



## EXPERIENCIAS INTERUNIVERSITARIAS DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA EN EL CAMPO DE LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

J. de la Casa, J. Aguilera, G. Nofuentes, P. J. Pérez, D. López  
Grupo de Investigación y Desarrollo en Energía Solar y Automática (I+DEA). Universidad de Jaén  
Escuela Politécnica Superior, Edif. A-3, Campus de las Lagunillas, C.P. 23071 – Jaén (Spain)  
Tel. 34 953 212 804 – Fax 34 953 211 957 e-mail: delacasa@ujaen.es

**RESUMEN:** Se presentan las experiencias de transferencia de tecnología en el campo de la energía solar fotovoltaica del grupo de investigación I+DEA de la Universidad de Jaén (España) con la Universidad del Valle (Guatemala) y con la Universidad Politécnica de El Salvador (El Salvador). Estos trabajos se han desarrollado dentro Programa para la Cooperación Internacional dentro del Ámbito Universitario financiados por la Consejería de Presidencia de la Junta de Andalucía. Debido a la disparidad de dinámicas de trabajo e intereses científicos de las universidades receptoras, se plantearon temáticas de trabajo diferenciadas para cada uno de los proyectos. En la Universidad del Valle, la actuación se centro en el desarrollo de control de calidad de los elementos que componen una instalación fotovoltaica autónoma. Con la Universidad Politécnica de El Salvador, el objetivo era dar a conocer la tecnología de conexión a la red de sistemas fotovoltaicos, de escasa difusión en países iberoamericanos, y la redacción de una normativa que fomente y ayude a la instalación de este tipo de sistemas en el país. A lo largo del texto, se describen las motivaciones que dieron lugar a estas propuestas, el nivel de cumplimiento de los objetivos marcados y la problemática surgida durante la ejecución de los mismos.

**Palabras clave:** energía solar fotovoltaica, tecnología, transferencias y formación.

### 1. INTRODUCCION

La transferencia de tecnología ha sido siempre considerada como un **mecanismo de propagación de capacidades** y, por lo tanto, como un medio esencial para cerrar la brecha de desarrollo entre los diferentes países. Esa transferencia de tecnología se puede referir, además de a objetos técnicos y artefactos, a los flujos de conocimiento como la difusión, extensión e intercambio de la información científica básica, tanto a los usuarios e investigadores interesados, como a los profesionales, expertos y público en general.

Además, el término “transferencia de tecnología” se ha hecho sinónimo de una amplia gama de actividades. Así, la transferencia de tecnología se ha definido como un proceso para concebir un uso nuevo para una tecnología existente. También se ha presentado como un proceso para la investigación que se convierte en desarrollo económico.

Igualmente, este término ha sido usado para pasar la propiedad intelectual licenciativa a un fabricante para la producción de un producto, o el desarrollo de una idea que se transforma en un prototipo, hasta el proceso de registrar los conceptos de know-how de tecnología o patentar la innovación. La tecnología creada es usada simultáneamente para dar significado a conceptos, descripciones, componentes, procesos y productos.

El objetivo principal y último de una transferencia tecnológica, y por lo tanto lo que marcará el grado de éxito de un proyecto de este tipo será su difusión y su utilización de forma normalizada y rutinaria por la entidad receptora. Este éxito o fracaso de la transferencia no dependerá tanto de la tecnología, en nuestro caso nos enfrentamos a una tecnología madura y de amplia difusión como es la Energía Solar Fotovoltaica, como de su incorporación, comprensión y aceptación de las entidades receptoras.

Para conseguir lo expuesto anteriormente, entendemos que los proyectos de transferencia tecnológica del tipo que a nosotros nos incumbe, proyectos interuniversitarios de cooperación para el desarrollo, son básicamente una simbiosis, “alguien tiene el conocimiento” y “alguien está interesado en alcanzar ese conocimiento para una o varias aplicaciones determinadas”, lo que permite “la experimentación de estos conocimientos en distintas circunstancias y escenarios reales” lo que en definitiva se trata de un proceso de investigación – experimentación – aplicación. Desde esta perspectiva, para que la transferencia tecnológica sea eficaz, no ha de plantearse como una simple transferencia de conocimientos emisor - receptor, sino como una actividad “interactiva”, lo que implica que la formalización de este tipo de proyectos ha de ser individualizada y donde se han de valorar una serie de premisas:

