

PROPUESTA
PARA EL DESARROLLO
DE LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA
EN ESPAÑA

25 de mayo de 2005



ÍNDICE

Introducción	3
Situación en el mundo	5
El problema del silicio	7
Situación en España	11
El caso alemán	15
Una propuesta de desarrollo industrial integrado para la energía fotovoltaica en España. Valoración económica y horizonte temporal	17
Referencias	19
Glosario	20

Introducción

La Energía solar fotovoltaica se presenta como una de las tecnologías de producción energética más benignas con el medio ambiente. El relativamente bajo impacto ambiental de las tecnologías asociadas a la producción de paneles fotovoltaicos y la capacidad para convertir directamente la luz del sol en electricidad, sin emisiones de CO₂, permiten vislumbrar una futura era solar para la generación de energía en todo el mundo. Existen trabajos que plantean una red eléctrica fotovoltaica mundial, que resolvería en gran medida el problema de la acumulación de la energía fotovoltaica.

La energía solar se enfrenta actualmente con diversos retos tecnológicos, pero, sobre todo, con la dificultad de introducir en el mercado una fuente energética con un precio del kWh alto (en la valoración económica convencional, sin tener en cuenta las externalidades energéticas), si lo comparamos con otras tecnologías. Sin embargo, este alto precio va disminuyendo, estimándose que cada vez que se duplica la producción el coste de la instalación se reduce un 18 % [1]. En consecuencia, uno de los factores que permitirían la reducción de precios es el salto a una producción a gran escala. La producción de generadores fotovoltaicos de electricidad está experimentando unos crecimientos considerables en los últimos años, permitiendo vislumbrar esa transición a la producción en masa.

Sin embargo, durante los últimos años ha surgido un inconveniente relacionado con una de las etapas de producción de los paneles fotovoltaicos: la escasez de silicio.

Los paneles fotovoltaicos se componen básicamente de silicio en un estado muy puro, denominado *silicio grado semiconductor*. La cadena industrial parte del mineral de cuarzo, del cual se extrae el *silicio grado metalúrgico*. Este silicio se refina hasta obtener *polisilicio*, que se presenta en pequeñas bolitas formadas por silicio grado semiconductor. A continuación se forman *lingotes* de polisilicio, es decir barras de silicio con una estructura cristalina determinada. El siguiente paso es la obtención de *obleas*, resultantes de cortar los lingotes de silicio en finas "rodajas". Con estas obleas se fabrican las células solares fotovoltaicas, capaces de producir electricidad y que finalmente se agrupan y empaquetan en los paneles solares, que son las unidades comerciales de producción de energía solar fotovoltaica.

Hasta hace unos años, el silicio grado semiconductor se ha refinado para uso mayoritario de la industria microelectrónica. Al crecer la industria fotovoltaica y aumentar por tanto las necesidades de material base, la industria del silicio no ha sido capaz de adaptarse a esta situación, viéndose incapaz de satisfacer las necesidades de la industria fotovoltaica y microelectrónica simultáneamente.

Así pues, a pesar de que las factorías de células y paneles solares han experimentado un fuerte aumento de sus capacidades de fabricación y de la demanda creciente de paneles solares, empiezan a manifestarse los efectos de

la carencia de materia prima. Nuevas ampliaciones de capacidad de fabricación han sido paralizadas e incluso algunas empresas se enfrentan a una reducción de sus producciones y del número de puestos de trabajo en sus factorías.

Por otro lado, la industria fotovoltaica española, líder hasta hace poco a escala europea, ha sido desbancada de su puesto por el empuje alemán.

La siguiente propuesta tiene como objetivo estimular a las entidades públicas españolas a aportar su esfuerzo en la resolución del problema del silicio. Una actuación como la que propone este documento contribuiría no solo a impulsar el desarrollo de la energía solar fotovoltaica, sino que volvería a colocar a nuestro país en el grupo de cabeza de la industria fotovoltaica mundial, creando nuevos puestos de trabajo y afianzando los ya existentes. Finalmente, pero no menos importante, facilitaría la transición hacia una era solar mas justa y menos dañina con el medio ambiente.

Situación en el mundo

La producción mundial de generadores fotovoltaicos ha experimentado un crecimiento constante en los últimos veinte años. La figura 1 muestra la potencia pico producida en Europa, Japón, EEUU y en el mundo. Se puede observar que las tasas de crecimiento de la potencia fabricada se disparan a partir de finales de los noventa, especialmente en Europa y Japón.

