

## GENERACIÓN FOTOVOLTAICA: UNA RESPUESTA PARA LA POBLACIÓN RURAL DISPERSA DEL NORDESTE ARGENTINO

**Hugo D. ZURLO, Arturo J. BUSSO, Daniel A. RODRIGUEZ y Gustavo R. FIGUEREDO**

Facultad Regional Resistencia - Universidad Tecnológica Nacional  
French 414, Resistencia, Chaco, CP: 3500, Argentina, Tel: +54 3722 432928, Fax: +54 3722 432683  
e-mail: [utn.resistencia@ecomchaco.com.ar](mailto:utn.resistencia@ecomchaco.com.ar)

### RESUMEN

Se exponen los intentos por abordar la problemática del abastecimiento eléctrico a comunidades de bajos recursos en zonas rurales aisladas del Nordeste Argentino, en la convicción de que la disponibilidad y el uso de fuentes de energía es requisito fundamental en el proceso de desarrollo de las personas. Nuestro propósito es el de aplicar y transferir adecuadamente una tecnología conocida, apropiada para el medio.

Se pretende dar respuesta a la problemática planteada trabajando en el cálculo, dimensionamiento, formulación, ejecución y monitoreo de Instalaciones Fotovoltaicas que abastecen de electricidad a comunidades aisladas en zonas rurales de la región, siguiendo una metodología que ha probado ser apta y altamente eficaz para lograr la apropiación de la tecnología por parte de los beneficiarios.

Se formularon y ejecutaron proyectos de Sistemas Fotovoltaicos tendientes a satisfacer las demandas básicas de energía eléctrica en comunidades alejadas de la red eléctrica; una parte de los cuales fue financiado por el FOPAR (Fondo Participativo de Inversión Social), programa dependiente de la Secretaría de Desarrollo Social de la Nación. Estos proyectos incluyen una componente clave para la efectiva apropiación de la tecnología, cual es la capacitación para la operación y el mantenimiento de los sistemas. Los resultados muestran que programas de este tipo revisten una importancia fundamental para lograr el desarrollo de grupos con Necesidades Básicas Insatisfechas.

### ABSTRACT

The intents are exposed to approach the problem for the electric supply to communities of low resources in isolated rural areas of the Argentinean Northeast, in the conviction that the readiness and the use of energy sources is fundamental requirement in the process of people's development. Our purpose is to apply and to transfer a well-known technology, appropriate for the means.

It is sought to give answer to the outlined problem working in the formulation, calculation, execution and monitoring of Photovoltaic Facilities that supply electricity to communities isolated in rural areas of the region, following a methodology that has proven to be capable and highly effective to achieve the appropriation of the technology on the part of the beneficiaries.

They were formulated and executed projects of Photovoltaic Systems to satisfy the basic demands of electric power in communities far from the electric net. Most of which were financed by the FOPAR (Social Investment Participative Found), clerk of the Secretary of Social Development of the Nation programs. All the projects include a key component for the effective appropriation of the technology which is the training for the operation and the maintenance of the systems. The results show that programs of this type they constitute a key factor to achieve the development of groups with Unsatisfied Basic Needs.

Palabras Clave: energía solar, electrificación rural, fotovoltaica, desarrollo social, autogestión.

### INTRODUCCION

En el Nordeste Argentino, la población rural supera el 42% del total de la población, distribuyéndose en casi 300.000 km<sup>2</sup>, con una densidad -en zonas rurales- que no alcanza a cuatro habitantes por km<sup>2</sup>. Esto, sumado al escaso desarrollo socioeconómico de nuestra región, explica gran parte de las dificultades para llegar a toda la población rural con suministros energéticos adecuados.

La red de suministro de energía eléctrica escasamente puede abastecer a los centros urbanos más pequeños, incursionando apenas en las zonas rurales más pudientes y próximas a los centros urbanos. Por otra parte, la infraestructura vial se muestra totalmente insuficiente para abarcar un territorio tan extenso, lo que imposibilita el suministro de las fuentes convencionales de energía. La carencia casi total de todo tipo de servicios y, fundamentalmente, los de comunicación (caminos, telecomunicaciones, etc.) incide directamente en la calidad de vida de las personas, a la par que sume a la población rural dispersa de la región en un estancamiento y marginación que contrastan fuertemente con los grandes progresos que caracterizan a nuestra época.

