

SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA POR GENERACION FOTOVOLTAICA EN ZONAS RURALES AISLADAS DEL NEA: UNA EXPERIENCIA EN MARCHA

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

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Resistencia
French 414, (3500) Resistencia, Argentina. Tel: (03722) 432928 - Fax: (03722) 432683
E-Mail: utn.resistencia@ecomchaco.com.ar

RESUMEN

Se exponen los intentos por abordar la problemática del abastecimiento eléctrico en zonas rurales aisladas de la región NEA. Se formularon y ejecutaron proyectos de Sistemas Fotovoltaicos tendientes a satisfacer las demandas básicas de energía eléctrica en comunidades alejadas de la red eléctrica. La mayor parte de los proyectos fue financiado por el FOPAR, programa dependiente de la Secretaría de Desarrollo Social de la Nación. Todos los 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 constituyen un factor clave para lograr el desarrollo de grupos con Necesidades Básicas Insatisfechas.

SITUACION RURAL ACTUAL

En el Nordeste Argentino, la población rural supera el 42% del total de la población, distribuyéndose en casi 290.000 km², con una densidad -en zonas rurales- que no alcanza a cuatro habitantes por km². 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 próximas y pudientes. 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 (camino, telecomunicaciones, etc.) incide directamente en la calidad de vida de las personas, a la par que suma 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 dió origen al abordaje de la problemática energética de zonas rurales aisladas del NEA, por parte del GITEA (Grupo de Investigación en Tecnologías Energéticas Apropriadas), en la Facultad Regional Resistencia de la UTN, 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..

Desde el GITEA, 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 las provincias de Chaco y Corrientes, con el objeto de proporcionar electricidad a comunidades aisladas, excluidas de toda posibilidad de interconexión a la red de suministro de energía eléctrica.

DESARROLLO DE LOS PROYECTOS

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 proyecto 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. 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.

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. 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.

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

Código Proyecto (Paraje)	Localización	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	en ejecución	960 W
CH-0119 (El Cuadrado)	Gancedo (Chaco)	Escuela	en ejecución	720 W
CO-0040 (Arroyo Pelón)	Empedrado (Corrientes)	Cargador de Baterías	a ejecutar	1500 W
CO-0041 (El Pollo)	Empedrado (Corrientes)	Cargador de Baterías	a ejecutar	1500 W
CO-0055 (Pje. Montaña)	San Miguel (Corrientes)	Cargador de Baterías	en ejecución	1500 W
CO-0093 (Pje. Montaña)	San Miguel (Corrientes)	Cargador de Baterías	a ejecutar	1440 W
(Pje. El Martillo)	Tres Isletas (Chaco)	Escuela	a ejecutar	1620 W
(Pje. Las Gomas)	Tres Isletas (Chaco)	Cargador de Baterías	a ejecutar	1440 W

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 realizan un trabajo de promoción en las poblaciones con Necesidades Básicas Insatisfechas focalizadas; 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, 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.

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.

Estos proyectos contienen 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.

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

El tipo de proyecto denominado Cargador de Baterías, 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, sobre todo, 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 cuanto a las escuelas, las principales demandas a abastecer consisten en iluminación, equipamiento didáctico (TV, Video, Computadora, Audio, etc.), un equipo de radiocomunicaciones y equipamiento complementario (heladera, bomba de agua, etc.).

En el caso de puestos sanitarios, algunos de ellos solo 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.

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 uno y hasta dos 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.

SISTEMA EJEMPLO: PUESTO SANITARIO PAMPA DEL INFIERNO

En el puesto sanitario de Pampa del Infierno, a diferencia de los demás puestos sanitarios, la mayor potencia nominal instalada se debe a los mayores requerimientos de consumo solicitados por los beneficiarios. Entre los principales consumos cabe mencionar: una heladera (para conservación de sueros y vacunas), nebulizador-aspirador, iluminación y un equipo de radiocomunicaciones, entre otros, según se detalla en la planilla de carga.

PLANILLA DE CARGA

Consumo en Corriente Continua (12V)

Artefacto	Potencia [W]	Tiempo [h]	Consumo [W-h]
Iluminación (7x20W)	140	2	280
Comunicación (BLU)	240	1	240
Nebulizador (invierno)	250	1	250
Ventilador (verano)	50	2	100
Consumo en CC			870

Consumo en Corriente Alterna (220V)

Artefacto	Potencia [W]	Tiempo [h]	Consumo [W-h]
Heladera	80	15	1200
Consumo del inversor			180
Consumo en CA			1380

En base a estos datos se determinó que el consumo pico corresponde a un día de invierno y es de 2150 W-h/día. Se eligió como generador solar al módulo **SOLAREX MSX-60** por ser el que, según nuestro criterio, brinda las mejores prestaciones técnicas para el consumo propuesto. De las tablas suministradas por el fabricante se obtiene el dato de Generación Promedio Anual (en W-h/día) que, para la zona en cuestión, es de 265 W-h/día. Este valor promedio tiene una variación de +/- 15 % entre verano e invierno. Como el cálculo se hace para un mes invernal se toma el valor de Generación Promedio Anual que figura en tabla disminuido en un 15 % lo que da **225 W-h/día**.

Tomando en cuenta la demanda total diaria de energía para la estación invernal (**2150 W-h/día**) y la energía promedio diaria, para la misma estación, que puede generar el módulo (**225 W-h/día**) se determinó en 10 el número de módulos necesarios para satisfacer las demandas propuestas.

En la determinación de la capacidad de las baterías se previó una autonomía de 3 días y se tomó un factor de seguridad de 1.67 que tiene en cuenta la profundidad de descarga admitida, el envejecimiento y el efecto de la temperatura. Del cálculo surge una capacidad de 900 Ah la que se logra combinando en paralelo **cuatro baterías** de 220 Ah.

