

## CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DOMICILIARES DE LAS COMUNIDADES DE LOS UROS, TAQUILE, AMANTANÍ Y HUANCHO LIMA DE LA REGIÓN PUNO, PERÚ

Federico Morante<sup>1</sup>, Roberto Zilles<sup>1</sup>, Rafael Espinoza<sup>2</sup> y Manfred Horn<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Electrotécnica y Energía – Universidad de São Paulo  
Av. Prof. Luciano Gualberto, 1289, CEP 05508-900 - São Paulo – SP - Brasil  
e-mail: [fmorante@iee.usp.br](mailto:fmorante@iee.usp.br) y [zilles@iee.usp.br](mailto:zilles@iee.usp.br)

<sup>2</sup> Centro de Energías Renovables de la Universidad Nacional de Ingeniería – CER/UNI  
Av. Tupac Amaru, 210 – Rímac – Lima 25 - Perú  
e-mail: [cer@uni.edu.pe](mailto:cer@uni.edu.pe)

**RESUMEN:** El objetivo del artículo es mostrar los resultados del consumo de energía eléctrica obtenidos por medio de contadores de Ah. Estos instrumentos fueron instalados en 10 sistemas fotovoltaicos domiciliarios de las comunidades de los Uros, Taquile, Amantaní y Huancho Lima localizadas en la Región Puno, en el Perú. Se ha podido establecer que el estudio del comportamiento de la demanda de energía eléctrica requiere un análisis multidisciplinario. Los resultados indican que este comportamiento es aleatorio y varía de caso a caso. Esto podría ser un indicativo de considerar la posibilidad de diversificar el tamaño de los sistemas fotovoltaicos en función de evaluar la sub o sobre-utilización de los mismos. Empero, esta evaluación requerirá la instalación de contadores de Ah desde el inicio del proyecto.

### 1. INTRODUCCIÓN

En agosto del 2001 fue suscrito un convenio de cooperación técnica entre el LSF-IEE/USP (Laboratorio de Sistemas Fotovoltaicos del Instituto de Electrotécnica y Energía de la Universidad de São Paulo, Brasil) y el CER-UNI (Centro de Energías Renovables de la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, Perú). El objetivo del convenio fue la realización conjunta de una investigación sobre la demanda de energía eléctrica utilizando sistemas fotovoltaicos. La razón principal del estudio es que existe un gran vacío en el conocimiento de este aspecto, lo que redundaba en la falta de padrones de consumo para el dimensionamiento de esos sistemas.

Debido a este problema, a partir de los avances mundiales logrados hasta el momento, desde 1998 estamos intentando ampliar el conocimiento en este tema. Algunos de los principales resultados ya han sido publicados (Morante, 2000; Morante y Zilles, 2001; Morante et al., 2002a; Morante y Zilles, 2002b). Sin embargo, a medida que se avanza, el problema se torna cada vez más complejo. Esto porque su análisis no solo engloba aspectos técnicos, sino que además cuestiones de índole sociocultural. Es decir que, para un análisis efectivo, necesariamente se tiene que considerar las herramientas proporcionadas por las ciencias exactas y por las ciencias sociales.

A partir de esta constatación, en la presente investigación se ha tomado en cuenta diversas instalaciones fotovoltaicas localizadas en comunidades con características diferentes. En el Brasil se han considerado tres regiones distintas: la Amazonía, el litoral del Estado de São Paulo y la región seca del Noreste. Adicionalmente también se ha incluido la zona altiplánica de los Andes del Sur del Perú. Todas estas regiones han hecho que el estudio abarque una gran diversidad de climas y culturas debido a que los seres

humanos han tenido que desarrollar formas de vida muy peculiares para adaptarse a esos medios.

La metodología escogida se basa en la obtención de datos de consumo utilizando 35 contadores de Amper-hora instalados en igual número de sistemas de 10 comunidades distintas<sup>1</sup>. Este instrumento ha sido acoplado a los sistemas fotovoltaicos – Fig. 1 – de modo a permitir el registro del consumo de energía. Cada mañana el usuario del sistema anota en un formulario apropiado el número que aparece en el *display* del instrumento, lo que posteriormente permite calcular el consumo diario y mensual en kWh/mes. La participación de las personas ha sido muy importante ya que en este estudio se ha dado bastante énfasis al factor humano.

