos pocos micrones. Así se consigue mayor automatización una vez que se alcanza un determinado volumen de producción, permitiendo simultáneamente un enfoque más integrado en la construcción de los módulos. El proceso es menos intensivo en mano de obra en comparación con el montaje de módulos cristalinos, en el que había que interconectar las células individuales.

Una escasez temporal de silicio ha brindado asimismo la oportunidad de aumentar la cuota de mercado de las tecnologías de capa delgada. Ya hay nuevas compañías trabajando en el desarrollo de la produc-

Tabla 1.1: Rendimientos de módulos y células

Tecnología	Capa delgada				Basada en oblea cristalina	
	Silicio amorfo (Si-a)	Cadmio Teluro (CdTe)	Cl(G)S	Si-a/Si-m	Monocristalina	Multicristalina
Rendimiento de célula en CPE*	5-7%	8-11%	7-11%	8%	16 -19%	14 - 15%
Rendimiento de módulo					13 - 15%	12 - 14%
Área necesaria por kW** (para los módulos)	15 m ²	11 m ²	10 m ²	12 m ²	aprox. 7 m ²	aprox. 8 m ²

* Condiciones de Prueba Estándar: 25 °C, intensidad lumínica de 1000W/m², masa de aire = 1,5
 ** kW = kilovatio. Los productos y sistemas FV se clasifican por la energía que generan en Condiciones de Prueba Estándar

ción de capa delgada sobre la base de un enfoque “rollo a rollo”. Esto significa que se recubre un sustrato flexible, como por ejemplo el acero inoxidable, con capas en un proceso continuo. La implantación con éxito de este método de producción ofrecerá oportunidades para un aumento significativo del rendimiento de la fábrica junto con una reducción de costes. EPIA prevé un crecimiento de la cuota de capa delgada hasta alcanzar aproximadamente el 20% de la producción total de módulos FV en el año 2010.

De las tres tecnologías de capa delgada disponibles en el mercado, Si-a es la más importante en términos de producción e instalación, con un 5,2% del total del mercado en 2007.

La capa delgada multicristalina sobre cristal (CSG) es una tecnología de capa delgada prometedora que está empezando a entrar en la fase de producción industrial. La tecnología microcristalina, en particular la combinación de silicio amorfo con silicio microcristalino (Si-a/Si-m), es otro enfoque con resultados prometedores.

Otros tipos de células

Las **células concentradoras** funcionan enfocando la luz en una pequeña área mediante un concentrador óptico, como una lente Fresnel con un índice de concentración de hasta 1.000. A partir de ahí se puede equipar la pequeña superficie con un material fabricado de semiconductores de compuesto III-V (de tipo arseniuro de galio multiunión), con lo que se consiguen rendimientos del 30%, y en laboratorios hasta el 40%. Los dos principales inconvenientes de los sistemas de concentrador son que no pueden utilizar la luz solar difusa y que deben orientarse siempre de forma muy precisa hacia el sol mediante un sistema de seguimiento.

Módulos

Los módulos son grupos de células FV incorporados a una unidad, generalmente soldándolos unos con otros bajo una lámina de vidrio. Su tamaño se puede adaptar al emplazamiento propuesto, y se instalan rápidamente. También son sólidos, fiables y resistentes al agua. Los productores de módulos suelen garantizar un rendimiento energético del 80% de la capacidad nominal incluso al cabo de 20 ó 25 años.

Cuando se dice que una instalación FV tiene una capacidad de 3 kW, se considera el rendimiento del sistema en condiciones de prueba estándar (CPE), lo que permite efectuar comparaciones entre distintos módulos. En Europa Central, un sistema de electricidad solar con una capacidad nominal de 3 kW y una superficie de módulo aproximada de 23 m² (dependiendo de la tecnología; véase la *Tabla 1.1*), produciría energía suficiente para cubrir la demanda de electricidad de un hogar concienciado del uso racional de la energía.

Células multicristalinas en Q-Cells



Inversores

Los inversores se usan para convertir la corriente continua (CC) producida por un generador FV en corriente alterna (CA) compatible con la red de distribución de electricidad local. Esto es fundamental para los sistemas FV conectados a la red. Los inversores se ofrecen en una amplia variedad de clases de potencias, desde algunos cientos de vatios, pasando por la gama más común de varios kW (de 3 kW a 6 kW), hasta los inversores centrales para sistemas a gran escala, con 100 kW o superiores.

Componentes de los sistemas FV independientes

Los sistemas FV independientes (sin conexión a la red) requieren una **batería**, generalmente de tipo plomo-ácido, para almacenar la energía para uso posterior. En la actualidad existen nuevas baterías de alta calidad diseñadas especialmente para las aplicaciones solares, con tiempos de vida útil de más de 15 años. No obstante, el tiempo de vida de una batería depende en gran medida de la forma de utilización y del comportamiento del usuario. La batería está conectada al sistema FV mediante un **controlador de carga**. El controlador de carga protege la batería contra las sobrecargas o descargas, y también puede proporcionar información sobre el estado del sistema o permitir la medición y el prepago de la electricidad utilizada. Si se necesita producir CA, será preciso instalar un **inversor** que convierta la alimentación de CC del sistema.

Nuevo edificio en ECN con tejado FV curvo diseñado por BEAR architects: interior



Tipos de sistemas FV

Conectado a la red

Es el tipo más común de sistema solar FV para viviendas y empresas en el mundo desarrollado. La conexión a la red eléctrica local permite vender el excedente de energía producido a la compañía suministradora. Así, la electricidad se importa de la red durante la noche. La alimentación de CC producida por el sistema en alimentación de CA se convierte mediante un inversor para el funcionamiento de los equipos eléctricos normales.

En países con sistema de primas, el pago por la electricidad generada (véase la Sexta parte: Impulsores de la política) es considerablemente mayor que la tarifa normal pagada por el cliente a la compañía suministradora. Este es el caso de países como Alemania o España.

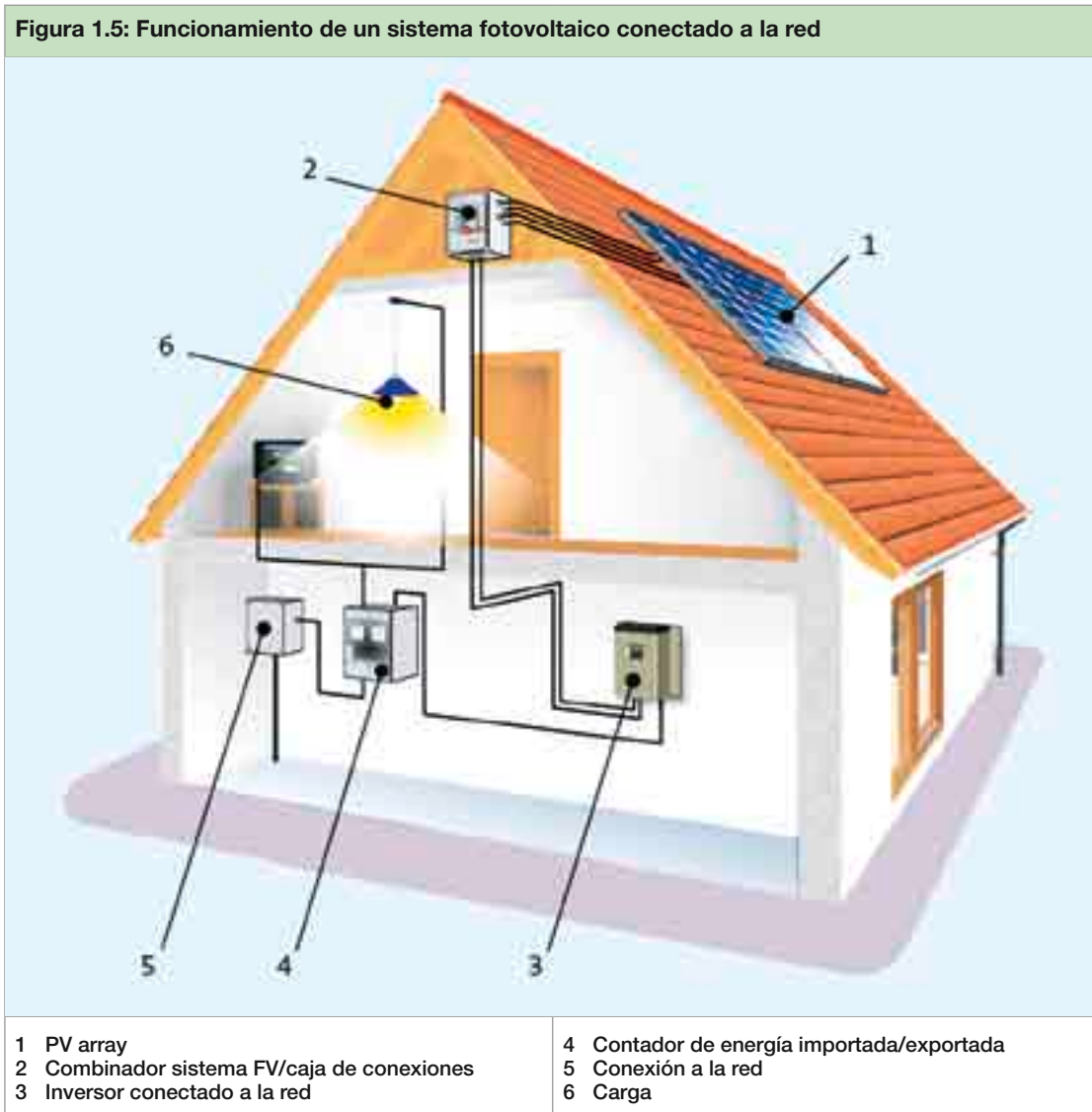
No conectado a la red

Cuando no hay una conexión a la red eléctrica disponible, el sistema se conecta a una batería a través de un controlador de carga. Esta batería almacena la electricidad generada para usarla posteriormente, y actúa como fuente de alimentación principal. Se puede emplear un inversor para proporcionar alimentación de CA, permitiendo el uso de aparatos eléctricos normales. Las aplicaciones típicas de los sistemas no conectados a la red son los repetidores de telefonía móvil, los sistemas de electrificación de zonas distantes (refugios de montaña) o la electrificación rural en países en vías de desarrollo. En la electrificación rural se incluyen tanto pequeños sistemas solares domésticos capaces de cubrir las necesidades básicas de electricidad de una vivienda, como pequeñas redes de mayor extensión que proporcionan energía a varias viviendas.

Sistema híbrido

Un sistema solar se puede combinar con otras fuentes de energía –un generador de biomasa, un aerogenerador o un grupo electrógeno diésel– para garantizar un suministro de electricidad permanente. Los sistemas híbridos pueden ser conectados a la red, independientes, o con apoyo de la red.

Figura 1.5: Funcionamiento de un sistema fotovoltaico conectado a la red



La *figura 1.5* muestra cómo la electricidad generada por las células solares de los módulos FV instalados en el tejado se transforma mediante un inversor en alimentación de CA adecuada para exportarla a la red eléctrica.

El dueño de la casa/generador tiene dos opciones: vender toda la electricidad generada a la compañía suministradora de energía local (si hay un sistema de primas establecido) o usar la electricidad solar para cubrir las necesidades de la propia casa y vender el excedente a la compañía suministradora.



Segunda parte:
El mercado de la energía solar

La energía solar está en auge. A finales de 2007, la capacidad acumulativa instalada de los sistemas fotovoltaicos solares de todo el mundo superó la increíble cifra de 9.200 MW. Este valor contrasta con los 1.200 MW de finales del año 2000. Las instalaciones de células y módulos FV en todo el mundo han aumentado a una tasa media anual superior al 35% desde 1998.

El valor del mercado solar FV alcanzó los 13.000 millones de euros anuales en el año 2007. La competencia entre los principales fabricantes se ha intensificado cada vez más, con la aparición de nuevos actores en el mercado al revelarse el potencial de la energía FV.

Si bien el crecimiento en los últimos años se ha producido principalmente en el sector conectado a la red, el lado de la demanda del mercado FV internacional se puede dividir claramente en cuatro sectores. En este informe se consideran estas categorías del mercado.

Sectores del mercado en el lado de la demanda

1. Bienes y servicios

Applications

Las células o los módulos solares se emplean en una amplia gama de productos de consumo y en pequeños aparatos eléctricos, incluidos relojes de pulsera, calculadoras, y juguetes, así como para proporcionar alimentación a determinadas instalaciones, como

rociadores de extinción de incendios, señales de carretera, sistemas de iluminación y cabinas telefónicas.

Un uso típico de las nuevas aplicaciones de la energía FV es el control del aire acondicionado en los coches. Un pequeño sistema integrado en el techo mantiene la temperatura del interior a un nivel constante, accionando un ventilador cuando el coche está estacionado, principalmente en verano. Con ello se consiguen unas temperaturas máximas más bajas en el interior del coche, lo que hace que el sistema de aire acondicionado resulte mucho más barato, al requerir mucha menos energía. Los fabricantes pueden también ahorrar así el gasto en costosos materiales resistentes al calor en el interior del vehículo.

Desarrollo del mercado

En el año 2007, este sector ocupaba aproximadamente el 1% de la producción anual en el mundo. Al aumentar la demanda de suministro de electricidad móvil se espera que el mercado de bienes de consumo continuará creciendo en términos absolutos (aunque su cuota relativa se reducirá), en particular con la introducción de tecnologías de electricidad de bajo coste innovadoras, como las células solares orgánicas.

2. Sistemas conectados a la red

Aplicaciones

Las aplicaciones FV con conexión permanente a la red eléctrica se clasifican como aplicaciones conectadas a la red. Los dispositivos FV se pueden instalar sobre los tejados o integrados en los tejados y fachadas de las casas, oficinas y edificios públicos. Las casas particulares constituyen una importante área en expansión para los sistemas de tejado, así como para los sistemas FV integrados en edificios (BIPV, por su sigla en inglés). Un sistema de electricidad solar de 3 kW instalado en el sur de Alemania genera aproximadamente 3.000 kWh al año, lo que es suficiente para cubrir el 100% de las necesidades anuales de electricidad de un hogar concienciado del uso racional de la energía.

La energía FV está siendo utilizada cada vez más por los arquitectos como característica de diseño, en sustitución de otros elementos de la envolvente de los edificios. Las tejas o placas solares pueden reemplazar a los materiales convencionales; los módulos de capa delgada se pueden incluso integrar en tejados abovedados, a la vez que los módulos semitransparentes proporcionan una interesante mezcla de sombra y luz natural. La energía FV se puede usar también para proporcionar energía de pico al edificio en los días calurosos del verano, cuando los sistemas de aire

Gran Planta de Energía
Solar en España



acondicionado requieren más energía, contribuyendo así a reducir al máximo la carga de electricidad.

Si se considera el sistema de electricidad solar como parte integrante de un edificio, el dinero empleado en materiales decorativos para las fachadas, como el mármol, podría invertirse en módulos solares. La energía solar duplica así su función, sirviendo como productor de energía y como material de construcción. En las empresas destacadas puede constituir la cara pública de su compromiso medioambiental.

La generación distribuida mediante fachadas o tejados solares puede proporcionar también beneficios a las instalaciones de energía, evitando el cambio de red o reforzando y reduciendo potencialmente la demanda máxima de electricidad convencional, especialmente en países con gran carga de refrigeración. En particular, la energía FV puede suavizar la demanda de pico causada por el uso de sistemas de aire acondicionado. En muchas zonas del mundo, el uso intensivo de aire acondicionado durante los meses de verano provoca repetidamente cortes de electricidad generales y locales. Como el suministro de los sistemas FV satisface perfectamente la demanda de los sistemas de aire acondicionado, en los días de luz solar intensa puede ayudar a disminuir el número de cortes o reducciones de electricidad.

Los sistemas FV a gran escala (> 1 MW) conectados a la red representan aproximadamente el 10% del mercado FV europeo. Estos sistemas son particularmente adecuados en áreas en las que no hay competencia con otros usos del terreno. Estas plantas de grandes dimensiones están dedicadas exclusivamente a la producción de energía, y por lo tanto, se limitan a suministrar electricidad a la red, sin autoconsumo. Las regiones desérticas inundadas de sol ofrecen buenas oportunidades para las plantas de grandes dimensiones a largo plazo, en especial por el descenso continuo del precio de los módulos, por ejemplo en el sudoeste de Estados Unidos, África y Mongolia.

Desarrollo del mercado

Este segmento del mercado es el motor actual del auge de la energía FV, con la mayor parte del desarrollo localizado en los países de la OCDE. Cada vez hay más gobiernos nacionales que contemplan la energía FV como una tecnología importante para el futuro, y que han establecido ya programas de apoyo o están en vías de hacerlo. Mientras que en 1994 sólo estaba conectado a la red un 20% de la nueva capacidad FV, este valor ha aumentado hasta aproximadamente el 90% en 2007.

Un número creciente de países ha seguido los exitosos ejemplos de Alemania, Japón y EE. UU., que han

establecido programas de apoyo a los sistemas FV conectados a la red. Estos programas seguirán impulsando el crecimiento del mercado durante los próximos años, hasta que la energía FV pueda competir en precios con la electricidad doméstica (véase la Sexta parte: Impulsores de la política).

Otra importante ventaja del mercado conectado a la red es el control que permiten los sistemas FV al consumidor sobre su propio suministro. No se trata solo de generar electricidad en el punto de demanda, evitando pérdidas de electricidad en la red, sino que el consumidor se transforma efectivamente en el operador de su propia estación. Con la liberalización permanente de los mercados energéticos internacionales, esto puede tener unas implicaciones de mercado cada vez más importantes. El efecto completo será visible tan pronto como los precios de la energía FV se acerquen a la paridad con los de la electricidad doméstica.

3. Electrificación sin conexión a la red

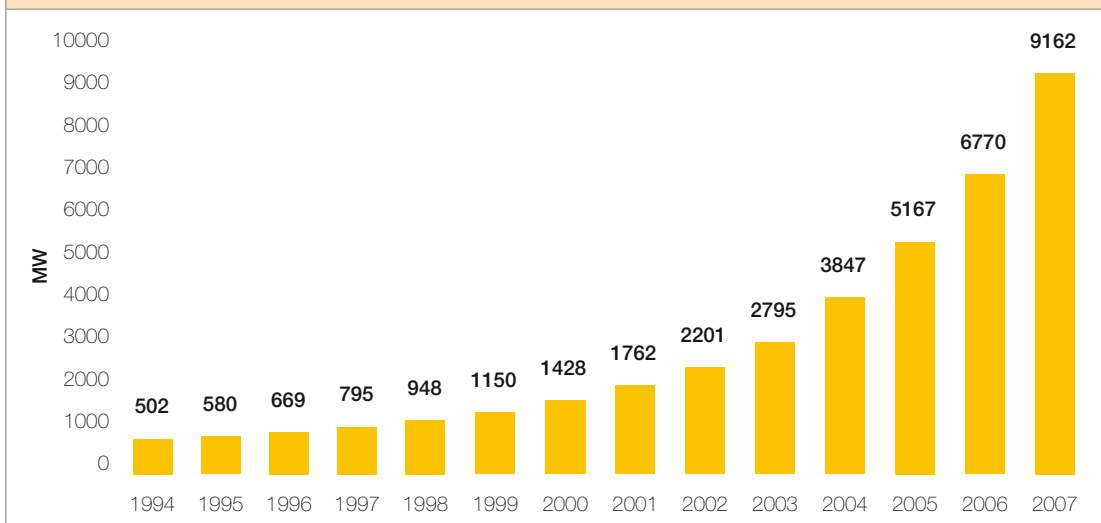
Aplicaciones

La tecnología FV proporciona una energía vital a comunidades de países en vías de desarrollo que no tienen acceso a la red eléctrica. Cerca de 1700 millones de personas en todo el mundo viven en la actualidad sin servicios de energía básicos. El 80% de ellas vive en áreas rurales. Este gran mercado es una excelente oportunidad tanto para la industria FV como para la población local.

Instalación de un Sistema FV en un tejado



Figura 2.1: Capacidad FV acumulada mundial



Los sistemas FV pueden suministrar electricidad tanto para consumo privado como para usos industriales. Los sistemas de energía domésticos proporcionan iluminación y comunicaciones de alta calidad (radio/TV/Internet), mientras que la energía utilizada para refrigeración, bombeo de agua o herramientas eléctricas puede ser un motor decisivo para el desarrollo de la economía local. La tecnología FV tiene el potencial de suministrar mucho más que simplemente electricidad para iluminación o mejora de la sanidad.

También hay una gran necesidad de purificar el agua potable en el mundo en vías de desarrollo. La Organización Mundial de la Salud calcula que cada día mueren 10.000 niños por enfermedades transmitidas por el agua. Los sistemas y bombas de purificación de agua alimentados por energía solar se transportan con facilidad, son fáciles de mantener y utilizar, y, como parte de las iniciativas sanitarias rurales, pueden ser una importante herramienta en la lucha contra las enfermedades.

Sistemas FV integrados en la fachada de un edificio

Suministrando energía a los ordenadores, por ejemplo, puede hacer que la gente tenga acceso a una mejor educación o información a través de Internet.

Desarrollo del mercado

Aparte de sus claras ventajas sociales, la justificación económica del uso de la energía FV es evitar los costes de combustible, generalmente gasóleo, a un precio elevado, o la comparación con el coste de ampliación de la red. En las comunidades en el nivel de subsistencia, el principal escollo es con frecuencia el coste de inversión del sistema. A pesar de que se han iniciado numerosos programas de desarrollo rural en países en vías de desarrollo, apoyados por programas de asistencia bilaterales y multilaterales, el impacto ha sido hasta ahora relativamente pequeño. Sin embargo, se espera que este segmento adquiera una parte sustancial de la cuota del mercado FV mundial en las próximas décadas. En 2007, aproximadamente el 4% de las instalaciones FV del mundo estaban dedicadas a la electrificación rural.