- Implicación de ambas partes en la elaboración del proyecto. Es imprescindible una comunicación constante y fluida en todas las fases de redacción de proyecto, especificar claramente el objeto de la transferencia, encontrar fuentes de financiación. Esta comunicación deberá ser mas intensa si cabe durante la fase de ejecución del proyecto.
- Identificar las necesidades de la entidad receptora y adecuar los conocimientos a transferir a las mismas. Es en este punto donde se establece la relación simbiótica de la transferencia tecnológica de este tipo de proyectos.
- Estudiar la idiosincrasia del lugar donde se va a transferir (clima, costumbres, legislación, existencia de otras tecnologías, nivel de formación, política de aduanas, etc..) ya que las características diferenciadoras de cada país serán determinantes a la hora de la ejecución y mantenimiento del proyecto.
- El objetivo de este tipo de proyectos no es sola la transferencia de equipos, sino la de conocimiento adquirido a través de la investigación y por tanto, es imprescindible introducir unos mecanismos de formación donde se establezcan los parámetros necesarios para iniciar líneas de investigación propias.

- Incluir un programa de difusión amplio ya que, solo a través del conocimiento de los beneficios de la tecnología transferida, por un público o usuario no especializado, se iniciará una subida de la demanda lo que implicaría nuevas fuentes de financiación y la creación de un corpus legislativo.
- Si en el proyecto se plantea la transferencia de equipos, es importantísimo pensar en la sostenibilidad del material enviado, y por tanto realizar un estudio donde se valore la facilidad de encontrar repuestos, existencia de servicio técnico, proveedores locales, etc., ya que todo ello facilitará la consistencia del proyecto.

## **2. GÉNESIS DE LAS EXPERIENCIAS**

El grupo I+DEA, grupo creado en 1989 al amparo del Plan Andaluz de Investigación, esta integrado por 25 miembros, la mayoría profesores de la Universidad de Jaén, y centra sus actividades fundamentalmente en el campo de la Energía Solar Fotovoltaica, con varias líneas de investigación abiertas.

La puesta en marcha de las experiencias que se describen se enmarcan en la existencia de una línea de investigación dedicada a la cooperación para el desarrollo, a través de la cual se han establecido relaciones con diferentes Universidades latinoamericanas, así como a la pertenencia del grupo a diferentes redes del programa CYTED relacionadas con el campo fotovoltaico.

Gracias a la existencia de estos contactos y la colaboración previa a la redacción de los proyectos, se llegó a un conocimiento de la idiosincrasia, realidades y necesidades del país y de la zona en concreto que permitió la culminación con éxito de estos proyectos. Todas las propuestas de incluidas en los proyectos se han elaborado forma conjunta y, aunque son consecuencia de trabajos de investigación previos propios del grupo de investigación I+DEA, ha sido necesario iniciar un proceso de modificación y adaptación de la tecnología a transferir para adecuarla a las necesidades de la universidad receptora que ha estado implicada desde la génesis del proyecto.

Por último comentar que aunque en este artículo presentamos los proyectos finalizados con éxito en los últimos cuatro años, desde nuestro grupo de investigación se han desarrollado ideas y proyectos con otras universidades hispanoamericanas que no han podido materializarse por falta de financiación y que siguen abiertas a la espera encauzarlas en el programa adecuado

## **3. FUENTES DE FINANCIACIÓN**

La búsqueda de fuentes de financiación que permitan realizar este tipo de proyectos es básica, son numerosas, las ideas y las propuestas de proyectos que se quedan sin ejecutar por falta de financiación. Las dos experiencias interuniversitarias presentadas en este artículo, han sido financiadas en su totalidad por la Consejería de Presidencia de la Junta de Andalucía, una entidad de gobierno de carácter regional, dentro de su programa de subvención a la cooperación en el ámbito universitario.

En este programa, la Junta de Andalucía, busca estrechar los lazos de cooperación entre universidades andaluzas e hispanoamericanas, financiando proyectos de investigación conjuntos, tanto en la compra de material inventariable como fungible, subvencionando viajes, etc. El importe máximo subvencionado para cada proyecto debe ser inferior a 20.000 \$USA.

## **4. DESARROLLO DE CONTROL LOCAL DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS AUTÓNOMAS EN LA UNIVERSIDAD DEL VALLE GUATEMALA (GUATEMALA)**

El Informe sobre el Desarrollo preparado por la Organización de las Naciones Unidas en 1998 eleva a dos mil millones la población mundial sin acceso a la electricidad. La tecnología fotovoltaica y del potencial de la misma en países en vías de desarrollo, esta siendo un medio utilizado para paliar en parte este problema. Prueba de esta situación, es que se cifra en más de 1,5 millones de sistemas fotovoltaicos autónomos para iluminación, radio y televisión y más de 50.000 bombeos fotovoltaicos para el suministro de agua a poblaciones rurales, los sistemas que actualmente están en funcionamiento alimentados únicamente con esta tecnología (*Bates y Wilshaw, 2000*). Si, además, añadimos el resto de servicios públicos como por ejemplo, escuelas, postas sanitarias, centros sociales que también utilizan energía solar fotovoltaica, podemos afirmar que más de 10 millones de personas reciben de una forma directa el beneficio de esta tecnología. Las abundantes horas de sol propias de los países en vías de desarrollo, junto a la fiabilidad, madurez y despreciable impacto ambiental de los sistemas fotovoltaicos ha propiciado el desarrollo de programas de instalación de dichos sistemas en muchos de estos países.

