

LA INDUSTRIA FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA

PHOTOVOLTAIC INDUSTRY IN SPAIN

RESUMEN

La energía solar fotovoltaica es una nueva tecnología energética para proporcionarnos electricidad de una fuente primaria abundante y gratuita como es la energía radiante solar. La industria que desarrolla esta tecnología, que permite la obtención de forma respetuosa con el medioambiente de electricidad con la simple exposición directa de una superficie al sol, es una industria de alta tecnología. Las empresas españolas cubren, o tienen planes para cubrir, con calidad, todos los eslabones de la cadena de valor de una instalación fotovoltaica.

Palabras clave: Energía solar, fotovoltaica, industria española, cadena de valor.

ABSTRACT

The photovoltaic solar energy is a new technology that provides us with electricity from an abundant and free source as it is the solar radiation. The industry developing this technology, which allows us to obtain clean electricity with only exposing a surface in the sun, is a high technology industry. Spanish companies cover, or have plans to cover, with quality, the entire Value Chain of a photovoltaic solar installation.

Key words: Solar energy, photovoltaic, spanish industry, value chain.

LA INDUSTRIA FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA

Las empresas y entidades fotovoltaicas españolas cubren, o tienen pla-

Javier Anta Fernández
Ingeniero Industrial
Presidente de la Asociación de la
Industria Fotovoltaica. ASIF

Recibido: 26/09/06

Aceptado: 6/11/06



nes para cubrir, con calidad, todos los eslabones de la cadena de valor de una instalación fotovoltaica la cual, con la sola exposición de una superficie al sol, transforma la energía solar en energía útil, en electricidad.

Así lo apreciaremos si examinamos, exhaustivamente pero con brevedad, a la industria fotovoltaica en España, industria predominantemente de silicio cristalino (no existen fábricas aunque sí una importante investigación, de otras tecnologías).

LA CADENA DE VALOR FOTOVOLTAICA

La cadena de valor de la energía fotovoltaica con base el silicio cristalino la podemos dividir en los siguientes pasos (Fig. 1):

- De cuarcita a silicio metalúrgico.
- De silicio metalúrgico a silicio de grado solar (o polisilicio).
- De silicio de grado solar (o polisilicio) a lingotes.
- De lingotes a obleas.
- De obleas a células.
- De células a módulos.
- De módulos a sistemas fotovoltaicos en funcionamiento (no se incluye este paso en la figura 1).

LA FABRICACIÓN DE SILICIO METALÚRGICO

La materia prima inicial es la cuarcita que es en un 90% sílice (SiO_2), elemento que no sólo es abundante sino que está distribuido por todo el planeta. La cuarcita se somete a un proceso de reducción química para obtener un silicio de pureza del 99% (100 ppm), el silicio de grado metalúrgico. La reducción se hace con carbón de coque en hornos de arco eléctrico. Este silicio de grado metalúrgico es adecuado para esta industria que obtiene con él aleaciones especiales, sin embargo su baja pureza no es adecuada para la industria fotovoltaica, que requiere una pureza mayor.

Esta industria no se considera propiamente fotovoltaica (como tampoco la industria minera anterior que extrae de la montaña la cuarcita), porque la necesidad actual de silicio solar es menos del 2% de la producción del silicio metalúrgico. En España tenemos a la empresa **Ferroatlántica**, produciendo silicio metalúrgico.

La fabricación de silicio de grado solar o polisilicio

El silicio de grado metalúrgico se purifica para obtener el silicio de grado solar o polisilicio; tradicionalmente se ha hecho mediante la descomposición térmica de triclorosilano, (SiHCl_3) o silano (SiH_4) de alta pureza. Existen básicamente dos métodos: el tradicional de la industria electrónica