4. Industrial sin conexión a la red

Aplicaciones

Los usos industriales más comunes de la energía solar sin conexión a la red se dan en el campo de las telecomunicaciones, en especial para enlazar zonas rurales aisladas con el resto del país. En la India, por



Figura 2.2: Mercado FV anual mundial

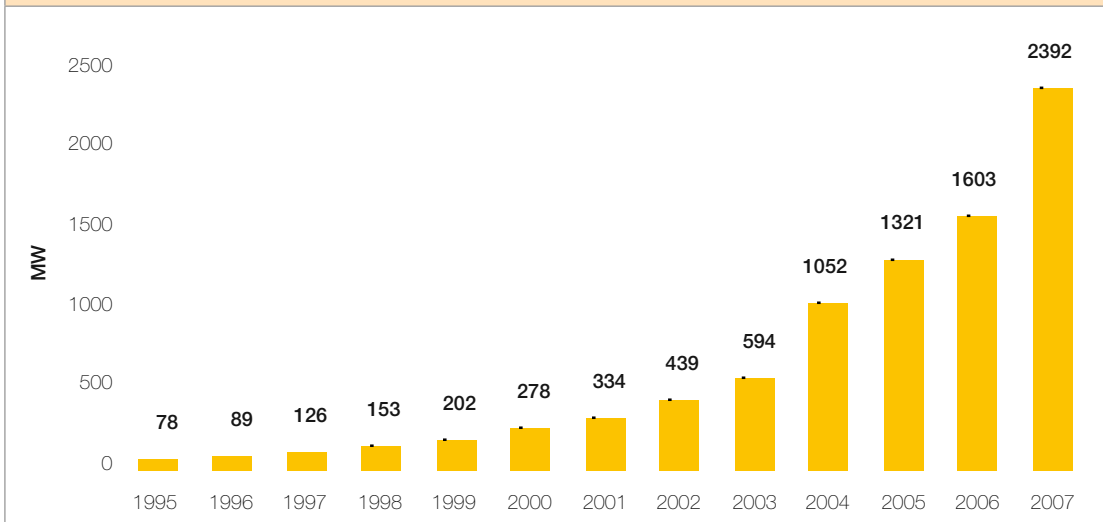
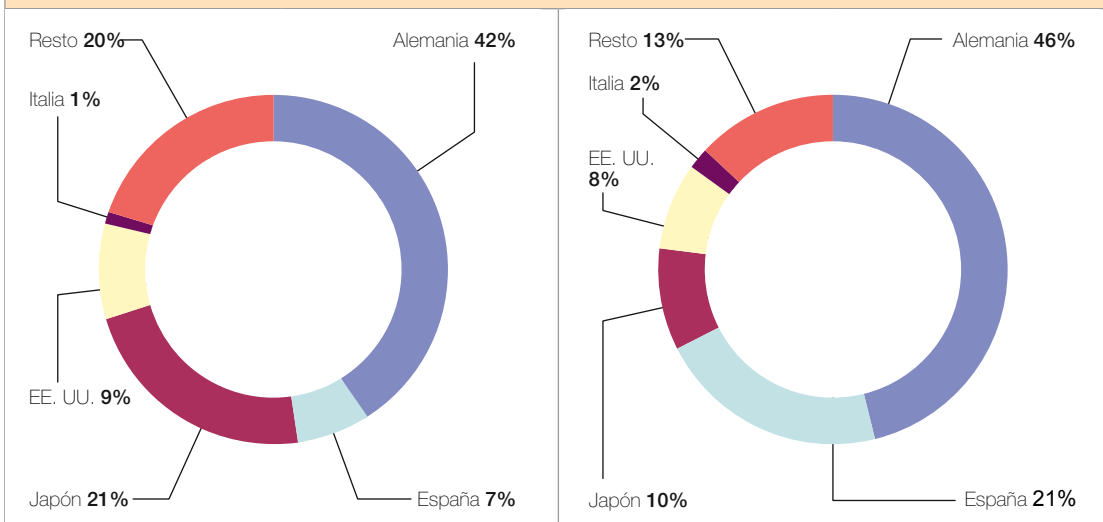


Figura 2.3: 5 principales mercados nacionales de energía FV



Top 5 Total installed capacity 2007 (MW)		Top 5 New capacity 2007 (MW)	
Alemania	3.800	Alemania	1.100
España	632	España	512
Japón	1.938	Japón	230
EE. UU.	814	EE. UU.	190
Italia	100	Italia	50
		Resto	310

ejemplo, más de un tercio de la capacidad FV está dedicado al sector de las telecomunicaciones. Hay un gran potencial para los equipos repetidores de teléfonos móviles alimentados por energía FV o mediante sistemas híbridos FV/diésel. Las plantas de desalinización son otra importante aplicación de los sistemas FV sin conexión a la red. Entre otras se incluyen

también las señales de tráfico, las ayudas a la navegación marítima, los teléfonos de seguridad, los monitores meteorológicos o de contaminación, la iluminación a distancia, las señales de autopistas y las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Desarrollo del mercado

Aparte de evitar costes de combustible, sustituyendo total o parcialmente a los motores diésel, por ejemplo, los sistemas FV industriales ofrecen gran fiabilidad y mínimo mantenimiento. Esto puede reducir drásticamente los costes de explotación y mantenimiento, en particular en lugares distantes o inaccesibles.

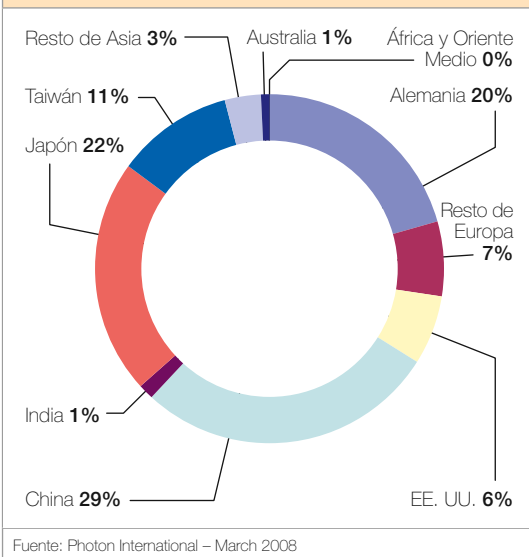
Se espera que demanda de sistemas FV industriales sin conexión a la red siga aumentando durante la próxima década y más adelante, en especial como respuesta al crecimiento sostenido de la industria de las telecomunicaciones. Los mástiles y equipos repetidores de telefonía móvil ofrecen un potencial muy grande, sobre todo en países con densidades de población muy bajas. La prestación de servicios de comunicación en zonas rurales de países en vías de desarrollo como parte de los paquetes de desarrollo social y económico será también una importante oportunidad para el mercado futuro de la energía fotovoltaica. En el año 2007, alrededor del 4% de las instalaciones FV del mundo se emplearon en aplicaciones FV industriales sin conexión a la red.

Mercado en el lado del suministro – Fabricación

Silicio de grado solar

El silicio es el material básico necesario para la producción de células solares basadas en la tecnología cristalina – el 90% del mercado mundial. Por ello, la disponibilidad de silicio suficiente a unos precios

Figura 2.4: Cuotas regionales y nacionales de fabricación de células FV en el mundo en 2007



razonables es una condición previa esencial para conseguir una industria FV dinámica.

Hasta hace poco, la industria del silicio producía silicio de grado electrónico exclusivamente para el sector de los semiconductores, principalmente para uso en ordenadores. Solo una pequeña parte se suministraba a la industria FV, que representaba para los proveedores un buen modo de estabilizar las fluctuaciones de la demanda de la industria de los semiconductores. Sin embargo, con el crecimiento dinámico de la industria FV en los últimos años, la situación ha cambiado. En 2007, más de la mitad de la producción mundial de silicio de grado electrónico se usó para fabricar células solares.

Esta demanda creciente ha provocado un cambio de orientación de la industria del silicio. El silicio para células solares puede ser de calidad inferior al que se requiere para los semiconductores, y por lo tanto su fabricación puede ser más barata. Por ello, algunas compañías han empezado a desarrollar procesos para fabricar silicio de grado solar. No obstante, el desarrollo de estas líneas de fabricación y la construcción de las primeras factorías tardará aún algún tiempo. Por lo tanto, hasta que estén operativas todas las nuevas instalaciones de producción planificadas, la industria FV seguirá compitiendo con la industria de los semiconductores en el suministro limitado disponible actualmente en el mercado.

Se espera que hacia 2008, la disponibilidad de silicio de grado solar para la industria FV genere una situación mucho más relajada en el mercado del silicio. Entre 2008 y 2010 se prevé una inversión de más de

Vista aérea del Parlamento alemán con módulos FV integrados en el tejado



4.100 millones de euros en ampliar las capacidades de producción de silicio.

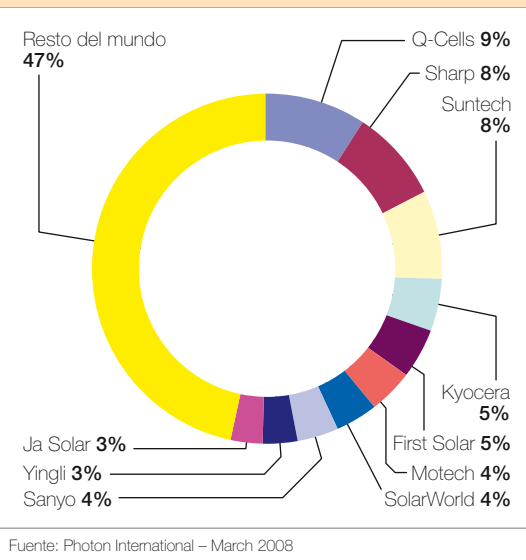
Producción de células y módulos solares

En 2008, se espera que el nivel de inversión en nuevas plantas de fabricación de células y módulos solares supere los 1.600 millones de euros, sin incluir las capacidades de fabricación de obleas y silicio. Esta cifra pone de manifiesto el ritmo al que se está expandiendo la industria FV para satisfacer la demanda mundial. Hasta ahora, la fabricación de células y módulos solares ha estado concentrada en tres zonas geográficas: Europa, Japón y Estados Unidos. No obstante, el país con mayor crecimiento en instalaciones de producción es China.

En la *figura 2.5* se pueden ver las principales compañías productoras. Aunque hasta hace pocos años el mercado había estado dominado por BP Solar, una subsidiaria de la empresa petrolera multinacional, esta situación ha cambiado radicalmente con la entrada de nuevos actores japoneses y europeos. Más recientemente, la primera compañía en producción de células ha sido la empresa japonesa Sharp. Sin embargo, en 2007 Sharp ha seguido perdiendo cuota de mercado en relación con sus competidores, principalmente con las empresas con base en Alemania Q-Cells y Solarworld y la china Suntech. Todas ellas juntas han reducido la posición dominante de Sharp del 23,6% en 2005 al 8,5% en 2007. En 2007, Q-Cells se ha convertido en el nuevo líder del mercado. Las 10 principales compañías manejan algo más del 53% de toda la producción de células (en contraste con el 75% de 2006); casi todas ellas realizan en la actualidad fuertes inversiones en nuevas instalaciones de fabricación.

Una cuestión importante para los fabricantes es ser capaces de adaptar la apertura de la nueva capacidad de producción a la demanda prevista. Los inversores requieren un horizonte de planificación que vaya más allá del típico periodo de cinco a siete años de amortización de la fábrica. Con todo, algunas empresas más pequeñas han sido capaces de obtener inversiones de propiedad pública, a menudo a través de alguno de los fondos de inversión verdes que proliferan actualmente. Este es el motivo por el que la relativa estabilidad de determinados modelos, como el sistema de primas alemán, ha demostrado ser decisiva para el compromiso comercial. Anticipándose al florecimiento del mercado, Alemania ha experimentado un incremento constante en la fabricación de células y módulos solares desde 1995 en adelante. Fomentada aún más por la Ley de Energía Renovable, actualizada

Figura 2.5: 10 primeros productores de células FV



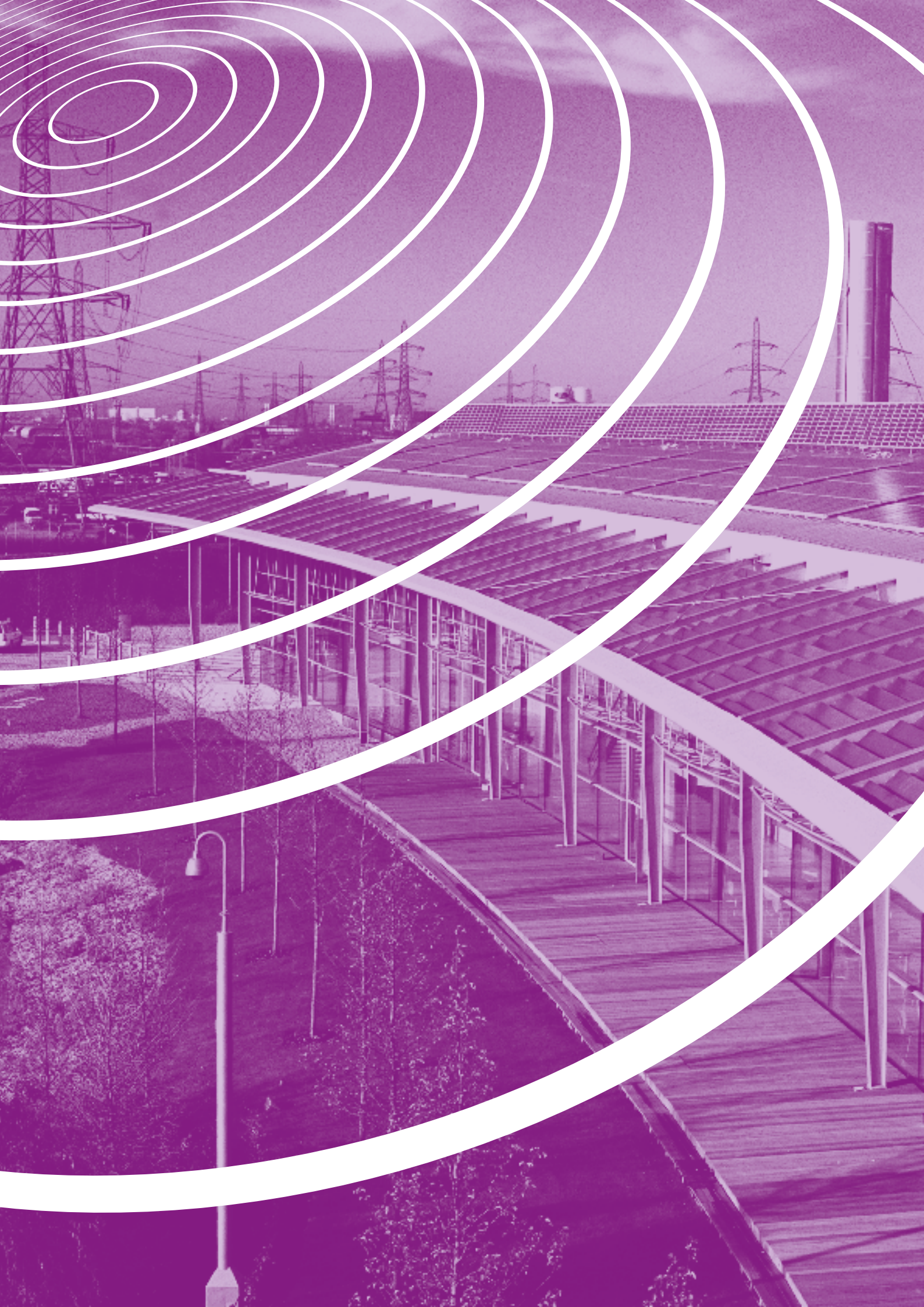
en 2004, la producción anual de células FV aumentó de 32 MW en 2001 a cerca de 850 MW en 2007.

The higher up the PV value chain one travels, the fewer companies are involved. At the upper end of the chain, silicon production requires substantial know-how and investment, as does the production of wafers. At the level of cell and module producers, on the other hand, where know-how and investment needs are smaller, there are many more players in the market. At the end of the value chain, the installers are often small, locally-based businesses.

Instalación de módulos en el tejado de un edificio



© Goldbeck



Tercera parte:
Futuro de la energía solar

Hipótesis 'Solar Generation' de Greenpeace/EPIA

Metodología y supuestos

Si se pretende que la tecnología FV tenga un futuro prometedor como fuente de energía principal, deberá desarrollarse a partir de las experiencias de los países que ya han abierto el camino impulsando el mercado de la electricidad solar. En esta sección se contempla lo que podría lograr la energía solar –siempre que se den las condiciones de mercado adecuadas y la reducción de costes prevista– en las dos próximas décadas del siglo XXI. Además de las previsiones de la capacidad instalada y el rendimiento energético, también se valora aquí el nivel de inversión necesario, el número de puestos de trabajo que se crearían y el efecto decisivo que tendría el aumento del consumo de energía solar en las emisiones de gas invernadero (véase la Quinta parte: Ventajas de la energía solar).

Proceso de
producción de
células FV



Las dos hipótesis de EPIA /Greenpeace que se describen a continuación se basan en las siguientes aportaciones esenciales:

- ❖ **Los datos actuales del mercado fotovoltaico procedentes de fuentes fiables (gobiernos nacionales, Agencia Internacional de la Energía, Industria FV).**
- ❖ **El desarrollo del mercado FV en los últimos años, tanto a escala mundial como en regiones específicas**
- ❖ **Los programas de apoyo a los mercados nacional y regional**
- ❖ **Los objetivos nacionales de instalaciones FV y capacidad de fabricación**
- ❖ **El potencial FV en los aspectos de irradiación solar, disponibilidad de espacio adecuado en los tejados y demanda de electricidad en zonas no conectadas a la red**

1. Hipótesis Avanzada

Esta hipótesis se basa en el supuesto de que unos mecanismos adicionales de apoyo al mercado continuados propiciarán una expansión dinámica de la capacidad FV instalada en todo el mundo. Los programas de apoyo al mercado generan economías de escala, por lo que los precios de la energía FV descenderán con mayor rapidez, impulsando con más fuerza al mercado. A pesar de que esos programas de mercado están diseñados para ser únicamente medios de apoyo temporales, son decisivos en la preparación de un entorno comercial estable. **EPIA y Greenpeace creen firmemente que esta hipótesis se puede hacer realidad si se obtiene el apoyo político necesario.**

Tasas de crecimiento del mercado en la hipótesis Avanzada

Tasa de crecimiento media 2007-2010	40%
Tasa de crecimiento media 2011-2020	28%
Tasa de crecimiento media 2021-2030	18%

2. Hipótesis Moderada

Esta hipótesis contempla el desarrollo de la energía FV en una situación de menor compromiso político. A largo plazo, la separación entre las hipótesis Moderada y Avanzada aumenta considerablemente. Con un apoyo político mundial insuficiente es difícil conseguir un despliegue rápido del mercado. Sin el potencial de las economías de escala, los costes de producción y los precios de la energía FV descenderán más lentamente que en la hipótesis Avanzada, ralentizando el despliegue de la energía FV.

Tasas de crecimiento del mercado en la hipótesis Moderada	
Tasa de crecimiento media 2007-2010	30%
Tasa de crecimiento media 2011-2020	21%
Tasa de crecimiento media 2021-2030	12%

Las tasas de crecimiento presentadas en las hipótesis son un promedio calculado a partir de tasas variables de crecimiento anual.

Para mostrar el efecto de estas hipótesis en los aspectos de suministro eléctrico y reducción de dióxido de carbono, se han empleado los siguientes supuestos:

Consumo de electricidad

Se han considerado dos supuestos respecto al crecimiento esperado de la demanda de electricidad en las primeras décadas del siglo XXI.

La '*hipótesis de Referencia*' de crecimiento de la demanda de electricidad en el mundo, con respecto a la cual se puede valorar el porcentaje de contribución de la energía FV, se ha extraído de las previsiones de la Agencia Internacional de Energía (WEO 2007). Estas previsiones muestran un aumento de la demanda mundial de energía de 15.016 TWh en 2005 a 21.278 TWh en 2015 y 29.737 TWh en 2030.

La '*hipótesis Alternativa*' de demanda de electricidad en el futuro se basa en el informe sobre la Revolución Energética de Greenpeace y el Consejo Europeo de Energía Renovable (enero de 2007), y considera la aplicación intensiva de medidas de eficiencia energética para reducir el consumo de electricidad final. Esta hipótesis muestra un aumento de la demanda de energía en el mundo de 13.675 TWh en 2003 a 14.188 TWh en 2010, 16.614 TWh en 2020 y 19.189 TWh en 2030. Por lo tanto, la contribución FV es mayor en esta previsión.

Reducción de las emisiones de dióxido de carbono

Un sistema solar no conectado a la red que sustituya a un grupo electrógeno diésel típico reducirá alrededor de 1 kg de CO₂ por kilovatio hora producido. La cantidad de CO₂ reducida por los sistemas FV conectados a la red depende del perfil de producción de electricidad existente en distintos países. La cifra media mundial se ha establecido en 0,6 kg de CO₂ por kilovatio hora. Así pues, en todo el periodo de la hipótesis se ha supuesto que las instalaciones FV conseguirán una reducción media de 0,6 kg de CO₂ por kilovatio hora.

