

Proyectos de electrificación fotovoltaica para las diferentes necesidades

J. Serrano Pujol
SEBA

X. Vallvé

Trama Tecnoambiental, S.L.



La electrificación fotovoltaica de pequeña potencia presenta dos tipos de aplicaciones, las autónomas y las conectadas a red, cada una con sus características y barreras particulares.

En las primeras los aspectos a mejorar son tecnológicos, organizativos, sociales e institucionales.

En aplicaciones conectadas a la red es inminente la aprobación de un Real Decreto donde se establecen las condiciones administrativas y técnicas de conexión de las instalaciones fotovoltaicas a la red en baja tensión para la venta de electricidad.

Esta comunicación se basa en 10 años de experiencia en electrificación rural autónoma, incidiendo en las posibles estrategias y tendencias para su implantación a gran escala, extrapolables también en algunos aspectos a la conexión a red.

1. Introducción

La radiación solar directa es la fuente de energía mejor distribuida. Aunque al ser una fuente de baja densidad, su aprovechamiento más adecuado es de forma descentralizada.

La tecnología solar fotovoltaica es competitiva para la electrificación de poblaciones dispersas en todo el mundo. Sin embargo, los proyectos a gran escala, a causa de la propia dispersión geográfica, aún se enfrentan a dificultades como son la microgestión, la instalación, la puesta en marcha, la financiación y, la más importante de todas, el mantenimiento de las instalaciones. La necesidad de garantizar el servicio a largo plazo implica desarrollar y poner en práctica nuevos modelos de gestión para evitar los errores que han hecho fracasar prematuramente determinados proyectos piloto.

Uno de los mayores problemas de la introducción de la tecnología de energía renovable es su coste inicial. A menudo los "defensores de la energía renovable" minimizan el alto coste inicial de la tecnología y argumentan que los costes de mantenimiento son inexistentes. Aunque los costes de mantenimiento evidentemente sean bajos, existen. Las baterías deben reemplazarse después de unos años y las averías, aunque sean pequeñas, deben repararse. Los em-

plazamientos están dispersos y atenderlos requiere una estructura adecuada. Si no se hace nada para planificar y presupuestar estas acciones, una excelente tecnología resulta inútil y se incrementa el número de sistemas "muertos" que yacen en áreas rurales desprestigiando la tecnología fotovoltaica.

En los últimos años, nos hemos apoyado en programas tipo Thermie para demostrar la viabilidad de la tecnología para un amplio rango de aplicaciones en regiones específicas que podrían cubrir las necesidades de la comunidad rural en general. La motivación básica ha sido que, proporcionando un número de servicios, la tecnología resulta mejor conocida y por lo tanto atrae el interés de más público y del sector privado local. Esto puede conducir a las entidades locales y a la comunidad de usuarios a hacerse cargo a largo plazo de la responsabilidad del mantenimiento de los sistemas.

2. La energía solar fotovoltaica en la electrificación rural

2.1. Potencialidad de programas de electrificación rural

Su gran potencial resulta de la confluencia entre las ventajas de esta nueva tecnología y las ne-



Figura 1. Estimación de las necesidades de electrificación en el mundo (en millones de habitantes). La columna de la derecha indica el porcentaje de población no electrificada

tódica para gasoductos, teléfonos de emergencia, iluminación vial, cercas eléctricas y electrificación de casas rurales, granjas y refugios de montaña. En España y Portugal, por ejemplo, aunque el número de personas sin servicio eléctrico es pequeño en cifras relativas, es suficientemente grande en valores absolutos para que signifique un mercado potencial.

2.2. Valores más destacados de la tecnología fotovoltaica

2.2.1. SIMPLICIDAD Y MODULARIDAD

La configuración de diseño de la instalación, la ampliación de potencia y la reparación en alguno de sus componentes es rápida y adaptable.

2.2.2. FIABILIDAD

Las placas fotovoltaicas funcionan durante más de veinte años sin ningún mantenimiento. Los reguladores de carga y los onduladores tienen al menos diez años de vida útil y las baterías requieren un simple pero regular mantenimiento, y efectuar su reposición aproximadamente a los diez años según la tecnología y el rigor de utilización.

2.2.3. BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES

La generación fotovoltaica no emite gases que contribuyan al efecto invernadero o humos tóxicos. Produce energía donde se necesita, sin la contaminación visual asociada a la extensión de la red eléctrica.

2.2.4. COSTES COMPETITIVOS

Compite favorablemente con otras tecnologías convencionales. La red puede extenderse utilizando líneas de baja tensión hasta alrededor de 800 m. Para distancias mayores debe extenderse la línea de distribución a media tensión, un transformador y un tramo de línea de baja ten-

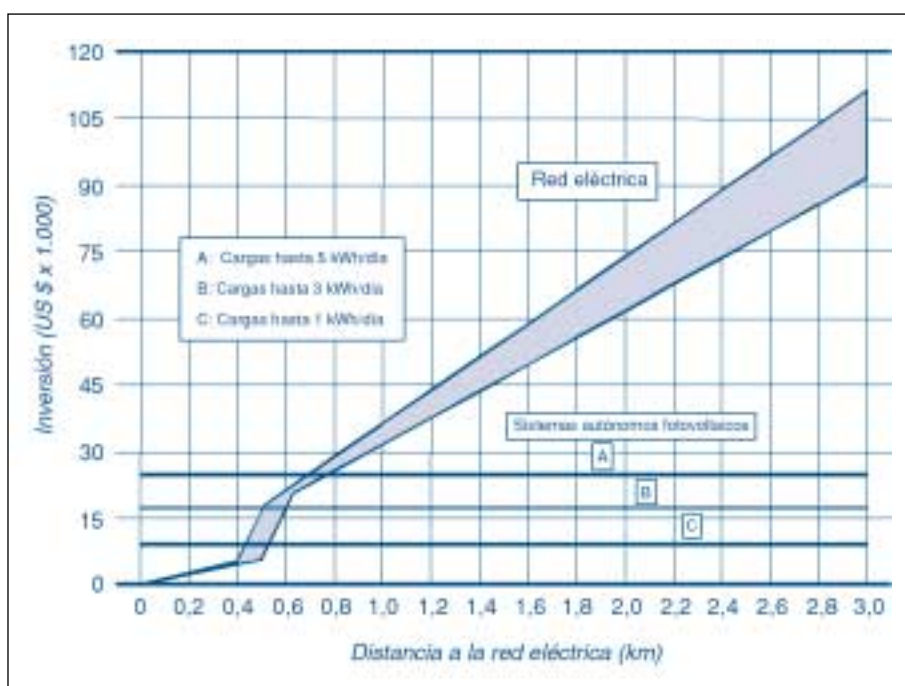
cesidades básicas insatisfechas de dos quintas partes de la población mundial que carece de los servicios eléctricos más elementales.