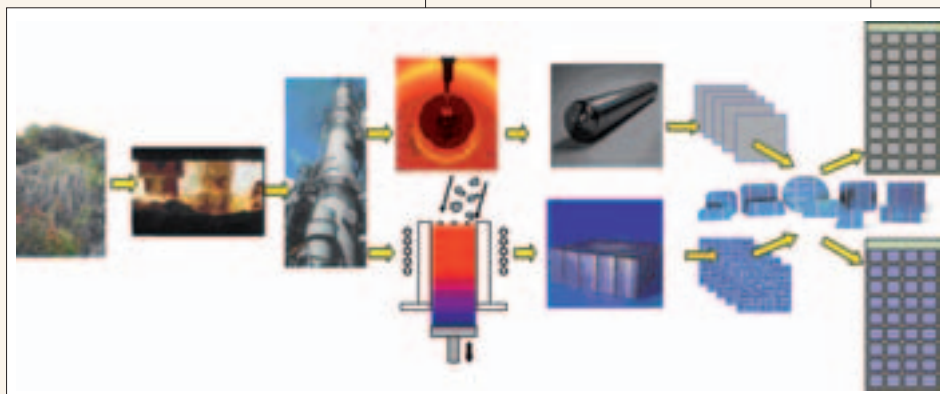


Figura 1. Cadena de valor fotovoltaica

que es el del reactor Siemens y la tecnología de lecho fluido.

- El proceso **Siemens** consiste en introducir el triclorosilano, o silano junto con hidrógeno en un reactor a 1.100 °C. El polisilicio se deposita sobre una barra base de silicio que está dispuesta en el interior del reactor. Una vez se ha depositado sobre la barra el silicio proveniente de la descomposición térmica del triclorosilano o silano, se interrumpe el proceso, que no es continuo, se rompe la barra de polisilicio y los trozos obtenidos se introducirán en los crisoles en el proceso posterior de obtener los lingotes..

- El proceso de lecho fluido para obtener polisilicio consiste en un tubo-reactor de cuarzo por el que se introduce, desde la parte inferior, triclorosilano o silano junto con hidrógeno, y esta mezcla se combina con partículas de polisilicio que se echan desde la parte superior. El silicio se separa del triclorosilano o silano y se deposita sobre los granúlos de silicio creando granúlos más grandes hasta que se hacen de un tamaño que precipita y caen a la parte inferior del reactor de donde se recogen posteriormente. Este proceso requiere temperaturas menores que el proceso Siemens, de 700 °C para el silano y 1.000 °C para el triclorosilano, requiere menos energía y tiene la ventaja de que es un proceso continuo.

Isofotón ha anunciado la creación de una fábrica de polisilicio en Andalucía, para producir silicio purificado (polisilicio) y poder cubrir todas las necesidades del mercado español.

La fabricación de obleas

Una vez conseguido el polisilicio, o silicio de grado solar, la industria fotovoltaica obtiene los lingotes y de los lingotes, la oblea policristalina o monocristalina por los mismos procedimientos que la industria electrónica, por ejemplo, el lingote monocristalino con el Método Czochralski (Cz) con el único cambio que la fundición se hace con silicio de grado solar y no de grado electrónico y el corte de los lingotes en obleas se hace con sierras multihoja o multihilo como método más habitual.

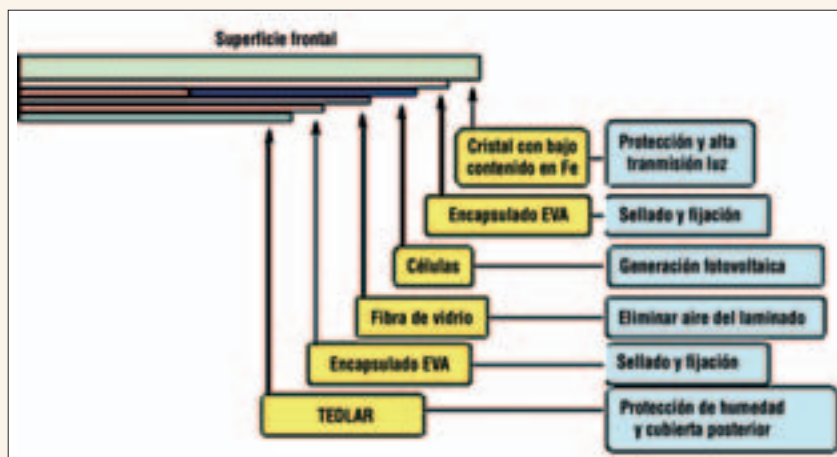


Figura 2. Elementos de un laminado fotovoltaico

En España se está implantando la fábrica de Silicio Solar en Castilla La Mancha para producir lingotes y obleas de silicio. Isofotón también dispone de corte de lingotes en obleas.

