

## INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS EN EL NOA. SEGUNDA ETAPA.

O. Capalbi, D. Sarkus, C. Cadma\* y L. Saravia\*\*

INENCO#, Universidad Nacional de Salta.  
Buenos Aires 177 - 4.400 Salta

### RESUMEN:

En el año 1.987 se realizaron una serie de ensayos de materiales y equipos (lámparas, paneles y baterías), necesarios para las instalaciones (1). Como una segunda etapa se hizo el plan de localización de las instalaciones tratando de cubrir zonas geográficamente representativas, de la Provincia de Salta. Se instalaron diversos sistemas de iluminación, una estación de bombeo y a fines del corriente año se instalarán dos sistemas de comunicaciones.

### ILUMINACION:

En la Provincia de Salta el 99% de las escuelas albergues de campaña no poseen una fuente de energía eléctrica. La mayoría están iluminadas con lámparas de kerosene. El abastecimiento del combustible es irregular y sumamente caro debido a que las escuelas quedan aisladas por derrumbes, nevadas, caminos en mas estado (huellas), y la naturaleza misma que contribuye, para que las zonas sean inaccesibles. La vivienda de los alumnos se encuentra a una distancia promedio de 20 Km. Los docentes cumplen funciones extraordinarias como ser: enfermeros parteros, médicos, asistente social, etc..

### Nomina de las instalaciones:

Escuela: Nro 841. Ubicada en la localidad de Hualfin. Departamento de Molinos a 60 Km de Molinos. Provincia de Salta. Modalidad: Albergue de jornada completa. Personal docente y no docente: 5. Alumnos: 53. Características geograficas: Valles Calchaquies o Valles Centrales. Altura: 2300 metros. Puesta en marcha: 22 de Marzo de 1.988.

Escuela: Nro 357. Ubicada en la localidad de Paraje Montevideo. Departamento : Rivadavia .Provincia de Salta. Modalidad: Jornada completa. Personal docente y no docente: 4. Alumnos: 43. Características geograficas: Subtrópico, Chaco Salteño, Planicie Meridional. Altura: 200 metros. Puesta en marcha: 15 de Julio de 1.988.

Escuela: Nro 792. Ubicada en la parage de Vizcachani. Departamento: Santa Victoria .Provincia de Salta. Modalidad: Jornada simple, de frontera. Personal docente : 3. Alumnos: 45. Características geograficas: Precordillera Salto-Jujeña. Altura: 4000 metros. Puesta en marcha: Febrero de 1.990 .

- \* Profesional del CONICET  
\*\* Investigador del CONICET  
# Instituto UNSa.- CONICET

Para que el maestro administre correctamente el stok de energía almacenado, se amplificó la escala de los voltímetros, utilizando diodos Zener de 11.8 Volts. Además se lo instruyó para las tareas de mínimo mantenimiento, como ser: limpieza de los paneles, reposición del nivel del electroito, cambio de fusibles, etc..

#### COMUNICACIONES:

La localidad de Santa Victoria, perteneciente al Dpto del mismo nombre, se encuentra en una quebrada de las sierras de Santa Victoria de la precordillera Salto-Jujeña. La quebrada tiene 1 Km de ancho, formada por cerros de una altura aproximada de 1.600 metros. Su orientación hace imposible la recepción de televisión. La primer estación repetidora estará ubicada en la cima del cerro que se encuentra frente al pueblo. La segunda, estará ubicada en la cima del cerro de 4.000 metros que divide geográficamente la precordillera Salto-Jujeña de las sierras subandinas y tomara la señal de CANAL 6 de Gran. Las condiciones ambientales de la segunda estación son las siguientes: en una distancia horizontal de 45 metros el cambio de temperatura es de 15 grados, la masa de aire seco del sector occidental se descarga eléctricamente en la masa de aire húmedo de las sierras subandinas (Parque Nacional: Baritu).

#### BOMBEO FOTOVOLTAICO

La instalación con fines experimentales, se realizó conjuntamente con la Administración General de Aguas de Salta, (A.G.A.S.), el 26 de Septiembre de 1.988 en la localidad de Cerchillos, Dpto de La Poma, Provincia de Salta. La instalación beneficia actualmente a 7 familias de la zona, asentadas en un radio de 1,5 Km, las cuales pueden hacer uso de los bebederos, asistidos por un tanque australiano de una capacidad de 21.5 m<sup>3</sup>. Los paneles están conectados de la siguiente forma: cuatro grupos en paralelo y cada grupo de 5 paneles en serie. El pozo tiene las siguientes características: profundidad: 24 metros, nivel estático: 21.5 metros, diámetro: 1m, recuperación: 200 Lts/minuto.

#### Componentes del sistema:

20 Paneles de Silicio monocristalino con 36 celdas por panel. Área total de celdas: 8.533 m<sup>2</sup>. Marca M55, serie SN 076644, Omega Electrónica S.A.

