

# PROYECTO PILOTO "BALDE DE LEYES"<sup>1</sup>

## INFORME DE AVANCE

Pontoriero D., Blasco L., Hoesé E., Serpa L., Morales R.,  
Avila E.<sup>2</sup>, Trincado M.<sup>3</sup>, Flores S.<sup>4</sup>

Instituto de Energía Eléctrica - Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional de San Juan

Av. Lib. Gral. San Martín 1109 (O) - 5400 San Juan - Argentina  
Tel.: 0054 (0)64 22 6444 / 5406 - Fax: 0054 (0)64 21 0299

Preiser K., Schweizer P., Parodi O.

Fraunhofer - Institut für Solare Energiesysteme

Oltmannsstraße 5 - D-79100 Freiburg - Bundesrepublik Deutschland  
Tel.: 0049 761 4588 228 - Fax: 0049 761 4588 217

### RESUMEN

Se realiza la electrificación del pueblo "Balde de Leyes" con energía solar fotovoltaica, con el fin de lograr un aprendizaje para futuros proyectos mediante el análisis de la forma de trabajo interdisciplinario y participativo, con la intervención de la población, empresarios y artesanos en cada etapa (análisis, preparación, instalación, seguimiento y evaluación). Se pretende evaluar las perspectivas reales que brinda la tecnología fotovoltaica (PV), y definir una metodología para su transferencia al medio. Se diseñan sistemas óptimos adaptados a las necesidades y características de comunidades aisladas, tomando en cuenta los aspectos sociológicos. La preparación de la población para la apropiación de la nueva tecnología, se transforma en una de las fases de mayor importancia. Actualmente se ha montado la instalación y se inicia la fase de seguimiento para evaluar aspectos técnicos y el impacto socio-cultural y económico alcanzado.

### INTRODUCCION

En Argentina se estima que aproximadamente tres millones de habitantes viven en Areas Rurales desprovistas de energía para satisfacer necesidades fundamentales como iluminación, comunicación y agua potable. Debido a razones técnicas, geográficas y económicas (por ejemplo: pérdidas de tensión, grandes distancias, dispersión, bajo consumo) carece de sentido, aún en un futuro cercano, una conexión a la red existente. Por ello, es necesario proveer de energía en forma descentralizada y adaptada a las demandas locales. Dado que las soluciones a esta situación con generadores Diesel, crean problemas de mantenimiento y abastecimiento del combustible, la provisión de energía mediante tecnología solar se presenta con características muy favorables.

### OBJETIVOS

Proveer con energía solar fotovoltaica la electrificación de un pueblo seleccionado, con el fin de lograr un aprendizaje para futuros proyectos mediante el análisis de la forma de trabajo en cada etapa, desde el análisis, la preparación, continuando con la instalación, hasta su seguimiento con los efectos sobre la población; tendiente a evaluar las perspectivas reales que brinda la tecnología fotovoltaica y a lograr definir una metodología para su transferencia al medio.

<sup>1</sup> Proyecto de Cooperación Argentino - Alemán

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de la Provincia de San Juan - Argentina

<sup>3</sup> Centro Universitario Técnico Educativo - FI - UNSJ - Argentina

<sup>4</sup> Dirección de Recursos Energéticos de la Provincia de San Juan - Argentina

## METODOLOGIA

Fundamentalmente se intenta lograr un trabajo realmente interdisciplinario durante el proceso completo del proyecto. El enfoque principal se basa en la participación de la población, empresarios y artesanos, desde el comienzo, para elaborar conjuntamente las soluciones apropiadas y dimensionar correctamente los sistemas conforme a las características locales. La preparación de la población para la apropiación de la nueva tecnología, se transforma en una de las fases de mayor importancia. La instalación de los equipos tiene lugar también con la colaboración de los habitantes. El proceso continúa después de la instalación, para evaluar aspectos técnicos y el impacto socio-cultural y económico alcanzado.

## COOPERACION ARGENTINO - ALEMANA

A partir de las gestiones realizadas ante el Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme de la República Federal de Alemania para concretar una cooperación en el marco del "Proyecto de demostración de provisión de energía eléctrica para regiones aisladas de San Juan-Argentina por medio de sistemas de energía fotovoltaica y eólica" (Ver Fig. 1), se ha logrado avanzar al presente, en el mencionado Proyecto en forma conjunta con los investigadores alemanes.