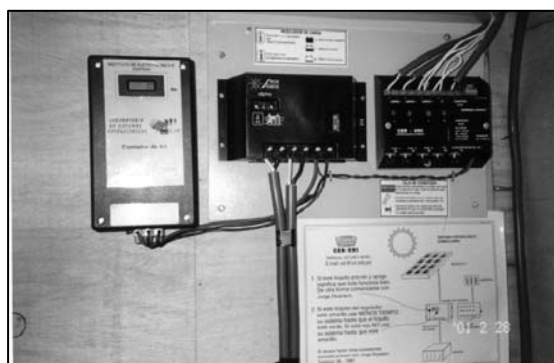


Fig. 1 – Contador de Ah acoplado a un controlador de carga de la comunidad de los Uros. [Foto: F. Morante]

<sup>1</sup> Las comunidades brasileñas son: Sítio Artur, Itapanhapina, Marujá y Varadouro, localizadas en el litoral sur del Estado de São Paulo; Pedra Branca, en el municipio de Ouricuri (Pernambuco) y Vera Cruz, en el municipio de Benjamin Constant (Amazonas). Las comunidades peruanas son: Amantaní, Taquile y Uros ubicadas en la zona insular del Lago Titicaca y la comunidad de Huancho Lima localizada en tierra firme, en la provincia puneña de Huancané.

Complementariamente, la metodología ha incluido la búsqueda bibliográfica, la observación en campo, la realización de encuestas, el registro fotográfico, la grabación de entrevistas y el análisis estadístico. Para tener una visión más completa del tema ha sido muy importante valerse de la historia, la sociología y la antropología. Así siendo, el objetivo de este artículo es mostrar los resultados obtenidos en las comunidades estudiadas. En suma, la presente investigación puede dar luces sobre el comportamiento de la demanda de energía eléctrica utilizando sistemas fotovoltaicos.

## 2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN PUNO<sup>2</sup>

El altiplano andino es una región localizada en el Sur del Perú y se prolonga hacia el territorio boliviano. Como su nombre mismo lo sugiere, es una extensa llanura ubicada a una altura de alrededor de los 4.000 m.s.n.m. En el invierno la temperatura en algunos lugares puede llegar hasta  $-16^{\circ}\text{C}$ , alcanzando un máximo de  $19^{\circ}\text{C}$  en la primavera. En el área del Lago Titicaca - Fig. 2 - el promedio anual de la irradiación solar sobre superficie horizontal es de 6,0 kWh/m<sup>2</sup>día. La irradiación mínima ocurre en el mes de enero con 5,1 kWh/m<sup>2</sup>día y la máxima en el mes de octubre con 7,2 kWh/m<sup>2</sup>día (Horn, 1994).

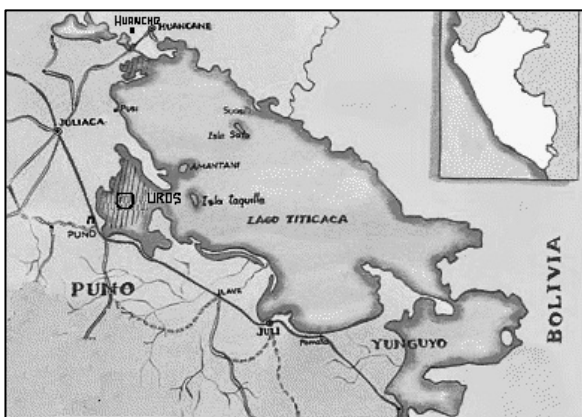


Fig. 2 - El Lago Titicaca y la ubicación de las comunidades de los Uros, Amantaní, Taquile y Huancho Lima.