No obstante lo anterior, algunos de estos programas han defraudado ciertas expectativas concernientes al funcionamiento y fiabilidad de los sistemas fotovoltaicos. Por una parte, cabe destacar que en algunos muestreos de la potencia de los módulos solares adquiridos para llevar a cabo ciertos planes de electrificación rural se han apreciado descensos de hasta un 20% respecto de la potencia nominal consignada por los suministradores (*Zilles et al., 1998*). Hechos como el anterior pueden lesionar gravemente la imagen de las organizaciones responsables de estos planes y por supuesto, pueden deteriorar la confianza en las energías renovables frente a las convencionales comprometiendo de este modo el objetivo perseguido del desarrollo sostenible de la población del planeta.

En la actualidad es posible desarrollar un control de calidad de la potencia de los módulos fotovoltaicos (esto es, comprobar que esta potencia se ajusta realmente a las especificaciones del fabricante) sin necesidad de instalaciones ni instrumentación especialmente costosas, utilizando para ello medidas a sol real (*CEI 891, 1987; Caamaño et al, 1999*). La transferencia de la

tecnología necesaria para llevar a cabo localmente este proceso en los países receptores de los programas de electrificación, bombeo o potabilización fotovoltaicos contribuirá al éxito de los mismos.

Otro de los problemas detectados es que a pesar de que la tecnología fotovoltaica se considera madura, las condiciones especiales de funcionamiento de este tipo de sistemas, definidos por unos patrones de consumo eléctrico radicalmente diferentes entre unas familias y otras, unido al carácter aleatorio de la radiación solar y de la climatología, hacen que la gestión energética en un sistema fotovoltaico autónomo sea, sin duda, la parte más débil del mismo (*Niewenhout et al, 2000; Muller-Klinghammer y Evangelista, 1998; Lorenzo, 2000*). De ahí, la necesidad de elaborar procedimientos de certificación y estandarización específicos para las etapas de control y almacenamiento que nos asegurarían la calidad de las mismas (*Díaz y Lorenzo, 2002*).

La experiencia de transferencia tecnológica que ahora presentamos es el producto de las investigaciones del grupo I+DEA en el control de calidad de todos los elementos que componen una instalación fotovoltaica autónoma y en el interés de un grupo de investigadores de la Universidad del Valle de Guatemala, por desarrollar un control de calidad de este tipo de instalaciones. Esta experiencia se desarrolló durante 4 años de trabajo, en el marco de dos proyectos de investigación diferentes y con un presupuesto aproximado de 50.000 \$USA.

#### **4.1. Objetivo general de la experiencia con la Universidad del Valle de Guatemala.**

A pesar de la relativa sencillez y pocos elementos que componen un SFA típico de los utilizados para electrificación rural en países en vía de desarrollo, las experiencias de campo muestran unas tasas de fallo excesivamente altas, sobre todo al compararlas con instalaciones similares realizadas en países industrializados. La razón de este hecho descansa en diferentes motivos, desde una deficiente instalación, hasta un mal uso de la misma, que pueden ocasionar que el servicio prestado por este tipo de instalaciones no cumpla con las expectativas generadas en el usuario final. En el núcleo de este hecho se encuentra la ausencia de controles de calidad de los equipos que lo conforman.

Por ejemplo, el fabricante de módulos fotovoltaicos suele suministrar los paneles indicando una potencia pico o potencia nominal en condiciones estándares de medida (irradiancia igual a 1000 W/m<sup>2</sup> y temperatura de la célula igual a 25° C), asumiendo que puede haber un error de +/-5% sobre este valor nominal de potencia. Si un control de calidad fiable demuestra que se desciende por debajo del 5% en la potencia real de la partida de módulos suministrada, se puede rechazar o renegociar el contrato con la empresa suministradora. En caso contrario, se da el visto bueno al material adquirido.