Cabe destacar que el esfuerzo por lograr una cooperación internacional no sólo se justifica por la transferencia del *know-how* científico-tecnológico, sino que coincide plenamente con los objetivos de las líneas de acción prioritarias de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación, señaladas en el "Programa Nacional Prioritario de Medio Ambiente y Recursos Naturales".

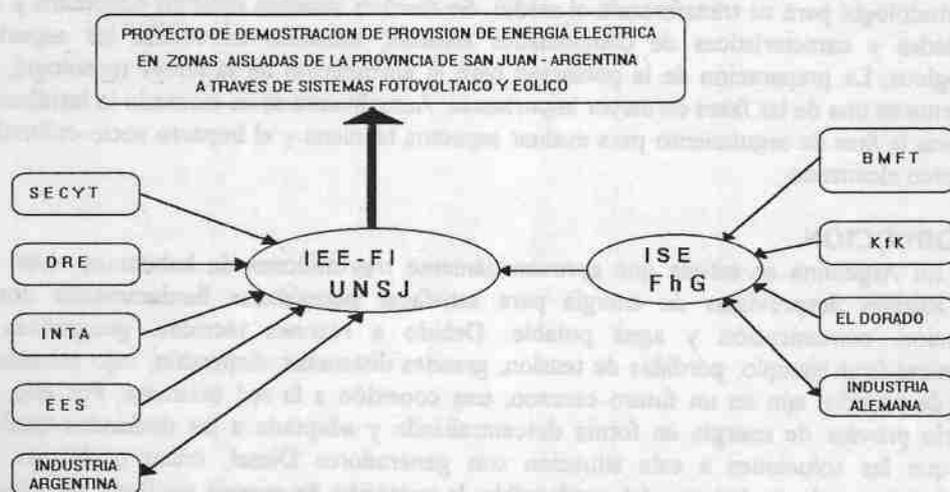


Figura 1. Esquema de Interrelaciones Institucionales

### • en Argentina

**IEE - FI - UNSJ** : Instituto de Energía Eléctrica  
Fac. de Ingeniería - U.N.S.J

**SECYT** : Secretaría de Ciencia y Técnica:  
Programa Nacional de Medio Ambiente y  
Recursos Naturales. - Subprograma de  
Energías No Convencionales.

**DRE** : Dirección de Recursos Energéticos  
Gobierno de San Juan.

**INTA** : Instituto Nacional de Tecnología  
Agropecuaria- Est. Exp. San Juan.

**EES** : Empresas Eléctricas Sanjuaninas.

### • en Alemania

**FhG - ISE**: Fundación Fraunhofer-Instituto de  
Sistemas de Energía Solar.

**BMFT** : Ministerio Federal de Investigación y  
Tecnología. Alemania.

**KfK** : Centro de Invest. Nucleares de Karlsruhe  
Oficina de Relaciones Internacionales.

**ELDORADO**: Programa de subsidios para el  
desarrollo de plantas y sistemas de  
generación de energía mediante el uso de  
aplicaciones fotovoltaicas y eólicas en  
países en vías de desarrollo.

## SELECCION DE LA POBLACION

Como resultado de un relevamiento realizado por el Dpto. de Energías No Convencionales de la Dirección de Recursos Energéticos de la Provincia de San Juan, se detectaron 15 localidades aisladas de la red pública de provisión de energía eléctrica que reunían las condiciones para ser equipadas con sistemas fotovoltaico-eólicos. Las localidades pertenecen a los Dptos. de Caucete, Iglesia, Jáchai y Valle Fértil.