Como elementos complementarios se cuentan - Reguladores de carga para las baterías - Indicador del estado de las baterías - Inversor (12V/CC - 220V/CA) - Luminarias de 20 W (alta eficiencia) - Tablero de distribución con corte por baja tensión - Conductores y terminales para conexión.

DIMENSIONAMIENTO: COMPARACION DE ASPECTOS Y CRITERIOS UTILIZADOS

En su mayoría estos proyectos fueron realizados durante los últimos tres años, período en el que hemos podido comprobar la evolución de los lineamientos para la formulación de proyectos de esta especie, fundamentalmente en lo que respecta al dimensionamiento del sistema.

En los formularios utilizados en la primera etapa del programa los lineamientos de cálculo eran escuetos y dejaban un amplio margen de libertad al proyectista (FOPAR, 1997). Sin embargo, en los formularios utilizados en la segunda etapa se introdujeron cambios sustanciales. El técnico debe limitarse a completar una tabla con datos muy sencillos tales como: dimensiones de ambientes, artefactos a instalar y, en algunos casos, horas de uso. El resto de los parámetros de diseño se encuentran previstos en dichas tablas no pudiendo ser modificados. Este hecho no permite adecuarse a situaciones reales locales y puede producir como resultado el sobredimensionamiento innecesario del sistema afectando, inclusive, la viabilidad económica del proyecto.

Entre los parámetros fijos se pueden mencionar la potencia de electrodomésticos tales como: heladera, equipo de sonido, equipo VHF, entre otros, además de las horas de uso diario de los mismos. El destino y prestación real de cada uno de estos artefactos así como las particularidades del usuario serán en última instancia el factor determinante del consumo.

En el caso concreto de un televisor, la potencia de 60 W y 2 h/día de consumo fijadas por el FOPAR, se adecuan al uso doméstico pero no para el caso de una escuela en donde la prestación es esporádica y no diaria. De igual modo ocurre con las horas de uso de iluminación en espacios de uso comunitario. Según se trate de un aula o salón comunitario, la frecuencia de ocupación será diaria sin fines de semana o solo los fines de semana más algún día a la semana en caso excepcional, respectivamente.

Tomando en cuenta todos estos hechos, realizamos el dimensionamiento de un sistema, tomado como ejemplo por el monto del proyecto, siguiendo por un lado, los lineamientos del FOPAR, y por el otro, criterios que se desprenden de la bibliografía convencional (Roberts, 1991; Quadri, 1994; Quadri, 1996; CENSOLAR; 1991) sumados a la experiencia personal del proyectista que permite ajustar a la realidad las distintas variables del cálculo.

El caso de estudio consiste en la electrificación de una escuela de un solo aula, casa del maestro, respectivos baños y de un salón que presta un doble servicio: lugar físico del cargador de baterías para 35 familias y sala de reuniones.

El análisis según los lineamientos del FOPAR arroja una demanda total diaria de 9545 W-h/día (32 paneles de 60 W) contra 6362 W-h/día (27 paneles de 60 W) que surgen del cálculo teniendo en cuenta patrones de consumos más realistas.

Esta diferencia de 5 paneles fotovoltaicos representa, en términos económicos, un ahorro mínimo de \$5000 incluidos costos adicionales de estructura, cableado y regulador. Para el caso del proyecto en cuestión, esta diferencia haría que el costo total del mismo supere los \$75000, estipulado como techo financiable por el FOPAR, convirtiéndolo en no calificable.

A pesar de lo ajustado que pueda parecer el cálculo, la experiencia acumulada de instalaciones anteriores nos muestra que no se pone en peligro el abastecimiento energético propuesto y que en algunos casos se dispone, inclusive, de excedentes de generación.

CONSECUENCIAS GENERALES

- Como consecuencia de toda esta actividad, se está en vías de firmar un convenio de asistencia técnica entre la UTN y el FOPAR, 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.
- La posibilidad de disponer de una forma de energía de excelente calidad, como es la eléctrica, por medios fotovoltaicos, les permite a los beneficiarios acceder a servicios básicos; bombeo de agua, iluminación, etc.; a un costo de operación significativamente bajo. Esto 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 es un factor determinante en el desarrollo y autogestión del grupo.
- Se resalta el beneficio extra de la capacitación de lugareños en la operación y el mantenimiento de la instalación, a efectos de lograr la apropiación de la tecnología.
- 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 pues se atienden satisfactoriamente las necesidades escolares o sanitarias y, a su vez, las de la comunidad.
- Estas instalaciones serán tomadas como base para un proyecto mayor de monitoreo de patrones de consumo y relevamiento del potencial energético Solar – Eólico de la zona.
- Se hace notar que, permitiendo una mayor libertad al proyectista a fin de tomar en cuenta experiencia propia y condiciones de trabajo acordes a las particularidades del lugar, puede evitarse el sobredimensionamiento innecesario de la instalación sin poner en peligro normal abastecimiento energético propuesto

REFERENCIAS

- 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.
- Quadri N. P., (1994), *Energía Fotovoltaica*, Lib. Y Ed. Alsina.
- Quadri N. P., (1996), *Energía Solar*, Lib. Y Ed. Alsina, 2 Edición.
- Roberts S., (1991), *Solar Electricity; A Practical Guide to Designing and Installing Small Photovoltaic Systems*, Prentice Hall.
- SOLARTEC SA, *Catálogo de información Técnica de Productos*.
- SOLAREX, *Catálogo de información Técnica de Productos*.