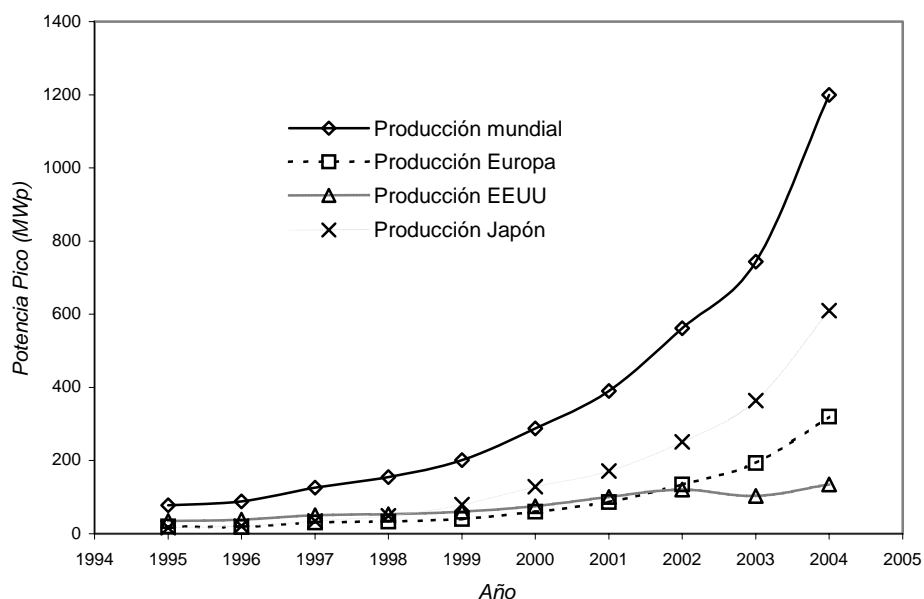


Figura 1: Producción mundial, europea, japonesa y estadounidense de paneles solares, expresada en MWp. (Fuente PVNews, March 2004/2005)

La prestigiosa revista PHOTON International, estima que la demanda de energía fotovoltaica continuará creciendo, con tasas de 30 % a 40 % en el presente año y de al menos 30 % entre los años 2006 a 2010. La demanda en Japón crecerá entre un 20 % y un 30 % anualmente hasta el 2010, a pesar de la reducción de los incentivos gubernamentales. Se albergan perspectivas aun mejores en Alemania, con un crecimiento del 50 % en el presente año, un 40 % en el 2006 y al menos de un 30 % para el año 2010. En Estados Unidos y en el resto del mundo se estima que el crecimiento de la demanda de energía fotovoltaica será de al menos un 30 % hasta el año 2010. Países como España, Corea del Sur y China pueden jugar papeles importantes. En el caso de España se ha llegado a hablar de la siguiente Alemania, en lo que respecta al menos a tecnología y producción. En el caso de Corea del Sur existen planes para instalar una gran capacidad (1.3 GW para el 2011), mientras China continuará con su política de instalaciones rurales [2].

En cuanto a las tecnologías fotovoltaicas, las basadas en el uso del silicio policristalino y monocristalino como material semiconductor suponían un 89.5

% de la potencia fotovoltaica total [3], situación que se prevé que continúe en el futuro.

Parece claro que la energía fotovoltaica se presenta como una de las fuentes energéticas que experimentará un desarrollo más acentuado tanto en el corto, como en el medio y largo plazo. Nuestro país debería jugar un importante papel en este campo, tanto en lo que respecta al desarrollo científico de esta fuente energética como a su producción e instalación, dentro y fuera de nuestras fronteras.

El problema del silicio

La fuente principal del silicio necesario para la fabricación de obleas de uso fotovoltaico está asociada a diferentes etapas del proceso de fabricación del silicio utilizado en la industria microelectrónica. Sin embargo, la industria fotovoltaica no precisa un grado de pureza tan alto como las aplicaciones microelectrónicas.

El proceso consiste en la obtención de dióxido de silicio (SiO_2) a partir del mineral cuarcita. Mediante un proceso de reducción con electrodos de carbón se obtiene el *silicio de grado metalúrgico*, con una pureza de aproximadamente un 99 %. Este silicio se utiliza en la industria química y del aluminio, además de continuar su procesado para conseguir una mayor pureza, apropiada para su uso en la industria microelectrónica. Este silicio es el denominado *silicio de grado semiconductor* caracterizado por una elevada pureza. Se presenta en forma de guijarros y estructura policristalina, denominándose también *polisilicio*. En el ámbito mundial, existen siete empresas que producen el 90 % del polisilicio. Seis de ellas producen asimismo obleas (el paso previo a la célula fotovoltaica) [4], [5].

Puesto que la industria fotovoltaica no precisa un silicio de tan alta pureza, una parte del silicio utilizado en la fabricación de *células solares* (hasta 1998 prácticamente la totalidad) proviene de silicio que no cumplió todos los requerimientos del silicio grado semiconductor (off-spec Silicon), de los restos adheridos a los moldes de los lingotes, de las puntas y colas de los lingotes en los que se crece el polisilicio etc. [6],[7]. Hasta el año 1998, 2000 t a 3000 t anuales de “desperdicios” del silicio de grado semiconductor empleado por la industria microelectrónica eran suficientes para satisfacer las necesidades de la industria fotovoltaica. Sin embargo, el crecimiento de la industria fotovoltaica, a velocidades de entre un 34 % hasta un 54 %, obligó a utilizar Silicio no primario (una versión menos pura del silicio de grado semiconductor) e incluso silicio de grado semiconductor primario (la versión más pura del silicio semiconductor) [8].