Un modelo de electrificación puede ser el reactivo social, educativo, económico y ecológico para poblaciones dispersas en áreas rurales del mundo. El objetivo debe ser ofrecer un servicio de electrificación adecuado para sus necesidades, similar a los que disfrutaban las poblaciones que emigraron a las ciudades. Para estas personas, una pequeña y fiable fuente de electricidad las puede conectar con el resto del mundo a través

de la radio, la televisión y las comunicaciones.

También permite el bombeo de agua, la iluminación a demanda, posibilita la utilización de pequeñas herramientas, electrodomésticos (congeladores, neveras, etc.) y motores que aumentan las posibilidades de artesanos, pequeñas empresas y sobre todo mejoran la calidad de vida en general. Pero su utilización no está limitada a las zonas del mundo que se encuentran en vías de desarrollo. En los países de la UE, los sistemas fotovoltaicos autónomos se utilizan para las estaciones repetidoras de telecomunicación, protección ca-

Figura 2. Sistemas autónomos versus conexión a red



sión. La red es cara para emplazamientos alejados con baja densidad de población y escasa demanda de uso de energía.

Los grupos electrógenos son inicialmente más baratos que el tendido de red, pero deben repostarse y repararse a menudo, incrementando el coste final en referencia a su ciclo de vida útil. Además, son ruidosos, complejos y contaminantes.

Para la tecnología fotovoltaica los factores que tienen un efecto directo sobre el coste del equipo son la cantidad de energía puesta a disposición para el consumo, y en consecuencia, el tamaño del equipo, y el potencial de radiación del lugar. Una instalación media para una casa unifamiliar cuesta lo equivalente a un km de tendido en zona de media montaña.

2.3. Métodos para aumentar el valor de la energía fotovoltaica

2.3.1. DIVERSIFICACION DE LA ENERGIA

La electrificación forma parte de las necesidades de energización en el medio rural. Para cada aplicación existen unos portadores de energía más apropiados que otros. La electricidad, por ejemplo, es necesaria para las comunicaciones, la iluminación, pequeños motores, electrodomésticos, etc. Para otros aparatos que requieran calor (por ejemplo, calentadores de agua, estufas, etc.) existen otras alternativas disponibles, como la energía solar térmica, las estufas de leña de alta eficiencia, el gas embotellado, etc., o simples ventanas para la entrada de luz natural.

2.3.2. ELECTRODOMESTICOS DE ALTA EFICIENCIA

Es cada vez más frecuente encontrar equipos que pueden ofrecer el mismo servicio por 3 veces menos de energía. Esto tiene un efecto directo en la re-

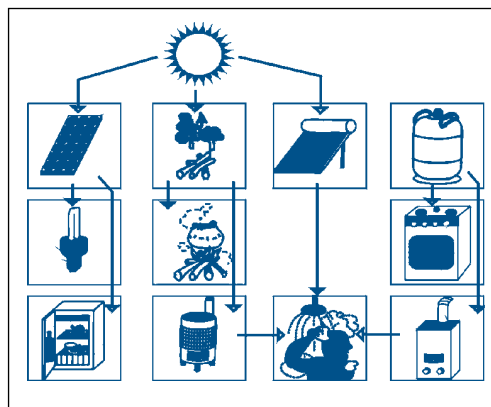


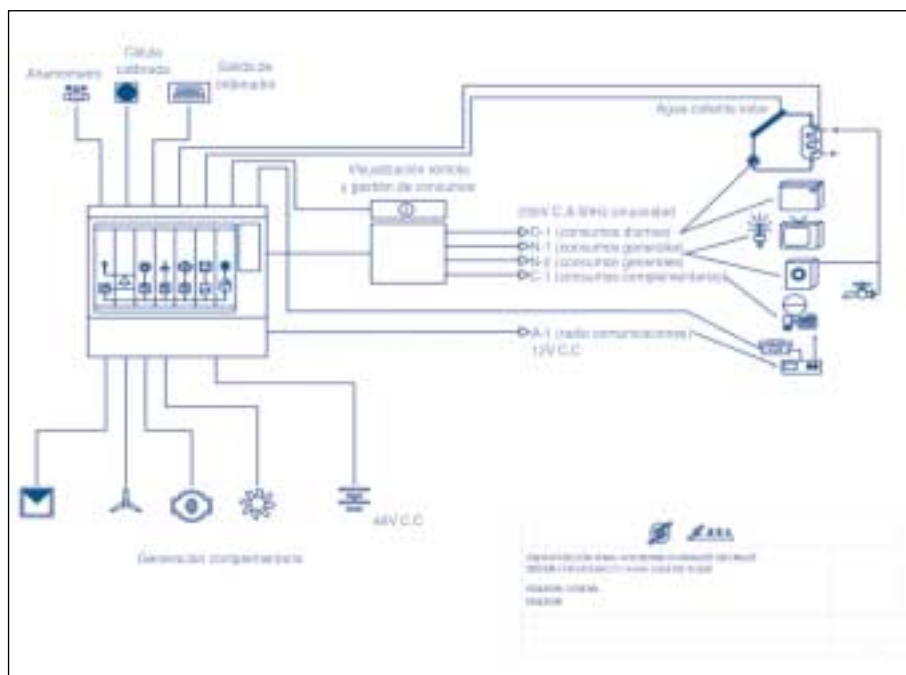
Figura 3.
La diversificación de los recursos energéticos aumenta la calidad del servicio

ducción del coste del equipo de generación. En general es más fácil encontrar electrodomésticos de alta eficiencia comercialmente disponibles en corriente alterna que requieren onduladores que añaden costes de inversión. Los costes económicos y energéticos añadidos se contrarrestan al usar estos electrodomésticos.