Se realizó un análisis de todas las localidades relevadas; esta información fue transferida a una base de datos para realizar la selección en base a un conjunto de condiciones establecidas. La tabla 1 muestra las variables consideradas :

LOCALIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LAS LIEBRES	NO	SI	NO	Bueno	56	11	Disp.	Dificil	NO	90	Sufic.	NO
BALDE DE LEYES	SI	SI	SI	Bueno	64	12	SemiD	Regul.	NO	22	Sufic.	SI
LAGUNA SECA	NO	SI	NO	Dificil	40	11	Disp.	MuyB	SI	10	Sufic.	NO
LAS CHACRAS	SI	SI	NO	Regul.	100	30	SemiD	Dificil	NO	40	Sufic.	SI
BAUCHACETA	NO	SI	NO	Regul.	30	6	Disp.	Dificil	NO	60	Sufic.	NO
EL CHINGUILLO	SI	SI	SI	Dificil	24	4	MuyD	MuyD	NO	60	Abund	SI
HUERTA DE HUACHI	NO	SI	SI	Regul.	48	8	SemiD	Buena	SI	25	Abund	SI
GUALCAMAYO	NO	SI	NO	Dificil	60	25	Disp.	Dificil	NO	55	Abund	NO
LOS BALDECITOS	NO	SI	NO	Dificil	75	25	Disp.	Buena	NO	55	Sufic.	SI
BALDES DE ROSARIO	NO	SI	NO	Regul.	84	25	Disp.	Buena	NO	45	Sufic.	NO
SIERRA DE ELIZONDO	NO	SI	SI	Bueno	25	4	MuyD	MuyD	NO	45	Sufic.	NO
BALDES DE CHUCUMA	NO	SI	NO	Bueno	36	7	Disp.	Regul.	SI	20	Sufic.	SI
B. SUR DE CHUCUMA	NO	SI	NO	Bueno	70	14	Disp.	Regul.	SI	25	Sufic.	SI
SIERRA DE CHAVEZ	NO	SI	SI	Bueno	17	3	MuyD	MuyD	NO	20	Sufic.	NO
SIERRA DE RIVEROS	NO	SI	SI	Bueno	98	25	Disp.	MuyD	NO	35	Sufic.	NO

Tabla 1 - Evaluación de las localidades relevadas

### Referencias:

- |  |  |
|--|--|
| 1- Organización Social: Centro Comunitario | 7- Grado de dispersión de las viviendas          |
| 2- Organización Social: Escuela            | 8- Accesibilidad al pueblo                       |
| 3- Organización Social: Capilla            | 9- Planificación de futura provisión de energía  |
| 4- Impacto socio-económico                 | 10- Distancia a la red de energía eléctrica (Km) |
| 5- Cantidad de habitantes                  | 11- Disponibilidad de agua                       |
| 6- Cantidad de viviendas                   | 12- Disponibilidad de agua potable               |

Se plantearon criterios de selección en base a los objetivos del proyecto; estos criterios son los siguientes:

- |  |  |
|--|--|
| a- Que el número de viviendas sea menor a quince (15); por razones presupuestarias y para permitir un mejor seguimiento.   | a otros tipos de generación eléctrica, para realizar un estudio técnico económico válido.  |
| b- Que las viviendas estén concentradas o al menos semidispersas; por razones técnico-sociales.  | e- Que no sea factible a corto ni a mediano plazo la provisión de energía por parte de alguna empresa de energía provincial.   |
| c- Que la accesibilidad a la población sea buena o al menos regular; para facilitar el transporte de equipos y el seguimiento del funcionamiento de las instalaciones. | f- Que el grado de factibilidad de evaluación del impacto socio económico sea bueno.   |
| d- Que la distancia a los centros de provisión de energía sea mayor de 20 Km.; esto permite asegurar una factibilidad económica con respecto                           | g- Que la población posea una cantidad de agua suficiente; para asegurar una permanencia de la misma en la zona y que la falta de agua no sea un inconveniente para el éxito del proyecto. |

De la aplicación de estos condicionantes resulta una única población que los satisface :

*Balde de Leyes*

## ESTUDIO SOCIOLOGICO

**Balde de Leyes** es una pequeña comunidad rural aislada, con sentido de pertenencia, arraigada en un territorio árido a través de la ganadería. El desarrollo de esa actividad y el cultivo de hortalizas para el autoconsumo están limitados por la falta de agua, sobre todo en verano. Las condiciones de vida de las 12 familias son muy precarias. Carecen de servicios esenciales y condiciones sanitarias mínimas. Las necesidades que ellos expresaron en orden de prioridad son las siguientes:

1- Provisión de agua para bebida y para los animales que crían, necesidad más sentida durante las épocas de sequía (mayo-noviembre)

2- *Energía eléctrica para iluminación de viviendas*, que les permitiría trabajar de noche haciendo hilados y quesos.