La Hoya del Titicaca constituye un formidable sistema hidrográfico donde descargan sus aguas cinco ríos mayores (Suches, Ramis, Coata, llave y Huancané) y unos 20 ríos menores, siendo que el Desaguadero es un río defluente. Según Parodi (1995: 6-17) la altitud promedio de base del lago es de 3.809,50 m.s.n.m. la que varía de manera estacional según el nivel del espejo de agua. La superficie promedio del lago es de 8.200 Km<sup>2</sup> teniendo una profundidad máxima, al oeste de la isla Soto, de 280 m. En el lago hay unas 30 islas siendo las mayores la de Amantaní, Taquile, Soto, Campanario, Espinar y las islas del Sol y de la Luna. El contorno a lo largo de sus orillas, incluyendo las islas, es de 1.141 Km. El lago almacena en promedio unos 840.000 millones de m<sup>3</sup> de agua dulce.

El Lago Titicaca juega un rol de fundamental importancia en la sobrevivencia de la población altiplánica instalada en sus orillas y en sus islas. La cuenca forma un ecosistema único por lo que constituye una Reserva Nacional. Su importancia

<sup>2</sup> A partir de enero del 2003 el Perú ha sido dividido en 25 Regiones. Previamente, en noviembre del 2002, fueron elegidos los respectivos Presidentes Regionales. Estas Regiones han venido a substituir a los antiguos Departamentos.

se manifiesta en varios sectores de la actividad humana como el turismo, la navegación, la pesca, la agricultura, etc.

Los registros arqueológicos de la zona altiplánica indican la presencia humana desde hace 8.000 años (Ayala, 1998: 25-31) los cuales, para su sobrevivencia, tuvieron que desarrollar una cultura adecuada a las especificidades del medio. Tanto en el altiplano peruano como boliviano, en la actualidad, todavía es posible apreciar el legado cultural de las antiguas civilizaciones como Tiahuanaco, los reinos aymaras Lupaca, Pacaje, Carancas, Carabuco, Caracara, Colla, Charcas y Omasuyo, además de la cultura incaica.

Actualmente la Región Puno está conformada por 13 provincias y tiene 1.199.399 habitantes distribuidos en un territorio de 72.012,27 Km<sup>2</sup> incluyendo sus islas. La capital es la ciudad de Puno que está ubicada a las orillas del lago a una altura de 3.825 m.s.n.m. En los últimos años esta ciudad ha crecido y una de las consecuencias más graves del urbanismo se manifiesta en la contaminación de áreas del lago próximas a la ciudad.

Según el informe del PNUD del año 2002, el IDH del Perú es 0,747 que lo sitúa en el puesto 82 dentro de 173 países. Sin embargo, el informe nacional indica que la Región Puno tiene un IDH de 0,512 que dentro de la escala del PNUD corresponde a un índice "Medio Bajo". En la tabla 1 se muestran algunos datos adicionales de esta Región.

Tabla 1. Indicadores de energía y desarrollo de Puno.

Provincias	Población (2003) [1]	Nº de Clientes [1]	Coefficiente de Electrificación [1]	IDH (2000) [2]
San Román	258.973	37.549	72,50	0,579
Puno	216.610	42.962	99,17	0,542
Chucuito	96.120	8.682	45,16	0,519
S. A. de Putina	37.879	3.132	41,34	0,515
Melgar	79.723	7.002	43,91	0,490
El Collao	87.038	13.923	79,98	0,490
Huancané	79.779	3.006	18,84	0,488
Lampa	46.291	2.081	22,48	0,481
Yunguyo	52.744	9.623	91,22	0,479
Sandia	55.352	3.430	30,98	0,477
Azángaro	155.889	9.100	29,19	0,474
Moho	36.660	6.713	73,25	0,469
Carabaya	60.111	2.155	17,93	0,436
<b>GLOBAL</b>	<b>1.263.168</b>	<b>149.358</b>	<b>59,12</b>	<b>0,512</b>

Fuente: [1] Datos de ElectroPuno S.A.A. correspondientes a junio del 2003.

[2] PNUD-Perú, 2002

La Región Puno, además del área andina, también cuenta con un área de selva alta amazónica. Dispone de grandes extensiones de tierras y recursos hidroenergéticos, mineros y forestales. Sin embargo, la superficie con aptitud agrícola no ha sido utilizada suficientemente. Asimismo, hay estudios que indican la existencia de petróleo con reservas no determinadas en la cuenca del Lago Titicaca. Por otro lado, aún no ha sido aprovechado el gran potencial de energía no convencional como la solar, eólica, biogás y geotérmica (Quiroz, 1992).