2.3.3. GESTION DE CONSUMOS

Una estrategia de gestión racional de los consumos, adaptada a la fuente de energía, es tan importante como la eficiencia. Es útil capacitar al usuario de modo que adapte en lo posible su conducta de consumo a la generación de energía. Un ejemplo

Figura 4.
Esquema típico de una instalación fotovoltaica



es utilizar durante las horas de asoleo aquellos consumos que se pueden posponer como la lavadora, el bombeo de agua, o incluso el congelador.

3. Experiencias con los usuarios

3.1. Proyectos de demostración

Se han realizado muchos proyectos de demostración de electrificación rural dispersa con el apoyo de la CE, del MINER y de las Comunidades Autónomas. En el marco de estos proyectos, se ha potenciado la participación de los usuarios a través de una asociación de los mismos, SEBA, que actúa en España y Portugal. Una muestra del tipo de proyectos realizados durante los últimos 10 años se resume en la Tabla I. La mayoría consisten en pequeños generadores fotovoltaicos entre 200 Wp y 4 kWp, pero hay algunos para aldeas de hasta 10 kWp con una microred de distribución en c.a. monofásica. La aplicación más común es el suministro de electricidad para consumo en gran-

Tabla I. Proyectos de electrificación fotovoltaica autónoma en los que SEBA ha participado desde 1989 al 2000, promovidos con los usuarios.

Año	Promotor	Proyecto	Estado	Nº de instal.	Potencia instalada (kWp)	Otras empresas participantes
1989 1990	Ay. de Odèn y Generalitat de Catalunya	35 masías del Solsonés (*)	Acabado	35	12,8	Atersa; Afrau S.L. TTA.
1990	Asociación SEBA	Electrificación fotovoltaica en el Pre-Pirineo	Acabado	9	2,6	Atersa; Afrau S.L. TTA
1991 1992	Asociación SEBA	Proyecto Transpirenaico de electrificación fotovoltaica	Acabado	38	15	Atersa; Afrau S.L.; TapS; TTA
1992 1994	C.C. Garrotxa y Asociación SEBA	Electrificación rural fotovoltaica en la comarca de la Garrotxa	Acabado	70	53	BP Solar; Atersa Afrau S.L.; TapS TTA
1995 1998	Asociación SEBA	Programa de Energetización rural autónoma en Parques Naturales de Cataluña	Acabado	45	41,3	BP Solar; Atersa; TapS; SAT.TURN TTA
1996 1999	Asociación SEBA, C.A. alemán y TTA	Programa Euralp de electrificación de refugios de alta montaña	Acabado	12	12,1	BP Solar; TapS; SAT.TURN; TTA
1996 1999	TTA, Ecofys y Asociación SEBA	Programa europeo de aplicaciones relacionadas con la Gestión del Agua en actividades agropecuarias	Acabado	20	19	BP Solar; TapS; SAT.TURN; TTA
1996-...	Asociación SEBA	Programa Aragonés de Energ. Ren. Aut. En Aplicaciones Rurales y Medioambientales con Gestión Concertada (PAERA)	En marcha	Hasta 1999: 33	Hasta 1999: 62	BP Solar; TapS; ESMEC; TTA
1998-...	Asociación SEBA	Programa Balear de Energ. Ren. Aut. en Aplicaciones Rurales y Medioambientales con Gestión Concertada (PROBERA)	En marcha	Hasta 1998: 11	Hasta 1998: 7,97	BP Solar; TapS; Reparac. M.G.; SAT.TURN; TTA
1998-...	Asociación SEBA	Programa de Electrificación Rural Autónoma con Gestión Concertada en Cataluña (PERAC)	En marcha	Hasta 1999: 22	Hasta 1999: 20	BP Solar; Atersa; SAT.TURN; TapS; I. Bagà; Enersol; TTA; AGIR
1999- ...	Asociación SEBA y CCE	Plano de electrificação Autônomo Rural en Portugal (PEAR)	En marcha	En contratación		Pendiente
2000- ...	SEBA	MSG. Programa de electrificación de pueblos con microrredes	En marcha	En contratación		Pendientes
Total hasta el momento				295	245,8	
(*) Programa que dió origen a la asociación SEBA						

Tabla II. Proyectos de electrificación fotovoltaica de pequeña potencia conectada a red en los que SEBA ha participado desde 1989 al 2000

Año	Promotor	Proyecto	Estado	Nº de instal.	Total Potencia instalada (kWp)	Otras empresas participantes
2000	Asociación SEBA	Planes de energía integrados en zonas rurales con sistemas fotovoltaicos	En marcha	4	1er. Trimestre 2000: 12,75	TTA, SAT.TURN, MG, Electr. Matas, AGIR.
2000	Asociación SEBA	PV-SALSA 1era fase del Programa de Electrificación Rural Autónoma con Gestión Concertada en Cataluña (PERAC)	En contratación			Pendiente
Total hasta el momento				4	12,75	

jas aisladas, casas y pequeños núcleos en áreas remotas y frecuentemente montañosas. También existen muchos ejemplos similares para refugios de montaña o casas de turismo rural.