La importante demanda de la industria solar, alcanzó valores de 9000 t y 13000 t en 2003 y 2004 respectivamente. La magnitud que alcanza ese consumo, puede compararse con las 17000 t y 20000 t utilizadas por la industria microelectrónica en los mismos años [9]. Hay que considerar que la industria del silicio tenía en 2004 una capacidad de producción de unas 29000 t anuales. La diferencia entre lo consumido y lo producido se satisfizo con el reciclaje y aprovechamiento de restos de silicio, junto con la reducción de las reservas de silicio que poseen las empresas. Se estima que la industria fotovoltaica consumirá 17000 t de silicio en 2005, y 21000 t en 2006. Este incremento de las necesidades supera las capacidades de producción de silicio que entrarán en funcionamiento durante esos años. De nuevo, el resto del silicio habrá de obtenerse del reciclaje, reservas de silicio y “desperdicios” del sector microelectrónico. Incluso si la demanda es mayor, la producción de paneles

habrá de limitarse a crecer en un 40 % y un 30 % en los años 2005 y 2006 respectivamente [2], [10].

Una estimación efectuada el año 2002, probablemente demasiado discreta, predecía que la industria fotovoltaica precisaría entre 5600 t y 9900 t de silicio apto para el uso fotovoltaico hacia el año 2010, independientemente de la industria microelectrónica [4].

Más recientemente, la asociación Europea de la Industria Fotovoltaica (EPIA), basándose en una previsión de crecimiento anual de un 27 %, estimaba que para el año 2020 la demanda de polisilicio podría alcanzar 200000 t anuales (suponiendo un crecimiento del 27 %, una producción de células de 45 GW, con una necesidad de 6 g de silicio por watio, en un mercado donde el 70 % de la producción partiría de silicio cristalino) [9]. Es decir, aún en un escenario modesto en comparación con la evolución de la industria fotovoltaica de los últimos años, es preciso un enorme esfuerzo para impulsar la "era solar" que se avecina, evitando un estancamiento debido a la carencia de polisilicio.

La posibilidad de fabricar paneles fotovoltaicos, y, por tanto, de generar energía eléctrica a partir de la radiación solar, depende de la disponibilidad de células solares. A su vez sólo es posible fabricar células solares si se dispone de las adecuadas obleas de silicio. Así pues, el lento desarrollo de la capacidad de producción en algunos puntos de la cadena de fabricación de la industria fotovoltaica (obtención de silicio grado semiconductor o grado solar), supondrá la infrutilización de otras capacidades de esa cadena (oblas, células, paneles), junto con la imposibilidad de satisfacer las demandas de los clientes de la industria fotovoltaica. Esta situación será grave antes del año 2008 [2], puesto que ya en el presente año se están dando los primeros episodios de desabastecimiento.

Como ejemplo, en Alemania, durante el año 2004 se produjeron 190 MW de células fotovoltaicas, planeándose una producción de 347 MW para el año 2005, es decir, un incremento del 85 %. Los años 2002, 2003 y 2004 vieron unos incrementos de producción de células de 79%, 76 % y 90 %, respectivamente. En lo que se refiere a la capacidad de fabricación de células, en 2004 se situaba en 301 MW, mientras que para el año 2005 se incrementará en un 109 %, y alcanzará 627 MW de capacidad de fabricación de células. Sin embargo, la capacidad de fabricación de obleas en Alemania ascendía a unos 200 MW en 2004 y se estima que a 250 MW en 2005. La capacidad de producción de paneles fotovoltaicos aumentó en al menos un 50 % en 2004 y 2005, probablemente más, debido a la aparición de nuevos fabricantes y al crecimiento de pequeñas factorías. Estos crecimientos responden al aumento de la demanda de paneles fotovoltaicos, pero exceden el suministro disponible de células. Esta situación se mantendrá a lo largo de 2006, con una sobrecapacidad de producción de paneles, con relación a la carencia de células [2].

En el ámbito mundial, se estima que en 2005 la producción de paneles oscilará entre 800 MW y 1.4 GW, es decir, entre una reducción de un 20 % o un aumento de un 30 %. En cualquiera de los casos, es seguro que la capacidad de fabricación de muchas empresas no podrá alcanzar sus valores máximos en los próximos años, debido a la carencia material para fabricar obleas. La hipótesis más optimista supone que la situación podría empezar a mejorar hacia 2007 [2].

Se puede comprobar que hay un claro déficit en la cantidad de obleas disponibles. Sin embargo, el principal problema se encuentra en la carencia de silicio para la producción de obleas, que afecta a toda la cadena de producción. Incluso se están dilatando en el tiempo proyectos de fábricas de paneles solares a causa de la incertidumbre sobre la disponibilidad del material primario. Varios fabricantes de células y módulos han reducido el anunciado incremento de producción [2].

Un importante fabricante de polisilicio (Wacker) augura una grave carencia de material básico para al menos dos años, que estima en 5000 t para el 2005 y 4000 t para el 2006, suponiendo un (moderadísimo) crecimiento de la industria fotovoltaica de un 20 % anual. Esta situación supondría una reducción en la producción de paneles solares de 400 MW en 2005 y 300 MW en 2006 [10].