Hasta hace poco tiempo los controles de calidad de los módulos fotovoltaicos adquiridos para un proyecto eran confiados a laboratorios homologados, dotados de sofisticados y costosos aparatos de medida. En dichos laboratorios se podía, por tanto, confirmar si la potencia real de los módulos se encontraba en un margen (5%, típicamente) en torno a la potencia nominal. No obstante, el coste que suponía este proceso encarecía inaceptablemente proyectos fotovoltaicos de pequeña o media escala en países en vías de desarrollo, de modo que finalmente se renunciaba a este control. Actualmente es posible efectuar controles de calidad de módulos bastante fiables mediante una técnica novedosa que utiliza un instrumental electrónico relativamente sencillo, sensores no costosos y aplicaciones informáticas muy difundidas. Las etapas de regulación y almacenamiento de estos sistemas, también tienen tasas de fallos inaceptables.

Por medio de estos proyectos se ha conseguido desarrollar un control de calidad de módulos fotovoltaicos, reguladores de carga y baterías en la Universidad del Valle de Guatemala. La Universidad contraparte está en condiciones de determinar la potencia real de los módulos fotovoltaicos y realizar procedimientos que aseguren la calidad y adecuación mutua entre las etapas de regulación y almacenamiento de los componentes que se adquieran en el curso de futuros proyectos de electrificación, bombeo o potabilización fotovoltaicos en Guatemala. Este país, como receptor de proyectos fotovoltaicos de cooperación venideros, cuenta con una Universidad que ha quedado capacitada para aceptar, rechazar o renegociar la adquisición de partidas de elementos fotovoltaicos. Así se garantizará el éxito de dichos proyectos y la satisfacción de los usuarios finales, que de esta forma verán mejorada sustancialmente su calidad de vida por el acceso a la electricidad y al agua en condiciones higiénicas.

#### **4.2. Objetivo específico del proyecto y principales resultados obtenidos.**

Como se comentó en el apartado anterior, a través de este proyecto se ha desarrollado un control de calidad de los elementos que componen un sistema fotovoltaico autónomo en la Universidad del Valle de Guatemala, en colaboración con la Universidad de Jaén.

El sistema de medida de potencia real de los módulos implementado en los laboratorios de la Universidad del Valle se detalla a continuación. Mediante una carga electrónica pasiva de muy bajo costo (ver figura 1) desarrollada conjuntamente por ambos grupos de investigación a partir de prototipos electrónicos previos realizados por el Grupo I+DEA (*Guzman, 2000; G. Nofuentes et al., 2001*) y a sol real (sin necesidad de un costoso y sofisticado simulador solar) se registran las curvas tensión-intensidad del módulo cuya potencia real se quiere determinar. Los valores de irradiancia, temperatura ambiente y velocidad del viento son también registradas.

Sin embargo, estas medidas de las curvas tensión-intensidad (tomadas con un osciloscopio digital portátil) deben ser filtradas (para eliminar ruidos de alta frecuencia, que no son demasiado importantes) y extrapoladas por software a condiciones estándares de medida. Este software específico también ha sido desarrollado conjuntamente por ambos grupos de investigación en el marco de este proyecto. A continuación, y en un intervalo de tiempo no superior a tres minutos, unas

medidas similares realizadas sobre un módulo patrón calibrado corregirán la influencia de la composición espectral de la irradiancia en la medida anterior. De este modo se puede determinar la potencia que realmente proporciona el módulo, contrastándola con el valor nominal que el fabricante especifica. En la figura 2 puede verse un esquema del montaje orientado a la medida de las curvas tensión-intensidad de los módulos.



Figura 1. Carga electrónica desarrollada. Portable, replicable y fácilmente reparable. Coste inferior a 300 \$ USA.

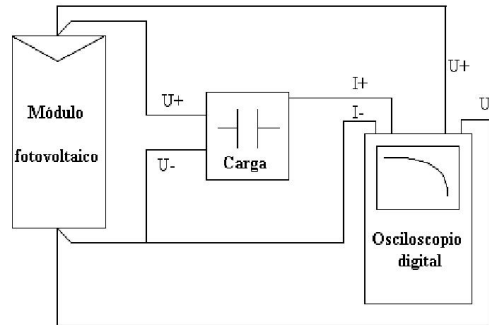


Figura 2. Diagrama de bloques de las medidas de tensión y corriente sobre un módulo fotovoltaico con carga electrónica pasiva y osciloscopio digital.

Con respecto al control de calidad de las etapas de regulación y acumulación que forman parte de un sistema fotovoltaico y, de la complementariedad y adecuación de las mismas. Se ha definido un procedimiento que descansa en el empleo de un equipamiento científico al alcance de cualquier universidad.