Según los datos de ELECTRO PUNO S.A.A. el coeficiente de electrificación de la Región ha ido en aumento. Así, en 1998 era de 45,20%, en 1999 de 47,09% y en junio del 2003 de 59,12%. No obstante esta expansión fundamentalmente está dirigida a las zonas urbanas y, a pesar del trabajo

realizado en las áreas rurales, no se ha logrado atender a toda la población. Con relación a este problema, el Informe del PNUD-Perú (2002: 216) menciona que en la Región Puno solo el 45,4% de la población tiene acceso a la energía eléctrica. Asimismo, el 44,8% de hogares puneños cuenta al menos con un televisor y el 3,6% con teléfono. Adicionalmente, tan solo el 51,1% de la población dispone de agua potable y el 18,5% de saneamiento básico.

### 3. LA TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA EN PUNO

#### 3.1. La experiencia de la Cooperación Alemana

En 1986, a través de un proyecto auspiciado por GTZ, se dio inicio en esta Región a un proyecto de electrificación utilizando tecnología fotovoltaica. En una primera fase se instalaron 50 sistemas adquiridos en Alemania, en calidad de prueba y sin costo alguno para los usuarios, quienes posteriormente los compraron bajo condiciones no comerciales. En una segunda fase que cubre el período 1986-1987, utilizando los recursos económicos de CORPUNO (Corporación de Fomento y Promoción Social y Económica de Puno), se instalaron otros 200 sistemas (Horn, 2001; Dianderas, 1992).

A seguir fue suscrito un segundo convenio Perú – Alemania que cubrió el período 1991-1996 donde se vendieron e instalaron varios otros sistemas. En esta etapa también se hicieron diversas instalaciones para uso comunitario y con fines sociales. Sin embargo, por causa de la violencia política de aquellos años, los expertos alemanes se retiraron en 1991. A través de estos proyectos en total se instalaron 500 sistemas fotovoltaicos en la región (Horn, 2001). Al retirarse GTZ, el saldo de sistemas y accesorios fue transferido a CORPUNO.

#### 3.2. La experiencia de la iniciativa privada

Cuando GTZ salió de la Región Puno “*el personal por desición propia formó SOLSISTEMAS S.A. para dar continuidad a lo iniciado, bajo esquema privado, permitiendo conservar el know how técnico y el conocimiento del mercado*” (Dianderas, 1998). No obstante, a pesar de las potencialidades existentes como la disponibilidad de un gran mercado sin energía eléctrica, además de los recursos humanos formados a través de la experiencia alemana, hay diversas barreras a ser vencidas.

Uno de los principales obstáculos encontrados ha sido el bajo nivel de ingresos de la población rural, agravado por la falta de financiamiento resultante del desinterés de la banca comercial. No obstante, SOLSISTEMAS y otras empresas privadas vienen actuando en la región y se desconoce el número de instalaciones por ellos realizadas. Sus principales clientes provienen de las entidades gubernamentales que actúan en el área rural y de las ONG's que realizan actividades en la zona. Con respecto a la actuación del sector privado, también se debe tomar en cuenta los sistemas fotovoltaicos instalados por las empresas que atienden la telefonía rural.

#### 3.3. La experiencia del Ministerio de Energía y Minas

Con la finalidad de disminuir la brecha relacionada con el atendimento de energía eléctrica a las zonas rurales del país, el 03 de mayo de 1995 fue suscrito un convenio entre el MEM (Ministerio de Energía y Minas del Perú) y el PNUD

(Velásquez, 1999). Ese mismo año la Dirección Ejecutiva de Proyectos (DEP) de ese ministerio dió inicio a un programa de energías renovables donde se consideraba la generación con tecnología fotovoltaica. Para esto fueron consideradas algunas comunidades de la zona altiplánica como Huancho Lima y los Uros.

En Huancho Lima, comunidad perteneciente a la provincia de Huanané, la DEP instaló 9 cargadores de baterías. En total se utilizaron 18 paneles de 53 Wp (2 paneles por cada cargador) y se beneficiaron 30 familias. En sus domicilios se instalaron 2 lámparas fluorescentes, una caja de distribución con fusibles y una batería de tipo automotriz de 75 Ah (Velásquez, 1999).