La industria fabricante de polisilicio mantiene una política de prioridades que favorece a la industria microelectrónica. En parte, debido a una tradición comercial, que aún considera a la industria fotovoltaica como un recién llegado poco fiable y en parte debido, precisamente, a la carencia de un compromiso de adquisición de polisilicio a largo plazo por parte de los fabricantes de lingotes y obleas para uso fotovoltaico[2]. A pesar de ello, la industria del polisilicio está expandiendo sus capacidades de producción, que podrá utilizar hacia 2007. Aun así, el crecimiento de la industria fotovoltaica llegará a un estancamiento en dos o tres años, debido a la carencia de polisilicio [9].

Sin embargo, la pureza del silicio grado semiconductor 99.9999999 % [5] es más elevada que la que precisa la aplicación fotovoltaica: bastaría con un silicio de menor pureza y en teoría menos caro de fabricar que el silicio grado semiconductor. Ese sería el denominado *silicio grado solar*.

En lo que se refiere a la producción mundial de silicio grado solar (SoG), la empresa Hemlock Semiconductor planea tener listo un proceso de producción para el año 2008. La empresa Tokuyama Corporation mantiene actualmente una pequeña planta piloto que produce 10 t anuales, prevé ampliar hasta 200 t en el presente año y lanzarse a una producción a mayor escala en el año 2008. Un consorcio EEUU-Noruega, Solar Grade Silicon planea producir 200 t en 2005, alcanzando las 5000 t en 2008. En Europa, el consorcio Alemán JSSI pretende producir este año entre 20 t y 100 t alcanzando 1000 t hacia 2008. Asimismo Elkem decidirá el presente año sobre la posible instalación de una planta piloto de entre 100 t y 250 t para alcanzar entre 2000 t y 5000 t hacia el año 2006 [9]. En conjunto, los analistas estiman que la expansión de la capacidad de

producción de los fabricantes de silicio alcanzaría unas 10000 t adicionales hacia finales de 2007 [2]. Si se alcanzara este valor (algo dudoso, debido a la alta probabilidad de que produzcan retrasos en los planes descritos), es posible que se satisfagan las necesidades del año 2007, pero solo sería un retraso al problema del cuello de botella que supone la carencia de silicio para la industria fotovoltaica.

Algunas empresas fabricantes de lingotes y obleas han firmado con sus clientes contratos con incrementos del 50 % en la cantidad de producto suministrado. Los analistas estiman que una expansión realista de estas empresas se situaría en torno al 40 % y al 30 % para los años 2005 y 2006 respectivamente. Aunque el suministro de silicio para estas fábricas de lingotes y obleas parece asegurado hasta 2006, hay que tener en cuenta que la carencia de silicio ha supuesto el retraso en el aumento de capacidad de producción de algunas empresas fabricantes de lingotes y obleas. A pesar de la declaración de tener contratos de suministro de silicio, se han registrado casos de retrasos e incumplimientos de suministro de obleas, especialmente para pequeños fabricantes de células. Paradójicamente, debido a los planes de incremento de capacidad de producción de lingotes y obleas, se espera un exceso en la capacidad de producción, hasta que se resuelvan los problemas de suministro de silicio [2].

Debido a la limitación de la capacidad de suministro de obleas, los planes de expansión de las fábricas de células fotovoltaicas están sufriendo el consiguiente retraso. A pesar de que el aumento anunciado por las fábricas de células de su capacidad de producción rondaría un 60 % en 2005, la realidad es que ese crecimiento en la capacidad de producción se limitará a un máximo del 50 %, superando la oferta de obleas. Estas empresas tendrán una capacidad de producción sobredimensionada hacia 2006 [2].

Resulta evidente que la solución a esta barrera para el desarrollo de la industria fotovoltaica se ha de basar en la producción de polisilicio no primario o en el desarrollo y producción de silicio grado solar. Consideramos que España debería jugar un papel importante en ese eslabón de la cadena de producción fotovoltaica, apostando por la producción de silicio grado solar.

Situación en España

El primer plan de energías renovables se aprueba en el año 1986 y en él se prevén la instalación de 3 MWp para el año 1992. Tan magros objetivos se superaron tímidamente y a principios de 1991 ya existían 3,2 MWp instalados.

Posteriormente, se aprueba el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética como un anexo del Plan Energético Nacional 1991-2000. Este plan puede considerarse el primer paso efectivo para el fomento de las energías renovables en nuestro país, teniendo por objetivo aumentar la contribución de las energías renovables al balance energético nacional. En lo que respecta a la energía fotovoltaica, se proponía aumentar la potencia entonces existente (3,2 MWp, como se ha indicado) en otros 2.5 MWp al final del periodo contemplado en el plan. Ese objetivo se vio ampliamente superado al alcanzarse aproximadamente 12 MWp en 2000 [11].

El siguiente paso lo constituye el Plan de Fomento de las Energías Renovables para el periodo 2000-2010, que incluye subvenciones para proyectos de I+D, subvenciones y financiación a la instalación de sistemas fotovoltaicos, desarrollo de normativa para la conexión a la red eléctrica y exención de impuestos y tasas para las instalaciones fotovoltaicas. Sus objetivos fueron revisados al alza al aprobarse el Plan de Infraestructuras de Electricidad y Gas (2002-2011).