Son muchos los tipos de reguladores y de baterías factibles de ser usados en una instalación fotovoltaica, sin embargo, la mayoría de las veces se tiende a obviar tanto el ajuste de la etapa de regulación como las características intrínsecas de la batería, ocasionando un funcionamiento deficiente del conjunto. En nuestra opinión, la definición de este procedimiento que incluye un sencillo control de calidad de ambas etapas por separado y un ajuste previo de la etapa de regulación adecuándola a las características de la batería, incidirá notablemente en la mejora del funcionamiento de este tipo de instalaciones.

Para ello, y en el marco de este proyecto, se ha diseñado e implementado una bancada de prueba para reguladores y baterías (ver figura 3 y 4), que permiten realizar los procedimientos de control de calidad de los dos elementos en conjunto. Una bancada de este tipo se encuentra actualmente en los laboratorios de investigación de la Universidad del Valle de Guatemala.



Figura 3. Bancada de pruebas para controladores de carga y baterías.

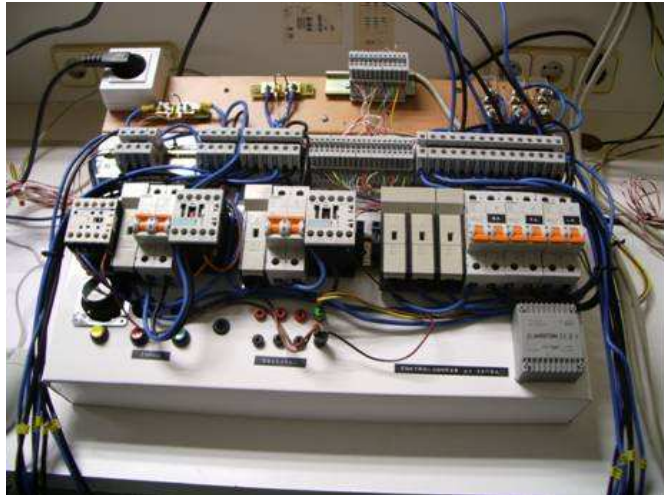


Figura 4. Detalle del sistema implementado para este proyecto que realiza un control de calidad automatizado de las baterías y controladores de carga.

La realización de esta experiencia de transferencia tecnológica ha supuesto, por un lado, la aparición de un documento base, sobre el que cualquier institución podría apoyarse para exigir estrictos controles de calidad sobre la potencia real de los módulos fotovoltaicos adquiridos, las etapas de control y acumulación, con el consiguiente incremento de la fiabilidad de los SFA, y por otro lado, que el grupo de investigación de la Universidad del Valle de Guatemala está en condiciones de realizar dichos controles con el consiguiente incremento de valor añadido de la experiencia.

#### 4.4. Beneficiarios del proyecto.



En general, la realización de este proyecto ha supuesto potenciar la cooperación científico-técnica entre diferentes organismos iberoamericanos de investigación que operan en áreas de trabajo complementarias. Asimismo, se ha impulsado la creación de una base de conocimiento de gran utilidad para las distintas instituciones y empresas privadas que decidan participar en programas de electrificación rural basados en la tecnología fotovoltaica. Además, con este proyecto se contribuye al establecimiento de nuevas y mejores estrategias de control de calidad en un SFA

Se ha capacitado a la Universidad del Valle realizar controles de calidad de los elementos que componen un SHS suministrados en futuros programas fotovoltaicos a desarrollar en Guatemala. De este control de calidad previo se derivará una parte importante del éxito de los programas en cuestión, asegurando el funcionamiento de los sistemas que sean instalados conforme a las especificaciones con las que fueron concebidos.

El grupo I+DEA, al llevar a cabo este proyecto de cooperación en condiciones reales, ha obtenido una gran experiencia, enfrentándose a los problemas reales propios de la transferencia tecnológica a países en vías de desarrollo.



*Figura 5. Puesta en marcha del sistema de control de calidad en los laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala por investigadores de ambas universidades.*

El desarrollo del proyecto permitirá a los Organismos de la Administración de Guatemala acometer futuros planes de bombeo, potabilización o electrificación rural fotovoltaicos con la garantía de que en su país hay un organismo público donde pueden comprobar si los elementos adquiridos son los adecuados y se ajustan a sus especificaciones nominales. El correcto funcionamiento de los sistemas solares, conforme a dichas especificaciones, mejorará la calidad de vida de los usuarios receptores de los mencionados planes proporcionándoles agua limpia y acceso a la electricidad. Por añadidura, el desarrollo de estos planes puede llevar asociada la creación de puestos de trabajo cualificados, así como la creación de nuevas empresas con un alto valor añadido en el país.