Gran Planta Solar en España



Tabla 3.1: Resultados de la hipótesis Solar Generation para el mercado FV mundial hasta 2030

	Situación actual	Hipótesis			
	2007	2010	2020	2030	
Hipótesis Avanzada					
Instalaciones anuales en GW	2,4	6,9	56	281	
Capacidad acumulada en GW	9,2	25,4	278	1.864	
Producción de electricidad en TWh	10	29	362	2.646	
Contribución FV al consumo de electricidad – hipótesis de referencia (AIE)	0,07%	0,16%	2,05%	8,90%	
Contribución FV al consumo de electricidad – hipótesis alternativa	0,07%	0,20%	2,18%	13,79%	
Personas / hogares conectados a la red / personas que viven con energía FV en millones	5,5	18	198	1.280	
Personas sin conexión a la red en millones	14	32	757	3.216	
Puestos de trabajo en millares	119	333	2.343	9.967	
Valor del mercado en miles de millones de euros	13	30	139	454	
Reducción anual de CO ₂ en millones de toneladas	6	17	217	1.588	
Reducción acumulada de CO ₂ en millones de toneladas		65	976	8.953	

Hipótesis Moderada					
Instalaciones anuales en GW	2.4	5.3	35	105	
Capacidad acumulada en GW	9,2	21,6	211	912	
Producción de electricidad en TWh	10	24	283	1.291	
Contribución FV al consumo de electricidad – hipótesis de referencia de la AIE	0,07%	0,14%	1,20%	4,34%	
Contribución FV al consumo de electricidad – hipótesis alternativa	0,07%	0,17%	1,70%	6,73%	
Personas conectadas a la red / hogares / personas que viven con energía FV en millones	5.5	14	136	564	
Personas sin conexión a la red en millones	14	59	837	2.023	
Puestos de trabajo en millares	119	252	1.462	3.718	
Valor del mercado en miles de millones de euros	13	24	94	204	
Reducción anual de CO ₂ en millones de toneladas	6	15	170	775	
Reducción acumulada de CO ₂ en millones de toneladas		61	839	5.333	

Las hipótesis se subdividen a su vez en dos vías: en las cuatro principales divisiones del mercado mundial (aplicaciones de consumo, con conexión a la red, industrial a distancia y rural sin conexión a la red), y en las regiones del mundo tal como se definen en las previsiones de la demanda futura de electricidad

realizadas por la Agencia Internacional de Energía. Estas regiones son OCDE Europa, OCDE Pacífico, OCDE Norteamérica, Latinoamérica, Asia Occidental, Asia Meridional, China, Oriente Medio, África y Economías en Transición (principalmente la antigua Unión Soviética).

Tabla 3.2: Hipótesis Solar Generation: desarrollo del mercado FV (capacidad instalada anual) hasta 2010

	2007	2008	2009	2010
Hipótesis Avanzada	2.392 MW	4.175 MW	5.160 MW	6.950 MW
Hipótesis Moderada	2.392 MW	3.110 MW	4.043 MW	5.256 MW

Resultados clave

Los resultados de las hipótesis de Greenpeace/EPIA 'Solar Generation' muestran claramente que incluso desde una línea base relativamente baja, la electricidad FV tiene el potencial de contribuir de forma relevante tanto al suministro mundial de energía del futuro como a la reducción del cambio climático. En la *Tabla 3.1* se pueden ver las cifras más importantes para el periodo completo de la hipótesis hasta 2030, y en la *Tabla 3.2* se presentan los resultados de capacidad anual hasta 2010.

Así pues, la *hipótesis Avanzada de Solar Generation* muestra que en el año 2030, los sistemas FV podrían generar aproximadamente 2.646 teravatios hora de electricidad en todo el mundo.

De acuerdo con esta hipótesis, la capacidad instalada de los sistemas de energía solar en el mundo llegaría a 1.864 GW en 2030. Aproximadamente el 74% de esta cifra estaría en el mercado conectado a la red, principalmente en países industrializados. En esa época, el número total de personas que recibirían suministro de electricidad doméstica de sistemas solares conectados a la red (incluidos los integrados en edificios, los sistemas a gran escala y los instalados sobre tejados) llegaría a unos 1.280 millones.

Solo en Europa, habría unos 300 millones de personas que recibirían su suministro de electricidad doméstica de la electricidad solar conectada a la red. Estos cálculos se basan en familias promedio de 2,5 personas y un consumo medio de electricidad anual de 3.800 kWh.

En el mundo no industrializado, para el año 2030 se prevé una capacidad solar instalada para electrificación rural de alrededor de 320 GW. En este caso se supone que, como media, un sistema independiente de 100 Wp cubrirá actualmente las necesidades de electricidad básicas de tres personas por hogar. Con el paso del tiempo se espera el uso de sistemas más grandes para electrificación rural. Sin embargo, los tamaños de los sistemas en los países en vías de desarrollo son actualmente mucho más pequeños que las aplicaciones conectadas a la red de los países desarrollados, y la densidad de población es mayor. Esto significa que en esa época usarían electricidad solar en los países en desarrollo hasta 3.200 millones de personas. Esto representaría un gran avance para la tecnología desde su estado emergente actual.

Línea de producción de módulos FV



Figura 3.1: Capacidad FV acumulada mundial hasta 2030

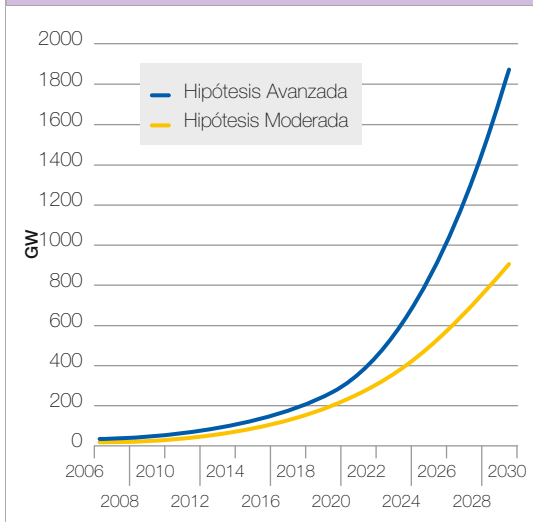
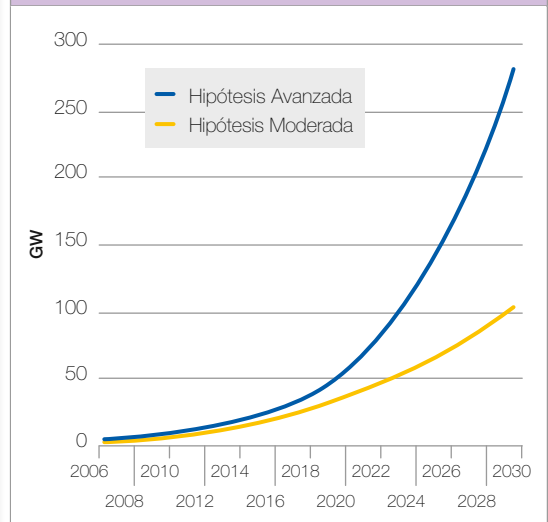


Figura 3.2: Capacidad FV anual mundial hasta 2030

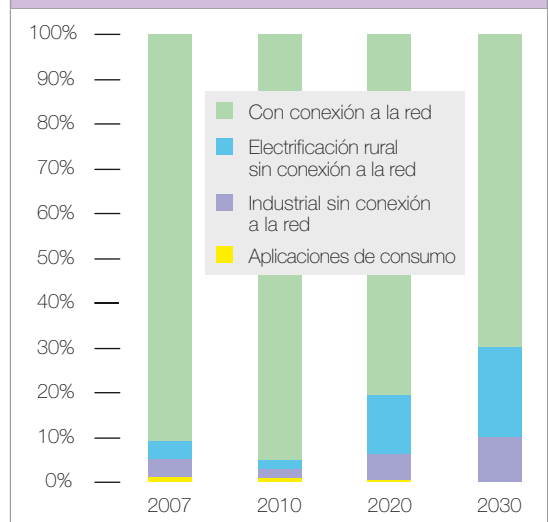


La *figura 3.1* ilustra el desarrollo de la capacidad FV instalada acumulada en las distintas hipótesis. Hasta 2030, las previsiones difieren considerablemente. El favorable resultado de la hipótesis Avanzada se basa en el desarrollo positivo de la energía FV de 2007 a 2015, subrayando la importancia del compromiso político en los próximos años. Así, un apoyo adecuado a la energía FV durante este periodo (véase el capítulo *Impulsores de la política*), facilitaría la consecución de la hipótesis Avanzada. Es preciso aplicar cuanto antes el desarrollo dinámico de la producción en serie y la reducción de costes para lograr el establecimiento de la energía FV como una fuente de energía relevante a escala mundial. La *figura 3.2* muestra un desarrollo similar en las instalaciones FV anuales.

La *figura 3.3* ilustra el desarrollo comparativo esperado de los distintos tipos de aplicaciones FV. Se espera que todas ellas (con conexión a la red, electrificación rural sin conexión a la red, industrial sin conexión a la red y aplicaciones de consumo) crezcan en valores absolutos (MW). Sin embargo, el sector conectado a la red, actualmente muy dominante, con una representación aproximada del 90% del mercado, a largo plazo perderá cuota en beneficio de las aplicaciones sin conexión a la red. En particular, por su inmenso potencial, la electrificación rural experimentará un crecimiento considerable.

Las figuras 3.4 y 3.5 muestran el desglose de las hipótesis de Solar Generation en las distintas regiones del mundo. La región OCDE Europa ocupa una gran extensión en la situación del mercado FV en la UE-27,

Figura 3.3: Instalaciones FV anuales por aplicación



ya que todos los mercados FV correspondientes de OCDE Europa pertenecen también a la Unión Europea. Las instalaciones anuales (*figura 3.4*) y las capacidades acumuladas (*figura 3.5*) se presentan como una proporción de la cifra de mercado real, según la hipótesis. En ambos casos, OCDE Europa es la región dominante en el despliegue FV, seguida por OCDE Pacífico y OCDE Norteamérica. A lo largo del tiempo se espera que ganen cuota otras regiones del mundo en detrimento de las primeras regiones actuales. EN 2030 se puede prever un mercado mundial diversificado, en el que regiones como China y África aportarán una contribución significativa

Figura 3.4: Instalaciones FV anuales por cuota regional

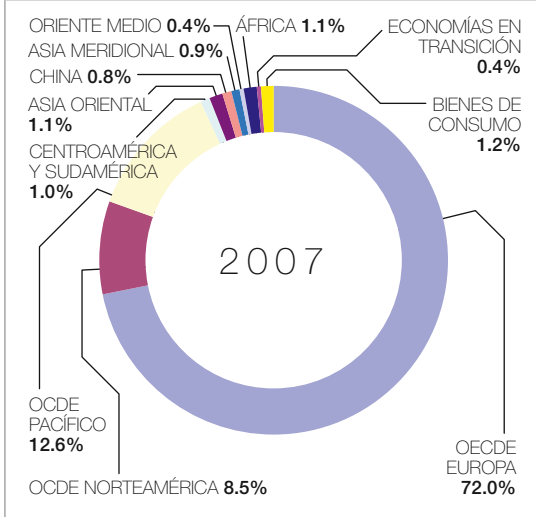


Figura 3.5: Instalaciones FV acumulada por cuota regional

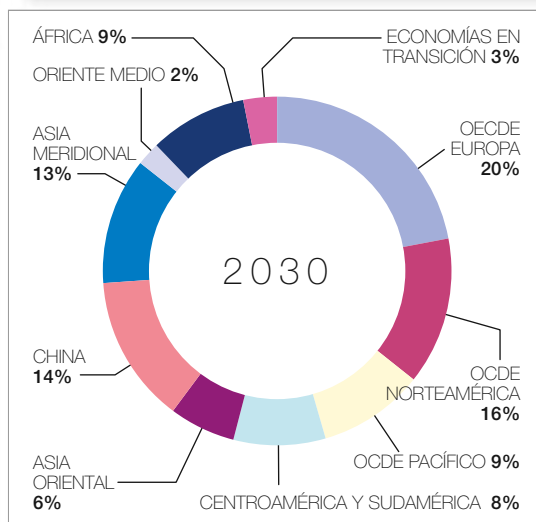
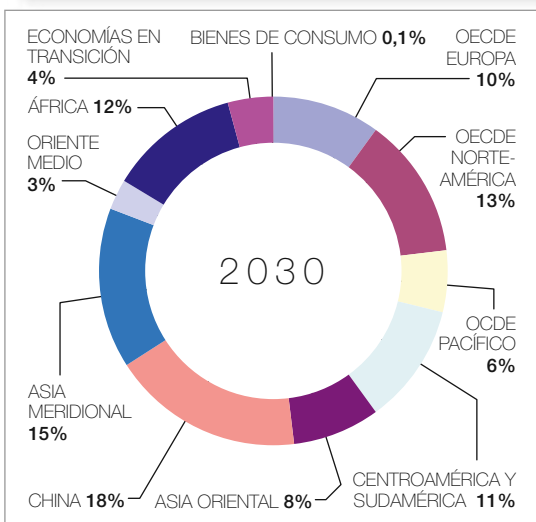
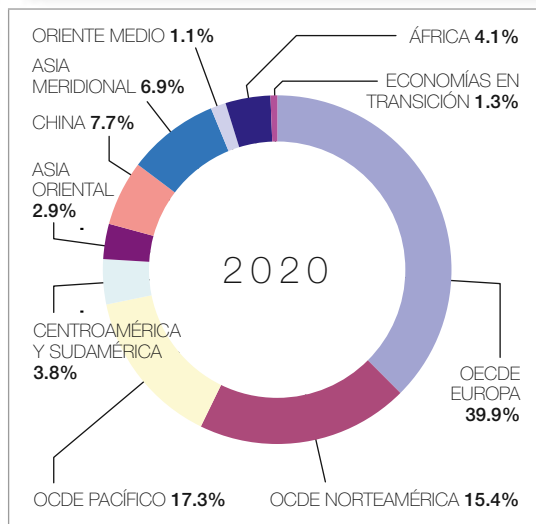
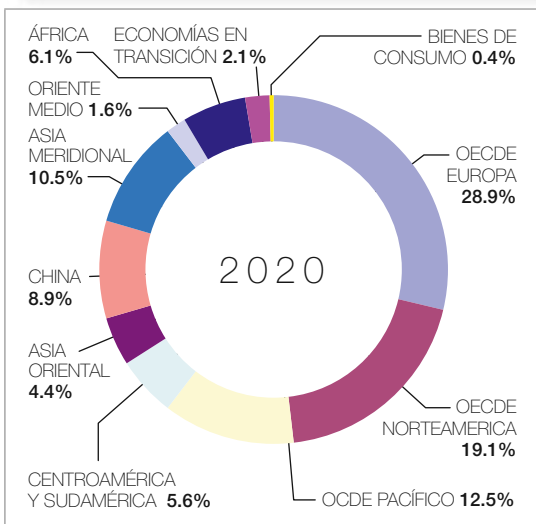
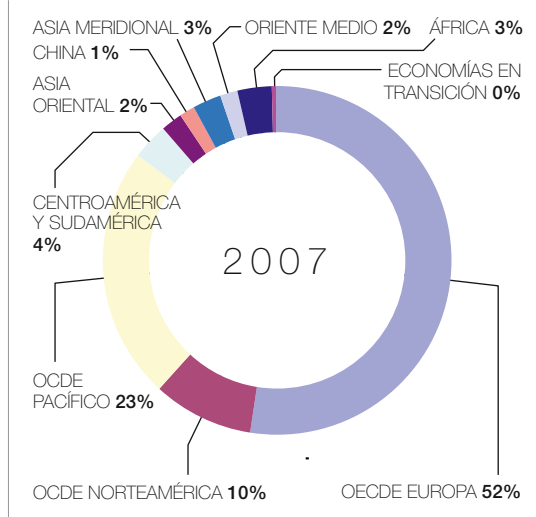


Tabla 3.3: Valor de mercado (anual) de los sistemas FV hasta 2030 en la hipótesis Avanzada (en millones de euros)

Año	Europa	Norte-américa	OCDE Pacífico	Centro-américa y Sud-américa	Asia Oriental	China	Asia Meridional	Oriente Medio	África	Economías en Transición	Total
2007	9.655	1.115	1.661	131	143	112	124	50	143	50	13.184
2010	11.610	6.199	4.582	338	370	432	1.762	129	370	129	25.919
2015	22.834	13.159	9.363	1.739	1.504	2.602	4.867	545	1.900	662	59.175
2020	40.342	26.612	17.425	7.831	6.069	12.434	14.580	2.246	8.547	2.894	138.980
2025	53.399	44.009	25.370	22.791	16.942	36.920	34.916	6.324	24.867	8.333	273.870
2030	45.433	59.062	27.260	49.976	36.346	81.779	68.149	13.630	54.519	18.173	454.325

Excluidos los bienes de consumo

Tabla 3.5: Inversión en nuevas capacidades de producción en la hipótesis Avanzada (en millones de euros)

	2008	2009	2010	Total
Silicio	930	1.615	1.556	4.100
Obleas	614	1.072	1.225	2.911
Células	351	613	700	1.664
Módulos	351	613	700	1.664
Capa delgada	707	1.411	875	2.993
Total	2.952	5.323	5.056	13.332

Las *Tablas 3.3* y *3.4* calculan el valor de mercado proyectado de los sistemas FV hasta 2030 según las hipótesis *Avanzada* y *Moderada*, respectivamente. Se demuestra que al final del periodo de la hipótesis, el valor anual del mercado FV alcanzaría un valor de 454.000 millones de euros en todo el mundo según la hipótesis *Avanzada* y 170.000 millones de euros según la hipótesis *Moderada*.

Gran Planta de Energía
FV con módulos
solares de thin film



Tabla 3.4: Valor de mercado (anual) de los sistemas FV hasta 2030 en la hipótesis Moderada (en millones de euros)

Año	Europa	Norte-américa	OCDE Pacífico	Centro-américa y Sud-américa	Asia Oriental	China	Asia Meridional	Oriente Medio	África	Economías en Transición	Total
2007	9.655	1.115	1.661	131	143	112	124	50	143	50	13.184
2010	12.355	4.924	3.640	268	294	344	1.400	102	294	102	23.723
2015	20.721	11.941	8.496	1.578	1.364	2.361	4.417	494	1.724	601	53.697
2020	27.189	17.936	11.744	5.278	4.090	8.380	9.826	1.202	5.761	1.950	93.355
2025	28.424	23.426	13.504	12.131	9.018	19.652	18.585	2.850	13.237	4.435	145.262
2030	17.008	22.111	10.205	18.709	13.607	30.615	25.512	5.102	20.410	6.803	170.081

Excluding consumer goods

Tabla 3.6: Inversión en nuevas capacidades de producción en la hipótesis Moderada (en millones de euros)

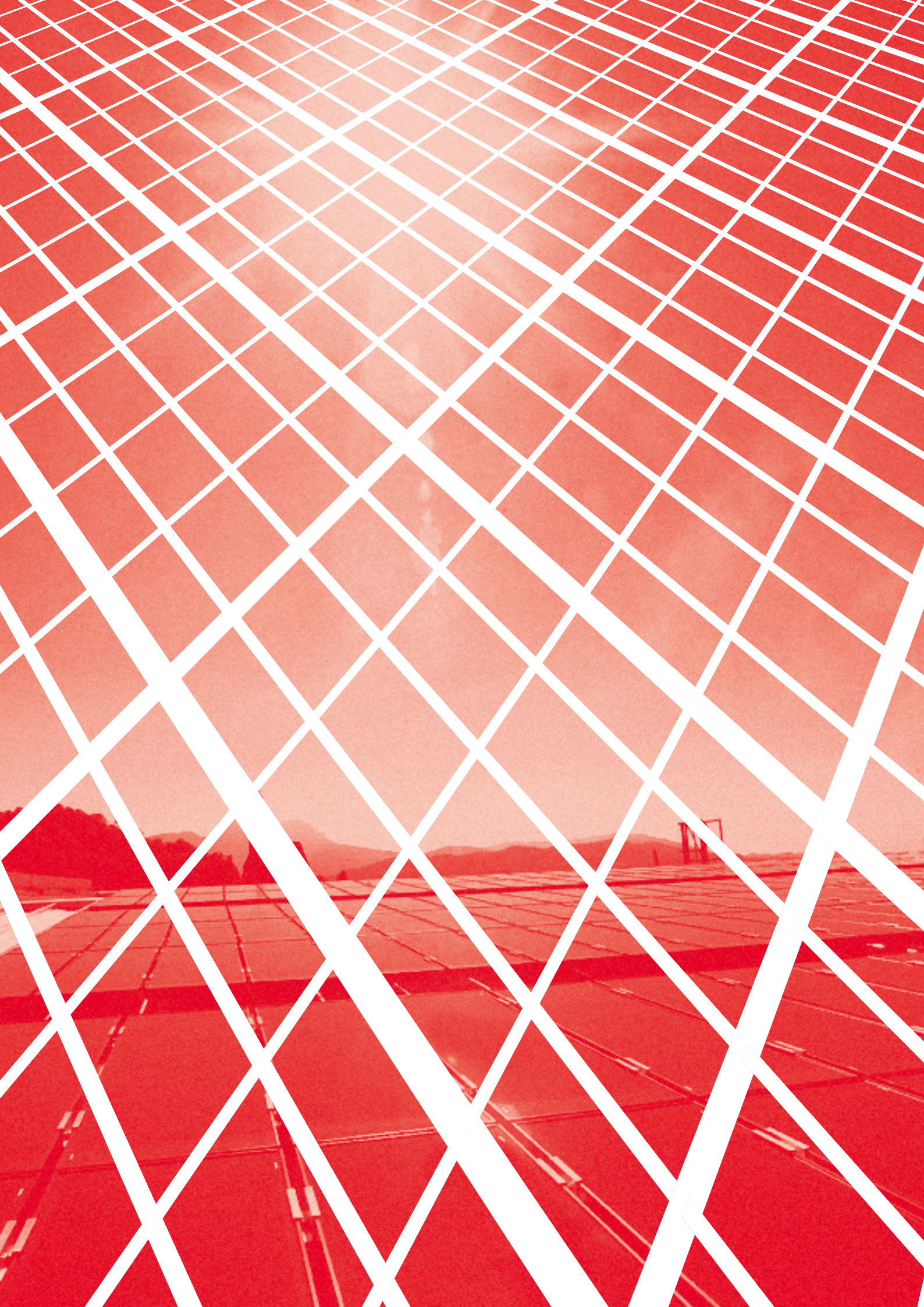
	2008	2009	2010	Total
Silicio	869	1.097	1.402	3.368
Obleas	604	708	1.104	2.416
Células	345	404	631	1.380
Módulos	345	404	631	1.380
Capa delgada	606	1.011	788	2.406
Total	2.770	3.624	4.555	10.950

Para adaptarse al crecimiento de la demanda proyectado en las hipótesis, las compañías situadas a lo largo de la cadena de valor de la energía FV tienen que ampliar sus capacidades de producción. Las *Tablas 3.5 y 3.6* presentan el desglose de la inversión necesaria en la industria FV hasta el año 2010. El nivel más alto de inversión lo requieren la producción de silicio y la ampliación de las capacidades de producción de capa delgada. La *hipótesis Avanzada* proyecta una inversión total de más de 13.000 millones de euros en el periodo hasta 2010.