Motor: De corriente continua, sin escobillas, conmutación electrónica. La diferencia con los motores convencionales es la siguiente: la excitación es reemplazada por un imán permanente, con alto magnetismo remanente, alojado en el rotor. El bobinado de armadura se encuentra en el estator y su campo resultante defasado 90 grados eléctricos respecto al campo del rotor. La conmutación es electrónica, realizada por un circuito lógico, que controla la dirección e intensidad del campo estático. La información de la posición del rotor se registra por medio de sensores, la cual es transmitida al circuito lógico que habilita los debanados correspondientes.

Características de chapa: Tensión nominal: 84 Vcc. Corriente nominal 14 Amps. Corriente pico: 20 Amps. Par nominal: 17.5 Lb-in= 1.976 Nm. Par pico: 32 Lb-in= 3.6135 N-m. rpm nominal: 3600 rpm= 377 rad/s. Potencia nominal: 1 HP= 745,7 W. Resistencia por fase: 0.6 Ohms  $\pm$  10 % 25 C. Inductancia por fase: 2.5 Mh  $\pm$  10 %.. Peso: 40 Lbs. Marca: Honeywel U.S.A.

#### Valores medidos, nomenclatura:

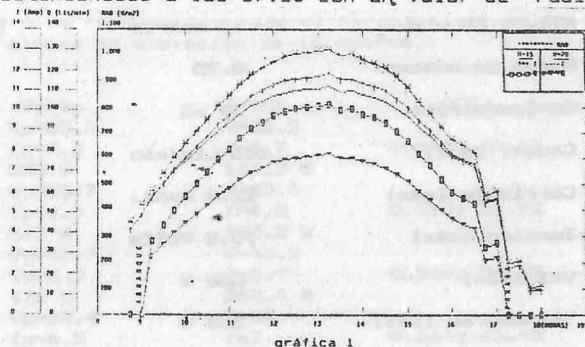
Radiación horaria sobre los paneles: RAD (W/m<sup>2</sup>). Corriente horaria de alimentación al motor eléctrico: I (Amps.). Tensión horaria en el motor eléctrico: V (Volts). Caudal horario: Q (Lts/Min). Altura manométrica de elevación: H (m). Característica V-I de los paneles a distintos niveles de radiación. Temperatura de la cara posterior de los paneles: T.

#### Valores calculados, nomenclatura:

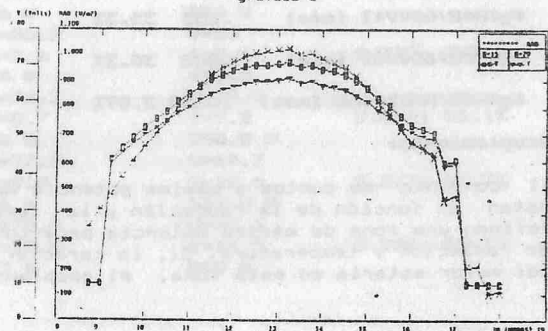
Potencia eléctrica horaria, de entrada al motor eléctrico: V\*I (W). Potencia hidráulica horaria, a la salida de la bomba:  $\rho g Q H / 60$  (W). Rendimiento horario del conjunto motor-bomba:  $\eta$  MB. Rendimiento horario global:  $\rho g Q H / RAD * A * 60$ , donde A representa el área neta de colección, en m<sup>2</sup>. Radiación diaria sobre los paneles: RADd (MJ / Dia \* m<sup>2</sup>). Caudal diario: Qd (Lts/Dia). Acoplamiento:  $ACO = V * I / V_p * I_p$ , donde Vp \* Ip definen la potencia máxima para cada estado de los paneles.

#### Resultados:

En la gráfica 1 y 2, para las alturas manométricas de elevación: H=15m y H=20m, se representan las curvas horarias de caudal, radiación, corriente y tensión. Del análisis de las mismas vemos que: para la altura de elevación de 15 metros, los valores horarios de tensión, corriente y caudal son mayores que los correspondientes a la altura de elevación de 20 metros. El sistema arranca a las 9:00 de la mañana con un valor de corriente de 5 Amps. y de radiación de 420 W/m<sup>2</sup>, deteniéndose a las 17:15 con un valor de radiación de 200 W/m<sup>2</sup>.

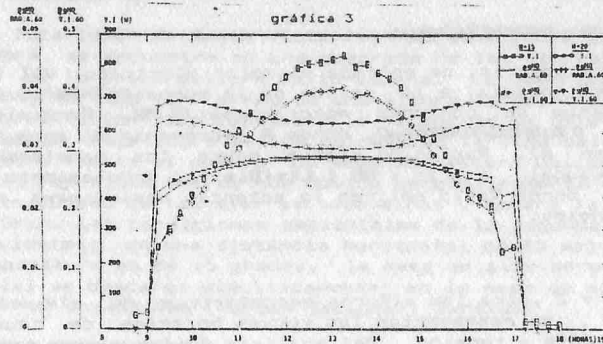


gráfica 1



gráfica 2

En la gráfica 3, para H=15m y H=20m, se representan las curvas horarias de potencia eléctrica, rendimiento motor-bomba y rendimiento global. Vemos que: para H=15m los valores horarios de potencia eléctrica y rendimiento global, son mayores que los correspondientes a H= 20m, ocurriendo lo contrario para el rendimiento motor-bomba. El rendimiento motor-bomba presenta dos máximos y un mínimo que coincide con los máximos de potencia.