## **5. INVESTIGACIÓN, DESARROLLO Y PROMOCIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED EN EL SALVADOR**

Es indudable que el desarrollo de la tecnología fotovoltaica pasa por lo que conocemos como Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Red (SFCR). Estos sistemas han propiciado un enorme despegue de esta tecnología en los últimos 10 años y las previsiones de futuro son cada vez más optimistas para este modo de generación eléctrica. A modo de ejemplo, en la Unión Europea se ha pasado de tener 127 MWp en 1999 a 573 MWp a finales de 2003, y se espera alcanzar 3.000 MWp a finales de 2010. En España, de los 135 MWp que se prevé tener instalados en 2010, 115 MWp serán de este tipo de sistemas (IDAE, 2005; ASIF, 2005). No obstante, a pesar del aumento de estos sistemas y del reconocimiento de sus beneficios, los países en vía de desarrollo han quedado totalmente al margen. De este despegue tan importante de este tipo de sistemas, teniendo este tipo de instalaciones un carácter meramente testimonial en toda Iberoamérica, a pesar de los grandes beneficios que les pueden reportar.

En general, estos países han apostado por la generación centralizada de electricidad, considerada como la forma más eficaz de abastecer la demanda de un gran número de consumidores. Este hecho se debe fundamentalmente a las ventajas de la economía de escala ofrecida por las grandes centrales (nucleares y térmicas), al bajo precio del petróleo y a los intereses de las grandes empresas energéticas para la implantación de estas infraestructuras. Este tipo de centrales normalmente son fuertemente contaminantes y dependientes en la mayoría de los casos de combustibles procedentes de otros países, con el consiguiente deterioro del medio ambiente y el empeoramiento de la deuda externa de los países en desarrollo. Además, este tipo de generación centralizada ha discriminado a las poblaciones diseminadas o con dificultades orográficas, debido a que no resultan interesantes desde un punto de vista económico para este tipo de sistemas.

Frente a los sistemas centralizados para generar energía eléctrica tradicional basados en energías contaminantes se encuentra los Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red. Estos sistemas, maduros tecnológicamente, con altos niveles de fiabilidad y unos costes en continuo decremento, empiezan a ser una alternativa de producción eléctrica competitiva. Además posee unas características especiales que le proporcionan unos valores añadidos como sistema de producción de energía eléctrica que la hace muy adecuada para abordar la creciente demanda energética de los países en vías de desarrollo. Estas ventajas añadidas son su descentralización y su modularidad

La generación descentralizada supone menor coste de infraestructuras, mantenimiento y operación de la red. Además, permite posponer o eliminar la necesidad de ampliar la red, especialmente en aquellos casos en los que las redes abarcan grandes distancias o en los que las líneas alcanzan su máxima capacidad. La generación cercana a los centros de consumo también reduce las pérdidas de distribución que pueden alcanzar hasta un 25 % de la energía eléctrica distribuida a través de las líneas rurales de gran longitud. Este tipo de sistemas pueden ayudar a conseguir que mejore, por un lado, la producción de energía eléctrica y, por otro lado, que alcance un mayor número de población, solventando o al menos paliando el déficit energético de la población más desfavorecida.

Uno de los países que se encuentra en estas circunstancias es El Salvador donde previamente a la realización de este proyecto no existía ninguna instalación fotovoltaica conectada a la red. Este país cuenta con una población de seis millones de habitantes, con una situación política estable, con baja inflación y un continuo crecimiento económico que implica un aumento de la demanda de energía que se satisface a través de la hidroelectricidad y la importación de petróleo.

Este proyecto, que pasaremos a describir a continuación, es el producto por una parte de la experiencia que el grupo I+DEA tiene en este tipo de sistemas y por otra parte de la inquietud de un grupo de profesionales con amplia experiencia docente e investigadora de la Universidad Politécnica de El Salvador.

### 5.1. Objetivo general.

El objetivo final al que se desea contribuir con este proyecto es al uso de las energías renovables, y más específicamente de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, como fuente de producción de energía eléctrica convencional en los países en vías de desarrollo. Esto podrá mejorar su sistema energético y así poder atender las necesidades de energía que demanda gran parte de la población de los mismos.

Este objetivo es muy ambicioso, y para su consecución implicaría el fomento de las energías renovables, la concienciación de los usuarios y los gobernantes en el uso de energías renovables, el apoyo económico a este tipo de medidas, ayuda en el desarrollo legislativo que regula los aspectos técnicos y económicos de estas instalaciones y la capacitación de técnicos locales para afrontar con éxito el desarrollo de este tipo sistemas energéticos basados en energías renovables

Sin embargo, las dificultades que existen en el primer mundo para aumentar el porcentaje de uso de las energías renovables, debido a competencia de las energías convencionales, puede ser una ventaja en países menos desarrollados, debido a la baja penetración o incluso la ausencia de este tipo de fuentes de energía no renovables.