Esta situación dio origen al intento de abordaje de la problemática energética de zonas rurales aisladas del Nordeste Argentino (NEA), por parte de docentes investigadores de energías renovables en la Facultad Regional Resistencia de la Universidad Tecnológica Nacional, en la convicción de que la disponibilidad y el uso de fuentes de energía es requisito fundamental en el proceso de desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida de las personas.

Desde el trabajo de investigación, se pretende dar una respuesta a la problemática planteada y, por tal motivo, se está trabajando en el cálculo, dimensionamiento, formulación, ejecución y monitoreo de proyectos de Instalaciones Fotovoltaicas en zonas rurales de la región, con el objeto de proporcionar electricidad a comunidades aisladas, excluidas de toda posibilidad de interconexión a la red de suministro de energía eléctrica. Para ello se procede según una metodología que ha probado ser apta y altamente eficaz para lograr la apropiación de la tecnología por parte de los beneficiarios.

### DESARROLLO

#### Escuelas Rurales

En 1996 se efectuó un trabajo de asesoramiento técnico, a pedido del Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la Provincia del Chaco, consistente en un plan de suministro de energía eléctrica, por conversión fotovoltaica de la energía solar, a unas 250 escuelas rurales alejadas de las redes de distribución de electricidad.

El trabajo consistió en el dimensionamiento y cálculo, por grupos de escuelas de similares características, del sistema fotovoltaico adecuado para abastecerla de electricidad para iluminación, equipamiento didáctico y otros usos básicos.

Para tipificar las escuelas carentes de energía eléctrica, susceptibles de ser abastecidas por este medio se clasificaron en cuatro grupos, como sigue:

- **Prototipo I:** Escuela con tres aulas (de 27,5 m<sup>2</sup>), vivienda del docente con dos dormitorios y grupo sanitario. Se prevé una capacidad de generación diaria de 2420 Wh/d y una capacidad de acumulación de 1680 Ah.
- **Prototipo II:** Escuela con dos aulas (de 27,5 m<sup>2</sup>), vivienda del docente con dos dormitorios y grupo sanitario. Se prevé una capacidad de generación diaria de 2080 Wh/d y una capacidad de acumulación de 1450 Ah.
- **Prototipo III:** Escuela con un aula (de 39 m<sup>2</sup>), vivienda del docente con un dormitorio y grupo sanitario. Se prevé una capacidad de generación diaria de 1650 Wh/d y una capacidad de acumulación de 1150 Ah.
- **Prototipo IV:** Escuela con un aula (de 32,5 m<sup>2</sup>), dirección y grupo sanitario. Se prevé una capacidad de generación diaria de 1320 Wh/d y una capacidad de acumulación de 920 Ah.

El suministro de energía eléctrica a cada establecimiento se haría en 12VCC para los artefactos de iluminación y en 220VCA para el resto de la instalación, a fin de poder utilizar los artefactos eléctricos convencionales. Se consideró apropiado este tipo de suministro para asegurar y facilitar la reposición y/o reparación de los artefactos eléctricos en la localidad más cercana.

Con el objeto de no sobredimensionar la instalación se efectuó una corrección por tiempo de uso a aquellos artefactos que no se utilizan los siete días de la semana; para ello se los afectó, en el cálculo, por un factor cuyo numerador es la cantidad de días de uso por semana y el denominador, la cantidad de día de la semana (siete). Para el cálculo de la capacidad de acumulación se tomó una autonomía de funcionamiento con hasta cinco días nublados.

La labor culminó con la confección de las Especificaciones Técnicas y un borrador del Pliego de Condiciones Particulares para licitar los correspondientes suministros, con la propuesta de que se efectúen llamados a licitación por grupos reducidos de escuelas, lo que permitiría corregir, en llamados posteriores, los eventuales errores en los que se hubiera podido incurrir.