La idea era generar un capital comunal administrado por una microempresa de los mismos usuarios. Actualmente, por haber sufrido fallas, los controladores electrónicos han sido retirados y las baterías son cargadas utilizando directamente la energía suministrada por los paneles<sup>3</sup>. El control de tensión es realizado por una persona que mide la batería al inicio, durante y al final del proceso. La comunidad posee un libro donde registran estos datos además de los cobros realizados por las entradas y salidas de baterías.

Adicionalmente, en el mes de marzo de 1997, con la finalidad de “*fomentar el interés en la autogestión*” la DEP instaló, bajo la modalidad de “cesión en uso”, 44 sistemas en algunas viviendas de los Uros (Velásquez, 1999) habiéndose beneficiado las islas de Balsero, Torani, Paraíso y Kollana (Ccamapaza y Quispe, 1997: 121). La estrategia utilizada para distribuir estos paneles fue a través de la relación 1 × 3; es decir, 1 panel para cada 3 familias.

#### 3.4. La experiencia del CER-UNI

En 1994 el CER-UNI realizó un estudio de pre-factibilidad de electrificación de la isla de Taquile para el MEM. En mayo de 1996 este ministerio aprobó el proyecto de electrificación propuesto por el CER-UNI y, en julio de ese mismo año, fueron instalados los primeros 75 sistemas fotovoltaicos en esa isla y 25 más en el transcurso de ese año (Horn, 1997). El financiamiento de U\$ 100.000 fue realizado por el PAE-MEM (Proyecto para Ahorro de Energía del Ministerio de Energía y Minas). El mecanismo utilizado fue la venta a plazos con una cuota inicial de U\$ 150 y otras 4 a ser canceladas en 3 años. El objetivo era crear un fondo rotatorio para poder instalar más sistemas en los domicilios sin electricidad (Horn, 2001). En la misma ocasión en Taquile también se instaló un sistema de uso comunal para fines sociales. Asimismo en 1998 se instalaron otros 72 sistemas en las islas de Taquile, Soto y Uros.

En 1999 se desarrolló la segunda etapa de este proyecto con fondos provenientes del PROER-COFIDE (Programa de Energías Renovables de la Corporación Financiera de Desarrollo) que tenía el respaldo financiero del gobierno holandés por un monto de U\$ 100.000. El mecanismo aplicado fue el mismo de la etapa anterior, con la variante de haber establecido 6 cuotas ascendentes a U\$ 150,00 cada una a ser canceladas en 5 años. En total ese año fueron instalados 249 sistemas en las comunidades de Taquile, Uros, Soto, Amantaní, Suasi y Huancho Lima. En resumidas cuentas, a través de estos proyectos el CER-UNI ha

<sup>3</sup> Esto fue constatado por el autor F. Morante al realizar el trabajo de campo en la comunidad de Huancho Lima.

instalado en la zona lacustre del altiplano puneño 421 sistemas (Espinoza, 2000).

#### 4. LA INVESTIGACIÓN DESARROLLADA

En el mes de marzo del 2001 se comenzó a instalar los contadores de Ah en algunos de los sistemas fotovoltaicos de los proyectos del CER-UNI. En agosto de ese mismo año

se terminó de instalar 10 contadores para lo cual se escogieron 2 viviendas de la comunidad de los Uros (Fam1 y Fam2), 3 de la comunidad de Taquile (Fam3, Fam4 y Fam5), 3 de la comunidad de Amantaní (Fam6, Fam7 y Fam8) y 2 de la comunidad de Huancho Lima (Fam9 y Fam10). En la tabla 2 se describe los sistemas y las cargas utilizadas en estas instalaciones.

Tabla 2. Características de los sistemas fotovoltaicos y las cargas existentes en las instalaciones investigadas.