No obstante, a raíz de las conversaciones en curso acerca del nivel de apoyo gubernamental, se ha señalado que una parte considerable del rendimiento industrial se reinvertirá en nuevas líneas de producción. A pesar de que a largo plazo esto tendrá un impacto positivo en los precios de la energía FV, por el efecto de las economías de escala esta reinversión limitará inevitablemente a corto plazo el nivel potencial de reducción de precios.

Gran Planta de Energía FV en Castejón, España





Cuarta parte:
Costes y competitividad

Uno de los principales argumentos que esgrimen los críticos de la electricidad solar es que los costes todavía no pueden competir con los de las fuentes de energía convencionales. Esto en parte es verdad. Sin embargo, al valorar la competitividad de la energía fotovoltaica se deben tener en cuenta una serie de consideraciones:

- ❖ **El tipo de aplicación FV –conectada a la red, no conectada a la red o bienes de consumo.**
- ❖ **Contra qué compite exactamente la energía FV? ¿Cuáles son las alternativas?**
- ❖ **La situación geográfica, los costes de inversión iniciales y el tiempo de vida previsto del sistema.**
- ❖ **El coste de generación real, sin olvidar que las fuentes convencionales reciben subsidios cuantiosos, y que no se tienen en cuenta sus costes “externos” en contaminación y otros efectos.**
- ❖ **El progreso que se está realizando en la reducción del coste de la energía FV.**

Competitividad de las aplicaciones de consumo

Las aplicaciones FV de consumo no reciben ningún subsidio, y llevan mucho tiempo en el mercado. Ya han demostrado con ello su competitividad. Las aplicaciones de consumo no solo proporcionan más comodidad, también sustituyen con frecuencia a las baterías peligrosas desde el punto de vista medioambiental.

Gran Planta de
Energía FV

Competitividad de las aplicaciones no conectadas a la red

La mayoría de las aplicaciones no conectadas a la red son ya rentables en comparación con las opciones alternativas. La energía FV compite generalmente con los generadores diésel o la ampliación potencial de la red eléctrica pública. Los costes de combustible de los generadores diésel son elevados, mientras que el “combustible” de la energía solar es gratis e inagotable.

Los altos costes de inversión de la instalación de sistemas de energía renovable se comparan a menudo de forma impropia con los de las tecnologías de energías convencionales. De hecho, en especial en localidades alejadas, la combinación de bajos costes de explotación y mantenimiento, la ausencia de gastos de combustible, el aumento de la fiabilidad y los tiempos de vida útil más largos son factores que compensan los costes de inversión iniciales. El factor del ciclo de vida no se suele tener en cuenta normalmente en la base de comparación.

La otra alternativa principal para la electrificación rural, la ampliación de la red eléctrica, requiere una inversión considerable. Por ello, las aplicaciones no conectadas a la red suelen ser la opción más adecuada para suministrar electricidad a comunidades dispersas o a las que se encuentran a grandes distancias de la red. Sin embargo, a pesar de que los costes de explotación en el tiempo de vida útil de los sistemas FV no conectados a la red son muy inferiores a los de otras fuentes de energía, los costes de inversión iniciales pueden seguir representando un obstáculo para las personas con recursos económicos escasos.

Competitividad de las aplicaciones conectadas a la red

Las aplicaciones conectadas a la red son en la actualidad el mayor sector del mercado, y está previsto que sigan siéndolo en el futuro. Los costes de generación de los sistemas FV domésticos, en la mayoría de los casos todavía no son competitivos con los precios de la electricidad residencial, a no ser que existan programas de apoyo. Los precios de la electricidad varían enormemente, incluso en el seno de los 27 países de la UE, con unos precios de electricidad residencial en 2007 situados en un intervalo entre 7 y 26 céntimos de euro por kWh (con todos los impuestos incluidos), según Eurostat. La tendencia más reciente ha sido también el incremento continuo. De 2005 a 2007, los precios de la electricidad en los 27 países de la UE experimentaron una subida media del 16%. Paralelamente, los costes de generación de



Tabla 4.1: Costes de generación FV previstos para sistemas de tejado en distintas ciudades del mundo

	Horas de sol	2007	2010	2020	2030
Berlín	900	0,44 €	0,35 €	0,20 €	0,13 €
París	1.000	0,39 €	0,31 €	0,18 €	0,12 €
Washington	1.200	0,33 €	0,26 €	0,15 €	0,10 €
Hong Kong	1.300	0,30 €	0,24 €	0,14 €	0,09 €
Sidney/Buenos Aires/Bombay/Madrid	1.400	0,28 €	0,22 €	0,13 €	0,08 €
Bangkok	1.600	0,25 €	0,20 €	0,11 €	0,07 €
Los Ángeles/Dubai	1.800	0,22 €	0,17 €	0,10 €	0,07 €

Nota. Se ha cambiado el método de cálculo que se empleó en la edición anterior de 'Solar Generation'.

energía FV han ido disminuyendo, y en los próximos años se prevé una aceleración de esta tendencia.

La forma más simple de calcular el coste por kWh es dividiendo el precio del sistema FV entre el número de kWh que generará a lo largo de su vida útil. Sin embargo, puede que haya que tener en cuenta otras variables, como los costes de financiación. Las cifras del coste por kWh de los sistemas conectados a la red difieren con frecuencia, dependiendo de los supuestos que se consideren respecto a los costes del sistema, la disponibilidad de luz solar, el tiempo de vida del sistema y el tipo de financiación. La *Tabla 3.1* incluye los costes de financiación, (a un interés del 5%) y un tiempo de vida de 25 años, que equivale al periodo de garantía de rendimiento de muchos productores de módulos. Los valores se basan en los precios previstos del sistema en la *hipótesis Avanzada*, en la que se presupone que el fuerte crecimiento de la industria haga bajar los precios.

Los valores de la *Tabla 4.1*, que presentan los costes de generación FV para pequeños sistemas distribuidos en algunas de las principales ciudades del mundo, muestran que en 2020, el coste de la electricidad solar se habrá reducido más de la mitad. Esto lo haría competitivo con los precios normales que se pagan por la electricidad de consumo doméstico. Una razón de ello es que, mientras que los costes de generación FV descienden de continuo, los precios de la electricidad general subirán previsiblemente. En el momento en que se equiparen los costes de la energía FV y los precios de la electricidad residencial, se habrá conseguido la 'paridad de red'. Con la paridad de red, cada kWh de energía FV consumido supondrá un ahorro económico con respecto a la energía, más cara, de la red. Se espera que la paridad de red se alcanzará inicialmente en los países meridionales, y que después se extenderá sistemáticamente hacia el norte.

La *figura 4.1* muestra los desarrollos histórico y previsto de los costes de la electricidad solar. Las curvas descendentes muestran la reducción de los costes en la zona geográfica situada entre el centro de Europa, por ejemplo en el norte de Alemania (curva superior) y el límite sur de Europa (curva inferior). En contraste con la reducción de costes de la electricidad solar, se prevé una subida del precio de la electricidad convencional. Los precios de la electricidad suministrada por las compañías eléctricas se tienen que dividir en los precios de la energía de pico (que se aplican hacia la mitad del día) y los de la energía de base. En el sur de Europa, la electricidad solar será rentable con respecto a la energía de pico en los próximos años. Las zonas con menos irradiación, como Europa Central, seguirán la tendencia a lo largo del periodo hasta 2020.

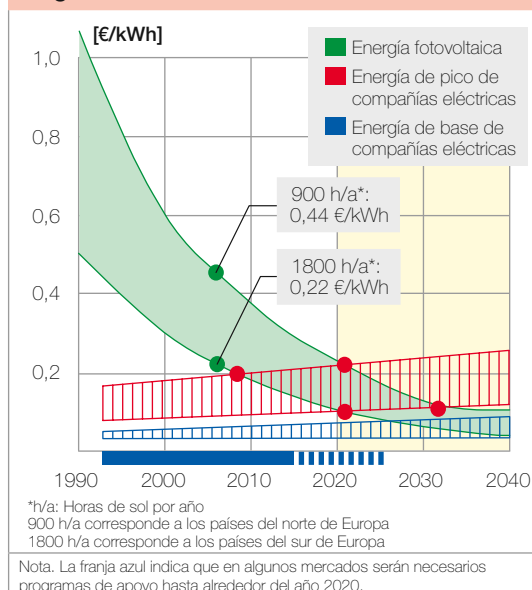
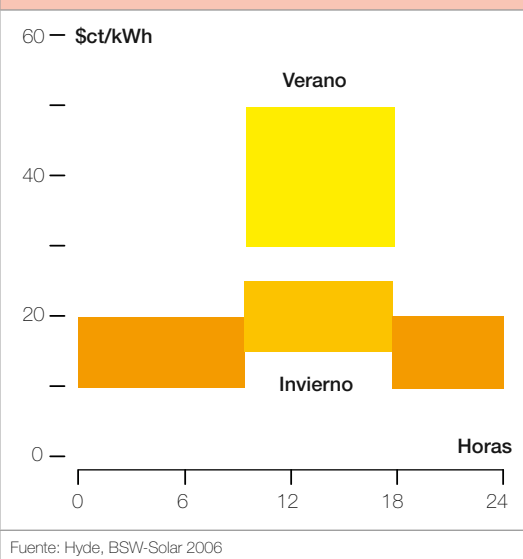
Figura 4.1: Desarrollo de los precios de las compañías eléctricas y los costes de generación FV

Figura 4.2: Intervalo de precios de la electricidad doméstica en California



Los sistemas FV a gran escala no compiten con los precios de la electricidad residencial. A largo plazo, a medida que disminuyan los costes de los componentes FV, estos sistemas podrán competir con los costes de generación de las plantas energéticas de combustibles fósiles o nucleares. Los sistemas grandes tienen también la ventaja de que la compra de módulos FV y otros componentes en grandes cantidades reduce considerablemente el precio por kW en comparación con los sistemas de tejado.

En algunos países con un mercado de suministro energético más liberalizado, los precios de la electricidad

son más sensibles a los picos de demanda. En California y Japón, por ejemplo, los precios de la electricidad aumentan significativamente durante el día, en especial en verano, ya que la demanda de electricidad es más alta en ese periodo. El día, sobre todo en verano, es también el periodo en que la cantidad de electricidad producida por los sistemas FV es más elevada. Por este motivo, la energía FV sirve al mercado exactamente en el punto en que la demanda es mayor. La energía FV ya es competitiva en esos mercados durante las horas de máxima demanda. La figura 4.2 ilustra la variación significativa y los elevados precios en los periodos de pico de la electricidad doméstica en el mercado californiano.

Se ha de destacar aquí que los precios de la energía convencional no reflejan los costes de producción reales. En muchos países, las fuentes de electricidad convencionales, como la energía nuclear, el carbón o el gas han recibido cuantiosas subvenciones durante muchos años. Por ello, el apoyo financiero a las fuentes de energía renovable, como la FV, que se ofrecerán hasta alcanzar la rentabilidad, deberá interpretarse como una compensación de los subsidios pagados a las fuentes convencionales en las pasadas décadas.

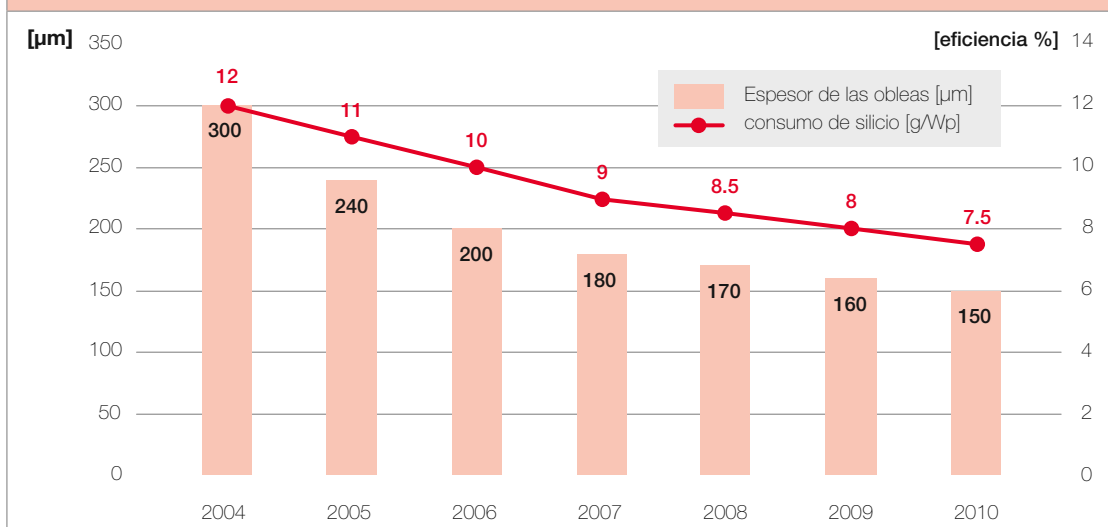
Costes externos de la generación de electricidad convencional

La mayoría de los precios de electricidad no incluyen los costes externos para la sociedad derivados de la combustión de fósiles o la producción de energía nuclear. Estos costes tienen un componente local y otro mundial; este último vinculado principalmente a las consecuencias del cambio climático. Sin embargo, existe incertidumbre respecto a la magnitud de dichos costes, y es difícil identificarlos. Un acreditado estudio europeo, el proyecto 'Extern E' ha evaluado los costes de los combustibles fósiles dentro de un amplio intervalo, considerando tres niveles:

- ❖ Bajo: 4,3 \$ por tonelada de CO₂
- ❖ Medio: de 20,7 \$ a 52,9 \$ por tonelada de CO₂
- ❖ Alto: 160 \$ por tonelada de CO₂

Pérgola FV en el Fórum de Barcelona



Figura 4.3: Evolución del uso de silicio y el espesor de las obleas

Bajo un enfoque conservador, el valor de los costes externos de las emisiones de dióxido de carbono procedentes de los combustibles fósiles podría estar comprendido en el intervalo de 10 \$ a 20 \$ por tonelada de CO₂. Como se explica en el capítulo 'Ventajas de la energía solar', la energía FV reduce las emisiones de CO₂ en una media de 0,6 kg/kWh. El coste medio resultante evitado por cada kWh producido por la energía solar estaría por lo tanto en el intervalo de 0,25 a 9,6 cts. USD por kWh.

El informe Stern sobre el cambio climático, publicado por el gobierno del Reino Unido en 2006, concluyó que toda inversión que se realice ahora para reducir las emisiones de CO₂ se recuperará fácilmente en el futuro, al evitarse los costes externos del consumo de combustibles fósiles.

Factores que afectan a la reducción del coste de la energía FV

El coste de la producción de módulos fotovoltaicos y todos los demás componentes del sistema se ha reducido drásticamente desde el lanzamiento al mercado los primeros sistemas FV. Algunos de los principales factores responsables de esta reducción han sido:

- ❖ **Las innovaciones y los avances tecnológicos**
- ❖ **El aumento de la tasa de rendimiento de la energía FV**
- ❖ **La ampliación del tiempo de vida de los sistemas FV**
- ❖ **Las economías de escala**

Estos factores generarán también más reducciones en los costes de producción. Es claramente una meta fundamental para la industria solar garantizar un descenso drástico de los precios en los próximos años. Con estos antecedentes, la EPIA ha fijado objetivos específicos en el ámbito de los avances tecnológicos:

Objetivos en el campo de las células cristalinas

Alcanzar un nivel de eficiencia cristalina Cz del 20% en 2010 y del 22% en 2020

Alcanzar un nivel de eficiencia cristalina Mz del 18% en 2010 y del 20% en 2020

Alcanzar un nivel de eficiencia de cinta-hoja del 17% en 2010 y del 19% en 2020

Objetivos en el campo de la tecnología de capa delgada

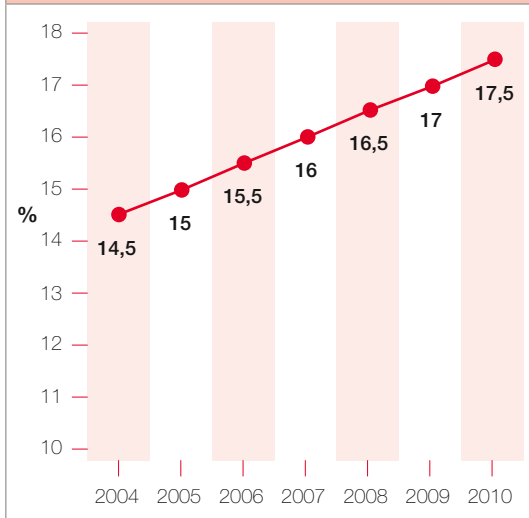
Alcanzar un nivel de eficiencia de capa delgada entre el 10% y el 12% (para Si-a/Si-mc, CIS y CdTe) en 2010 y del 15% en 2020.

Reducción de los costes de los sistemas FV integrados en edificios al 50% entre 2005 y 2010 y un 50% más en 2020.

Aumento del área de procesamiento de energía FV industrial típica de 1 m² a 3 m² en 2010 y a 9 m² en 2020

Aumentando la eficiencia de los módulos FV se reducirán los costes de producción por kWh tanto en la tecnología de células cristalinas como la de capa delgada. Al mismo tiempo se usará cada vez menos materia bruta, especialmente en tecnologías cristalinas. La capacidad de producir obleas más finas reducirá el consumo de silicio y por lo tanto los costes, así como el plazo de retorno energético de los sistemas FV.

Figura 4.4: Evolución de la eficiencia media de las células cristalinas



No obstante, el perfeccionamiento de las tecnologías existentes no es el único factor que hará bajar los costes de producción. Las inversiones en I+D de la energía FV aumentan y ofrecen resultados prometedores para las nuevas tecnologías a partir de la aplicación de procesos de producción innovadores o el uso de materias primas diferentes. Un buen ejemplo de reducción de costes significativa fue el desarrollo de las tecnologías de capa delgada. Se pueden esperar avances similares de las tecnologías futuras, como las células orgánicas o las nanotecnologías

La calidad del sistema FV es también un parámetro que influye en el coste por kWh. La calidad del sistema se refleja en su tasa de rendimiento. Esta es la tasa de electricidad medida en el lado de CA del contador de electricidad, en comparación con la cantidad de electricidad generada originalmente por los módulos FV. Cuanto más alta es la **tasa de rendimiento**, menores son las pérdidas entre los módulos y el punto en que el sistema alimenta a la red. El intervalo previsto de tasas de rendimiento del sistema es del 70% al 85%, pero en los últimos años la tendencia ha sido hacia el límite superior de este intervalo. Esto significa que si se pudieran reducir más aún las pérdidas y los defectos de funcionamiento de los sistemas FV, el coste por kWh podría también ser más bajo.

El **aumento del tiempo de vida del sistema** tendrá un efecto positivo en los costes de producción de energía FV por kWh, ya que aumentará la generación de electricidad. Muchos productores ya ofrecen garantías de rendimiento de 25 años para los módulos. Por lo tanto, veinticinco años se puede considerar como el tiempo de vida mínimo del módulo. En el estudio 'EPIA Roadmap' 2004 se preveía una ampliación del tiempo de vida a 35 años en 2010.

Otro importante factor para la reducción del coste de la energía FV son las **economías de escala**. Unos volúmenes de producción mayores permiten a la industria disminuir el coste por unidad producida. Las economías de escala se pueden aplicar a la adquisición de materias brutas, comprando al por mayor, y a los procesos de producción, obteniendo unos índices de interés más favorables en la financiación y desarrollando un marketing eficaz. Mientras que hace tan solo una década las capacidades de las plantas de producción de células y módulos eran de unos pocos MW, las primeras empresas del mercado tienen en la actualidad a su alcance plantas de 1 GW de capacidad. Este aumento de la capacidad reducirá previsiblemente los costes por unidad aproximadamente en un 20% cada vez que se duplique la producción de energía.

Planta FV en Pellworm



Ganadores y perdedores

El rápido aumento del precio del crudo en los últimos años, y su repercusión en los costes de la energía convencional en los sectores doméstico e industrial en el mundo han puesto de relieve una vez más la necesidad urgente, tanto para las economías industrializadas como para las menos desarrolladas, de reequilibrar su combinación energética. Este aumento del precio del petróleo no es sólo el resultado de la preocupación por la seguridad del suministro. También refleja el rápido aumento de la demanda de energía en las economías emergentes de Asia, especialmente en China. La producción de petróleo ya no puede expandirse lo suficientemente rápido para mantenerse al nivel de la demanda. Esto conllevará un aumento de los precios del petróleo –y en consecuencia de la energía en general–, y las economías del mundo tendrán que adaptarse para hacer frente a este reto.

En este contexto de precios de la energía desenfrenados, las economías que se han comprometido a promover la adopción de la electricidad solar están comenzando a diferenciarse de los países que han confiado en gran medida o casi exclusivamente en las fuentes de energía convencionales. Hay señales claras de que en la próxima década veremos que muchos países tendrán que reducir rápidamente su dependencia del petróleo y el gas importados. Esta brusca transición la sufrirán con más crudeza aquellos que hayan prestado poca atención hasta ahora al papel que puede desempeñar la electricidad solar. No obstante, en el lado positivo, todavía tienen tiempo para ponerse a la altura si introducen rápidamente políticas innovadoras para promover el uso de la electricidad solar.