Con posterioridad, la Ley del Sector Eléctrico (54/1997) abre la posibilidad de que las energías renovables que se empleen para la producción de electricidad, tengan acceso preferente a la red y puedan cobrar precios superiores a los resultantes del sistema de ofertas que se consolida para el llamado "régimen ordinario", en el que se incluyen las centrales convencionales. En una modificación legal posterior (Ley 14/2000) se prevén primas especiales para la energía de origen solar.

Existe un primer Real decreto que contempla el tratamiento económico de las energías renovables de 1998, que es sustituido por el Real Decreto 436/2004, en el que, las instalaciones conectadas a red tienen garantizada una remuneración por cada kWh inyectado a la red por valor de un 575 % sobre el precio del kWh de red, durante los primeros 25 años y un 460 % en adelante. A fecha de hoy, esto equivale a 0.41 €/kWh para instalaciones de hasta 100 kW. Asimismo, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) viene otorgando préstamos del hasta el 70 % del valor de la instalación a bajo interés y subvenciones que pueden llegar a suponer un 15 % del valor de la instalación. En determinados casos estas subvenciones son compatibles con las otorgadas por las comunidades autónomas. Es de señalar la lentitud con que se gestiona la concesión de las subvenciones y la discrecionalidad con que se conceden.

España es un país llamado a ocupar un destacado lugar en el desarrollo e implantación de la energía solar fotovoltaica. Su capacidad tecnológica y su desarrollo tecnológico e investigador así parecen augurarlos. Las condiciones

climáticas permiten un mejor aprovechamiento de esta fuente energética que en casi todo el resto de Europa. Sin embargo y en palabras del propio IDAE: “Las expectativas de crecimiento de la energía solar fotovoltaica en España aún continúan no solo por debajo de lo previsto por el Plan de Fomento, sino también por debajo de su potencial. A finales del 2002, el grado de cumplimiento respecto al objetivo energético intermedio del Plan en el 2006 (61.2 MWp) fue del 19.2 %” [14]. La figura 2 ilustra la afirmación del IDEA. Puede observarse cómo la potencia total instalada en España sólo alcanzó 27 MWp en el año 2003.

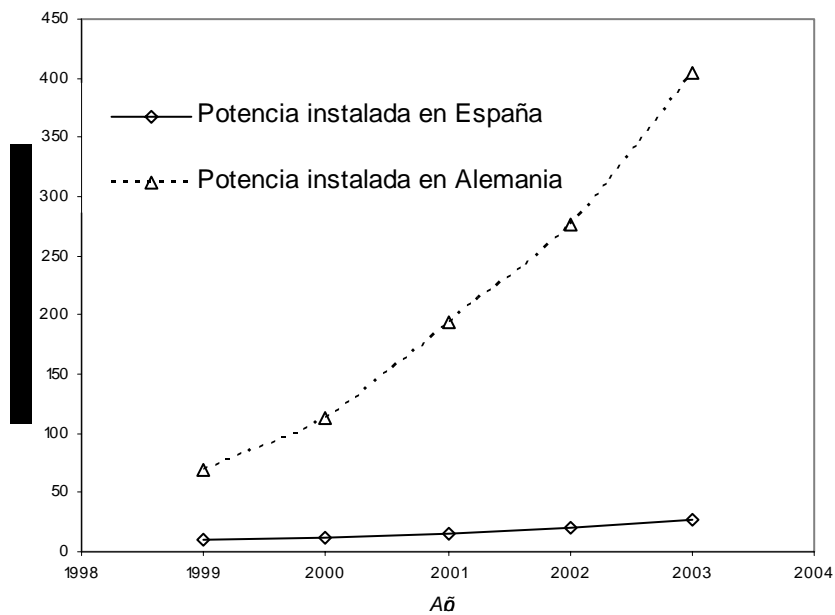


Figura 2: Potencia pico acumulada, instalada en España y en Alemania, expresada en MWp. (Fuentes: ASIF, IDAE, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety de Alemania)

La Asociación de la Industria Fotovoltaica (ASIF), considera que las previsiones del Plan de Fomento han quedado superadas por la dinámica del mercado mundial [1]. Buena muestra de ello es la comparación del crecimiento de la potencia instalada en Alemania con la instalada en España, tal como aparece en la figura 2. El crecimiento del mercado alemán -en principio con condiciones climáticas menos favorables a la energía fotovoltaica- basado en una enérgica actuación institucional y en una conciencia ecológica ciudadana más desarrollada que en la sociedad española, ha supuesto un empuje tal a la industria fotovoltaica alemana que se ha situado por delante de la industria española, líder en Europa años atrás. Esta situación se puede comprobar en la figura 3, donde se observa como la industria alemana ha pasado de una producción virtualmente nula en 1998 a casi duplicar la producción española de 2004:

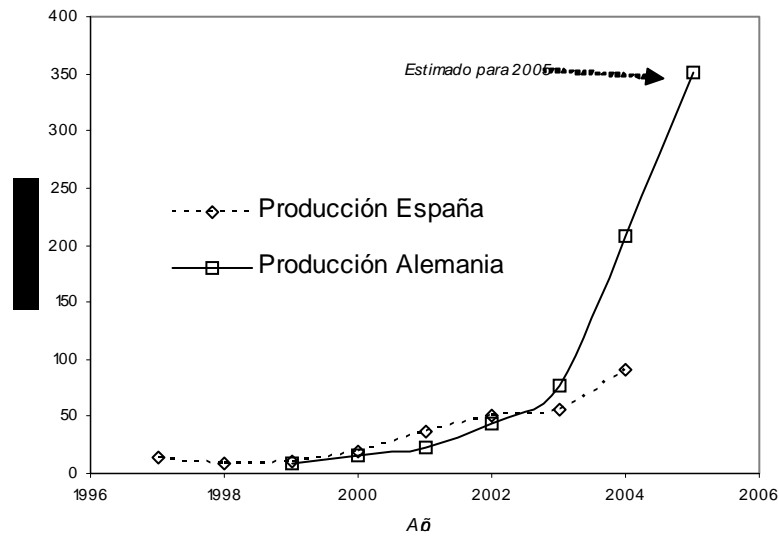


Figura 3: Potencia pico producida en España y en Alemania, expresada en MWp. (Fuentes: Eurobserv'er en "Era Solar", PVNew April 2004 y March 2005 y PI January 2005).

La capacidad de producción de paneles solares de las empresas Atersa, Isofotón y BP solar, con fábricas afincadas en España, ascendía en 2003 a 92 MWp. (Hay que tener en cuenta que en el año 2003 se fabricó realmente una potencia de 56.2 MWp, es decir, poco más del 50 % de la capacidad de producción existente) lo cual representó un 8 % de la producción mundial. Esta industria genera en nuestro país en torno a 5.500 puestos de trabajo directos e indirectos. [1]. Aunque con menores capacidades de producción, las empresas SILIKEN y GAMESA SOLAR también fabrican paneles fotovoltaicos y planean ampliar sus capacidades de producción en los próximos años.

En nuestro país existe un proyecto para la producción de obleas de silicio para aplicaciones solares. La empresa se llama Silicio Solar, que pretende crecer lingotes de silicio y producir obleas. Tiene prevista su entrada en funcionamiento en Julio de 2005. El capital inicial asciende a 45 M€, con origen principalmente británico, junto con ayudas del Gobierno español y de la Junta de Castilla la Mancha, que aportarán hasta un 40 % de la inversión. Una de las principales razones para que esta empresa se haya instalado en nuestro país es la disponibilidad de incentivos gubernamentales [10]. En lo que se refiere al material de base -el polisilicio- su origen será presumiblemente Ucrania, donde se produce un 10 % del total mundial. La mayoría de las obleas producidas serán suministradas a BP solar e Isofotón.

Asimismo, durante el presente año, la fábrica de paneles solares de la empresa Solaria Energía y Medio Ambiente entraría en funcionamiento, con una capacidad de producción de 15 MW. Esta empresa planea incrementar su capacidad de producción exponencialmente en los próximos años. La inversión de esta empresa alcanza los 15 M€. La factoría presenta la particularidad de obtener su energía eléctrica de paneles fotovoltaicos. [13].

El caso alemán

En los últimos años, el mayor impulso a la industria fotovoltaica ha venido dado por Alemania, que se convirtió en 2004 en el mayor mercado fotovoltaico en el ámbito mundial. Esta situación se ha debido, en gran medida, al mayor incentivo gubernamental, hasta principios de 2004. El programa de los 100.000 tejados solares consistía en préstamos para la adquisición de sistemas fotovoltaicos a un interés de 1.9 %, junto con una compra de la energía producida a 50.6 c€/kWh en 2001, reduciéndose un 5 % anual (48.1 c€/kWh y 45.2 c€/kWh en 2002 y 2003 respectivamente). El programa de los 100.000 tejados supuso la instalación de 345 MWp. Al cierre de este programa en 2003, se ha aprobado una nueva ley de producción eléctrica que compensa la producción fotovoltaica de energía con valores que oscilan entre 45.7 c€/kWh y 62.4 c€/kWh, según las características del sistema (techo o fachada, potencia total, aislado de red o conectado)[2].