La fabricación de células fotovoltaicas de silicio

Las obleas de silicio cristalino, ya dopadas en su proceso de formación de lingotes con impurezas de boro (obleas tipo p), cortadas con un espesor entre 0,2 y 0,3 mm, se introducen en baños químicos que restauran la capa superficial dañada debido al corte de obleas previo realizado en la fabricación de las mismas. Se suele seguir con un texturizado a base de un ataque químico de la superficie lo que aumentará el rendimiento de las células al capturar mayor intensidad lumínica.

A continuación, se crea la unión p-n. Para ello se introducen las obleas dopadas de tipo p en hornos especiales a una temperatura de entre 800-1000 °C, durante un tiempo prefijado y en una atmósfera cargada de átomos de fósforo el cual se va difundiendo sobre la cara de la oblea. Se suele añadir una capa antirreflectante.

Para poder recoger las cargas eléctricas que proporciona la célula una vez que incide la luz sobre ella, se insertan contactos eléctricos que recogerán las cargas que se liberen por acción de la energía intrínseca de los fotones. Los métodos para colocar los contactos sobre la superficie de las células más fiables son principalmente la evaporización al vacío, el

procedimiento electroquímico y el serigráfico siendo éste el más utilizado, dado su bajo costo de producción, así como la facilidad de automatización.

El último paso de la fabricación es la medida y clasificación de las células según su potencia e intensidad de cortocircuito.

Existen otras técnicas de fabricación más complejas que producen células con mayores rendimientos, como es el caso de las células de alto rendimiento Saturno que BP Solar fabrica en España. En nuestro país fabrican células BP Solar e Isofotón.

La fabricación de módulos fotovoltaicos

La fabricación comienza con el soldado de unas cintas de cobre estañadas a la célula; con varias células encintadas en serie se forman tiras y con cuatro tiras de nueve células se forma una serie de 36. Una vez que se tenga la serie de 36 células formada, se trata de protegerla y hacerla manejable. Para este fin se cubre la serie por ambos lados con capas protectoras que además refuerzan el conjunto.

De forma manual o automática se ponen generalmente las siguientes capas (vistas desde la parte frontal, la expuesta al sol, a la posterior): Cristal, EVA, Células Fibra de vidrio (opcional), EVA y Tedlar. La Figura 2 es una vista de esta formación.

Este conjunto se une sólidamente en el proceso de laminación que se realiza mediante una máquina de diseño específico que realiza el ciclo

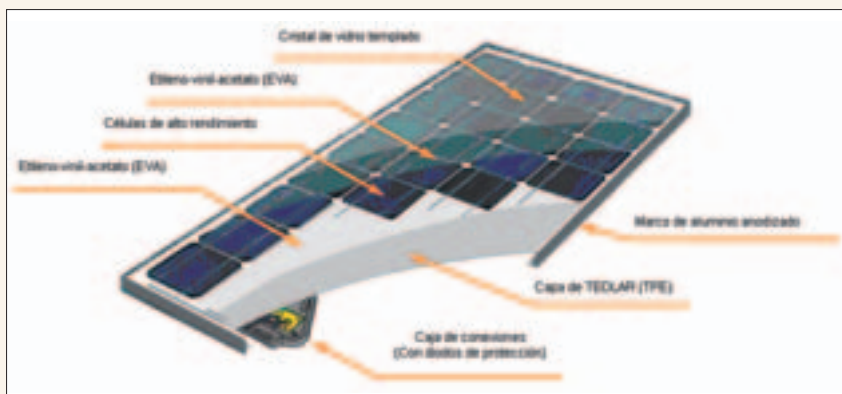


Figura 3. El módulo fotovoltaico

térmico necesario para procesar el encapsulante. En este paso, las capas se convierten en un todo, en una sola pieza compacta, sin aire en su interior, lo que impide la entrada de humedad o partículas, evita corrosiones internas, degradaciones, etc.

Cuando el laminado así formado se enmarca para formar el módulo; el marco que rodea al laminado suele ser de aluminio extruado y estar compuesto de cuatro piezas que se unen con cantoneras o con tornillos.

La fijación y sellado del marco sobre el laminado se realiza con silicona, resina butílica o productos similares o bien con cinta adhesiva de doble cara.

Antes o después de colocar el marco, se fija la caja de conexiones eléctricas bien directamente sobre la parte posterior del laminado con cinta adhesiva de doble cara, silicona o adhesivo equivalente, o bien utilizando el marco como elemento adicional de apoyo.