La velocidad a la que el sector de la electricidad solar aumenta su cuota de mercado en las economías que se han comprometido a fomentar esta fuente de energía limpia, unida a la transformación de sus clientes de receptores a productores de energía, representa una revolución comparable a la del mercado de las telecomunicaciones en la década pasada. En estas revoluciones industriales hay siempre ganadores y perdedores.

Los ganadores indiscutibles en estas revoluciones industriales son los clientes, que tienen acceso a una oferta mayor. Otros ganadores son los actores del mercado que reconocen el potencial de este mercado en expansión, y los que se han comprometido a invertir en el sector. Hay también muchos ejemplos de productos y servicios innovadores que ofrecen la posibilidad de elección a los clientes y que han sido popularmente aceptados, aun a precios considerablemente más altos que la oferta disponible previamente.

Dos ejemplos de la introducción en el mercado de este tipo de productos innovadores son los teléfonos móviles, que ofrecen un servicio a precios mucho más altos que las redes de telefonía fijas convencionales, y el agua mineral embotellada, un producto que en las gamas de precios media y alta cuesta más por litro que la gasolina. Con un producto adecuado –que ofrezca a los clientes el tipo de valor añadido que están buscando, y un marketing innovador–, las tecnologías como la energía solar deberían ser capaces de competir con la energía de suministro de red convencional en los países industrializados.

No obstante, la ampliación de la oferta al cliente en el sector de la electricidad a través de la adopción de la energía solar necesita el compromiso de crear un marco apropiado que permita a los clientes acceder a la energía solar de forma eficiente y rentable.

Línea de producción de células en Q-Cells





Quinta parte:
Ventajas de la energía solar

Los sistemas de energía fotovoltaica ofrecen muchas ventajas únicas que van más allá del simple suministro de energía. Por ello, las comparaciones con la generación de energía convencional –y de forma más precisa con los costes unitarios de la generación de energía convencional–, no siempre son válidas. Si el valor del servicio que proporciona la energía FV, u otras ventajas distintas de la energética, pudieran tasarse de forma aproximada, la economía general de la generación FV aumentaría drásticamente en numerosas aplicaciones, incluso en determinados sistemas conectados a la red. La energía FV ofrece también importantes ventajas sociales en los aspectos de creación de puestos de trabajo, independencia energética y desarrollo rural.

Instalaciones que ahorran espacio

La energía FV es una tecnología sencilla, de bajo riesgo, que se puede instalar prácticamente en cualquier parte en que haya luz. Esto significa que hay un gran potencial de uso en los tejados o en las fachadas de los edificios públicos, privados e industriales. Los módulos FV pueden usarse como parte de la envolvente de un edificio, proporcionando protección contra el viento y la lluvia o dando sombra en el interior. Durante el funcionamiento, estos sistemas pueden también contribuir a reducir la carga de la calefacción de los edificios o asistir a la ventilación por convección.

Otros lugares en los que se pueden instalar los sistemas FV son las barreras de protección contra el ruido situadas en vías de comunicación, como las autopistas. Al satisfacer una parte significativa de las necesidades de electricidad del mundo industrializado, no será necesario explotar por otros métodos las zonas que se mantienen intactas.

Mejora de la red eléctrica

Para las compañías energéticas y sus clientes, la energía FV tiene la ventaja de proporcionar un despliegue rápido y modular. La energía FV puede ayudar a reforzar la red eléctrica, en particular al final de la línea de distribución. Como la energía se genera en el punto de uso, estos generadores distribuidos pueden reducir las pérdidas de transmisión, mejorar la fiabilidad del servicio a los clientes y ayudar a limitar la demanda máxima.

Empleo

La energía FV ofrece importantes ventajas sociales en el aspecto de creación de puestos de trabajo. Es significativo que gran parte de la creación de empleo se produzca en el punto de instalación (instaladores, minoristas y técnicos de mantenimiento), impulsando las economías locales. Según la información proporcionada por la industria, prevé la creación de 10 puestos de trabajo por MW durante la producción, y unos 33 puestos de trabajo por MW durante el proceso de instalación. La venta al por mayor de los sistemas y el suministro indirecto (por ejemplo, en el proceso de producción) crearán cada uno de 3 a 4 puestos de trabajo por MW. La investigación añade de 1 a 2 puestos de trabajo más por MW. Es de suponer que, en las próximas décadas, estos números disminuirán por el aumento del uso de máquinas automáticas. Este será el caso particular de los puestos de trabajo ligados al proceso de producción.

UEA en Norwich



Tabla 5.1: Puestos de trabajo ligados a la energía FV en el mundo según las hipótesis de Solar Generation

Año	Instalación	Producción	Venta al por mayor	Investigación	Suministro	Total
Hipótesis Avanzada						
2007	77.688	22.968	6.890	2.986	8.613	119.145
2010	220.162	62.546	18.764	8.131	23.455	333.058
2015	559.282	147.373	44.212	19.159	55.265	825.292
2020	1.632.586	393.530	118.059	51.159	147.574	2.342.907
2025	3.877.742	839.338	251.801	109.114	314.752	5.392.747
2030	7.428.118	1.406.841	422.052	182.889	527.565	9.967.466
Hipótesis Moderada						
2007	77.688	22.968	6.890	2.986	8.613	119.145
2010	166.518	47.306	14.192	6.150	17.740	251.906
2015	486.219	128.121	38.436	16.656	48.045	717.478
2020	1.018.552	245.519	73.656	31.917	92.070	1.461.713
2025	1.806.321	390.978	117.294	50.827	146.617	2.512.037
2030	2.770.569	524.729	157.419	68.215	196.773	3.717.705

*Para 2006 se han usado los datos de la EPIA. Para los años siguientes, las cifras están basadas en la extrapolación de los datos de la AIE.

En el año 2007, solo la industria FV alemana dio trabajo a 42.000 personas. Este impacto en el mercado de trabajo nacional sería impresionante para cualquier fuente de energía. En Alemania hay de hecho actualmente más puestos de trabajo en el sector de la energía FV que en la industria nuclear.

Según la hipótesis Avanzada de Solar Generation, se estima que en 2030 se habrían creado 10 millones de puestos de trabajo a tiempo total mediante el desarrollo de la energía solar en el mundo. Más de la mitad de estos empleos estarían encuadrados en la instalación y comercialización de sistemas.

Oficina de Turismo en Alès, Francia



La Alianza para la Electrificación Rural (ARE) es una organización internacional con fines no lucrativos fundada en 2006 por las principales asociaciones de la industria de la energía renovable:

la Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica (EPIA),

la Asociación Europea de Minicentrales Eléctricas (ESHA),

la Asociación Europea de la Energía Eólica (EWEA),

la Asociación Europea de la Industria de la Biomasa (EUBIA)

y el Consejo Mundial de la Energía Eólica (GWEC).

La ARE se creó como respuesta a la necesidad acceder a una electricidad sostenible en el mundo en vías de desarrollo, y para facilitar la implicación de sus miembros en los mercados energéticos rurales emergentes. La fuerza de la ARE reside en su sólido enfoque basado en la industria, unido a la capacidad

de combinar diferentes fuentes de energía renovable para proporcionar soluciones de electrificación rural más eficientes y fiables. Entre las **actividades** de la ARE se incluyen: facilitar a sus miembros información actualizada sobre programas de financiación de proyectos, convergencia con colaboradores o nuevos instrumentos financieros; establecer los **enlaces y colaboraciones** necesarios con las instituciones de la UE, las organizaciones internacionales y los institutos financieros para **crear, fomentar y reforzar** políticas y mercados favorables al uso de energías renovables en zonas rurales; y **desarrollar las herramientas y materiales de comunicación apropiados** para difundir sus mensajes. La ARE apoya también la **puesta en marcha de proyectos basados en acciones social y medioambientalmente responsables** relativos a la electrificación de zonas rurales con energías renovables

Electrificación rural

La energía solar se puede instalar fácilmente en zonas rurales y remotas, en lugares en los que puede que no se prevea llevar la conexión de red hasta dentro de muchos años. Las fuentes de energía renovable, como la FV, son actualmente una de las pocas opciones adecuadas para suministrar electricidad en zonas de comunidades dispersas, o que se encuentran muy alejadas de la red. La electrificación rural descentralizada (sin conexión a la red), basada en la instalación de sistemas independientes en viviendas rurales o minirredes –en las que se puede combinar la energía

FV con otras tecnologías de energía renovable, o con GLP/gasóleo–, posibilita la prestación de servicios esenciales, como iluminación, refrigeración, educación, comunicación y salud. Esto aumenta la productividad económica, y crea nuevas oportunidades de obtención de ingresos. Además, las tecnologías que se usan para alimentar las aplicaciones no conectadas a la red (sistemas FV independientes, sistemas de bombeo de agua FV y sistemas híbridos) suelen ser a la vez económicos y respetuosos con el medioambiente. Gracias a su solidez, facilidad de instalación y flexibilidad, los sistemas FV se pueden adaptar a casi todas las demandas rurales de energía en cualquier parte del mundo.

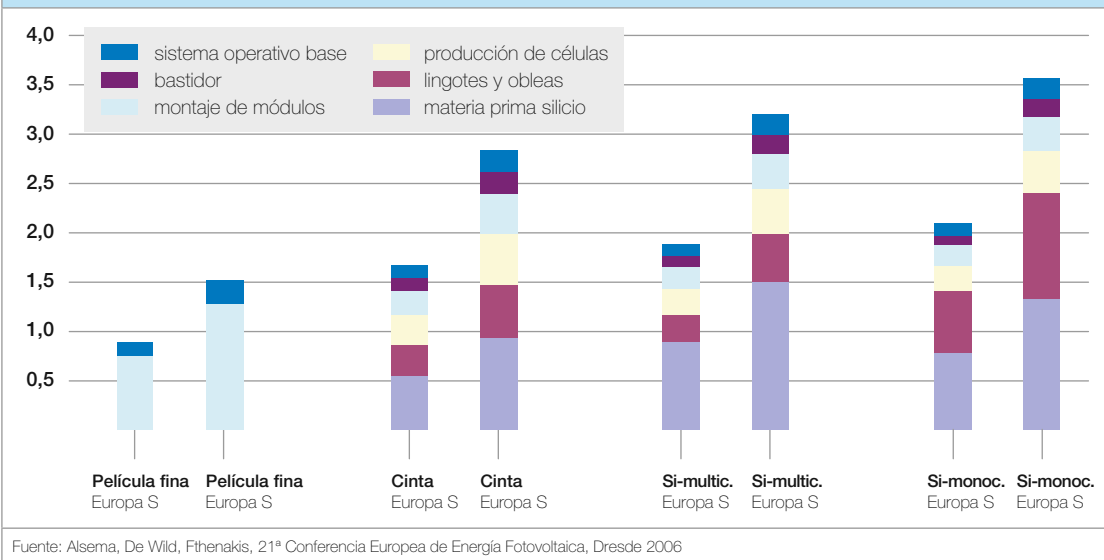
La demanda de carga prevista de los pequeños sistemas FV se suele enfocar al servicio doméstico (iluminación, TV/radio, pequeños electrodomésticos) y a las necesidades sociales (centros sanitarios y comunitarios, escuelas, extracción y suministro de agua), aportando a la vez calidad de vida y mejoras económicas. En sistemas más grandes o híbridos, el suministro de energía se puede extender a la cobertura de las cargas de las horas de trabajo y de producción. Esto puede variar en un intervalo que va de las aplicaciones menores, como ventiladores, refrigeradores y herramientas eléctricas de mano a demandas mayores, como la electrificación de escuelas, hospitales, tiendas y granjas.

Durante 2007 se instaló un total de 100 MW de energía solar FV en zonas rurales de países en vías de desarrollo, que dio acceso a la electricidad aproximadamente a 1.000.000 de familias.

Sistema FV en una escuela de Camboya



Figura 5.1: Tiempos de retorno energético para la gama de sistemas FV
(sistema de tejado, irrad. 1700 resp. 1000 kWh/m²/año)



Retorno energético

Todavía perdura la creencia popular de que los sistemas FV no pueden ‘amortizar’ la inversión en energía dentro del tiempo de vida de un generador solar –unos 25 años. Esto se debe a que el gasto de energía, especialmente durante la producción de células solares, se considera superior al de la energía que se pueda generar.

Sin embargo, datos obtenidos en estudios recientes muestran que los sistemas actuales ya tienen un tiempo de retorno energético (TRE) –el tiempo que tarda la generación de energía en compensar la energía que se usó para producir el sistema– de 1 a 3,5 años, lo que está muy por debajo de su tiempo de vida previsto. Aumentando la eficacia de las células y reduciendo su espesor, y optimizando los procedimientos de producción, se anticipa que el TRE de la energía FV conectada a la red disminuirá más aún.

La figura 5.1 muestra los tiempos de retorno energético de las distintas tecnologías de células solares (capa delgada, cinta, multicristalina y monocristalina) en distintas zonas (Europa meridional y Europa septentrional). La energía consumida por un sistema FV se compone de una serie de elementos, entre los que se incluyen el bastidor, el montaje de los módulos, la producción de células, lingotes y obleas y la materia prima silicio. El tiempo de retorno energético de los sistemas de capa delgada ya es inferior a un año en Europa meridional. En cambio, los sistemas FV con módulos monocristalinos en Europa septentrional retomarán la energía consumida en 3,5 años.

Sede Social de
La Dentellière



Protección climática

La característica más importante de los sistemas solares FV es que no producen emisiones de dióxido de carbono –el gas principal responsable del cambio climático mundial– durante el funcionamiento. A pesar de que se producen emisiones indirectas de CO₂ en otras etapas del ciclo de vida, estas son significativamente más pequeñas que las emisiones que se evitan.

La energía FV no conlleva ningún otro tipo de emisiones contaminantes ni ningún tipo de amenazas a la seguridad medioambiental asociadas a las tecnologías convencionales. No hay contaminación en forma de humos de escape o ruidos. El desmantelamiento de los sistemas no es problemático.

Aunque no hay emisiones de CO₂ durante el funcionamiento, sí se genera una pequeña cantidad durante la fase de producción. La energía FV solo emite de 21 a 65 gramos de CO₂ por kWh, si bien depende de la tecnología. En cambio, el promedio de emisiones de la energía térmica en Europa es de 900 g de CO₂ por kWh. Sustituyendo la energía térmica por energía FV se consigue una reducción de 835 g a 879 g por kWh.

La ventaja que se obtenga de la reducción del dióxido de carbono en la combinación energética de un país dependerá de qué otro método de generación o uso de energía se sustituye por la energía solar. Si se sustituyen generadores diésel por sistemas no conectados a la red, se conseguirá una reducción de la emisión de CO₂ aproximada de 1 kg por kilovatio hora. Por su tremenda ineficiencia, la sustitución de

Edificio HLM
en Echirolles, Francia



una lámpara de queroseno conseguirá reducciones aún mayores, de hasta 350 kg al año de un módulo simple de 40 Wp, equivalente a 25 kg CO₂/kWh. En cambio, en las aplicaciones de consumo y los mercados industriales distantes es muy difícil identificar la reducción exacta de CO₂ por kilovatio hora. Así pues, en todo el periodo de la hipótesis se ha calculado que se reduciría una media de 600 g de CO₂ por kilovatio hora producido por un generador solar. Este enfoque es más bien conservador, y es probable que pudieran conseguirse mayores reducciones de CO₂.

Los módulos FV son reciclables, y las materias primas se pueden volver a utilizar. En consecuencia, se reduciría más aún el consumo de energía asociado a la tecnología FV.

Si los gobiernos adoptan un mayor uso de la tecnología FV en su generación nacional de energía, la energía solar puede realizar una contribución sustancial a los compromisos internacionales para la reducción de las emisiones de gases invernadero y su influencia en el cambio climático.

Según la *hipótesis Avanzada de Solar Generation*, en 2030 se habrían reducido las emisiones anuales mundiales de CO₂ en más de 1600 millones de toneladas. Esta reducción equivale a la emisión de 450 plantas de combustión de carbón (de un tamaño medio de 750 MW). La reducción acumulada de emisiones de CO₂ conseguida con la generación de electricidad solar entre 2005 y 2030 habrá alcanzado el nivel de 9000 millones de toneladas.

El dióxido de carbono es responsable de más del 50% del efecto invernadero producido por el hombre, lo que le convierte en el contribuyente más importante al cambio climático. Se genera principalmente en la combustión de fósiles. El gas natural es el combustible fósil más respetuoso con el medioambiente, ya que produce más o menos la mitad de dióxido de carbono que el carbón, y menos gases contaminantes de otros tipos. La energía nuclear produce muy poco CO₂, pero conlleva otros importantes problemas de protección, seguridad, proliferación y polución asociados a su explotación y sus residuos. Las consecuencias del cambio climático ya pueden percibirse en la actualidad (véase el apartado '*Valoración científica del cambio climático*').

Tabla 5.2: Reducción de emisiones de CO₂ en las hipótesis de Solar Generation

	Hipótesis Avanzada		Hipótesis Moderada	
	Reducción de emisiones de CO ₂ anual en millones de toneladas	Reducción acumulada de emisiones de CO ₂ en millones de toneladas	Reducción de emisiones de CO ₂ anual en millones de toneladas	Reducción acumulada de emisiones de CO ₂ en millones de toneladas
2006	5	20	5	20
2007	6	27	6	27
2008	9	36	8	35
2009	12	48	11	46
2010	17	65	15	61
2011	23	89	19	80
2012	29	118	27	107
2013	37	155	35	142
2014	48	203	45	188
2015	62	265	58	245
2016	80	344	72	317
2017	107	451	94	412
2018	136	588	116	528
2019	171	759	141	669
2020	217	976	170	839
2021	273	1.249	203	1.042
2022	341	1.590	242	1.284
2023	422	2.012	286	1.570
2024	521	2.533	336	1.906
2025	639	3.172	391	2.297
2026	783	3.955	456	2.752
2027	943	4.897	524	3.276
2028	1.127	6.025	599	3.876
2029	1.341	7.365	682	4.558
2030	1.588	8.953	775	5.333

Producción de células en Q-Cells



Valoración científica del cambio climático

En febrero de 2007, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC) emitió el primero de una serie de informes que componen su Cuarto Informe de Valoración. "Cambio Climático 2007: La Base de la Ciencia Física" evalúa el conocimiento científico actual de los agentes naturales y humanos responsables del cambio climático. También evalúa los cambios observados en el clima, la capacidad de la ciencia para atribuir los cambios a distintas causas y las previsiones de cambio climático futuro. Este informe expresa mucha mayor confianza que las valoraciones pasadas en que la mayor parte del calentamiento observado en el medio siglo pasado ha sido provocada por las actividades del hombre (más del 90% de certidumbre). Concluye (a partir de observaciones del incremento de las temperaturas medias mundiales del aire y los océanos, la fusión generalizada de nieve y hielo, y el aumento de los niveles medios del mar en el mundo) que el calentamiento del sistema climático es inequívoco.

Entre las repercusiones observadas que se detallan en el informe se encuentran las siguientes:

- ❖ Once de los últimos doce años se encuentran entre los doce más calientes registrados.
- ❖ Se ha acelerado el aumento del nivel del mar en el mundo.
- ❖ Se ha reducido el nivel medio de los glaciares de montaña y la capa de nieve en los hemisferios norte y sur.
- ❖ Se han observado sequías más intensas y prolongadas en áreas más extensas desde los años 70, en especial en las zonas tropicales y subtropicales.

El cambio climático previsto para el final del siglo XXI dependerá del nivel de las emisiones futuras, y el PICC ha usado seis hipótesis de emisión para elaborar sus pronósticos. El informe concluye que si no se actúa para reducir las emisiones, habrá el doble de calentamiento en las dos próximas décadas que si se estabilizaran los gases que retienen el calor en los niveles del año 2000.

Entre las previsiones que se incluyen en el informe tenemos:

- ❖ El intervalo de aumento de temperatura previsto para este siglo va de 1,1 °C a 6,4 °C.
- ❖ El intervalo mejor calculado, que refleja el punto central de las hipótesis de emisión más baja y más alta es de un aumento entre 1,8 °C a 4 °C.
- ❖ Es probable que en el futuro se intensifiquen los ciclones tropicales (tifones y huracanes), con velocidades máximas del viento más altas y

precipitaciones más fuertes, por efecto del calentamiento de los mares tropicales.

- ❖ Hay una probabilidad superior al 90% de que aumente la frecuencia de casos de calor extremo, olas de calor más prolongadas y precipitaciones más fuertes.

Algunas de las conclusiones clave del informe son:

- ❖ Es probable que el cambio climático provoque la extinción masiva de especies dentro de 60 ó 70 años. Ya hemos asistido a la extinción asociada al clima de algunas especies de ranas, pero esto no es más que la punta del iceberg. La escala de riesgo es más grande que la mayoría de los cinco principales sucesos de extinción que se han producido en la historia de la tierra.
- ❖ En las próximas décadas, es probable que el número de personas en peligro de escasez de agua aumente de decenas de millones a miles de millones. Se prevé una reducción constante de la disponibilidad de agua en la India y en otras partes del sur de Asia y de África. Aunque el impacto más fuerte lo sufrirán las zonas más pobres del mundo, países ricos como Australia y las naciones del sur de Europa se encuentran también en primera línea.
- ❖ Se prevén reducciones de la capacidad de producción de alimentos en las zonas más pobres del mundo, lo que causará más hambre y miseria y socavará la consecución de las metas de desarrollo del futuro. Dentro de unas pocas décadas es probable que asistamos a descensos de la producción de trigo, maíz y arroz en India y China por efecto del cambio climático.
- ❖ En las próximas décadas es posible que la sequía y escasez de agua provoquen problemas de hambre y deslocalización humana en África.
- ❖ La pérdida de glaciares en Asia, Latinoamérica y Europa causará serios problemas de suministro de agua a grandes fracciones de la población mundial, así como un aumento masivo de inundaciones repentinas en los lagos glaciares y otros riesgos para los habitantes de las montañas glaciares.
- ❖ Un gran número de personas estará en peligro por el aumento del nivel del mar, la fuerza de las tormentas y las inundaciones de los ríos en los grandes deltas de Asia, como los de Ganges-Brah-maputra (Bangladesh) y Zhujiang (China).
- ❖ Un calentamiento de un grado más podría someter al mundo a un aumento del nivel del mar de varios metros durante algunos siglos, por la pérdida total o parcial de las plataformas de hielo de Groenlandia y el Antártico Occidental. Ello provocaría una gran alteración de las costas.