3- Mejorar y mantener el camino

4- Aumentar la capacidad de la represa

5- Reforzar las barrancas del río, que son las defensas del pueblo frente a las crecientes

6- *Energía eléctrica para TV y radio*

7- Materiales para la construcción (cañas, etc.)

8- Recipientes para mantener y transportar el agua.

9- Asistencia médica más frecuente.

10- Mayor frecuencia en la llegada de vendedores ambulantes (mercadería y verduras)

11- Reparación y mantenimiento del Centro Comunitario

12- Mejoramiento de la calidad del ganado y protección contra los pumas.

13- Falta de trabajo remunerado en la zona.

### Características Socio-culturales Relevantes

- Predomina una economía familiar de subsistencia.
- Se dedican a actividades ganaderas, pero existe tradición agrícola.
- Prevalecen valores culturales tradicionales.
- Las familias extendidas forman redes de solidaridad, estrategia de supervivencia frente al aislamiento y la adversidad del medio ambiente.
- Comparten experiencias de trabajo en común.
- Predomina la autoridad centrada en los miembros más ancianos de la comunidad.
- Las capacidades del recurso humano incluyen el esfuerzo creador, la inventiva, y la capacidad organizativa de los pobladores del desierto.
- Las necesidades expresadas por los pobladores priorizan las de subsistencia, pero incluyen otras relacionadas con el bienestar.

### Modo de Intervención [7-18-19]

- Se abordó el proyecto utilizando el paradigma interpretativo, siguiendo los pasos de la investigación-acción ( Ver Figura 2) .

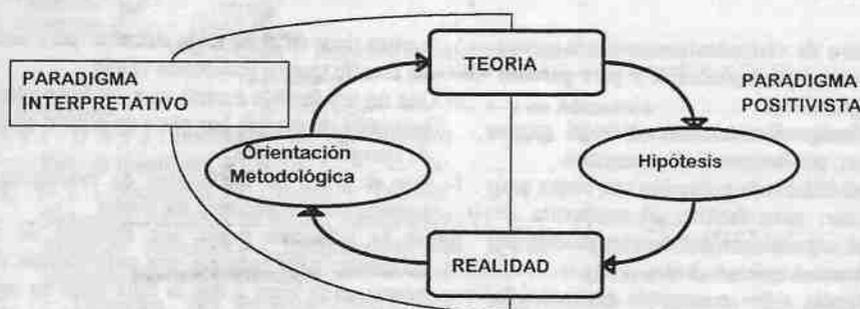


Figura 2. Pasos de la Investigación - Acción del modo de intervención

- Las fases cumplidas por el equipo interdisciplinario fueron: Diagnóstico participativo, base informativa para el diseño técnico, apropiación del sistema, participación de la población en la implementación, entrenamiento para el uso y mantenimiento del sistema a nivel escolar, familiar y para-técnicos de la comunidad, observación de los primeros resultados.
- Se ha ido acompañando al proceso facilitando la participación, apoyando las iniciativas locales, y promoviendo la organización comunitaria.
- *Adecuación de la tecnología a los seres humanos y no de los seres humanos a la tecnología.*

### Primeros Resultados

- Mejoramiento en las condiciones de vida de los pobladores.
- Autovaloración: En el proceso los pobladores han ido identificando sus capacidades y fortalezas, como asimismo sus limitaciones y debilidades.
- Autonomía: A través de la participación, la población ha avanzado en su organización y capacidad de gestión.
- Estimulo: La energía significa luz, confort, recreación y comunicación.
- Cambios: Se observan innumerables cambios en la vida cotidiana, aún no evaluados en esta etapa del proceso.

### ESTUDIO TECNICO

Según los datos obtenidos a través de la encuesta realizada, la mayoría de las familias tienen radios a pilas, algunas a batería; y dos de ellas tienen televisores también alimentados con baterías. Los gastos aproximados mensuales son: en pilas \$ 20 (veinte), en combustible para un motor a gas-oil para extraer el agua de la perforación de \$ 10 (diez) y para recargar las baterías \$ 5 (cinco). En función de la disponibilidad de dinero de las familias, obtenido por la venta de animales, realizan estos gastos esporádicamente.