### Proyectos Comunitarios

Desde 1997, respondiendo a una convocatoria efectuada por el FOPAR (Fondo Participativo de Inversión Social), programa dependiente de la Secretaría de Desarrollo Social de la Nación que centra su accionar fundamentalmente en el Norte del País, hemos participado en la formulación y ejecución de numerosos proyectos de instalación de sistemas de generación fotovoltaica, en respuesta a la demanda de energía eléctrica, por parte de comunidades rurales aisladas, de las provincias de Chaco y Corrientes, en el nordeste argentino. Como resultado de la vinculación con dicho programa, se llevan formulados en su totalidad y ejecutados con distinto grado de avance, los proyectos de instalaciones fotovoltaicas que se listan en la Tabla N° 1; también se indica su ubicación (Localidad más cercana), tipo de proyecto y potencia nominal instalada o a instalar.

La metodología propuesta por el FOPAR para la formulación de los proyectos que financia se caracteriza por el protagonismo y la participación activa que otorga a la comunidad beneficiaria del proyecto, lo cual ha demostrado ser muy eficaz en el logro de los objetivos propuestos.

En primer lugar se realiza un trabajo de promoción en poblaciones en las que se han localizado grupos con Necesidades Básicas Insatisfechas; durante la promoción se identifican los problemas prioritarios de la comunidad, que pueden ser resueltos mediante la formulación de alguno de los proyectos que normalmente financia el FOPAR. Finalizada esta etapa, se convoca a Técnicos (personas e Instituciones) para que colaboren con las comunidades solicitantes en la formulación de un Proyecto de Desarrollo a ser financiado por el programa.

Tabla 1: Listado de Proyectos de Sistemas Fotovoltaicos formulados y presentados ante el FOPAR.

Código Proyecto (Paraje)	Localización (Provincia)	Tipo	Estado	Potencia Nominal
CH-0142 (Pampa Bolsa)	Pampa del Infierno (Chaco)	Puesto Sanitario	Ejecutado	600 W
CH-0269 (Lote 39)	Machagai (Chaco)	Puesto Sanitario	Ejecutado	60 W
CH-0299 (Lote 24)	Machagai (Chaco)	Puesto Sanitario	Ejecutado	60 W
CH-0315 (Lote 42)	Machagai (Chaco)	Puesto Sanitario	Ejecutado	60 W
CH-0207 (Pueblo Viejo)	Pampa del Indio (Chaco)	Salón Comunitario	Ejecutado	60 W
CH-0208 (Pampa Grande)	Pampa del Indio (Chaco)	Salón Comunitario	Ejecutado	60 W
CH-0134 (10 de Mayo)	Pampa del Indio (Chaco)	Cargador de Baterías	Ejecutado	960 W
CH-0119 (El Cuadrado)	Gancedo (Chaco)	Escuela	Ejecutado	720 W
CO-0040 (Arroyo Pelón)	Empedrado (Corrientes)	Cargador de Baterías	Ejecutado	1500 W
CO-0041 (El Pollo)	Empedrado (Corrientes)	Cargador de Baterías	A ejecutar	1500 W
CO-0055 (Montaña 1)	San Miguel (Corrientes)	Cargador de Baterías	En ejecución	1500 W
CO-0093 (Montaña 2)	San Miguel (Corrientes)	Cargador de Baterías	A ejecutar	1440 W
CH-0365 (El Martillo)	Tres Isletas (Chaco)	Escuela	A ejecutar	1620 W
CH-0368 (Las Gomas)	Tres Isletas (Chaco)	Cargador de Baterías	A ejecutar	1440 W
CO-0158 (Paso Cejas)	Libertador (Corrientes)	Salón Comunitario	En ejecución	120 W
CO-0161 (Cuchillas)	Libertador (Corrientes)	Comunicaciones	En ejecución	60 W
CO-0227 (Cnel. Schweizer)	Libertador (Corrientes)	Escuela	A ejecutar	120 W
SA-0268 (El Algarrobal)	J. V. Gonzalez (Salta)	Sistema de Bombeo	A ejecutar	900 W
SA-0303 (Campo Redondo)	J. V. Gonzalez (Salta)	Sistema de Bombeo	A ejecutar	2400 W

La evaluación de los proyectos presentados constata, en primer lugar, el aspecto social (necesidad real, participación de la gente en la etapa de formulación del proyecto, interés de la comunidad beneficiaria, etc.); para abordar, luego, los aspectos técnico y económico del proyecto.