Aunque técnicamente es más sencilla, existe menos experiencia en pequeñas instalaciones conectadas a la red. Su competitividad depende del reconocimiento mediante primas de la generación limpia de energía. El RD 2818/1998 regula en España la venta a la empresa distribuidora de la red eléctrica de electricidad procedente de autogeneradores, y su remuneración con prima. Todavía está en proceso de aprobación el Reglamento sobre condiciones técnicas y administrativas para la conexión a la red de instalaciones solares fotovoltaicas. Los trámites administrativos se prevén complejos para un posible usuario individual. Algunos retos serán superar la definición de un marco financiero, potenciar la incentivación popular, favorecer un marco asociativo y superar los condicionantes urbanísticos para la integración de los sistemas fotovoltaicos.

3.2. Instalaciones normalizadas de electrificación rural

Una de las iniciativas para agru-

par a los usuarios y responsabilizarlos a largo plazo sobre la gestión de esta infraestructura dio lugar a la creación de la asociación SEBA. En los últimos 10 años ésta ha promovido numerosos proyectos de electrificación rural fotovoltaica. La potencia total instalada hasta la fecha es de unos 250 kWp para los 295 emplazamientos (337 acometidas, incluyendo usuarios de instalaciones colectivas). La figura 4 muestra un esquema eléctrico típico normalizado correspondiente a los proyectos más habituales.

Una instalación promedio consiste en unos 800 Wp de placas fotovoltaicas cristalinas colocadas en estructuras sobre el te-

cho, montadas en una pared, colocadas en el suelo o integradas en una caseta fotovoltaica. Las baterías son de Pb-ácido con elementos tubulares de unos 400 Ah (C100) de capacidad, normalmente a 48V.

La regulación de carga de las baterías se hace con un regulador fotovoltaico con rastreo del punto de máxima potencia (MPPT) con un ciclaje de ecualización y flotación. Los ondula-dores suministran 230V-50Hz con una distorsión armónica inferior al 3%. El equipo de regulación y transformación debe cumplir con el compromiso entre las necesidades de normalización y de flexibilidad de adaptarse a cada sitio. Dicho equipo



Figura 5. Ejemplo de instalación fotovoltaica en Baleares

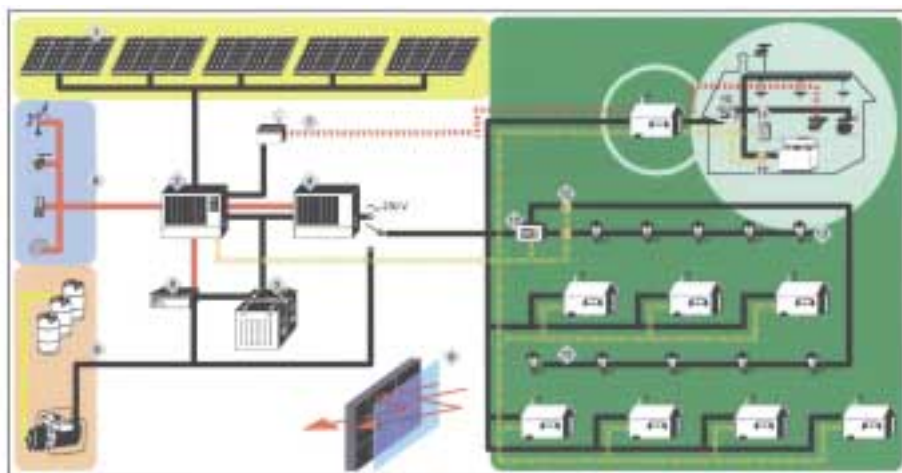


Figura 6.
Esquema
típico de una
instalación
fotovoltaica
centralizada

consiste en un armario universal precableado que puede albergar unidades normalizadas que son el supervisor de baterías, el regulador fotovoltaico (MPPT), un ondulador en cascada que puede ser ampliado hasta los 4 kW, un convertidor a corriente continua a 12V para consumos especiales (radioteléfonos, alarmas, cerca eléctrica, etc.), una unidad de adquisición de datos, y diversos indicadores al usuario. En algunos sitios también se instala un cargador de baterías auxiliar a partir del grupo electrógeno del usuario.

La adaptación del diseño para cada emplazamiento se basa en la estimación de los consumos individuales, que oscilan entre 15 a 125 kWh/mes.

3.2.1. ELECTRIFICACION FOTOVOLTAICA AUTONOMA CENTRALIZADA DE NUCLEOS RURALES

Los pueblos, aunque sean pequeños, suponen un núcleo concentrado de posibles consumidores y una menor inversión por vivienda, hecho que ha permitido darles prioridad en los proyectos convencionales de electrificación rural. Así pues, la inmensa mayoría de pequeños pueblos y sus agregados tienen conexión a la red eléctrica. En España, son pocos los que no disponen: algunos fueron completamente abandonados por sus habitantes antes de que les llegara la red, otros, por su ais-

lamiento y ocupación estacional, han quedado al margen de las prioridades de las empresas eléctricas. Estos pueblos marginados a menudo tan solo están habitados por unas pocas personas, habitualmente gente mayor, y a veces solo por temporadas. Sin embargo, no se deben menospreciar las posibilidades de estos pueblos. Sus valores naturales, paisagísticos, a menudo arquitectónicos, preservados por su aislamiento, atraen a personas y entidades interesadas en participar en su reconstrucción y revitalización.

Es evidente que hay unos mínimos para hacer que ello sea posible: el teléfono, el acceso rodado y, evidentemente, la electricidad. Los teléfonos sin hilos, especialmente el sistema Arce/Trac, permiten las comunicaciones a un coste bajo, la mejora de las carreteras de acceso, en general, han mejorado mucho en los últimos años, y la electricidad llega actualmente con sistemas fotovoltaicos centralizados. Estas infraestructuras básicas permiten la llegada de las otras: arreglar las casas, bombear el agua, tener acceso a la información, darte a conocer, iniciar actividades económicas nuevas, asentar familias.

Una instalación centralizada requiere menos placas fotovoltaicas y baterías si se compara con instalaciones individuales, donde cada vivienda estaría alimentada por un sistema de generación indepen-

diente. Además, permite utilizar un único equipo de transformación de potencia y de regulación para atender al conjunto de casas, por lo que las tareas de mantenimiento resultarán más sencillas. Un grupo electrógeno auxiliar a gas propano asegura el suministro en caso de condiciones meteorológicas excepcionalmente malas durante períodos largos.