### 5.2 Objetivos específicos del proyecto y principales resultados obtenidos.

Aunque la madurez técnica de los sistemas fotovoltaicos conectados a red es elevada y hay bastantes estudios sobre su fiabilidad y comportamiento, todos estos estudios están realizados para sistemas situados en países desarrollados donde las redes eléctricas presenta un comportamiento bastante diferente del que se encuentra en países en vías de desarrollo, con redes de distribución débiles y de baja calidad.

Uno de los objetivos específicos de este proyecto es investigar el comportamiento de este tipo de sistemas en El Salvador y analizar todos los aspectos, tanto técnicos como económicos, asociados a los mismos, y de esta manera, poder contribuir a su implantación.

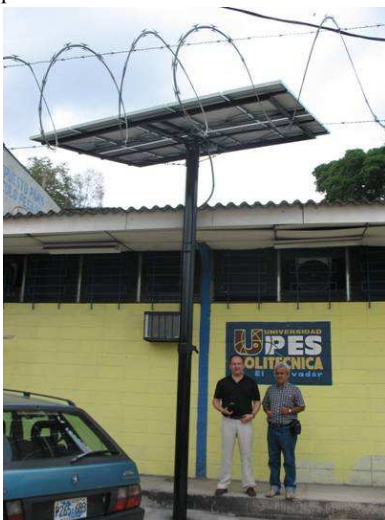


Figura 6. Generador fotovoltaico del SFCR



Figura 7. Investigadores del grupo I+DEA y de la UPES comprobando el correcto funcionamiento del sistema.

Para ello, el primer paso ha sido la instalación de un sistema de 1 kW de potencia en condiciones estándar en el laboratorio de ingeniería eléctrica de la Universidad Politécnica de El Salvador (figura 6 y 7). Este sistema, tiene como fin único, que sirva como proyecto de demostración para la difusión de este tipo de instalaciones y como laboratorio de investigación y capacitación técnica de los futuros profesionales.

Otro de los resultados de esta experiencia ha sido la elaboración de una “Normativa Técnica para el Diseño, Instalación, Puesta en Marcha, Mantenimiento y Evaluación de los Sistemas fotovoltaicos Conectados a la Red en El Salvador”. Este documento, elaborado conjuntamente por las dos universidades teniendo en cuenta la idiosincrasia y legislación del país receptor, fue entregado a los representantes de los ministerios de medio ambiente y recursos naturales, educación y economía de El Salvador que acudieron al acto de inauguración de la instalación que fue presidido por el embajador de España



Figura 8. Acto de inauguración de la instalación presidido por el Embajador de España.



Figura 9. Cartel anunciador de las jornadas científico-técnicas.



Figura 10. Visita de niños de un colegio a la instalación.



Figura 11. Investigadores del Grupo I+DEA en un programa de debate televisivo donde se trataba el tema de la situación energética de El Salvador.

Con objeto de promocionar este tipo de sistemas en El Salvador, en el marco del proyecto, se organizaron unas jornadas científico-técnicas dirigidas a representantes políticos, universitarios y profesionales del sector. En estas jornadas, que tuvieron una duración de tres días, bajo el título fue “Investigación, desarrollo y promoción de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red en El Salvador” se discutió ampliamente sobre la situación energética del país y la oportunidad que estos sistemas podrían llegar a tener en el país si se realiza una apuesta seria por este tipo de generación eléctrica.

Intervenciones en la televisión estatal y la visita guiada a las instalaciones de diferentes colegios de la capital complementaron las labores de difusión del proyecto.

### 5.3. Beneficiarios del proyecto.

La realización del proyecto ha dotado a la Universidad Politécnica de El Salvador de un sistema para la investigación en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red y capacitará a esta Universidad en el diseño, desarrollo, instalación, puesta en marcha, mantenimiento y evaluación de este tipo de sistemas. Por otra parte, la experiencia obtenida por el grupo I+DEA ya que ha sido el primer grupo de investigación español que ha participado de manera activa en la puesta en marcha de un sistema de este tipo en Iberoamérica.

El desarrollo del proyecto permitirá a los Organismos de la Administración de El Salvador acometer futuros planes de fomento de la producción de energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos conectados a red y aumentar las garantías de éxito de los mismo debido a contar con una serie de herramientas desarrolladas en este proyecto: instalación prototipo, técnicos cualificados, recomendaciones para la promoción de estos sistemas, etc. Además, el desarrollo de estos planes puede llevar asociada la creación de puestos de trabajo cualificados, así como la creación de nuevas empresas con un alto valor añadido en el país receptor.