El Protocolo de Kioto

El Protocolo de Kioto especifica objetivos y programas de obligado cumplimiento legal para conseguir una disminución de los gases invernadero por los países desarrollados mediante la reducción de hasta un 5% de las emisiones en el periodo de 2008-2012 en relación con los niveles de 1990. El Protocolo fue suscrito inicialmente por 84 países, y desde entonces lo han ratificado o han accedido a él 166. Para poder entrar en vigor, el Protocolo requiere la ratificación de al menos 55 países, responsables del 55% de las emisiones de CO₂ de los países (industrializados) que se citan en el Anexo B. Después de pasar la prueba de cifras en 2002, el Protocolo de Kioto salvó finalmente el segundo obstáculo cuando la Federación Rusa depositó su instrumento de ratificación con Naciones Unidas en noviembre de 2004. El Protocolo entró en vigor y adquirió la condición de obligado cumplimiento legal el 16 de febrero de 2005.

El gobierno de Estados Unidos se retiró del proceso de Kioto y no muestra intenciones de volver a entrar, al menos mientras se mantenga en el poder la administración Bush. El otro único país que ha anunciado que no ratificará el Anexo B es Australia.

Los signatarios del protocolo de Kioto deberán ahora afrontar con seriedad el cumplimiento de sus objetivos, tanto en las medidas de reducción de las emisiones domésticas como en el uso de los diferentes mecanismos comerciales diseñados en el Protocolo. Ya se han emprendido preparativos formales para la creación de un comercio de emisiones del mercado 'global' de carbón para 2008, y el Sistema Europeo de Comercio de Emisiones (SECE) ya está establecido y funcionando.

Los denominados 'mecanismos flexibles', el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y la Implantación Conjunta (IC) también están en marcha, y se están desarrollando y aprobando proyectos a un ritmo creciente constante.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio permite a los países industrializados invertir en proyectos destinados a países en vías de desarrollo que contribuyan a la reducción de las emisiones de gases invernadero en esos países. Un ejemplo sería la financiación por parte de Canadá de un proyecto de eficiencia energética en China, o la financiación por Japón de un proyecto de energía renovable en Marruecos. Estos proyectos deberán contar con la aprobación del Consejo Ejecutivo del MDL, y deberán también generar unas reducciones de las emisiones que se puedan medir con respecto a una línea base comercial normal. También tendrán que cumplir una condición de 'adicionalidad' –deberá estar claro que los proyectos no habrían surgido sin esa iniciativa–. Además, deberán estar diseñados para contribuir al desarrollo sostenible en los países en vías de desarrollo colaboradores.

La Implantación Conjunta permite a los países industrializados que se hayan marcado objetivos de reducción de emisiones cooperar para conseguirlos. Por ejemplo, las reducciones de emisiones generadas por proyectos de eficiencia energética en Rusia financiados por Alemania, o por proyectos de energía renovable en Hungría financiados por Noruega, podrán ser asignadas a los países que las financian. En teoría, es una vía económicamente más eficiente para que los países industrializados generen las mismas reducciones de emisiones generales.

Seguridad del suministro

La hipótesis Avanzada de EPIA/Greenpeace muestra que en 2030 los sistemas FV podrían generar aproximadamente 2.600 TWh de electricidad en todo el mundo. Esto significa que se produciría en el mundo suficiente energía solar para suministrar más de la mitad de las necesidades de electricidad actuales de la UE, o para reemplazar 450 plantas de combustión de carbón (de un tamaño medio de 750 MW).

La capacidad instalada global de los sistemas de energía solar podría llegar a los 1.800 GW en 2030. Aproximadamente el 73% de esta capacidad estaría en el mercado conectado a la red, principalmente en países industrializados. Suponiendo que el consumo medio por hogar de 2,5 miembros fuera de 3.800 kWh, el número total de personas que genera-

rían entonces su electricidad a partir de un sistema solar conectado a la red llegaría a 1.280 millones.

Aunque en la actualidad los mercados clave se encuentran situados principalmente en el mundo industrializado, un cambio global haría que el nuevo mundo en vías de desarrollo adquiriera una cuota significativa en 2030. Como los sistemas tienen un tamaño mucho más pequeño que los sistemas conectados a la red, y la densidad de población es mayor, esto significa que en esa época usarían electricidad solar hasta 3.200 millones de personas en los países en vías de desarrollo. Esto representaría un adelanto importantísimo para la tecnología con respecto a su estado emergente actual.



Sexta parte:
Impulsores de la política

El sistema de primas (feed-in tariff): impulsor de la historia de éxito de la energía solar en Europa

Es evidente que sin el apoyo de los instrumentos adecuados, la expansión del mercado de la electricidad solar en el mundo no se producirá a la velocidad suficiente. Para acelerar la reconstrucción de nuestro sistema de suministro eléctrico es necesario implementar herramientas potentes y eficaces que apoyen el uso de la energía solar. Durante muchos años, el sistema de primas ha demostrado su poder y eficacia en el desarrollo de nuevos mercados.

En todo el mundo, la gente se sorprende de que Alemania, un país que no es uno de los lugares más soleados del mundo, haya desarrollado el mercado de electricidad solar más dinámico y una industria FV floreciente. ¿Cómo ha sido esto posible? En el pasado se probaron diversos tipos de programas en muchos países para acelerar el mercado FV, pero ninguno tuvo tanto éxito en un plazo de tiempo tan corto como el sistema de primas de Alemania. La idea se adaptó para aplicarla en otros estados europeos, ajustando cada país el sistema de acuerdo con sus necesidades específicas. La extensión de estos mecanismos de primas más allá de Alemania es una de las piedras angulares en la estrategia de la Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica para promover la adopción de la electricidad solar en Europa. La simplicidad del concepto y sus bajos costes administrativos hacen que sea una herramienta muy eficaz para impulsar la contribución de la electricidad solar en las combinaciones energéticas nacionales.

La idea básica del sistema de primas es muy simple. Los productores de electricidad solar:

- ❖ **tienen derecho a suministrar electricidad solar a la red pública,**
- ❖ **reciben una prima por kWh generado que refleja las ventajas de la electricidad solar en comparación con la electricidad generada mediante combustibles fósiles o energía nuclear,**
- ❖ **reciben la prima durante un periodo de tiempo fijo.**

Los tres aspectos son sencillos, pero establecerlos supuso un esfuerzo considerable. Durante muchos años, los servicios energéticos no permitieron la introducción de la electricidad solar en sus redes y esto todavía sigue sucediendo actualmente en muchos países. Por lo tanto, este derecho no se puede considerar garantizado, y será necesario luchar por él a

la hora de hacer frente a la probable oposición continua de las compañías eléctricas.

Sistema de primas: una medida temporal para desarrollar el mercado

Como ya se ha explicado en el capítulo de costes, el sistema de primas es una medida temporal para desarrollar la competitividad que dará como resultado las economías de escala. La competitividad con las fuentes de electricidad convencionales se alcanzará en distintas épocas en las diversas regiones. Por ello, los sistemas de primas deberán adaptarse a las condiciones nacionales. No obstante, es importante que las tarifas se paguen durante un periodo aproximado de 20 años a partir del día en que se conecta el sistema a la red, ya que los costes irán ligados a la inversión inicial. En algunos años, los costes de inversión serán lo suficientemente bajos como para poder afrontarlos sin utilizar el apoyo de las primas.

¿Quién paga las primas?

En el pasado, para fomentar la electricidad solar, muchos programas estaban financiados por los presupuestos del gobierno. La desventaja de este método fue que si se acababa o se restringía el dinero del estado, el programa podía pararse. Así pues, algunos modelos de primas adoptaron un enfoque completamente distinto. En el año 2008 en Alemania, las compañías eléctricas pagaban una tarifa de entre 0,35 €/kWh y 0,47 €/kWh (dependiendo del tamaño y el tipo de sistema) por la electricidad solar de los sistemas FV de nueva instalación. Las compañías eléctricas estaban autorizadas a repercutir este coste adicional, distribuido equitativamente, a todos los consumidores en su factura de electricidad normal. Esto significa que el programa de primas funciona al margen de la economía del estado, y que el coste adicional que tiene que pagar cada consumidor de electricidad para aumentar la cuota de energía renovable en la cartera eléctrica nacional, es muy pequeño. En Alemania, el coste adicional mensual por hogar asociado a la tarifa por electricidad solar es actualmente de 1,25 €. Esto hace también que cada consumidor de electricidad contribuya a la reestructuración de la red de suministro eléctrico nacional, alejándose de la base de combustibles fósiles, y evolucionando hacia una estructura sostenible e independiente.

Sistema de primas: el impulsor de la reducción de costes

Los costes de la electricidad solar se han reducido sistemáticamente desde la introducción de la tecnología en el mercado. Aun así, en muchos casos, la electricidad solar no puede todavía competir con la electricidad de red generada a partir de combustibles

Sistema de primas: el impulsor de los sistemas de electricidad solar de alta calidad

Muchos programas de apoyo de electricidad solar se basan en un subsidio de inversión para reducir la barrera de los elevados costes de capital iniciales. El inconveniente de este enfoque es la falta de incentivos para invertir en sistemas de electricidad de alta calidad y garantizar su explotación y mantenimiento eficientes. Si el cliente recibe un pago fijo por unidad de capacidad instalada, no se incentiva la búsqueda de productos de alta calidad, que normalmente conllevan un precio más elevado, ni la explotación del sistema al más alto nivel posible. Con el sistema de primas, la recuperación de la inversión depende en gran medida del rendimiento del sistema FV. El cliente recupera la inversión con cada kWh que suministra a la red. Por ello, maximizar la producción energética del sistema FV a lo largo de todo su tiempo de vida es esencial para el cliente, y garantiza la explotación y el mantenimiento correctos del sistema FV.

El sistema de primas es el único que recompensa la generación de electricidad solar de forma apropiada, y no simplemente por instalar el sistema.

Sistema de primas: el impulsor de la financiación más fácil

Los costes iniciales de los sistemas de electricidad solar son una barrera clara para la penetración más profunda en el mercado. Como ya se ha explicado anteriormente, se han establecido subsidios de inversión en muchos países para superar esta barrera, pero este enfoque tiene unas desventajas significati-

Sistema de primas: aspectos fundamentales

- ❖ Una herramienta eficaz que ya ha demostrado su validez
- ❖ Un mecanismo temporal
- ❖ No es una carga para el contribuyente
- ❖ Impulsor de las reducciones de costes y las economías de escala
- ❖ Garantiza sistemas FV de alta calidad y buen rendimiento
- ❖ Genera condiciones seguras para los inversores potenciales

Importantes medidas de apoyo:

- ❖ Eliminación de las barreras administrativas
- ❖ Acceso a la red garantizado

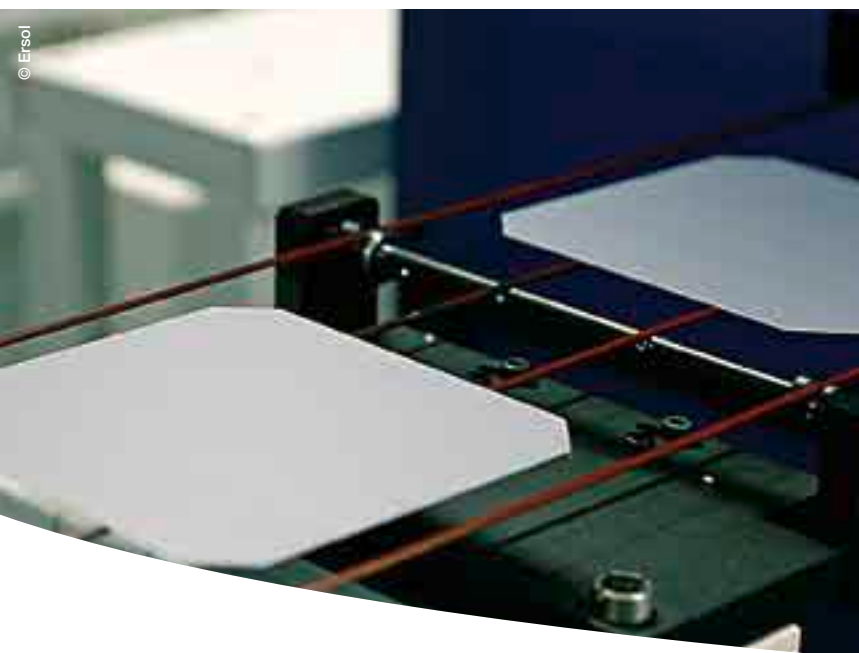
vas. Una prima garantizada por ley durante un periodo de tiempo suficiente representa una excelente seguridad para el banco del cliente a la hora de financiar el sistema. El propio sistema FV, combinado con la garantía de 20 años de la prima, es por regla general, suficiente para recibir un préstamo del banco. Por supuesto, requirió un cierto tiempo que los bancos se familiarizaran con los sistemas FV y las implicaciones del sistema de primas, pero hoy en día, la financiación de sistemas FV mediante un préstamo bancario ya no es una actividad inusual que requiere un tiempo prolongado, sino algo muy común y sencillo.

El sistema de primas requiere fuertes medidas de apoyo

Administración simple y rápida

Hay países en Europa que disponen de un sistema de primas económicamente atractivo, pero carecen de un mercado FV viable. ¿Cómo ha sido esto posible? El sistema de primas requiere una colaboración sólida para que se pueda explotar todo su potencial; es decir, necesita un proceso de aprobación simple y rápido. Aunque se haya establecido un sistema de primas excelente, si los procedimientos de aprobación de las instalaciones FV y su conexión a la red duran varios meses, quizá más de un año, el número de clientes potenciales seguirá siendo limitado. Por ello, es preciso mantener en un nivel mínimo el esfuerzo del consumidor para hacer frente a los trámites administrativos y de obtención de licencias. Un proceso administrativo y de obtención de licencias complejo es una muestra clara de que el mercado de la electricidad

PV Cell production
process - Ersol



todavía no ha hecho progresos sustanciales hacia la liberalización.

Acceso a la red garantizado

Por sus importantes ventajas sociales y medioambientales, la electricidad solar deberá tener prioridad y acceso garantizado a la red. En muchos países hay un gran exceso de capacidad de generación de electricidad convencional, con una gama de fuentes energéticas –de los combustibles sólidos a las energías renovables– que se disputan el acceso a la red. Los generadores de electricidad solar deberán tener garantizado el acceso automático, dado su elevado valor técnico y ecológico, que incluye el apoyo a la estabilidad de la red local.

Compromiso del gobierno y la industria

Los gobiernos que hayan apostado con fuerza por las tecnologías limpias, como la energía fotovoltaica, para ampliar su base de suministro de energía, podrán contarse también entre los ganadores. Esta diversificación no solo aporta ventajas en el aspecto de mayor seguridad del suministro de energía, sino que también conlleva grandes beneficios medioambientales por la implantación de las tecnologías de emisiones cero que, según las previsiones expuestas en este documento, tendrán una repercusión significativa en las emisiones mundiales de CO₂ durante las próximas décadas.

En el presente, el compromiso con la electricidad solar de las distintas naciones del mundo industrializado difiere enormemente. Junto a países como Alemania y Japón, y otros en Europa, que han progresado de la discusión a la implantación de los esquemas de apoyo necesarios, hay otros que de hecho, han recortado sus programas de electricidad solar.

En cualquier caso, tanto la industria como los gobiernos tendrán que ampliar sus compromisos respectivos con el sector solar si se desea explotar al máximo el potencial identificado en este informe. En el lado de la industria se requiere una inversión continua y acelerada en la expansión de las instalaciones de producción para satisfacer las demandas del mercado y garantizar un descenso del coste, y a la postre del precio, de la tecnología ampliando la producción e introduciendo nuevas técnicas de fabricación y materiales. En el lado del gobierno, se tendrá que ampliar el compromiso con el sector de la electricidad solar en muchos países mediante acciones como la introducción de primas y la adaptación de las normas de edificación para otorgar mayores incentivos a la instalación de sistemas de electricidad solar en el entorno construido.

Como cualquier otra industria, el sector de la electricidad solar sólo progresará si se garantiza una inversión suficiente para su expansión. En los seis últimos años, la industria solar ha conseguido con gran éxito atraer la atención del mundo financiero hacia este mercado joven y dinámico. Todavía es evidente el ‘boom solar’ en la comunidad inversora. Tanto la industria como los gobiernos han de conseguir que el mundo financiero no pierda su interés en las energías renovables, para asegurar la financiación necesaria que mantenga la tasa de expansión actual.

En resumen, no hay duda de que el negocio de la electricidad mundial experimentará una expansión significativa en las próximas décadas. Todos los indicios apuntan en esa dirección. La energía solar desempeñará ciertamente un papel aún más importante en la combinación energética. Sin embargo, el grado de repercusión de la electricidad solar en este mercado dependerá en gran medida de la garantía de que los ganadores potenciales de este negocio conozcan completamente las oportunidades disponibles.

Estas oportunidades sólo se materializarán si tanto la industria como los gobiernos continúan reforzando su compromiso de ampliar la base de suministro energético y, a través del despliegue de tecnologías de electricidad solar, ofrecer más posibilidades de elección a sus clientes. Ello conllevará el beneficio añadido de desmitificar el proceso energético y ofrecer a los individuos un mayor control de la provisión de sus necesidades de electricidad. Esto constituye de por sí una revolución en el mercado de la energía.

Building with integrated PV systems



Ajuste del coeficiente de regresión del sistema de primas (feed-in tariff) en Alemania

Alemania

Situación del mercado en 2007

La potencia instalada acumulada de los sistemas FV en Alemania aumentó a 3,8 GW a finales de 2007. La potencia instalada anual en 2007 fue aproximadamente de 1.100 MW. Alemania siguió siendo el mercado FV más importante del mundo. Cerca de la mitad de las instalaciones mundiales se encontraban en Alemania. Si bien las cifras absolutas del mercado mantenían el crecimiento en Alemania, la cuota de mercado de este país en Europa fue disminuyendo durante el pasado año, ya que otros mercados como España e Italia siguieron la trayectoria de éxito alemana. Alemania cuenta con una combinación diversa de aplicaciones FV. En 2007, el 30% de los sistemas FV alemanes estaban instalados en viviendas unifamiliares (1 kW-10 kW). El 53% estaban instalados en granjas, viviendas plurifamiliares, edificios públicos y sociales, o eran plantas comerciales en la gama de 10 kW a 100 kW. El 7% eran sistemas de tejado comerciales de grandes dimensiones (más de 100 kW), y el 10% de los sistemas FV estaban instalados como sistemas de grandes dimensiones sobre el terreno. El 0,6% del consumo de electricidad se puede ya obtener de la energía FV. A la vista del ritmo de instalación actual, la energía FV será una fuente de electricidad principal en Alemania dentro de pocos años.

Perspectivas del mercado a corto plazo

La industria cree que hasta el año 2012, el mercado anual podría crecer a 2.400 MW, en condiciones

Ajuste del coeficiente de regresión del sistema de primas en Alemania

	2008	2009	2010	2011
Instalación en tejado <100 kWp	5%	8%	8%	9%
Instalación en tejado >100 kWp	5%	10%	10%	9%
Instalación en el terreno	6.5%	10%	10%	9%
	Regresión	2009	2010	2011
Límite superior en MWp	arriba: +1%	1.500	1.700	1.900
Límite inferior en MWp	abajo: -1%	1.000	1.100	1.200

favorables. La EEG (ley de energía renovable alemana) deberá seguir siendo el impulsor del mercado FV alemán. Durante algunos años más, no solo dependerán de su esquema de apoyo satisfactorio las instalaciones domésticas; también estarán comprometidos el sector industrial completo, muchos empresarios y una gran cantidad de conocimiento especializado. A pesar de que el sistema de primas se reducirá más rápidamente que en los años anteriores, la industria hará todo lo posible para continuar con las reducciones de costes a fin de suministrar productos competitivos.

Legislación

La ley de energía renovable alemana (EEG) ha inspirado a muchos países en todo el mundo. Esta ley, no sólo ha sido el motor de la industria FV alemana, también ha demostrado al resto del mundo que el compromiso político puede ayudar a conseguir metas medioambientales y dirigir a la vez el desarrollo industrial. En junio de 2007, el parlamento alemán decidió modificar la EEG. Los coeficientes de regresión anual aumentarán a partir de 2009. Además, ya no habrá bonificaciones por sistemas integrados en la fachada. Si el crecimiento del mercado FV (instalaciones nuevas) en un año es mayor o menor que el corredor de crecimiento definido, la regresión en el año siguiente aumentará o disminuirá respectivamente en un punto porcentual.

Situación de la industria

La actividad industrial alemana es impresionante. En el sector FV trabajan unas 10.000 empresas (instaladores incluidos). 80 de ellas son productoras de componentes, como los fabricantes de células y módulos. El volumen de negocios de la industria ha llegado a 5.700 millones de euros. Los ingresos de exportación arrojan un total de 2.500 millones de euros. Gracias a la expansión de esta industria se han creado aproximadamente 42.000 puestos de trabajo. En el año 2007, sólo en Alemania se fabricaron 842 MW de células. Se invirtieron 1.800 millones de euros en creación y modernización, y se dedicaron 175 millones de euros a investigación y desarrollo.



España**Situación del mercado en 2007**

Según los últimos datos de la Comisión Nacional de Energía, en cifras provisionales, en el año 2007 se conectaron a la red 512 MW, alcanzando una capacidad acumulada total de 655 MW.