Al comenzar la etapa de ejecución del proyecto, la comunidad beneficiaria adquiere un protagonismo inusual en programas de promoción, ya que son los mismos beneficiarios quienes administran los recursos destinados a la ejecución del proyecto, constituyéndose, los Técnicos, en colaboradores en el proceso de autogestión del grupo. Todo este proceso está acompañado de cerca, no sólo por los Técnicos que intervienen sino también, y fundamentalmente, por los supervisores del FOPAR. En algunos casos llega a ser tan eficiente la gestión, que no sólo se alcanzan, sino que se superan los objetivos propuestos; debido al alto grado de compromiso logrado con esta metodología.



*Fig. N° 1: Un instante en el armado de los paneles.*

Los proyectos deben contener dos componentes básicas fundamentales: una **componente de Infraestructura**, consistente en las obras civiles a ejecutar, más el equipamiento a instalar; y una **componente de Capacitación** que persigue un doble objetivo: adquirir los conocimientos necesarios para efectuar la operación y el mantenimiento del Sistema Fotovoltaico y fortalecer la organización grupal a fin de lograr la “autogestión” del grupo de beneficiarios.



*Fig. N° 2: Encuentro de Capacitación*

Desde el punto de vista técnico, los proyectos pueden clasificarse en tres grupos, atendiendo a las características distintivas de cada uno de ellos, a saber: Puestos Sanitarios, Escuelas y Cargadores comunitarios de Baterías.

**Puestos Sanitarios.** Este tipo de proyectos se describe a continuación, a través de un ejemplo. En enero de 1997 se toma

contacto con pobladores del Paraje Pampa Bolsa, una colonia rural ubicada a unos 17 km. de la localidad de Pampa del Infierno, al oeste de la Provincia del Chaco. Ellos planteaban la necesidad de mejorar el equipamiento existente en el Puesto Sanitario de la colonia, pero se encontraban con un problema, cual era la falta de suministro de energía eléctrica por red. Esta situación imposibilitaba la disposición de equipamiento sanitario que requiera energía eléctrica, lo cual limitaba el servicio sanitario prestado, afectándolo de la siguiente manera:

- La falta de luz eléctrica dificultaba la atención de pacientes en horarios y días con poca luz natural.
- Si bien disponían de una heladera a kerosén, la misma no enfriaba lo suficiente como para garantizar la correcta conservación de medicamentos, dado que en los días de mucho calor, la temperatura en el interior del gabinete era mayor a 10°C, cuando las vacunas y sueros deben ser conservados a temperaturas inferiores a los 5°C. Por otra parte, el consumo de combustible de la heladera resultaba significativo.
- La falta de energía eléctrica no les permitía contar con equipamiento médico que requiere de esa forma de energía para funcionar (ej.: nebulizador, aspirador nasal, lámparas especiales, etc.).
- La necesidad apremiante de disponer de un equipo de comunicaciones (VHF) para llamar a la ambulancia del hospital más cercano con el objeto de derivar los casos graves o de urgencia.

Los principales afectados por la situación descrita eran los niños y las mujeres embarazadas, y cuantos puedan requerir de atención sanitaria (enfermos, accidentados, ancianos, etc.). Los pobladores del paraje, alrededor de 400 personas, son de escasos recursos económicos. Se trata de agricultores minifundistas y trabajadores de pequeños obrajes de carbón. El nivel de ingreso apenas les alcanza para la subsistencia.