La medida del módulo consiste en exponer el módulo a una radiación luminosa de espectro similar al solar y comprobar la potencia real del módulo.

España tiene varios fabricantes de módulos: **Atersa, BP Solar, Gamesa Solar, Gruposolar, Instalaciones Pevafersa, Isofotón, Siliken, Solaria Energía y Vidursolar.**

La fabricación de otros componentes del sistema fotovoltaico

España fabrica todos los componentes del sistema que no son módulos, tales como inversores, reguladores, instrumentación y medida, cables, estructuras tanto fijas como con seguimiento, accesorios, etc.

La mayoría de las empresas fabricantes, tanto de módulos como de otros componentes del sistema fotovoltaico, son socios en la **Asociación de la Industria Fotovoltaica (ASIF)** y sus coordenadas pueden ser encontradas en la web de esta asociación (HYPERLINK "<http://www.asif.org>" www.asif.org).

EL SISTEMA FOTOVOLTAICO

El amplio elenco profesional de empresas españolas cubre toda nuestra geografía para terminar la cadena de valor: distribuidores, consultores, ingenierías e instaladores, etc. Todos ellos también pueden ser encontrados en la página web de **ASIF**.

Tiempo de recuperación energética de un sistema fotovoltaico

Hay un prejuicio testarudamente rondando entre nosotros y es que la energía que empleamos en hacer un sistema fotovoltaico es menor que la

que luego nos da el sistema a lo largo de su vida. Afortunadamente esto no es así porque, si lo fuera, no tendría sentido el esfuerzo que está haciendo la Sociedad de los países desarrollados y la industria.

Con la tecnología más empleada ahora, la de silicio cristalino; podemos apreciar en la Figura 4, la evolución positiva del tiempo de recuperación energética y cómo el prejuicio que existe en este tema puede tener origen en la situación que hubo en los momentos iniciales cuando se descubrió la célula de silicio (en los años 50 del siglo pasado), momentos en los que efectivamente se necesitaba más energía para producir esas primeras células de la que luego iba a salir de ellas.

CONSIDERACIONES FINALES

Terminamos como hemos empezado, diciendo que las empresas y entidades fotovoltaicas españolas cubren, o tienen planes para cubrir, con calidad, todos los eslabones de la cadena de valor de la instalación de generación eléctrica fotovoltaica (Fig. 5).

Esta industria que da trabajo a más de 7.000 personas por toda la geografía española, que invierte decenas de millones de euros cada año y que exporta la mayoría de su producción, tiene su sustento en la voluntad de la sociedad española de seguir apoyando el desarrollo de esta nueva

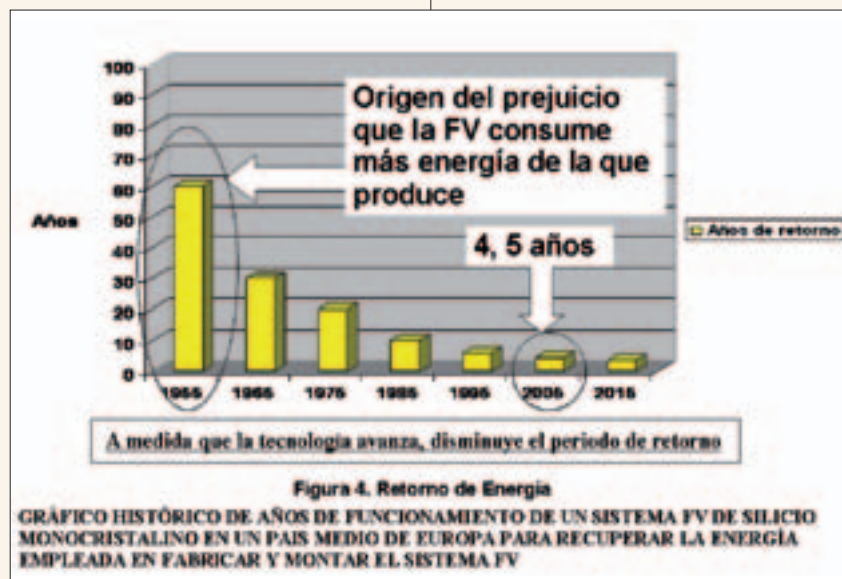


Figura 4. Retorno de energía

y limpia forma de generar electricidad.