Perspectivas del mercado a corto plazo

Durante el año 2008 se prevé que hasta septiembre se instalarán unos 1.000 MW, y existe la posibilidad de que no se instalen más plantas de energía FV durante un periodo indeterminado. Esta situación perdurará hasta que el sector de la energía solar se adapte a los nuevos cambios legislativos. A causa de la indefinición de las normas actuales, no es posible hacer una estimación correcta para los próximos años. Las asociaciones del sector se encuentran en las últimas etapas de negociaciones con el gobierno. Estas negociaciones persiguen la definición de un nuevo real decreto que regule el sector. Está claro que se establecerán límites para las instalaciones energéticas, y que el primer límite en 2009 permitirá una capacidad instalada de entre 300 MW y 500 MW. El crecimiento posterior podría oscilar entre un 10% y un 20% anual. Sin embargo, esta situación podría cambiar en los dos próximos años por el desarrollo de la Ley de Energía Renovable y el nuevo Plan de Energía Renovable 2011-2020, previstos en el mandato del actual gobierno.

Legislación

En el ámbito nacional español existe actualmente un sistema de primas (feed-in tariff) para las instalaciones FV conectadas a la red, y un sistema de subvenciones para los sistemas no conectados a la red (un mercado que crece constantemente a un ritmo de 2 MW al año). Las comunidades autónomas tienen autoridad legal para establecer ayudas adicionales (por ejemplo, para instalaciones en áreas urbanas), pero de forma muy limitada e irrelevante, en cualquier caso.

En la actualidad, España no tiene ningún objetivo definido para la energía fotovoltaica. Se fijó un objetivo de 400 MW en 2010 (371 MW conectados a la red), pero se alcanzó en agosto de 2007. Ahora, el nuevo real decreto deberá fijar nuevos objetivos, al menos para 2009 y 2010, hasta la aprobación del Plan de Energía Renovable 2011-2020. Hasta ahora, el mercado FV español se ha orientado a las instalaciones sobre el terreno, que representan el 95% de la capacidad instalada total en 2007. El nuevo real decreto debería fomentar los sistemas FV integrados en edificios, con límites claramente definidos para cada tipo de aplicación (sobre el terreno, de tejado e integradas en edificios).

El nuevo real decreto debería simplificar los procedimientos administrativos para permitir la implantación de pequeñas instalaciones FV en el sector residencial; además, se deberían clarificar los procedimientos de acceso a la red, en particular donde se vea afectada la red de distribución.

En los casos con bajo volumen de mercado, habrá que establecer una limitación de instalaciones sobre el terreno. Este hecho evitaría a la vez una concentración excesiva en el mercado y la pérdida de una fuente de energía distribuida fundamental. Asimismo, se deberá evitar el rechazo social a las grandes plantas energéticas en un momento en que la población no está aún familiarizada con esta tecnología.

Situación de la industria

La industria fotovoltaica ha estado desarrollando su propia tecnología durante los últimos 25 años. Desde hace pocos años, en particular en 2007, el desarrollo industrial ha crecido enormemente con la puesta en marcha y el anuncio de numerosos proyectos que abastecerán al mercado español de diversos productos a lo largo de la cadena de valor. España sigue siendo uno de los principales fabricantes de generadores solares, y es un competidor líder en el mundo; por ello, el despegue del mercado ha reducido el peso tradicional que habitualmente ha tenido la exportación en los productores españoles. La capacidad industrial no solo está creciendo, también está desarrollando de forma específica su liderazgo mundial en el campo de la tecnología de concentración fotovoltaica, tanto en investigación como en fabricación.

En 2007 se invirtieron en tecnología FV en España más de 5.000 millones de euros. Ello incluye la inversión en nuevas unidades de producción de electricidad (alrededor de 2.500 millones), desde células a inversores, sistemas de seguimiento y otros elementos de los sistemas solares. El crecimiento de las inversiones industriales fue incluso superior al desarrollo del mercado: el primero se multiplicó por cinco en el último año, y el segundo por cuatro. En 2007, la fabricación de células en España representó unos 145 MW (con una capacidad de 360 MW), mientras que la fabricación de módulos fue de 195 MW (con una capacidad superior a 700 MW).

Según la Asociación de la Industria Fotovoltaica (ASIF) española, en 2007 había 26.800 empleados directos e indirectos en el sector FV, de los cuales el 25% estaban dedicados a la fabricación, el 65% a la instalación y el 10% a otras actividades.

Francia

Perspectivas del mercado a corto plazo

En el año 2007, el mercado FV anual francés se ha calculado en 35,5 MW. Una parte considerable de estas instalaciones tuvo lugar en las regiones francesas de ultramar (47%; 16,5 MW). En Francia continental se instalaron 19 MW en 2007.

Perspectivas del mercado a corto plazo

El objetivo francés de capacidad acumulada para 2011 es 1,1 GW. Hasta 2020 la capacidad deberá llegar a 5,4 GW. El mercado FV francés estará en 2008 entre 150 MW y 200 MW, suponiendo que se mantenga el compromiso político. Esto significaría que Francia mantendrá el sistema de primas (57 ct/kWh para materiales FV integrados en edificios y 31 ¢cent para materiales FV no integrados en edificios) y para el sector residencial por debajo del crédito fiscal descrito. Para conseguir los objetivos de 2011 y 2020, el esquema de apoyo francés tiene que mejorar. Serían necesarios sistemas de primas específicos para elementos FV parcialmente integrados y para instalaciones sobre el terreno, así como cambios en las normas de edificación.

Legislación

Desde la introducción en 2004 del crédito fiscal del 40%, el mercado FV francés está experimentando un crecimiento considerable. El aumento del crédito fiscal del 40% al 50% en 2005 y, en mayor medida, la mejora del sistema de primas en julio de 2006, permitieron la proliferación de las instalaciones FV. El esquema de apoyo francés premia la instalación de sistemas integrados en edificios con una bonificación de 26 ¢cent. Esta bonificación está llevando también a la especialización en la industria FV francesa. Por ello, dicha bonificación se puede considerar, no sólo una herramienta medioambiental, sino también un impulsor de la política industrial.

Situación de la industria

El empleo directo en el sector FV (fabricación e instalación de células y módulos) en 2007 se ha estimado en 3.000 puestos de trabajo a tiempo total. Se ha calculado que el sector generaba 500 puestos de trabajo indirectos más. En noviembre de 2007 se adoptó la marca de calidad 'QualiPV'. Esta marca, asociada a las instalaciones de calidad en el sector residencial, ayudará a estructurar la red de instaladores cualificados en tecnología fotovoltaica. En 2012 el mercado podría alcanzar los 2400 millones de euros, considerando los precios actuales. Con ello se podrían crear 13.000 puestos de trabajo directos y 6000 indirectos. Se prevé que la producción de electricidad a partir de energía fotovoltaica podría ser superior a 1 TWh.

Italia

Situación del mercado

Italia introdujo una ley de primas para energías renovables en julio de 2005, y el último decreto de febrero de 2007 ha desarrollado el mercado fotovoltaico. Con el lanzamiento del nuevo programa Conto Energia, el mercado FV italiano ha aumentado hasta una capacidad acumulada de 100 MW en 2007, de los cuales 50 MW fueron instalados solo en 2007. Se prevé que a finales de 2008 habrá doblado su capacidad, llegando a 200 MW.

En la actualidad, los sectores del mercado en Italia son clientes privados (40% en 2007) y clientes comerciales (38%). Menos importancia tienen los clientes agrícolas y públicos. Sin embargo, dado que hay muchas instalaciones de gran tamaño planificadas actualmente en Italia, se espera que la cuota de estos últimos aumentará en el futuro. El segmento más fuerte del mercado en 2010 serán los clientes comerciales, con instalaciones de tejado de tamaño medio o grande. La expansión de estos dos segmentos será subvencionada principalmente por clientes privados.

Perspectivas del mercado a corto plazo

El objetivo nacional es haber instalado 3.000 MW de potencia nominal en 2016. Para la ley actual, el límite de potencia acumulada de todas las plantas FV está fijado en 1.200 MW. El mercado FV italiano podría convertirse en uno de los más importantes del mundo. Las buenas condiciones climáticas y la disponibilidad de terreno libre favorecen el desarrollo de la energía FV.

Legislación

El sistema de primas lo paga el GSE (Gestore dei Servizi Elettrici). Las tarifas varían según el tamaño de la instalación y el nivel de integración en los edificios. (Véase la tabla siguiente).

La tarifa más baja, de 0,36 ¢cent/kWh se concede a los sistemas no integrados de más de 20 kW. A diferencia de la versión anterior de Conto Energia, no hay restricciones en el tamaño máximo de esta categoría. La tarifa más alta se aplica a los sistemas de 1 kW a 3 kW integrados en la arquitectura.

Con la introducción del nuevo Conto Energia, las primas básicas se redujeron ligeramente, en particular para sistemas de tejado de grandes dimensiones. Ello se debió a la aparición de grandes problemas de especulación asociados a dichos tipos de sistemas con la anterior ley.

Los incentivos seguirán siendo los mismos hasta finales de 2008, y están garantizados durante 20 años. A partir del 1 de enero de 2009, el coeficiente experimentará una reducción del 2% hasta 2010, momento en que el Ministerio de Desarrollo Económico promulgará una nueva ley que determinará las nuevas tarifas para instalaciones FV, que entrarán en vigor después de 2010.

La nueva ley prevé un aumento del sistema de primas del 5% en algunos casos especiales:

- ❖ escuelas e instituciones públicas,
- ❖ municipios de menos de 5000 habitantes,
- ❖ integración de sistemas FV en edificios de zonas rurales,
- ❖ integración de sistemas FV en edificios en sustitución de tejados de amianto
- ❖ autoconsumo de la electricidad producida (>70%)

Situación de la industria

El volumen de negocios nacional ha aumentado de 25 millones de euros en 2005 a 430 millones de euros en 2007, creando nuevos puestos de trabajo (de 220 empleados en 1999 a 1.700 en 2007).

Unión Europea

Gracias a sus mercados líderes, la Unión Europea sigue estando a la cabeza de la industria FV.

Legislación

Propuesta de directiva sobre la promoción del uso de energía renovable .

El 10 de enero de 2007, la Comisión Europea anunció en su Plan de Energía Renovable, que el objetivo indicativo para la UE de un 12% de energías renovables en 2010 es "poco probable de alcanzar". Por ello, se propuso lo siguiente:

- ❖ **Establecer un objetivo vinculante para la UE del 20% de energías renovables para consumo interior bruto en 2020, con un objetivo mínimo específico del 10% de biocombustibles.**
- ❖ **Desarrollar un nuevo marco legal para reforzar la promoción de las fuentes de energía renovables.**

Como continuación a estas medidas, la Comisión Europea publicó el 23 de enero de 2008 su paquete de clima y energía, que incluía una propuesta de directiva sobre la promoción del uso de energía obtenida de fuentes renovables.

Este futuro texto legal es muy importante, ya que deroga la actual directiva 2001/77/CE sobre la promoción de electricidad producida a partir de fuentes de energía renovables, y establecerá el futuro marco legal para energías renovables. EPIA considera



Situación de la industria FV en la UE-27 (hipótesis de apoyo político)				
	2007	2010	2020	2030
Capacidad instalada anual	1,7 GW	3,6 GW	16 GW	28 GW
Capacidad acumulada	4,6 GW	13,5 GW	100 GW	360 GW
Producción de electricidad en TWh	4.7	14	120	430
Personas conectadas a la red, usando electricidad FV para cubrir las necesidades domésticas (en millones)	3	9	80	280

que la propuesta podría favorecer una gran adopción de la electricidad solar fotovoltaica. La directiva se encuentra actualmente en fase de debate en el Parlamento Europeo y el Consejo, y será finalmente adoptada antes del cambio de mandato del Parlamento Europeo, en el primer semestre de 2009.

❖ **Plan Estratégico de Tecnología Energética (SET Plan)**

El comunicado hace un llamamiento a reforzar la cooperación en el ámbito de la UE para aumentar y mejorar la inversión en una amplia gama de tecnologías energéticas con bajas emisiones de carbono. Entre las seis iniciativas industriales europeas propuestas se encuentra la iniciativa Solar Europe, que se orientaría a la energía FV y la concentración solar.

Esta iniciativa representa para la industria fotovoltaica una oportunidad extraordinaria de unir fuerzas y fomentar el desarrollo y la implantación del mercado. La ratificación oficial de las iniciativas industriales europeas por los jefes de estado está prevista en la primavera de 2009.

❖ **Tercer Paquete Energético**

También se prevé que el sector FV se verá afectado positivamente por el Tercer Paquete Energético, relativo a la liberalización del mercado de la electricidad, actualmente en fase de debate en el Parlamento Europeo y en el Consejo.

Este Tercer Paquete Energético debería facilitar las inversiones e infraestructuras transfronterizas y reducir la fragmentación de los mercados nacionales o regionales. La separación de la propiedad propuesta debería facilitar el acceso a la red a los nuevos usuarios. El paquete, actualmente en fase de debate en el Parlamento Europeo y en el Consejo, podría ser aprobado a finales de 2008, bajo la presidencia francesa de la Unión Europea.

Asimismo, los textos legales vigentes de la UE relativos al sector FV están siendo revisados en la actualidad, como la Directiva sobre Restricciones de Uso de Sustancias Peligrosas (RoHS) y la Directiva sobre Residuos de Equipos Eléctricos y Electrónicos (WEEE). En otoño de 2008 se esperan propuestas de la Comisión Europea para revisión, que serán examinadas en el Parlamento Europeo y en el Consejo en 2009. Será fundamental garantizar que el sector FV, que actualmente no se encuentra incluido en el ámbito de estas directivas, siga quedando excluido, para evitar cargas administrativas y financieras adicionales.

En 2009 está prevista una reforma de la Directiva sobre el Rendimiento Energético de los Edificios (EPBD). Esto constituirá una oportunidad de reforzar la promoción de los sistemas FV integrados e instalados en los edificios.

Por último, pero no por ello menos importante, las empresas fotovoltaicas, en estrecho contacto con sus proveedores, necesitarán garantizar el abastecimiento de sus materias primas críticas, para asegurar que las materias pertinentes han sido registradas y cumplen plenamente la normativa REACH de la Unión Europea sobre registro, evaluación, autorización y restricción de productos químicos.



EE. UU.

Situación del mercado en 2007

El mercado FV estadounidense experimentó en 2007 un crecimiento del 48% en instalaciones conectadas a la red, con un total de instalaciones (con conexión y sin conexión a la red) de más de 190 MW. Esto situó la capacidad FV instalada acumulada de EE. UU. en aproximadamente 750 MW a final de año.

California siguió siendo con diferencia el estado dominante, con cerca del 60% de las instalaciones FV, pero en el resto de EE. UU. las instalaciones aumentaron en un 83%. Aunque algunos estados han aprobado nuevas y agresivas normas de cartera de energías renovables y optimizado los programas RPS existentes para implantar mejor la energía solar, los datos en el ámbito federal fueron menos alentadores. El mercado se enfrentó a la incertidumbre en 2007 al no aprobar el Congreso la prórroga del crédito fiscal para inversión en energía solar (ITC).

Perspectivas del mercado a corto plazo

Hay un alto grado de confianza en que se prorrogue el ITC a finales de 2008 o principios de 2009. Suponiendo que así sea, se calcula que el mercado FV estadounidense crecerá por encima del 65% anual en los próximos cinco años, con una previsión de más de 10 GW de energía FV instalados en 2013.

Los estados que hayan diseñado sus programas RPS y otras políticas estatales para favorecer la energía solar, obtendrán beneficios significativos, tanto en instalaciones FV como en crecimiento del trabajo. Además, la iniciativa Solar America se acercará a su meta prevista para 2015 de conseguir la paridad de costes de la energía FV con la generación convencional. Los principales impulsores del mercado FV de EE. UU. seguirán siendo los créditos fiscales federales, las RPS estatales, las provisiones de medición y la inversión federal continua en investigación y desarrollo.

Legislación

La prioridad legislativa más importante para la industria FV de EE. UU. es la prórroga del ITC, cuya finalización está prevista al término de 2008. Sin una prórroga del ITC a largo plazo, la industria tendrá que prepararse para asumir cancelaciones de proyectos por todo el país, miles de millones de dólares en inversiones perdidos y decenas de miles de puestos de trabajo en peligro. La industria espera evitar esta situación de irregularidad del crédito fiscal que afecta negativamente al desarrollo de la industria eólica en Estados Unidos.

En 2007 se aprobó también una RPS nacional en la Cámara de Representantes de Estados Unidos, pero

no fue ratificada por el Senado. A la industria FV de EE. UU. le beneficiaría una RPS federal, que fomentara la diversidad tecnológica (consolidando la implantación de la energía solar), y no diera prioridad a otros programas estatales más progresivos. Se espera que la ley se volverá a presentar en 2009.

En 2008 se ha presentado también una ley sobre el cambio climático que establecería un sistema de límites de emisiones híbrido de tipo cap and trade. Esta ha sido la principal tentativa del Congreso en la gestión del cambio climático. Toda ley que pretenda cumplir los objetivos de estabilización necesarios, tendrá que optimizar la implantación de la energía FV, aprovechando el potencial de los pequeños sistemas de generación distribuida, así como de las instalaciones FV en el ámbito de las compañías de suministro.

Situación de la industria

Si bien la producción FV creció en todas las áreas del mercado estadounidense, el mayor desarrollo lo experimentó la tecnología de capa delgada, en la que EE. UU. es el líder mundial, con cerca de la mitad de la producción. Se prevé que los precios del silicio empezarán a bajar con el aumento de la producción, con lo que se espera un crecimiento generalizado de todas las áreas de producción FV.

La industria FV de Estados Unidos da trabajo actualmente a unas 50.000 personas, y se espera que la expansión futura, tanto en fabricación como en instalación, aportará muchos miles de puestos de trabajo más a la industria



Japón

La política y las medidas de Japón sobre energía, incluida la generación de energía FV, se fundamenta en la Ley Básica de Política Energética (Ley de Política Energética), vigente desde 2002, que establece tres principios: garantía de un suministro estable, idoneidad medioambiental y utilización de mecanismos de mercado.

Desarrollo del mercado

A través de las medidas para la introducción de los sistemas FV, principalmente implantados por METI, el desarrollo del mercado de sistemas FV residenciales y sistemas FV para la industria y servicios públicos está en progreso.

El tamaño del mercado FV residencial creció a razón de 50.000 sistemas al año gracias a los programas de apoyo gubernamentales para la introducción de sistemas FV establecido para 12 años. La capacidad instalada acumulada a finales del año fiscal 2006 fue de 1277 MW instalados en aproximadamente 350.000 viviendas. Incluso después de la finalización del programa, el mercado FV en Japón no se redujo, sino que se estabilizó. Los fabricantes de sistemas FV trabajan para ampliar el mercado de sistemas FV residenciales, tanto para casas nuevas como existentes, minimizando el aumento de precio de los sistemas FV a pesar de la escalada del precio de la materia prima silicio por la escasez de polisilicio. En el mercado de viviendas de nueva construcción, los fabricantes de casas prefabricadas redoblan sus esfuerzos para conservar la energía y reducir las emisiones de CO₂. Por consi-

guiente, algunos constructores de viviendas han adoptado los sistemas FV como equipos estándar, y esta tendencia se ha extendido a las principales empresas constructoras, que anuncian viviendas equipadas con energía FV en campañas en televisión para aumentar las ventas en todo el país. En particular, el nuevo concepto de casa equipada con sistemas FV, con coste de suministro cero, contribuye a la expansión de los compradores, quienes reconocen la eficiencia económica en los costes de uso de la vivienda, así como el valor medioambiental. En el mercado FV para viviendas existentes, los fabricantes de sistemas FV están desarrollando y estableciendo un canal de distribución compuesto por constructores, contratistas de electricidad, tiendas de aparatos eléctricos, instaladores de tejados, etc. locales y buscando a la vez compradores de sistemas FV residenciales en todo Japón. A través de proyectos de prueba a largo plazo en condiciones reales, los sistemas FV para uso no residencial, como en instalaciones públicas e industriales, han progresado año tras año en muchos aspectos: eficiencia económica, tecnología de conexión a la red, diseño e instalación, y eficiencia de los sistemas. Por consecuencia, las oportunidades para la expansión del mercado han aumentado y se han diversificado en áreas como la aplicación, el diseño, los lugares de instalación, la capacidad de generación de energía y la promoción de sistemas FV, y el desarrollo de mercado del área no residencial sigue su curso. En cuanto a los lugares de instalación, se han añadido sistemas FV en una amplia variedad de sitios: instalaciones públicas (escuelas, edificios de oficinas gubernamentales, edificios comunitarios, plantas de purificación de agua, instalaciones sanitarias y de bienestar) e instalaciones industriales (fábricas, almacenes, laboratorios, edificios de oficinas, edificios comerciales).

Además de en esos lugares, recientemente se han instalado sistemas FV en instalaciones agrícolas (invernaderos), instalaciones comerciales (centros comerciales, restaurantes familiares), instalaciones ferroviarias (edificios de estaciones y plataformas), instalaciones viarias (plazas de estacionamiento y cabinas de peaje en autopistas), instalaciones financieras (bancos, etc.), instalaciones de transporte (centros logísticos, etc.) e instalaciones de recreo (centros termales, etc.). El tamaño de los sistemas FV ha aumentado hasta 5 MW. La gama de usuarios que han instalado sistemas FV es muy variada, desde grandes empresas hasta propietarios individuales del sector privado, y desde organizaciones de interés público hasta organizaciones sin ánimo de lucro. Algunas empresas han introducido sistemas FV en sus fábricas y oficinas en todo el país, y añadido nuevos sistemas FV a sus instalaciones ya equipadas con soluciones FV. La



instalación de sistemas FV de gran tamaño va también en aumento. El número de estas empresas ha crecido año tras año. En el proyecto de ensayo en el terreno de NEDO sobre nueva tecnología de generación de energía fotovoltaica en el año fiscal 2007, la capacidad total superó los 20 MW, de los cuales, 2007 kW fueron instalados por Toyota Motor Corporation, y 1.000 kW por Electric Power Development.