Por todo lo expuesto, los pobladores solicitaban asistencia técnica para la formulación de un proyecto que tienda a resolver la problemática planteada. En respuesta a ese pedido, se propone la utilización de paneles fotovoltaicos para el suministro de energía eléctrica necesaria para abastecer el consumo del Puesto Sanitario (luces, heladera, nebulizador, equipo de comunicaciones, etc.). Al disponer de energía eléctrica el Puesto Sanitario mejoraría y ampliaría sus servicios, al disponer de equipos que no podían tener por falta de electricidad, y medicamentos que no se podían conservar por falta de refrigeración.

Entre los principales consumos cabe mencionar: una heladera (para conservación de sueros y vacunas), nebulizador-aspirador, iluminación y un equipo de radiocomunicaciones, entre otros. El proyecto planteado consistió en:

- dimensionamiento, adquisición y montaje del sistema fotovoltaico,
- ejecución de la instalación eléctrica y puesta en funcionamiento del equipamiento,
- construcción de una sala para baterías y depósito,
- capacitación en operación y mantenimiento del sistema y uso racional de la energía.





*Fig. N° 3: Puesto Sanitario en Pampa del Infierno (Chaco)*

Algunos de los otros Puestos Sanitarios asistidos requerían de energía eléctrica, fundamentalmente para un equipo de comunicaciones VHF y para iluminación; en ellos la potencia instalada fue de 60 W. Similares a éstos últimos son las instalaciones efectuadas en los Salones Comunitarios.

**Escuelas.** En cuanto a las escuelas, las principales demandas a abastecer consisten en iluminación, equipamiento didáctico (TV, video, computadora, audio, etc.), y equipamiento complementario (heladera, bomba de agua, equipo de radiocomunicaciones, etc.). Los principales aspectos y criterios tenidos en cuenta en el cálculo y dimensionamiento de las instalaciones de este tipo se corresponden con los mencionados anteriormente.



*Fig. N° 4: Escuela Rural en Gancedo (Chaco)*

**Cargador de Baterías.** Este tipo de proyectos consiste en el montaje de un Sistema Fotovoltaico destinado a cargar un cierto número de baterías por día, de modo tal que los miembros de una comunidad rural puedan disponer de artefactos eléctricos alimentados a batería (iluminación, radio, TV, etc.), sin verse en la necesidad de tener que recorrer periódicamente decenas de kilómetros -hasta el pueblo más cercano- para efectuar la recarga de la batería, con los altos costos en dinero y, sobretodo, en tiempo que ello implica, además de los riesgos que trae aparejado el traslado de la batería distancias tan grandes y de la necesidad de

disponer de algún medio de transporte y movilidad. Los proyectos formulados pretenden abastecer comunidades de entre 30 y 50 usuarios del servicio de carga, para lo que se requiere una capacidad de carga de entre 4 y 7 baterías de 100 Ah por día.

En este tipo de proyectos reviste fundamental importancia la organización comunitaria para el uso y mantenimiento del Cargador: Por tal motivo se trabaja, desde el comienzo de la capacitación, en la formulación participativa de las Pautas de Organización Comunitaria y del Reglamento de Uso del Cargador.

Similares características revisten los proyectos en los que se solicita el servicio de provisión de agua mediante bombeo fotovoltaico.

**Asistencia Técnica.** Una vez finalizada la etapa de ejecución, los técnicos asumen el compromiso de continuar asesorando técnicamente a los beneficiarios y monitoreando la instalación durante un tiempo adicional, para asegurar la continuidad de los beneficios obtenidos con el proyecto. En tal sentido, de los proyectos ejecutados hasta el presente, no se ha detectado ningún tipo de problema, ni de funcionamiento ni de operación, aún cuando hayan transcurrido dos y hasta tres años desde su ejecución. Cabe destacar aquí la importancia y necesidad de una adecuada capacitación de los beneficiarios en algunos aspectos técnicos del funcionamiento del sistema a fin de lograr una adecuada operación y mantenimiento de la instalación.



*Fig. N° 5: Dos momentos en el Montaje de los Paneles*

## RESULTADOS

Los proyectos ejecutados lograron los resultados esperados. En todos los casos se logró abastecer satisfactoriamente las necesidades previstas de energía eléctrica. Los sistemas propuestos presentan, como ventaja comparativa respecto del suministro de energía eléctrica por red, menores costos de operación y mantenimiento (dado que no tienen que pagar cargos por ningún concepto); si bien presenta las desventajas de proveer cantidades muy acotadas de energía y de la relativa dependencia de las condiciones climáticas.