3.3. Instalaciones fotovoltaicas interconectadas a la red

Una instalación fotovoltaica conectada a la red, consiste en un conjunto de placas fotovoltaicas conectadas entre ellas, formando el que se denomina campo fotovoltaico y un inversor que transforma la corriente continua procedente de las placas fotovoltaicas a corriente alterna a una frecuencia de 50 Hz y a un voltaje de 230 V y sincroniza la señal con la de la red eléctrica. Además de las protecciones propias del inversor, se deben incluir los elementos de protección que exige la reglamentación vigente y los equipos de los contadores que se ajustarán a la normativa metrológica vigente. Como complemento, se puede disponer de un completo equipo de visualización y monitorización de los diversos parámetros del sistema.

La funcionalidad de la instalación conectada a la red es independiente de la energía eléctrica que se prevé o se está consumiendo en la vivienda y no existe el problema de quedarse sin suministro eléctrico por batería baja o fallo del sistema. La disposición de los contadores se hace siguiendo la lógica de poder vender toda la energía generada a la compañía distribuidora, dado que el precio de venta es superior al de compra. El contador de salida tendrá capacidad de medir en ambos sentidos, y en su defecto se conectará entre el contador de salida y el interruptor general un contador de entrada. La energía eléctrica que el titular de la instalación facturará a la empresa dis-

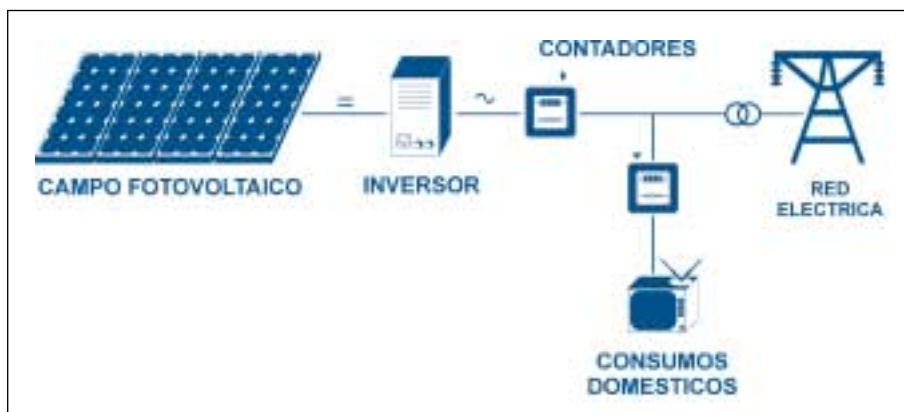


Figura 7.
Esquema
básico de una
instalación
conectada a la
red eléctrica

tribuidora será la diferencia entre la energía eléctrica de salida menos la de entrada a la instalación fotovoltaica.

El funcionamiento del inversor /ondulador se realiza de forma automática, tanto para el arranque como en la parada. El inversor empieza a inyectar energía cuando la radiación solar supera el nivel mínimo de funcionamiento. Las diferentes situaciones anormales que se pueden producir durante el día, ya sean cortes de suministro de la red, cambio de frecuencia, picos de sobretensión, etc. y la constante variación de características de las placas fotovoltaicas hacen que sea necesario disponer de sistemas adecuados de protección y de gestión automática del funcionamiento óptimo en cada caso.

Cuando la radiación es inferior al mínimo admisible, el sistema inversor se para y queda en un

nivel de consumo prácticamente nulo. El sincronismo con la señal de la red es un aspecto vital en el funcionamiento del inversor, de manera que el control permite un seguimiento constante de los parámetros de la red y realiza las correcciones necesarias, de esta manera se adapta a la onda de la red, hecho que confiere una elevada seguridad para la línea eléctrica general.

En la Tabla III se detallan los principales datos de diferentes modelos de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red propuestos por SEBA.

4. Apuntes para la implantación de programas de electrificación rural a gran escala

En Europa, el contraste entre

áreas montañosas no electrificadas cercanas a áreas totalmente industrializadas representa un campo de validación para la tecnología de la electrificación rural fotovoltaica y para los modelos operativos debido a su proximidad geográfica y al alto nivel de servicio esperado por los usuarios. Las experiencias adquiridas con sistemas rurales fotovoltaicos dispersos pueden ser claramente relevantes para futuros modelos de implantación. Pasar de la fase de proyectos piloto de demostración a implantación a gran escala tiene dificultades más propias de la característica dispersa de la aplicación que no de las propias de la tecnología. La experiencia adquirida hasta la fecha permite apuntar algunas pautas a tener en cuenta:

4.1. Aspectos organizativos

4.1.1. SERVICIO

La tecnología fotovoltaica debería integrarse en modelos de servicio de electricidad. Se trata esencialmente de ofrecer a los usuarios una regularidad y seguridad en las instalaciones fotovoltaicas a largo plazo. Es recomendable prever el presupuesto para la gestión, honorarios de técnicos locales, repuestos y seguro sobre los equipos.

4.1.2. FINANCIACION

La estrategia de la electrificación

Tabla III

Modelo	Potencia FV Wp	Potencia ondul. kW	Superficie FV m ²	Prod. anual kWh	Precio +IVA pta	Subvención (50%) pta	Total usuario pta	Cuota anual pta	Facturación pta/año	Devolución inv usuario Años	Ganancias en 15 años pta
A	5.950	5	44,1	7.655	9.874.051	4.937.026	4.937.026	95.581	505.258	9,8	2.641.839
B	4.080	4	40,8	5.249	6.673.069	3.336.535	3.336.535	70.020	346.462	9,6	1.860.401
C	2.975	2,5	22,05	3.828	5.017.104	2.508.552	2.508.552	54.000	252.629	9,9	1.280.880
D	1.650	1,5	12,75	2.123	2.947.178	1.473.589	1.473.589	51.046	140.113	10,5	628.113
E	850	0,85	6,3	1.094	1.704.027	852.014	852.014	24.437	72.180	11,8	230.681

Nota: datos de radiación Barcelona, rendimiento medio 75%, la cuota incluye mantenimiento correctivo, revisiones periódicas y seguro de los equipos, la ganancia se basa en la hipótesis que la prima se mantiene durante este período.

en general, y de la electrificación rural en particular, varía sustancialmente de un país a otro. Algunos países son compañías nacionales de electricidad, otros compañías privadas, pero siempre existe alguna forma de subsidio tanto para la extensión de la red eléctrica como también a la tarifa de servicio en regiones aisladas. El uso de la fotovoltaica para electrificación rural debería plantearse como programas de electrificación e integrarse a mecanismos convencionales de inversión pública y de compensación social.