En la escuela existe un transmisor cuya batería es cargada con un generador eólico.

El agua que consume la población es apta para el consumo pero se encuentra contaminada, debido a su almacenamiento inadecuado.

### Selección del tipo de sistema [5-6-8-11-16]

Se realizó un análisis de las configuraciones más apropiadas para la electrificación de esta Comunidad, teniendo en cuenta las que mejor resultado han dado en experiencias similares y se analizaron los distintos componentes a utilizar. Se consideraron 3 (tres) tipos de sistemas que se evaluaron en forma cuali-cuantitativa en función de variables consideradas prioritarias (Ver Tabla 2 ).

Tipo de Instalación	Satisfac. Usuarios	Apropiación Tecnológica	Relación Comunit.	Pérdidas Energé.	Ampliación Repetición	Costos Relativos	Satisfac. Demanda	Total
Centralizada	8	5	5	5	5	8	5	41
Individual	10	10	10	10	10	6	10	66
Centro Comunitario	5	0	8	10	8	10	10	51

Tabla 2- Evaluación Cual-Cuantitativa del tipo de instalación

La opción más apropiada es el sistema fotovoltaico individual, es decir un sistema fotovoltaico independiente para cada vivienda y uno para la escuela con sus requerimientos propios.

En función de las pequeñas potencias requeridas, tanto en las viviendas como en la escuela se decidió instalar sistemas para corriente continua (CC).

Conjuntamente con el equipo de sociólogas, se elaboraron las pautas de diseño de la configuración de los sistemas a emplazar, como por ejemplo: cantidad de artefactos y lugar para instalar los mismos, protección de los componentes y modularización de los sistemas.

### Diseño de los sistemas a instalar:[1-2-3-4-5-6-10-11-12-14]

#### A- Sistema Domiciliario Solar - SDS

Para el diseño de los Sistemas Domiciliarios Solares (SDS) a instalarse en cada vivienda, se tuvieron en cuenta las necesidades y requerimientos de los pobladores, información ésta que fue recabada y analizada en conjunto con las sociólogas intervinientes.

Se decidió instalar 3 (tres) luminarias y 3 (tres) toma corrientes para alimentar radios, radio grabadores y televisores.

En el diseño se consideraron los consumos de cada artefacto y las horas de uso diario de cada uno de ellos, conforme a los hábitos de los pobladores ( Ver Tabla 3).

COMPONENTES	CANTIDAD	POTENCIA [W]	HORAS DE USO DIURNO	HORAS DE USO NOCTURNO	HORAS DE USO DIURNO Y NOCTURNO	ENERGÍA Wh/Día]
LAMPARA	3	9	-	2	-	54
RADIO	1	5	-	-	8	40
TV	1	15	-	-	3	45

TOTAL : 139 Wh /Día

Tabla 3- Consumo de Energía diario del sistema SDS

En función de estos valores se utilizó en primera instancia un método simplificado de cálculo<sup>[9-15]</sup>, y con el objeto de verificar todas las variables del diseño se utilizó un método de simulación<sup>[17]</sup> que permite observar el comportamiento del sistema para diferentes valores de los parámetros de diseño, facilitando la optimización del dimensionamiento. Con este software se realizaron varias simulaciones, logrando analizar distintas alternativas posibles en forma muy rápida y seleccionar la más adecuada.

En base a los resultados del dimensionamiento y verificación a través de la simulación se decidió utilizar en cada vivienda los siguientes componentes :

**1 Módulo Fotovoltaico de 53 Wp**

**1 Batería (tubular) de 100 Ah**

**1 Regulador de carga de 3.5/7.5 A**

En las Fig. 4 se muestra el esquema del sistema SDS :