Debido a que en los proyectos financiados de este modo la capacitación de los beneficiarios juega un papel central, las personas involucradas en la ejecución de las obras fueron entrenados para realizar diferentes tareas como ser: instalación eléctrica, construcción, administración financiera, herrería, entre otras. Esta capacitación además de la administración del proyecto llevada a cabo por ellos mismos permitió, la mayoría de las veces, realizar obras extras no previstas en el proyecto original como ser, la construcción de obras complementarias, adquisición de equipamiento adicional, etc..

Al contar con mayor equipamiento, tanto en las escuelas como en los Puestos Sanitarios se pudo ampliar la oferta de servicios a la población.

Como consecuencia de toda esta labor se está en vías de formalizar un convenio de asistencia técnica entre la Universidad y la Secretaría de Desarrollo Social, para el asesoramiento en materia de energías renovables, la ejecución y monitoreo de los proyectos formulados y presentados y la transferencia de esta tecnología a comunidades que lo soliciten. El trabajo implementado se suma al esfuerzo permanente por lograr la inserción de la Universidad en el Medio, a la vez que constituye una experiencia de transferencia de conocimientos y de tecnología hacia comunidades que requieren de apoyo técnico para resolver problemas, lo que redundará en un mejoramiento de la calidad de vida de esas comunidades.

## CONCLUSIONES

- Se aprecia un notable mejoramiento en la calidad de vida de los beneficiarios por disponer de una forma de energía de excelente calidad, como es la eléctrica, que les permite acceder a varios beneficios de la tecnología actual, a un costo de operación significativamente bajo.
- Este mejoramiento en la calidad de vida no sería posible de no ser por programas como el FOPAR que absorbe la mayor parte de la inversión necesaria (los beneficiarios deben absorber el 10% del costo del proyecto con aportes no monetarios). La ayuda institucional para la inversión inicial y la capacitación correspondiente son factores determinantes en el desarrollo y autogestión de las comunidades de escasos recursos.
- Se resalta la necesidad e importancia de la capacitación de los beneficiarios para la operación y el mantenimiento de la instalación, a efectos de lograr la apropiación de la tecnología.
- Muchos de los beneficios obtenidos con esta metodología participativa de trabajo no se lograrían si el proyecto fuera formulado y ejecutado directamente por la administración estatal (sin participación de los beneficiarios) o por una empresa contratista; ya que en estos casos no se alcanzaría el mismo grado de compromiso por parte del grupo beneficiado.
- Se confirma, una vez más, que en zonas aisladas es más rentable la obtención de electricidad por conversión Fotovoltaica que por conexión a la red convencional y se atienden satisfactoriamente las necesidades escolares o sanitarias y, a su vez, las de la comunidad.

## REFERENCIAS

Zurlo H. *et al.* (1999) Suministro de energía eléctrica por generación fotovoltaica en zonas rurales del NEA: una experiencia en marcha, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol.3, N° 1, págs 04.21 a 04.24, Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES).

FOPAR (1997) Instructivo-Guía para la Preparación de Proyectos: Pequeños Sistemas de Energía, Secretaría de Desarrollo Social - Presidencia de la Nación, Buenos Aires.

FOPAR (1999) Bases para la Presentación de Proyectos - Provincia del Chaco, Secretaría de Desarrollo Social - Presidencia de la Nación, Buenos Aires.

CENSOLAR (1989) Instalaciones de Energía Solar: Sistemas de Conversión Eléctrica, 1a. edición, Sevilla.

SOLARTEC SA, Catálogo de información Técnica de Productos.

SOLAREX, Catálogo de información Técnica de Productos.

Roberts, Simon (1991) Solar Electricity – A practical Guide to Designing and Installing Small Photovoltaic Systems, Prentice Hall.

Quadri, Néstor P. (1996), Energía Solar. 2° Edición, Librería y Editorial. Alsina.