Se trata de que los modelos de electrificación autónoma sean considerados de igual a igual con respecto a la extensión de la red eléctrica convencional en las estrategias de electrificación rural respaldadas institucionalmente.

4.1.3. PARTICIPACION ECONOMICA LOCAL

Si el usuario contribuye con una parte del coste de la instalación, toma mayor interés en su conservación e intenta hacer un mejor uso de su inversión. Se trata de que el usuario pague una fracción de la inversión de acuerdo a las posibilidades socioeconómicas que también tenga en cuenta el modelo vigente en electrificación con redes.

4.1.4. TARIFAS

Una cuota mensual o trimestral puede ser solamente para cubrir los gastos de la conservación de la instalación fotovoltaica o puede incluir una parte de la amortización de los equipos, que se paga en un número determinado de años.

Las cuotas deben tener relación con los distintos niveles de consumo ofrecidos, pero no deben basarse en la electricidad consumida ya que esto podría desanimar a los usuarios a utilizar el máximo potencial de su instalación fotovoltaica. También deben ser adecuadas al perfil socioeconómico de las comunidades

afectadas. En algunas zonas es posible que sea necesario contemplar un subsidio social a la tarifa plena.

4.2. Aspectos de funcionamiento

4.2.1. CAPACITACION DEL USUARIO

La mejor manera de incrementar las prestaciones de una instalación autónoma es una buena gestión por parte del usuario. Para ello es imprescindible una formación del mismo. También es importante dotarlo de indicadores del estado de la instalación para asistirlo en esta tarea. La capacitación se puede realizar a través de seminarios, guías técnicas o las publicaciones periódicas.

Por ejemplo, el asesoramiento en el manejo de las baterías y estado de carga de las mismas asegurarán que los usuarios no sufran cortes en el suministro ni daños en las baterías a causa de mantenerlas permanentemente en un estado bajo de carga.

4.2.2. MANTENIMIENTO

A pesar de que los equipos fotovoltaicos autónomos requieren un mantenimiento mínimo, el servicio de reparación debe estar disponible. En numerosos proyectos recientes los técnicos electricistas locales han sido formados en el uso de estos equipos y están preparados para prestar asistencia técnica, así como asesorar sobre los electrodomésticos de alta eficiencia.

Para mantener bajos los costes de operación, se puede llevar a cabo a tres niveles:

- Usuario: tareas de conservación básica.
- Electricista local: mantenimiento preventivo, reparaciones y recogida de datos.
- Gerencia general: gestión general, análisis de datos, evaluación

de la calidad del servicio, proyectos de ampliaciones y traslados, bajas, etc.

4.2.3. REGLAMENTO TECNICO

Se debe explicar claramente la calidad técnica y la cantidad de energía puesta a disposición a partir del equipo fotovoltaico ofrecida al usuario para poder evidenciar, en caso de cortes de suministro, cuando es a causa de abusos por parte del usuario, o cuando son fallos del operador del servicio.

4.3. Aspectos técnicos

4.3.1. DIMENSIONADO

El cálculo previo del consumo es complejo porque es difícil anticipar las necesidades de los usuarios. En la mayoría de los casos el usuario, utiliza inicialmente un pequeño número de electrodomésticos, pero una vez familiarizado con la instalación va incorporando gradualmente otros usos hasta alcanzar unos niveles estables. En consecuencia, después de un período de unos pocos años el consumo se incrementa y puede que el equipo fotovoltaico no pueda abastecerlo, por lo que debe ampliarse.

Se trata de diseñar equipos que permitan aumentar, dentro de un rango, la potencia y/o la energía disponible.

4.3.2. COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Normalmente se colocan las placas fotovoltaicas en posición fija, ya sea sobre una estructura separada cerca de la casa, sobre una estructura sujeta a una pared, o integrados en el techo. Las placas también pueden incorporarse como elementos constructivos en obra nueva como un elemento de nuevos cobertizos, balcones, umbráculos, porches, etc., o como sustituto de un elemento constructivo tradicional, lo cual reduce el coste global.

Las baterías y el equipo de regu-

lación y transformación se ubican normalmente en una caseta, un armario, una bodega o en una caja hermética debajo de las estructuras de los módulos. Para sistemas medianos y grandes es más factible utilizar onduladores de onda senoidal de alta eficiencia. Para el suministro de micro-redes con varios usuarios se pueden instalar limitadores de energía en cada casa, los cuales limitan diariamente la energía a disposición individual. Debe tenerse en cuenta que los onduladores deben ser de alta eficiencia, en especial a potencias marginales.

La vida de las baterías depende de su calidad y del sistema de regulación de la carga, así como del mantenimiento llevado a cabo. La experiencia demuestra que se pueden mantener al menos 8 años en buen estado, si son de buena calidad y reciben un mantenimiento adecuado.

Se trata de que los equipos estén bien acoplados eléctricamente y sean compatibles entre ellos y con el entorno arquitectónico y paisajístico.

4.3.3. GENERADOR AUXILIAR

A menudo existe también un generador auxiliar quizás instalado previamente y que se mantiene después de la instalación del equipo fotovoltaico. Este generador puede utilizarse durante períodos con bajos niveles de asoleo, aunque hay que asegurarse de que se emplea correctamente. A veces, se utiliza para cargar las baterías durante los períodos de mal tiempo o para alimentar directamente los consumos. Se trata de que el usuario conozca como sacar el máximo provecho del equipo auxiliar.