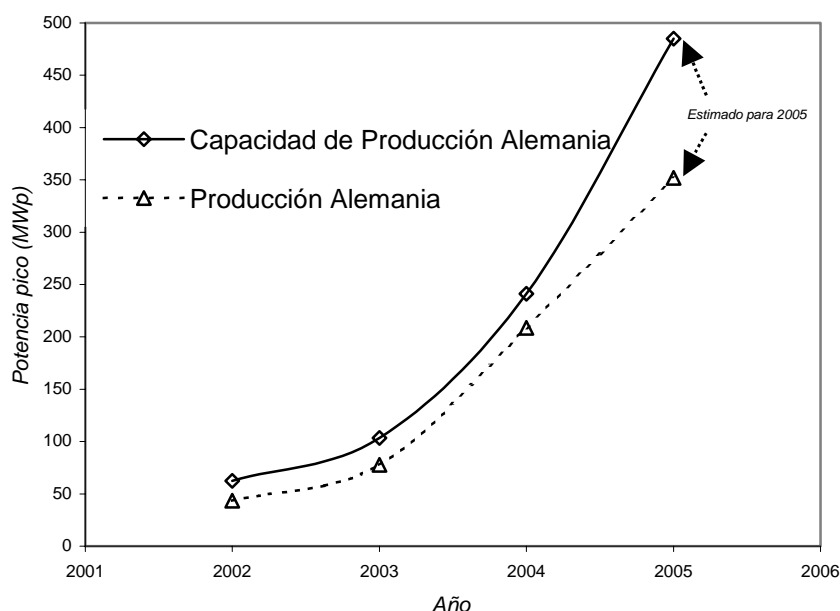


Figura 4: Producción alemana y capacidad de producción de paneles solares, expresada en MWp. (Fuente: Photon International January 2005)

El resultado de las políticas llevadas a cabo, mucho más beneficiosas para la energía fotovoltaica en Alemania que en España, se puede comprobar claramente en las figuras 2 y 3, donde España ha quedado atrás tanto en instalaciones puestas en marcha en su territorio como en la potencia pico de paneles fabricados.

En lo que se refiere al desarrollo industrial de la energía fotovoltaica, durante el año 2004, se fabricaron en Alemania 208.7 MW de paneles solares, es decir un 170 % más que el año anterior (77.6 MW). Los fabricantes planean producir 351.8 MW en 2005, lo cual supone un crecimiento de 69 % en la producción. El

año 2001 a 2002 el crecimiento de la producción fue de un 91, mientras que de 2002 a 2003 fue de 78 %. En lo que respecta a la capacidad de fabricación de paneles fotovoltaicos, la mayoría de las empresas alemanas planean importantes crecimientos, doblando sus capacidades de producción. Así, en el año 2004 era de aproximadamente 241 MW, representando un crecimiento del 133 %, mientras el año anterior el crecimiento en la capacidad de fabricación fue de 66 %. Para el año 2005 se prevé un crecimiento de 101 %, alcanzando una capacidad de fabricación de al menos 485 MW (figura 4) [2].

Una propuesta de desarrollo industrial integrado para la energía fotovoltaica en España. Valoración económica y horizonte temporal

Para Ecologistas en Acción, CCOO y UGT el espíritu de los objetivos medioambientales de Kyoto, requiere un esfuerzo global para reducir las emisiones de CO₂. Un instrumento importante para conseguir este objetivo es el estímulo a la energía fotovoltaica en España. Para ello es indispensable fomentar el cierre de la cadena de producción de paneles solares fotovoltaicos, mediante la promoción de una fábrica de silicio grado solar, combinado con el crecimiento de lingotes de silicio, su corte y la elaboración de obleas. Se debería, asimismo, valorar la oportunidad o no de fabricar células. En un escenario moderado, tal como el descrito por EPIA, partiendo de un consumo de silicio para uso fotovoltaico de 17.000 t en 2005, con un aumento del consumo de silicio en un 18 % anual, se llegaría al año 2020 con un consumo de aproximadamente 200.000 t de silicio para uso solar.

Como se puede observar en la figura 5, para este año 2005 se precisarían 3.000 t adicionales, hacia el año 2013 serían 9.700 t adicionales para llegar en 2020 a 30.000 t adicionales, de un total de 200.000 t que precisaría la industria fotovoltaica ese año. Creemos que es necesaria una decidida actuación del Gobierno para, a través de la SEPI, apoyar la instalación en España de una factoría que obtenga silicio apropiado para el uso solar. En un escenario como el descrito, es improbable que una actuación de este tipo pudiera fracasar.

Parte de la producción de silicio se destinaría a la venta directa a las empresas fotovoltaicas que tuvieran integrada la capacidad de crecer los lingotes de silicio y otra parte se destinaría a una línea de crecimiento de lingotes y producción de obleas, integradas ambas en la fábrica propuesta. La producción de obleas sería útil para suministrar estas a las fabricas de células que no integraran en sus líneas de producción el crecimiento de lingotes y su corte en obleas.

Se propone, por tanto, la instalación en España de una factoría capaz de producir 5000 t anuales de silicio fotovoltaico. Con la información disponible actualmente, estimamos que la operación puede suponer una inversión inicial de 130 M € y si se iniciaran los primeros trabajos a finales del presente año, se empezaría a producir silicio en el año 2008 [4],[14].

Creemos que el camino más razonable es contar con las empresas españolas y alemanas más adelantadas en este campo, integrando en el proyecto el tejido público y privado de investigación disponible en España e intentando una empresa conjunta con el apoyo de la SEPI como accionista mayoritario.