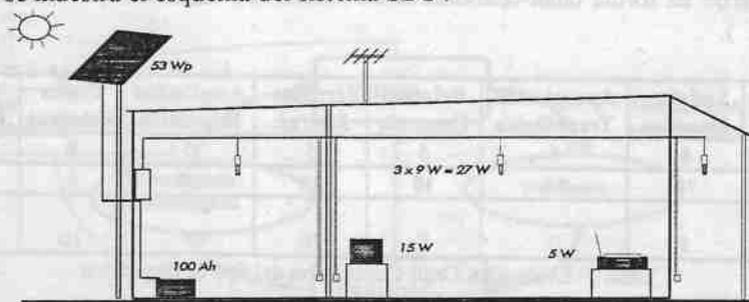


Figura 4 -Esquema del sistema SDS

#### B - Sistema Escolar Solar -SES

Para el diseño del Sistema Domiciliario Solar (SES) a instalarse en la Escuela, se tuvieron en cuenta fundamentalmente las necesidades y requerimientos del maestro y de los niños que asisten a clase diariamente.

En base a esto se decidió instalar en la escuela 6 luminarias y 10 toma corrientes para alimentar los artefactos considerados como son: Aparato de radio-comunicación (BLU-radioaficionado), radio, radio-grabador, videocasetera, heladera, televisor y otros artefactos de bajo consumo.

Para la realización del diseño se determinaron los consumos de cada artefacto y las horas de uso diario de cada uno de ellos (Ver tabla 4).

COMPONENTES	CANTIDAD	POTENCIA [W]	HORAS DE USO DIURNO	HORAS DE USO NOCTURNO	HORAS DE USO DIURNO Y NOCTURNO	ENERGÍA [Wh/Día]
LAMPARA	6	9	-	1.5	-	81
RADIO	1	5	-	-	8	40
TV COLOR	1	40	-	-	3	120
VIDEO CASSET.	1	22	-	-	1.5	33
RADIO BLU (Rx)	1	15	1	-	-	15
RADIO BLU (Tx)	1	150	1	-	-	150
HELADERA	1	60	-	-	8	480

TOTAL : 919 Wh/Día

Tabla 4- Consumo de energía diario del sistema SES

El dimensionamiento se realizó en función de estos valores y utilizando el mismo procedimiento que para el sistema SDS. Como resultado surgen los siguientes componentes para el sistema SES:

**5 Módulos Fotovoltaicos de 53 Wp**

**3 Baterías (tubulares) de 100 Ah**

**1 Regulador de carga de 17.5/25 A**

En las Fig. 5 se muestra el esquema del sistema SES:

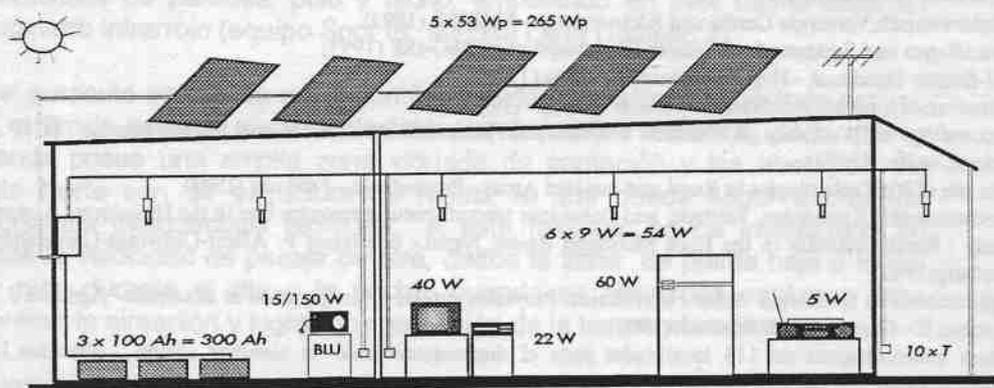


Figura 5-Esquema del sistema SES

#### Metodologías de adiestramiento de la población:[6-7-8-16-18-19]

Paralelamente al diseño técnico de los sistemas, se trabajó en forma conjunta con las sociólogas argentinas y alemana en la elaboración de metodologías de adiestramiento de la población, a fin de lograr una asimilación de la tecnología a la cultura de los pobladores, punto crucial para el éxito de la aplicación de tecnologías de punta en zonas rurales.

Se analizó la participación de los habitantes de Balde de Leyes en cuanto a la instalación, operación y mantenimiento de los sistemas. A tales efectos se elaboró un contrato con los habitantes que contempla las obligaciones y derechos de los mismos, además incluye el pago de una cuota mensual para cubrir gastos de mantenimiento y reposición de las baterías.