Perspectivas de futuro

El gobierno de Japón revisó en 2007 el Plan Básico de Energía, con una previsión para unos 10 años. El plan subraya la importancia de la seguridad energética, reflejando recientes circunstancias mundiales, como la tensa situación de la demanda y el abastecimiento energético, la escalada de precios de la energía y las medidas contra el calentamiento global. Los principales pilares del plan son los siguientes:

- 1. fomento de la generación de energía nuclear y expansión de la instalación de energía nueva y renovable,**
- 2. campaña diplomática agresiva sobre recursos, para conseguir un suministro estable de combustibles fósiles, como el petróleo,**
- 3. mejora de la estrategia de conservación de la energía e iniciativa para formar marcos internacionales orientados al trabajo sobre medidas contra el calentamiento global, y**
- 4. refuerzo de las capacidades tecnológicas.**

La energía nueva y renovable está considerada como "la energía complementaria en la actualidad; el gobierno promoverá medidas orientadas a hacer de la energía nueva y renovable una de las fuentes de energía claves a largo plazo". Por ello, el gobierno ha anunciado la realización de esfuerzos estratégicos para implantar un desarrollo tecnológico que permita reducir los costes, estabilizar las redes y aumentar el rendimiento en una colaboración de los ámbitos industrial, académico y gubernamental. Además, con el fin de extender la introducción de la nueva energía, se han adoptado las siguientes medidas, dependiendo de las diferentes etapas de crecimiento del mercado:

- 1. apoyo al lanzamiento (desarrollo tecnológico, ensayos de demostración),**
- 2. creación de demandas iniciales (proyectos de modelos, apoyo al montaje de instalaciones),**
- 3. iniciativa en instalaciones (en centros asociados a instituciones públicas),**
- 4. apoyo a la expansión del mercado (acciones legales, como la ley RPS),**
- 5. formación de una estructura industrial (promo-**

ción de empresas conjuntas para acceder al mercado, fomento de industrias periféricas y relacionadas),

- 6. mantenimiento de un entorno favorable para la propagación (concienciación de la difusión, relaciones públicas y servicio de información).**

Además, el gobierno revisó la ley RPS, que obliga a usar una cierta cantidad de energía nueva, y estableció los objetivos para el periodo comprendido entre los años fiscales 2011 y 2014. En la revisión, el objetivo final para el año fiscal 2014 se fijó sobre la base del objetivo anterior de 12.200 kWh en 2010 como valor de referencia, aumentando 950 millones de kWh cada año, hasta alcanzar el objetivo final de 16.000 millones de kWh. La revisión adoptó una medida preferente orientada a doblar el volumen equivalente de la RPS para generación de energía FV, a fin de mejorar la gestión del sistema de la ley RPS. Se cree que esta medida daría un nuevo impulso a la proliferación de los sistemas FV. Asimismo, el gobierno propuso un objetivo a largo plazo contra el calentamiento global: reducción en 2050 de las emisiones globales de gases invernadero a la mitad del nivel actual; para lograr el objetivo anunció 'Cool Earth 50 – Plan de Tecnología Energética Innovadora', y seleccionó 20 áreas de investigación prioritarias.

'Tecnología FV innovadora' fue seleccionado como uno de los temas de investigación para mejorar la eficiencia de conversión de las células solares, del 10%-15% actual a más del 40%, y reducir el coste de generación de energía de las células solares de los 46 yenes por kWh actuales a 7 yenes por kWh. Los trabajos de 'Tecnología FV innovadora' darán comienzo a partir del año fiscal 2008.

Al mismo tiempo, se supone que los fabricantes aumentarán sus esfuerzos para la proliferación a gran escala de los sistemas FV, trabajando para **1)** reducir más aún los costes de los sistemas FV, **2)** desarrollar al detalle productos adecuados para cada área de aplicación, y **3)** desarrollar nuevas áreas de aplicación a través del progreso tecnológico, mejorar la capacidad de producción y colaborar con otras industrias que empleen sistemas FV.

Todo ello, unido a los esfuerzos del gobierno y la industria, y con el apoyo de los usuarios de sistemas FV, incluidos otros ministerios, agencias, autoridades locales, empresas privadas e individuos, el progreso de implantación de los sistemas FV en Japón continuará en el futuro.

(IEA-PVPS, informe anual 2007)

Corea del Sur

Situación del mercado en 2007

La potencia instalada acumulada de los sistemas FV en Corea aumentó a 77,6 MW a finales de 2007. La potencia instalada anual en 2007 fue de 42,9 MW, una cifra más de dos veces superior a la lograda en el año anterior (21,2 MW).

Perspectivas del mercado a corto plazo

Gracias al programa de 100.000 instalaciones de tejado, el favorable esquema de primas y otras medidas de promoción, el mercado FV coreano seguirá creciendo rápidamente. El mercado principal se encuentra localizado en los sistemas FV para viviendas unifamiliares y edificios y plantas FV a gran escala conectadas a la red eléctrica.

Legislación

En el sistema de primas, la tarifa por kWh era de 677,38 KRW para sistemas de más de 30 kW y 711,25 KRW para sistemas más pequeños. Desde octubre de 2006, el esquema de apoyo tiene un techo de 100 MW acumulados, y las tarifas están garantizadas durante 15 años para sistemas FV de más de 3 kW. A partir de octubre de 2008 se aplicará un sistema de primas modificado.

En el programa de 100.000 instalaciones de tejado, el gobierno subvenciona el 60% del precio total del sistema para viviendas unifamiliares y el 100% para apartamentos de renta pública.

Programa público de obligación para edificios: los edificios públicos nuevos de más de 3.000 metros cuadrados deberán dedicar el 5% del presupuesto de construcción total a la instalación de sistemas de energía renovable, incluida la fotovoltaica.

El objetivo de implantación de energía FV surcoreano es de 1,3 GW en 2012

Situación de la industria

En 2007 sólo había un fabricante de células solares en Corea, que producía 25 MW de células FV, con una capacidad de fabricación anual de 36 MW. Alrededor de diez empresas fabricaron 53 MW de módulos FV, con una capacidad anual de unos 190 MW. También hay varios fabricantes de equipos de balance de sistemas, y alrededor de cien instaladores de sistemas. En los sectores de fabricación, instalación y público hay unos 1600 empleados.

Con todo, el mercado FV surcoreano se está desarrollando de forma muy positiva, y para alcanzar el objetivo de 2012 podemos esperar un aumento de las cifras del mercado anual.

China

Situación del mercado en 2007

A finales de 2007, la capacidad instalada acumulada de energía solar FV en China fue de 100 MWp.

La capacidad instalada anual en 2007 fue de 20 MWp

Hasta ahora, solo el 6% de los sistemas de energía solar FV instalados están conectados a la red. La principal aplicación de la energía solar FV es la electrificación rural.

Perspectivas del mercado a corto plazo

En 2010, la capacidad FV instalada acumulada será de 300 MW. El desarrollo continuará entre 2010 y 2020, año en que la capacidad instalada acumulada será de 10 GW. Los impulsores clave del mercado serán la autorización de estaciones de energía FV a gran escala y la promoción de sistemas de tejado conectados a la red.

Legislación

Con la Ley de Energía Renovable de 2006:

- ✦ Tanto los sistemas FV integrados en edificios como las plantas de energía FV a gran escala en zonas desérticas estarán cubiertos por un sistema de primas.
- ✦ En las plantas de energía FV centrales sin conexión a la red, la inversión inicial será subvencionada por el gobierno, y la parte de los costes de explotación y mantenimiento subsiguientes que exceda los ingresos de las tarifas de electricidad, será repartida en la red de electricidad nacional, incrementando el precio de la tarifa eléctrica.
- ✦ Los usuarios finales, con o sin conexión a la red, pagarán por su electricidad según el principio de 'misma red, mismo precio': en otras palabras, la tarifa de electricidad pagada por los usuarios de energía FV será la misma que la tarifa de electricidad pagada por los usuarios de energía de red de la misma área.

Sin embargo, hay aún muchas dificultades para la implantación de políticas de apoyo a la energía solar FV. En primer lugar, con respecto a la energía FV con conexión a la red, se han instalado una docena de sistemas, con capacidades que van de varios kWp hasta 1 MWp. Sin embargo, no se ha establecido ninguna prima, calculada en función de "costes razonables más ganancias razonables", y las compañías de suministro todavía no han autorizado la conexión a la red de ningún sistema de energía FV. Los

promotores no han creado ningún proyecto para la explotación comercial.

La Ley de Energía Renovable está experimentando más dificultades de ejecución con la energía FV. En lo que concierne a la energía FV sin conexión a la red, aunque la ley y las disposiciones sobre energía renovable estipulan claramente que los costes se deberán repartir en toda la red para la explotación y mantenimiento subsiguientes de las plantas FV (más de 720) construidas durante el programa de electrificación de municipios, aún no se ha completado la transferencia a estas plantas energéticas. Si bien el periodo de garantía de tres años ha finalizado, el mantenimiento todavía corre a cargo de los constructores (empresas de integración de sistemas). El coste de mantenimiento anual es aproximadamente de 4.000 yuanes por kWp, y estos gastos todavía no han sido liquidados. Es necesario desarrollar urgentemente un mecanismo para incorporar la tarifa de electricidad renovable a la red de electricidad nacional, de forma que se puedan usar los fondos acumulados para la explotación y el mantenimiento de las plantas FV rurales según el principio de la Ley de Energía Renovable. De lo contrario, estas plantas, en cuya construcción se invirtieron varios miles de millones de yuanes, serán redundantes. La fase del programa de electrificación de municipios, que está a punto de aplicarse, deberá hacer frente también al mismo problema.

Objetivo nacional de energía renovable: en 2010 la energía renovable representará el 10% del consumo energético total; en 2020, será el 15% del total. En 2010, la capacidad de energía solar FV instalada será de 300 MW, y en 2020, de 1.800 MW. La aplicación de energía solar FV se concentrará principalmente en la electrificación rural, los sistemas FV de tejado en áreas urbanas y las estaciones de energía FV a gran escala en áreas desérticas.

Para que el mercado de la energía solar tenga éxito, se requieren varias medidas políticas clave:

- ❖ Establecer objetivos claros para fomentar la inversión de los fabricantes locales y reducir los costes;
- ❖ Establecer mecanismos de apoyo a los precios. Una tarifa razonable y una explotación uniforme deberán ser los dos criterios esenciales de un buen sistema de precios;

- ❖ Priorizar la reforma de la estructura energética. Sustituir las energías tradicionales por energías nuevas, reemplazar la energía obtenida a partir de recursos escasos por otras obtenidas de recursos más ampliamente disponibles, y reemplazar los combustibles fósiles por combustibles renovables.

Situación de la industria

La producción de polisilicio en China en 2007 fue de 1.130 toneladas. Solo 6 productores se dedicaban a la producción de polisilicio: Emei, Luoyang Zhonggui, Sichuan Xinguang, Xuzhou Zhongneng, Wuxi Zhongcai y Shanghai Lingguang.

En la industria de producción de lingotes de silicio hay más de 70 fabricantes. La producción total en el año 2007 fue de 21.400 toneladas.

En 2007, la producción total de paneles FV en China fue de 1.088 MWp, lo que situó al país en el primer puesto del mundo en fabricación FV. Hay más de 50 fabricantes de paneles FV. Los 5 principales son Suntech, Yingli, Hebei Jingao, Jiangsu Linyang, y Nanjing CEEG.

La industria FV creó en 2007 un total de 82.800 puestos de trabajo, 6 veces más que en 2005.



Australia

Situación del mercado en 2007

A finales de 2007, la capacidad instalada acumulada de energía solar FV en Australia fue de 82 MW.

La capacidad instalada anual en 2007 fue de 12,2 MW. Los sistemas conectados a la red representaban el 50% de las instalaciones, y hoy son el 18% de la capacidad instalada. Las principales aplicaciones son los sistemas no domésticos sin conexión a la red (38,7 MW), seguidos de los sistemas domésticos sin conexión a la red (25,9 MW).

Perspectivas del mercado a corto plazo

En Australia no hay objetivos específicos para la energía FV. Sin embargo, el objetivo de energía renovable se ha aumentado a 45.000 GWh en 2020, lo que supondrá una cierta ayuda a la industria FV a corto plazo, y posiblemente más apoyo en el futuro, ya que el objetivo será difícil de alcanzar con otras energías renovables, y los precios de la energía FV están bajando. El nuevo gobierno australiano se ha fijado un objetivo de reducción de emisiones de gases invernadero del 60% en 2050 con respecto a los niveles de 2000, por lo que el mercado de la energía FV y otras renovables aumentará con el tiempo.

Legislación

En 2007 los gobiernos estatal y federales invirtieron 7.44 millones AU\$ en investigación y desarrollo de la energía FV, ligeramente por encima del año anterior. Sin embargo, se produjo un gasto significativo en publicidad, 3.72 millones AU\$, cuando el gasto de promoción del mercado se dobló a 53.53 millones AU\$.

✦ Iniciativas políticas

En noviembre de 2007 fue elegido en Australia un nuevo gobierno laborista. Este gobierno ratificó el protocolo de Kioto, se comprometió a aumentar el objetivo de energía renovable actual de 9.500 GWh en 2010 a 45.000 GWh en 2020, a aumentar significativamente el programa de escuelas solares, y a añadir dos nuevas ciudades solares. La mayoría de estas iniciativas aún no han comenzado, aunque más adelante en el informe se proporcionarán algunos detalles. Así pues, a continuación se describen las actividades existentes que tuvieron una repercusión en el mercado FV durante el año 2007.

El nuevo impulsor más importante del mercado FV en 2007 fue doblar la subvención residencial del programa de descuento FV, pasando de 4.000 AU\$ a 8.000 AU\$ para el primer kW instalado. Esta medida se introdujo en mayo, y originó un crecimiento significativo del mercado en la segunda mitad del año, el establecimiento de muchos nuevos negocios y un aumento considerable de las acreditaciones de instaladores de sistemas FV. El programa recibió una subvención de 150 millones AU\$ a lo largo de 5 años, incluida la financiación de sistemas FV para escuelas y municipios, con derecho al 50% de los costes de los sistemas de hasta 2 kW. Las instalaciones de sistemas crecieron de una media de 300 al mes a más de 1.000, al conseguir, con el aumento de la subvención y otros incentivos, unos tiempos de recuperación de la inversión de unos 20 años o menos, atrayendo así a una base de clientes mucho más amplia. Con el programa de descuento FV se instalaron en 2007 un total de 4,6 MW de energía FV, en contraste con los 1,8 MW del año precedente. En 2008, el gobierno introdujo una prueba de medios para reducir la demanda y mantenerla dentro de los límites del presupuesto.

El segundo importante impulsor de la política fue el aumento del interés por el sistema de primas. La Autoridad de Energía y Agua del Territorio Norte, como parte de la ciudad solar Alice Springs, ofrece una tarifa de 0,45 AU\$/kWh para toda la electricidad generada por las 225 viviendas incluidas en el programa. Esto es más o menos el doble de la tarifa de electricidad diurna, y la recompra tiene un techo de 5 AU\$ por día (limitando de forma efectiva la tarifa a sistemas de 2 kW). Con las subvenciones y las primas, se calcula que los costes de los sistemas se recuperarán en un plazo de 10 años. Los gobiernos de Australia Meridional y Queensland anunciaron nuevas primas de exportación netas de 0,44 AU\$, y el gobierno de Victoria, de 0,66 AU\$. El territorio Capital de Australia está considerando un modelo de exportación total establecido en 3,88 x prima estándar, con el propósito



de devolver los costes de los sistemas en un plazo de 10 años. El gobierno nacional ha mostrado su interés por un sistema de primas FV uniforme en toda Australia, y está emprendiendo una revisión de estados, compañías suministradoras y programas internacionales

❖ **Actividades de promoción (comerciales y no comerciales)**

El aumento del descuento FV estimuló la competencia en el mercado, así como el surgimiento de nuevas ideas de marketing. Entre estas últimas se incluían las opciones de compra al por mayor, ofreciendo sistemas de 1 kW por 1.000 AU\$ o menos, en caso de que hubiera una participación de 50 o más viviendas.

Las distintas ciudades solares (véase más adelante) han llevado a cabo diversas actividades de promoción, incluidas ferias, campañas por correo y ofertas especiales basadas en Internet. Esto ha aumentado significativamente la concienciación sobre la energía FV en los municipios seleccionados como objetivo. Este interés se verá reforzado en los próximos años, ya que en las ciudades solares hay instalados cada vez más sistemas FV municipales de nivel alto y más sistemas residenciales.

❖ **Otros nuevos impulsores**

Con los elevados descuentos, la energía FV ha comenzado a introducirse en el mercado minorista general, con grandes almacenes de equipos, constructores, así como tiendas solares y campañas de venta o promoción de la energía FV dirigidas por los gobiernos locales. Esto aumentará la concienciación del público y la competencia con el paso del tiempo. También están mejorando las facilidades de compra, así como la gama de sistemas y los paquetes de financiación disponibles. Varias empresas ofrecen paquetes combinados de calentamiento de agua solar y energía FV.

Se ha producido un aumento significativo del número de sistemas FV instalados en edificios comerciales y públicos, como parte de los programas corporativos o gubernamentales de edificios verdes o de reducción de gases invernadero. Se espera que esta tendencia continúe cuando se inicien las instalaciones de las ciudades solares, se perfeccionen los estándares energéticos de los edificios, y aumenten los precios de la energía por efecto de los precios de los recursos internacionales, la modernización de las infraestructuras y el comercio de emisiones.

❖ **Desarrollos de las compañías de suministro eléctrico y los responsables públicos**

Diversas compañías de suministro eléctrico ofrecen sistemas de primas, la mayoría por exportación neta, pero una de ellas ofrece una prima por generación al por mayor a una base de clientes seleccionados.

De conformidad con los mandatos gubernamentales, las compañías de suministro eléctrico están empezando a cambiar a medidores de "intervalo" electrónicos, que a su vez permitirán la introducción de tarifas por tiempo de uso. La importancia de esto para la industria FV dependerá de la estructura de la tarifa. Por ejemplo, Energy Australia ofrece una prima para sistemas FV de 0,28 AU\$. Sin embargo, esta tarifa solo se aplica entre las 2 p. m. y las 8 p. m., lo que favorece a los sistemas orientados al oeste. En Sídney, un sistema orientado al oeste producirá un 25% menos de electricidad durante el año, que un sistema orientado al norte.

Situación de la industria

La producción FV en Australia se ha mantenido estable en 36 MW de células y 9 MW de módulos fabricados por BP Solar. En Australia sólo hay un fabricante de módulos: BP Solar. Solar Systems fabrica sistemas FV de concentrador con células importadas, pero está poniendo en marcha la fabricación de células en Australia. BP Solar fabrica sus propias células con obleas importadas. BP Solar exporta el 75% de las células y el 52% de los módulos fabricados en su planta de Sídney. En 2007 continuó la estandarización de los productos, y se comercializaron sistemas de kit más grandes. Se introdujeron recubrimientos antirreflejos mejorados en los cristales.



© CRES

Créditos

Investigadores y analistas de hipótesis

Christoph Wolfsegger, Daniel Fraile

Editor

Patricia Philbin

Coordinador de Greenpeace y analista de hipótesis

Sven Teske

Coordinador de EPIA

Marie Latour

Diseño

Mark Bitter

Con la participación de:

Florence Limet – EPIA

Sophie Lenoir – EPIA

Wael Elamine –

Syndicat des Energies Renouvelables, Francia

Tomas Diaz – ASIF, España

Ilaria Cavalli – GIF, Italia

Yoon, Kyung-Hoon –

Korea Institute of Energy Research, Corea del Sur

John Coequyt – Greenpeace USA

Scott Hennessey – SEIA, USA

Athena Ronquillo Blaesteros –

Greenpeace International / Sudeste asiático

Tara – Greenpeace SoSudeste asiático

Ailun Yang – Greenpeace China

Catherine Fitzpaterick, Mark Wakeham – Greenpeace

Australia Pacífico

Foto portada: © CONERGY AG

Foto contraportada: © ISOFOTON

EPIA. La Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica (EPIA) es la mayor organización, a nivel mundial, sobre Energía Solar Fotovoltaica. El objetivo de esta Asociación es la promoción de la Tecnología Fotovoltaica a nivel nacional, europeo e internacional, así como el apoyo a sus miembros para desarrollar sus negocios en Europa y en mercados exteriores.

EPIA Secretariat Offices

Renewable Energy House

Rue d'Arlon, 63-65

1040 Brussels - Belgium

Tel.: + 32 2 465 38 84 - Fax: +32 2 400 10 10

pol@epia.org

www.epia

Greenpeace es una organización de promoción de campañas, mundial e independiente, que actúa para cambiar actitudes y comportamientos con el fin de proteger y conservar el Medioambiente y promover la paz:

- ❖ Investigando, poniendo de manifiesto y combatiendo los abusos contra el Medioambiente.
- ❖ Desafiando al poder político y económico de los que pueden llevar a cabo el cambio.
- ❖ Impulsando soluciones responsables con el Medioambiente y socialmente justas que ofrezcan esperanza a las generaciones presentes y futuras.
- ❖ Inspirando a la gente a que sea responsable con el planeta

Greenpeace International

Ottho Heldringstraat 5

1066 AZ Amsterdam, The Netherlands

Tel.: +31 20 718 2000 - Fax: +31 20 514 815

sven.teske@int.greenpeace.org

www.greenpeace.org

www.epia.org



© ISOFOTON



**European Photovoltaic Industry Association
Renewable Energy House**

Rue d'Arlon 63-65
1040 Brussels - Belgium
Tel.: +32 2 465 38 84 - Fax: +32 2 400 10 10
pol@epia.org
www.epia.org

GREENPEACE

Greenpeace International

Otto Heldringstraat 5
1066 AZ Amsterdam
The Netherlands
Tel.: +31 20 718 2000 - Fax: +31 20 514 815
sven.teske@int.greenpeace.org
www.greenpeace.org