En el siguiente cuadro se resumen los valores característicos del sistema:

**RADd=24.4 Mj/ Día/m<sup>2</sup>**

Altura de elev.	H= 15 metros	H= 20 metros
Horas de bombeo	8.25	8.25
Qd=Caudal/día	37 m <sup>3</sup>	28.4 m <sup>3</sup>
Caudal (máx)	103 Lts/min	78 Lts/min
Corriente (máx)	11.8 Amps.	11.1 Amps.
Tensión (máx)	70.8 Volts	66.2 Volts
V*I (máx)	836 W	739 W
tgH/Q/60 (máx)	253 W	256 W
tgH/Q/60*V*I (máx)	.353 35.3%	.385 38.5%
tgH/Q/60*V*I (min)	.302 30.2%	.346 34.6%
tgH/Q/RAD*360 (máx)	.0289 2.89%	.0293 2.93%

**Acoplamiento:**

El conjunto de puntos a máxima potencia horaria de los paneles, estan en función de la radiación y la temperatura. Estos puntos definen una zona de máxima potencia para todos los valores posibles de radiación y temperatura. Si, la característica tensión-corriente del motor estaria en esta zona, el acoplamiento seria el óptimo.

ha tomado para evaluar el acoplamiento (ACO), la relación entre la potencia entregada al motor (V\*I) y la potencia máxima (Vp\*Ip) del conjunto de los paneles, a distintos niveles de radiación y temperatura:

$$ACO = V*I / Vp*Ip$$

logicamente el acoplamiento será óptimo cuando su valor sea uno. En la gráfica 4 se muestran las curvas tensión-corriente del conjunto de paneles y el punto de potencia máxima, para distintos pares de valores de radiación y temperatura. Las curvas tensión-corriente del motor para las alturas manométricas de elevación de 15 y 20 metros.

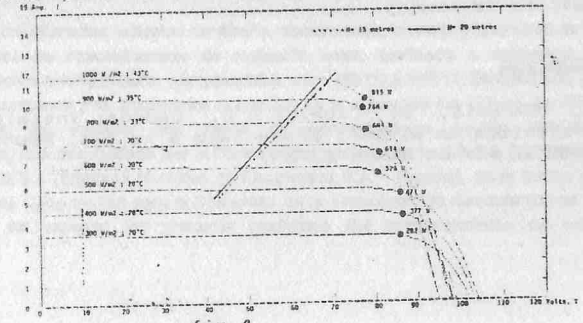


fig 4

En el siguiente cuadro se resumen los valores característicos de la gráfica 4, para una altura de elevación de 15 metros.

ESTADO	Vp*Ip	V*I	ACO
300M/m <sup>2</sup> ;20 C	Vp=85.4 Ip=3.3 282 W	V=35.5 I=3.7 131.3 W	0.465; 46.6%
400M/m <sup>2</sup> ;20 C	Vp=85.7 Ip=4.4 377 W	V=40.4 I=4.8 194.3 W	0.515; 51.5%
500M/m <sup>2</sup> ;20 C	Vp=85.7 Ip=5.5 471 W	V=45.2 I=5.9 268.4 W	0.569; 56.9%
600M/m <sup>2</sup> ;30 C	Vp=80.4 Ip=6.5 526 W	V=50 I=7 350 W	0.664; 66.4%
700M/m <sup>2</sup> ;30 C	Vp=80.2 Ip=7.6 614 W	V=55 I=8.1 448.8 W	0.730; 73%
800M/m <sup>2</sup> ;33 C	Vp=78.2 Ip=8.7 684 W	V=59.9 I=9.2 555.8 W	0.811; 81.1%
900M/m <sup>2</sup> ;35 C	Vp=77.8 Ip=9.8 766 W	V=64.7 I=10.4 672.8 W	0.877; 87.7%
1000M/m <sup>2</sup> ;43 C	Vp=78.8 Ip=10.9 815 W	V=69.6 I=11.5 800 W	0.981; 98.1%

## CONCLUSIONES:

En esta etapa las instalaciones realizadas tienen como fin principal su seguimiento detallado para adquirir experiencias sobre su forma de uso, dimensionado y posibles problemas en condiciones reales de funcionamiento en distintos climas. Como no se dispuso hasta hace muy poco tiempo de equipos de toma de datos el seguimiento ha sido de tipo cualitativo. Las maestras han confirmado no haber tenido problemas salvo algunos pequeños de bajas temperaturas que afectan las baterías y alguna rotura de un controlador. Proximamente se comenzará un testeo más detallado y una evaluación de costos.

## REFERENCIAS

1. L. Saravia, D. Capalbi y C. Cadena; Instalación de sistemas fotovoltaicos en el NOA; presentado a la 12a. Reunión de Trabajo de la ASADES, Buenos Aires 1.987.