4.3.4. INFORMACION AL USUARIO

El usuario es el gestor energético del equipo, se debe poner énfasis en el desarrollo de equipos adecuados para el control y la regulación de la potencia eléctrica disponible, en la gestión eficiente del consumo y en

el uso amigable a través de dos indicadores adecuados para el usuario.

4.3.5. REGISTRO DE DATOS

Con el fin de comparar las prestaciones técnicas de distintos proyectos es importante ser capaz de analizar los resultados de la monitorización con un modelo normalizado. Las especificaciones para la monitorización están descritos en la guía producida por el Centro de Investigación Conjunta (JRC), de Ispra. La guía cubre la monitorización de los sistemas y también el análisis y la presentación de los datos. Esta monitorización analítica horaria es muy útil pero quizás demasiado cara para integrarla en todos los equipos y pueden plantearse medidas más simplificadas. Se trata de disponer de una verificación técnica para evaluar el correcto funcionamiento.

4.4. Plan de implantación

- *Voluntad política:* Las administraciones públicas deben valorar el mantenimiento y consolidación de la población rural dispersa como un elemento imprescindible para la gestión del territorio rural. Dotar de infraestructuras al medio rural disperso es caro, pero imprescindible. Algunas tecnologías, como la electrificación fotovoltaica, la telefonía sin hilos, etc., pueden reducir enormemente este coste, por lo que debería contar con un apoyo programado por parte de la administración.

- *Duración:* Un proyecto de demostración puede tardar de dos a tres años o más desde la concepción hasta la evaluación final. Un plan de implantación a gran escala precisa de cinco a seis años. Se trata de estar dispuesto a adquirir el compromiso durante este período.

- *Infraestructura administrativa:* A menudo es posible confiar en estructuras existentes como asociaciones, cooperativas, empresas locales, etc., pero en otros

casos es necesario crear nuevas organizaciones específicas para prestar este servicio. La entidad de usuarios como operador energético ha sido un mecanismo utilizado con efectividad en varios proyectos. Naturalmente, para que estas entidades sean viables a largo plazo deben tener un número mínimo de usuarios que permita tener el capital suficiente para emprender los proyectos y llegar a una densidad crítica de instalaciones para un mantenimiento efectivo. Otro enfoque es cuando la compañía eléctrica es propietaria de los equipos fotovoltaicos y los usuarios pagan una tarifa regular por el servicio de electricidad. Este modelo ha sido aplicado en países en los que la electricidad está monopolizada por una compañía concesionaria.

- *Replicabilidad comercial:* En los proyectos piloto debe haberse demostrado ya la viabilidad de la tecnología y de los modelos organizativos del servicio. Se trata de aplicar a gran escala soluciones ya contrastadas.

- *Actores locales:* Involucrar a los actores locales es esencial para el éxito de programas de electrificación rural. Cuando los usuarios están representados en las estructuras organizativas, se incentiva la gestión del servicio, se crea un sentido de corresponsabilidad para colaborar en las tareas de mantenimiento y finalmente permite adquirir una cultura de las fuentes de las energías renovables (introducción a una nueva tecnología para una fuente tradicional de energía, a nuevos electrodomésticos y a compartir nuevas oportunidades para mejorar el nivel de vida). Igualmente, la participación de instaladores locales en la fase de montaje facilita disponer de técnicos locales para su posterior mantenimiento.

- *Integración de servicios:* Un modelo de electrificación rural autónoma puede estar integrado con otras tecnologías o servicios para satisfacer adecuadamente las necesidades energéti-

cas globales de las comunidades rurales. Como ejemplo podrían considerarse la distribución de gas embotellado, servicio de agua potable, asistencia veterinaria, etc.

- *Evaluación de la calidad del servicio:* La obtención periódica de datos de monitorización energética y funcional, así como encuestas diversas a los usuarios deben verificar la idoneidad del servicio eléctrico ofrecido.

5. Apuntes para programas de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red

En los lugares donde ya llega la red eléctrica, los sistemas fotovoltaicos conectados a la red son la opción más sencilla, barata y ecológica. La instalación es más sencilla pues evita las baterías y el regulador de carga. Estos sistemas suponen una auténtica revolución tanto ambiental como económica, pues significa que se ha pasado de unos pocos productores de energía eléctrica a la posibilidad de tener infinitos, tantos como habitantes o viviendas haya en nuestro país.

La realización de las primeras instalaciones de pequeña potencia de particulares asociados a SEBA, ha permitido recoger una serie de aspectos a tener en cuenta en los próximos programas que se van a poner en marcha y preparar nuevas estrategias para su implantación a gran escala.

5.1 Aspectos organizativos

5.1.1. SERVICIO

Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red deberían acogerse a un programa o contrato de garantía de servicio, para asegurar su funcionamiento y poder responder a los posibles cambios o adaptaciones

que surjan de los programas de verificaciones que las empresas distribuidoras pongan.

5.1.2. FINANCIACION

Se puede acceder a dos tipos de instrumentos económicos para reducir o favorecer la inversión en energía fotovoltaica, en primer lugar las ayudas públicas: las procedentes de la Unión Europea dentro del V Programa Marco de Investigación y Desarrollo, las establecidas por el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética (PAEE) del Ministerio de Industria y Energía, y las gestionadas por organismos autonómicos, regionales, comarcales y locales. En segundo lugar, los créditos con bajo tipo de interés o la financiación por terceros.

Las ayudas económicas pueden variar y modificar de forma importante el período de recuperación de la inversión, por lo tanto sin los incentivos apropiados habrá, en la práctica, muchos menos usuarios decididos a apostar por la fotovoltaica.

Si estas ayudas son gestionadas por asociaciones de usuarios reducen los trámites de los particulares y facilitan la tarea de los organismos que conceden las ayudas presentando expedientes conjuntos.