Sin ese apoyo materializado con las disposiciones reguladoras pertinentes, esta industria no tendría futuro. Su futuro depende de que, entre otros, los lectores de este artículo estén de acuerdo en que debemos seguir explorando las capacidades y potencial de esta tecnología.

BIBLIOGRAFÍA

- *Fundamentos, Dimensionado y aplicaciones de la Energía solar fotovoltaica*. Publicado por el CIEMAT.
- EDURADO, Lorenzo. *Solar Electricity. Engineering of Photovoltaic Systems*. Publicado por la Universidad Politécnica de Madrid.
- Profesor A. GREEN Martin. *Third Generation Photovoltaics. Advanced Solar Energy Conversion*. Publicado por Springer series in Photonics.
- Energía Solar Fotovoltaica. Normas UNE. Ediciones AENOR. Publicado por Consolar.



Figura 5. La cadena de valor FV en España

- Informe ASIF 2006, *Hacia una electricidad competitiva*.
- Dr. AULICH Hubert A. *Silicon Supply of solar PV I*. Publicado en *Renewable Energy World*, Nov-Dec 2002
- ALCOR, Enrique. *Instalaciones de energía solar fotovoltaica*. Publicado por Progenisa.
- WENHAM, Stuart et al. *Applied photovoltaics*. Publicado por el Centre of Photovoltaic Devices and Systems.
- WOHLGEMUTH, J. *Photovoltaic Manufacturing Module Technology Improvements*. Publicado por NREL. ■

2ª Jornada Internacional sobre ENERGÍA MARINA

25 de enero de 2007
Bilbao Exhibition Centre (BEC), Barakaldo, Bizkaia

www.eve.es

8:30 Recepción y entrega de documentación
9:00 Inauguración a cargo de

- D.ª Ana Aguirre Zurutuza, Consejera de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno Vasco y presidenta del Ente Vasco de la Energía (EVE).

9:15 Introducción: Energía marina y sus posibilidades a nivel mundial

- Panorámica global del sector y actuaciones en Portugal. D. Luis Gato, Instituto Superior Técnico (Portugal).
- Disponibilidad de recursos mundiales y posibilidades de la costa vasca. D. Manuel González, Azti-Tecnalia.

10:15 Actuaciones de los gobiernos

- D. Gonzalo Molina, DG-TREN.
- D. John Spurgeon, Reino Unido, DTI.

11:15 Pausa café

11:45 Presentación tecnologías/empresas I

- D. Hans Van Breugel, Archimedes Wave Swing.
- D. Hans Christian Soerensen, Wave Dragon.
- D. Pablo Ruiz Minguela, Corporación Tecnalia.

12:45 Presentación tecnologías/empresas II

- D. David Langston, Wavegen (Voith & Siemens Company).
- D. Des McGinnes, Ocean Power Delivery (OPD).

- D. Abel Cucurella Ripoll, Pipo Systems.

13:45 Lunch

15:30 Oportunidades y proyectos de desarrollo

- Actuaciones del EVE en el campo de la energía marina. D. Javier Marqués, Ente Vasco de la Energía (EVE).
- Planta experimental de Santoña con tecnología OPT. D. Roberto Legaz, Iberdrola Energías Renovables.
- Planta en Portugal con tecnología OPD. D. Rui Barros, Enersis (Portugal).

16:30 Medio Ambiente, Normalización y Marco Regulatorio

- Normalización en el sector de las energías marinas. D. Claudio Bittencourt, Det Norske Veritas (DNV)
- Tramitación administrativa y aspectos ambientales a tener en cuenta en los proyectos. D. Miguel Riaño, Linklaters
- Visión de las empresas promotoras. D. Luis Mingo, Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA)

17:30 Debate, preguntas y conclusiones

18:30 Cocktail de Clausura

Moderadores

- D. José Ignacio Hormaeche, Director General del Ente Vasco de la Energía (EVE).
- D. Luis Irazabal, Director General de Corporación Tecnalia.

Cuota de inscripción: 100 euros (IVA incluido) - Transferencia 3035-0072-02-0720900077 Caja Laboral
Imprescindible inscripción en comunicacion@eve.es indicando Nombre, Apellido, Dirección Facturación, Empresa, CIF, Teléfono y email
Enviar resguardo de abono indicando suscriptor al Fax: 944.249.733 - Se confirmará suscripción por email