Los habitantes nombraron 2 personas que cumplen las funciones de técnicos y encargados de cobrar la cuota mencionada, estas 2 personas fueron preparadas a través de cursos especiales para desempeñar sus funciones.

### **Instalación de los Sistemas**[7-8-11-12-13-16]

Una vez finalizada la etapa de diseño y la elección de los diversos elementos y componentes necesarios para la instalación se procedió al montaje de un sistema SDS en el laboratorio de la UNSJ para analizar el comportamiento del sistema bajo condiciones reales de uso. A partir del análisis de la instalación en el laboratorio se realizó otra instalación en el Centro Comunitario para preparar a los pobladores en el uso y en el cuidado del sistema SDS.

Después de 3 meses de instalado el primer sistema en el centro comunitario y de la preparación de los pobladores, se realizó la intalación en todas la viviendas y en la escuela con la participación activa de los mismos. Hasta el momento el funcionamiento de los sistemas es correcto y los habitantes se encuentran muy satisfechos con sus beneficios.

Se está realizando el monitoreo de los sistemas y el seguimiento del impacto socio-cultural y económico de los pobladores.

### **Acciones Futuras**[6-7-8-16]

La próxima etapa contempla: la realización del monitoreo técnico para estudiar la performance a largo plazo; una evaluación sociológica tendiente a determinar el grado de adaptación de los habitantes a esta nueva tecnología; un análisis ampliado de factibilidad económica basado en los resultados obtenidos; la transferencia de la propiedad y responsabilidad de mantenimiento de los sistemas instalados a las empresas provinciales proveedoras de energía eléctrica; la generación de un nuevo proyecto para abastecer de agua potable a la población.

### **Referencias Bibliográficas:**

1. Photovoltaisch Versorgte Geräte und Kleinsysteme - FhG-ISE (1993).
2. Grundlagen und Systemtechnik solarer Energiesysteme - FhG-ISE (1993).
3. PV-Battery Handbook - Hyperian Energy Systems (1991).
4. Stromversorgung mit Solarzellen - Franzis Verlag - (1991).
5. Proceedings of "Workshop on Materials Sciences and Physics of Non Conventional Energy Sources". ICTP, Trieste, Italia. -(1993)
6. The use of PV Technologies in Rural and Isolated Areas - Proceedings - Freiburg (1992).
7. Environmental Knowledge, Attitude, and Behaviour towards natural resource Use in the Himalayas. A case study : Bamti/Bhamdar in the High Mountain Rgion, Nepal.- Schweiser P. Albert-Ludwings-Universität Freiburg(1992).
8. Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica. Proyectos rurales de cooperación al desarrollo- Aguilera J., Lorenzo E.- Comunidad de Madrid- (1993).
9. Datos meteorológicos de 118 localidades para el dimensionamiento de sistemas solares - Pracchia,J; Fabris,A.- CNIE - (1987).
10. Photovoltaic Energieversorgung für Geräte im kleinen und mittleren Leistungsbereich - BMFT - (1991).
11. Proceedings - ISES Solar World Congress (8 volúmenes) - Budapest (1993)
12. Proceedings XI E.C. Photovoltaic Solar Energy Conference - Lisboa (1991)
13. Proceedings XI E.C. Photovoltaic Solar Energy Conference - Muntreux (1992)
14. Fundamentos, dimensionado y aplicaciones de la energía solar fotovoltaica - CIEMAT - Univ. Politécnica de Madrid - (1992)
15. Método de dimensionamiento simplificado de sistemas fotovoltaico para la República Argentina. Pracchia,J; Fabris,A.- CNIE.- (1987)
16. Proyect to electrify Bolivian High Plateau by means of solar energy. - Lorenzo; Aguilera. - Universidad Politécnica de Madrid.- IES - (1993)
17. Programa de simulación PVS -versión 2.1 - Kaiser,R. - FhG-ISE- (1994)
18. Marqueting Solar Energy Innovations- Avraham Shama (1981)
19. Communication of Innovation- Rogers E., Shoemaker F.(1971).