Y en general se beneficia al medio ambiente ya que se está impulsando la utilización y penetración de una energía no contaminante, en detrimento de las opciones basadas en energías convencionales contaminantes.

## CONCLUSIONES

Los proyectos de transferencia tecnológica interuniversitarios tienen unas peculiaridades específicas a tener en cuenta durante el proceso de diseño y redacción del mismo para conseguir el éxito final de la experiencia. Se han presentado en este artículo dos experiencias en transferencia tecnológica interuniversitaria en el campo de la energía solar fotovoltaica, los resultados de las mismas son los siguientes:

En el caso de Guatemala, la Universidad del Valle cuenta con unas instalaciones para realizar controles de calidad de sistemas fotovoltaicos autónomos que le permitirán ofrecer este servicio empresas e instituciones interesadas. Gracias a este proyecto podrán aumentar las posibilidades de éxito de cualquier programa de electrificación rural que se acometa en el país.

En el caso de El Salvador, se ha conseguido que la Universidad Politécnica de El Salvador cuente con un SFRCR para fines docentes y de investigación. Se presentó a las autoridades salvadoreñas una propuesta de Normativa sobre este tipo de sistemas realizada por ambas universidades, que ha sido publicitada y presentada a los profesionales nacionales del sector y que podrá servir de base para posibles leyes, reglamentos y decretos. Este tipo de proyecto es fácilmente replicable en países del entorno, lo que permitiría que estuviesen preparados tecnológicamente para afrontar una generación masiva de energía eléctrica utilizando este tipo de tecnología.

El grado de experiencia obtenido por el grupo I+DEA con estos proyectos lo capacitan para conseguir, con grandes posibilidades de éxito, nuevas experiencias de cooperación y transferencia tecnológica de las investigaciones que realiza en sus laboratorios.

## REFERENCIAS

ASIF (Asociación de la Industria Fotovoltaica). Hacia una electricidad respetuosa con el medio ambiente. Octubre 2005.

Bates, J. R. y Wilshaw, A. R., 'Survey of stand-alone photovoltaic programmes and applications in developing countries', Actas del XVI Congreso Europeo de Energía Solar, Glasgow, 2000

Caamaño E., Lorenzo E. y Zilles R., 'Quality control of wide collections of PV modules: lessons learned from the IES experience', *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 7, 137-149 (1999).

Guzmán E., *Diseño de interruptor electrónico para carga de ensayo de módulos fotovoltaicos Proyecto fin de carrera*. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Jaén, 2000.

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético). Plan de Energías Renovables 2005-2010. Julio, 2005.

Lorenzo E. 'In the field - realities of some PV rural electrification projects', *Renewable Energy World*, 3, 38-51 (2000).

Muller-Klinghammer W. y Evangelista C.L., 'Rural Photovoltaic Electrification: An established reality in the Philippines - Experience and Conclusions', *2nd World Conference on Photovoltaic Solar Energy Conversion*, Viena, 1998.

Nieuwenhout F.D.J., van Dijk, A V., van Dijk A.P., Hirsch D., Lasschuit P.E., van Roekel G., Arriaza H., Hankins M., Sharma B.D. y Wade H., 'Monitoring and Evaluation of Solar Home systems: Experiences with applications of solar PV for households in developing countries', *ECN- C-00-089*, 2000.

Nofuentes G., Almonacid G., Muñoz F.J., Guzmán E. y Hernández J.C., 'Modelo de SPICE para módulo fotovoltaico', *Actas de la III Conferencia sobre Dispositivos Electrónicos*, Granada, 2001, 301-304.

Publicación del Comité Electrotécnico Internacional 891, *Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics of crystalline silicon PV devices*, IEC, Ginebra, 1987.

Zilles R., Ribeiro C. y Moskowicz M., 'Power rating and the need of photovoltaic modules measurements in Brazilian dissemination program', Actas del III Congreso Mundial de Energía Solar, Viena, 1998.

## ABSTRACT

In this paper, two transfer technology experiences in photovoltaic solar energy are presented. First one experience has been carried out between Research Group I+DEA from University of Jaén from Spain and University del Valle from Guatemala. In this work, a simple laboratory able to carry out a quality control of all the elements integrated in a stand alone pv system has been implemented in Guatemala. In the second one experience have participated Research Group I+DEA and Universidad Politécnica de El Salvador. A pv grid connected system of 1 kW has been installed and integrated in El Salvador. With this project, we pretend to promote the use of this type of technology and to put the first steps to get a norms to regulate the connection to the grid of this type of installations. All of these works have been financed by Andalusian government.

**Keywords:** Photovoltaic solar energy, technology, transfer and training.