5.1.3. TARIFAS

Establecer una cuota periódica en función de la potencia nominal instalada, permite asegurar el funcionamiento a través de un servicio de mantenimiento concertado que realice las revisiones correspondientes y las posibles averías. El seguro de los elementos de la instalación y la responsabilidad civil a terceros también debe cubrirse con la cuota.

5.2. Aspectos de funcionamiento

5.2.1. CAPACITACION DEL USUARIO

La importancia de reducir el

consumo energético general de la vivienda es un paso previo que se debe promover mediante auditorías energéticas domésticas. La alternativa al uso de fuentes de energía contaminantes o no renovables es en primer lugar el uso racional de la energía. Es absurdo producir más energía (aunque sea verde) y malbaratarla sin necesidad, la solución más razonable es la eficiencia y diversificación energética. Se debe capacitar al usuario para darle a conocer las posibilidades de ahorro en el sector doméstico. No todos los electrodomésticos consumen igual para obtener el mismo servicio, existen consumos permanentes sin ofrecernos servicio, la utilización de la transformación de electricidad en calor, etc. El objetivo es una combinación del uso racional de la energía y de aprovechamiento de las energías renovables.

5.2.2. MANTENIMIENTO

Las posibilidades de averías de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red son escasas, especialmente si la instalación ha sido realizada por un instalador autorizado y si se realiza un mantenimiento preventivo. Si la instalación fotovoltaica perturba el funcionamiento de la red de distribución, incumpliendo los límites establecidos de compatibilidad electromagnética, de calidad de servicio o de cualquier otro aspecto recogido en la normativa aplicable se deberán subsanar las deficiencias en el plazo máximo de 72 horas.

5.2.3. REGLAMENTO TECNICO

Las instalaciones se acogerán a las condiciones técnicas del nuevo Real Decreto pendiente de aprobación que será de aplicación a las instalaciones fotovoltaicas de potencia nominal no superior a 100 kVA y cuya conexión a la red de distribución se efectúe en baja tensión. Los instaladores autorizados en tanto no se desarrolle el Real Decreto 2224/1998 por el

que se establece el certificado de profesionalidad de la ocupación de instalador de sistemas fotovoltaicos, se aplicará el reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por Decreto 2413/ 1973 y las normativas autonómicas correspondientes.

5.3. Aspectos técnicos

5.3.1. DIMENSIONADO

Los parámetros que permiten elegir el modelo de instalación son: el dinero a invertir, la superficie disponible para las placas o bien la energía a inyectar a la red. En función de uno de estos parámetros elegidos por el usuario, como están relacionados se pueden obtener los otros dos. Debe quedar claro, que exista o no la instalación solar, la energía eléctrica necesaria para el consumo de los aparatos de la vivienda se toma de la red eléctrica habitual. La funcionalidad de la instalación conectada a la red es independiente de la energía eléctrica que se prevé o se está consumiendo en la vivienda.

5.3.2. INTEGRACION ARQUITECTONICA

Se debe minimizar al máximo el impacto visual del campo fotovoltaico integrándolo en lo posible en la cubierta del edificio. En su posibilidad se intentará conseguir la multifuncionalidad de las elementos fotovoltaicos como en pérgolas, protección solar de cubiertas, protección solar en fachadas, control de luminosidad etc. incluso pueden sustituir un elemento constructivo tradicional y evitar su coste como en porches.

La falta de estética de un sistema fotovoltaico puede producir en el ámbito urbano el rechazo a esta tecnología y cuestionarse su instalación. Su imagen debe de estar relacionada con el ahorro de energía fósil y la reducción de emisiones contaminantes.

5.4. Plan de implantación

5.4.1. VOLUNTAD POLITICA

Las normativas deben facilitar la receptividad de la sociedad. Las administraciones públicas deben apostar a favor de la simplicidad y reducir los condicionantes técnicos. Al mismo tiempo que deben apoyar tanto económicamente como en colaboración social siguiendo el Plan de Fomento de las Energías Renovables con el objetivo del 12% de fuentes renovables para el 2010.

5.4.2. INFRAESTRUCTURA ADMINISTRATIVA

La entidad de usuarios como operador energético ha consolidado un modelo de gestión y servicio replicable en programas de conexión a red. La simplificación al usuario particular de los trámites administrativos, la confianza de pertenecer a una asociación de usuarios con experiencia en el sector y la defensa de sus intereses ofrece una respuesta satisfactoria a determinados inconvenientes que surgen a los interesados. Además puede contribuir a la divulgación y formación para conseguir una concienciación ciudadana hacia la fotovoltaica.

5.4.3. ACTORES LOCALES

La implicación de entidades locales como ayuntamientos, agencias locales de la energía, etc. dando soporte al programa y la participación de electricistas de la zona en la fase del montaje crea un ambiente favorable para garantizar con éxito la ejecución global del programa y fomenta la creación de empleo en las PYMES.

5.4.4. INTEGRACION DE SERVICIOS

Se puede considerar la posibilidad de incluir colectores solares térmicos para la producción del agua caliente sanitaria aprovechando la motivación del usuario por los temas medioambientales

y la ejecución de las obras en el tejado. La realización de una auditoria energética doméstica efectiva de ahorro y eficiencia energética y campañas de sustitución de electrodomésticos por modelos de clase energética A.

5.4.5. EVALUACION DEL SERVICIO

La monitorización de la instalación permite analizar los datos y conocer la eficiencia del sistema. La visualización de los diversos parámetros energéticos por parte del usuario facilita la implicación del usuario y permite adquirir una cultura de las fuentes de energía renovables. La cuantificación de las emisiones de CO₂, NOx y otros contaminantes no emitidos a la atmósfera gracias a la instalación fotovoltaica permite evaluar más objetivamente la instalación que la simple valoración económica del kilowatio generado.

Ponencia presentada por el autor en el Seminario "Embedding'2000" organizado por IIR-Institute for International Research en Madrid, mayo 2000.