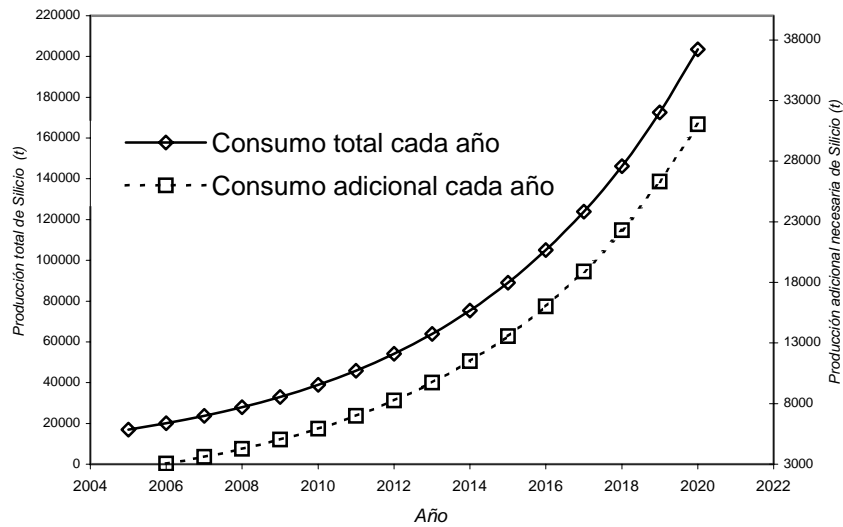


Figura 5: Necesidades mundiales de silicio para la industria fotovoltaica y estimación del silicio adicional que se precisaría cada año, ambas en toneladas, suponiendo un escenario de crecimiento del 18 % anual del silicio requerido.

En cualquier caso, habría que promover, desde la administración española la formación de un comité de expertos, formado por la industria fotovoltaica española, al tejido investigador de nuestro país y posibles socios industriales que hubieran avanzado parte del camino en la producción de silicio grado solar.

Siguiendo esencialmente el esquema propuesto por Woditsch y Koch [4], la propuesta de producir silicio grado solar podría seguir el siguiente esquema:

- 1) Definición técnica del producto (Silicio grado solar) para el uso fotovoltaico, adquisición de conocimientos e integración de socios industriales. 3 meses.
- 2) Transferencia de tecnología y diseño del proyecto- 3 meses.
- 3) Construcción de una planta piloto de al menos 50 toneladas/año. Diseño en paralelo con la tarea anterior de una planta de 5.000 toneladas/año- 24 meses.
- 4) Construcción y puesta en funcionamiento de la planta de producción industrial de 5.000 toneladas/año-18 meses

Referencias

- [1] Hacia una electricidad para todos. Informe ASIF, Octubre 2004.
- [2] PHOTON International, January 2005.
- [3] EurObser'ER 69, Photovoltaic energy barometer-April 2004.
- [4] Solar grade silicon feedstock supply for PV industry. P.Woditsch, W.Koch. Solar Energy Material & Solar Cells 72 (2002) 11-26.
- [5] Fundamentos, dimensionado y aplicaciones de la energía solar fotovoltaica. Ed.Ciemat 2002, capítulo 2.
- [6] K. Kambach. Reuse of Silicon, 19 th EUPSEC, June 2004, Paris.
- [7] Aulich and Schulze. Crystalline Silicon Feedstock for Solar Cells. Prog.Photovol: Res.Appl. 2002; 10:141-147.
- [8] Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. Edited by: Luque, Antonio; Hegedus, Steven. 2003 John Wiley & Sons
- [9] PHOTON International, June 2004.
- [10] PHOTON International, November 2004.
- [11] IEA PVPS. Informe sobre la situación de la energía fotovoltaica en España, <http://www.oja-services.nl/iea-pvps/countries/index.htm>
- [12] Boletín del IDAE nº 6.
- [13] <http://www.erasolar.es/Noticias/PLANTA.htm> y
<http://www.solariaenergia.com/fabrica.html>
- [14] PHOTON International, December 2001.

Glosario

Célula: Unidad básica de producción de energía eléctrica por conversión fotovoltaica de luz solar en electricidad.

Lingote: Barra de polisilicio de la cual se extraen las obleas.

Oblea: Material base para la construcción de las células, fabricada en polisilicio de pureza variable.

Panel solar: Unidad comercial de producción de energía eléctrica por conversión fotovoltaica. Esta formada por la conexión y empaquetamiento conjunto de un grupo de células solares.

Polisilicio: Forma en que se presenta el silicio grado semiconductor antes de fabricar lingotes.

Potencia pico: Potencia máxima producida por un generador fotovoltaico en condiciones estándar. Se utiliza como medida del "tamaño" de un sistema generador de electricidad.

Silicio grado metalúrgico: Silicio apropiado para ciertos usos industriales, de menor pureza que el silicio grado semiconductor y que el silicio grado solar.

Silicio grado semiconductor: Silicio apropiado para su uso en la industria microelectrónica y fotovoltaica. De mayor pureza que el silicio de grado solar.

Silicio grado solar: Silicio apropiado para el uso fotovoltaico. De menor pureza que el silicio de grado semiconductor.

Silicio no primario: Material producido para la industria fotovoltaica, con procedimientos menos estrictos que para el silicio grado semiconductor de la industria microelectrónica. No es lo mismo que el silicio grado solar.