	Fam1	Fam2	Fam3	Fam4	Fam5	Fam6	Fam7	Fam8	Fam9*	Fam10
Generador (Wp)	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
Batería (Ah)	100	100	150	130	150	150	130	130	2×130	130
Lámparas Fluorescentes (Nº × W)	3×11	3×11	10×11	4×11	3×11	3×11 1×20 1×10	5×11	3×11	7×11	4×11
Lámparas incandescentes (Nº × W)	1×40					1×25				1×10
TV B/N (W)	30	30	30	30		30	30	30		30
Radiograbador (W)		15	15	15	15	15		15	15	15
Equipo de sonido (W)	20						20			
Videograbador (W)									30	
TV a colores (W)									50	
Microcomputador (W)									75	
Licuada (W)									30	

\*Tiene un inversor electrónico CC/CA de 150 W

#### 4.1. Comunidad de los Uros

Esta comunidad está distribuida en 44 islas flotantes construidas con el junco denominado totora (*Cyperus Totoral*) el cual también es utilizado como alimento de los animales. La parte blanca (*chullu*) y la raíz (*sacka*, *sipy*) sirve como complemento alimentario de la población. Tal como se indica en la figura 2, estas islas están localizadas en el denominado Sector Lago conformado por agua, islas y totorales. De manera adicional, los Uros también poseen terrenos en tierra firme en el lugar denominado Sector Chulluni, que está cerca a las islas flotantes y a 5 Km de la ciudad de Puno (Ccamapaza y Quispe, 1997) En la figura 3 se puede observar parte de una de estas islas, además de una vivienda y el generador fotovoltaico.



Fig. 3 – Isla y vivienda de los Uros construidas de totora y el generador fotovoltaico utilizado. [Foto: F. Morante]

Los Uros en la antigüedad conformaron un floreciente reino “cuyos límites eran: por el norte, el lago Titicaca, comprendiendo toda la extensa meseta interandina peruano-boliviana hasta la frontera argentina, y por la costa, desde el norte de Arequipa hasta el puerto de Cobija, lugar que marcaba la frontera con los Changos, dueños del litoral chileno” (Bernedo, 1958: 38-47). Sin embargo, años después fueron sojuzgados y asimilados por el reino Tiahuanaco y,

posteriormente, perseguidos y también sojuzgados por los aymaras y quechuas.

En la actualidad viven en los totorales de la bahía de Puno a 30 minutos de barco del muelle de la ciudad capital y en contacto directo con el turismo. De las varias islas las más visitadas son Paraíso, Torani, Balsero y Kollana. Son aproximadamente 3.000 habitantes que se expresan predominantemente en idioma aymara, pero también utilizan el quechua y el español (Ccamapaza y Quispe, 1997). Para su sustento se valen de la actividad extractiva (caza y pesca), de las labores relacionadas con el turismo (artesanía, transporte, venta de alimentos, etc.), de la agropecuaria en el Sector Chulluni y otras actividades como el comercio en pequeña escala o el trabajo eventual asalariado.

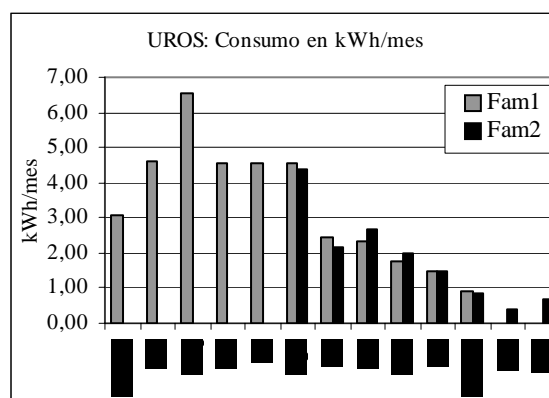


Fig. 4 – Consumos obtenidos en la comunidad de los Uros.

De las muchas carencias sociales relacionadas con la salud, el saneamiento básico o la educación, una de las principales es la falta de energía eléctrica. Para iluminarse utilizan mecheros a kerosene o velas lo que es un peligro constante debido a que la totora seca se inflama rápidamente. La introducción de la tecnología fotovoltaica ha significado un gran avance para esta población; sin embargo aún falta

mucho por hacer. En marzo y agosto del 2001 se instalaron contadores de Ah en 2 sistemas fotovoltaicos de esta comunidad. Los resultados del consumo medido se muestran en la figura 4.

#### 4.2. Comunidad de Taquile

La isla de Taquile se encuentra al este y a 36 Km de la ciudad de Puno. Tiene una extensión de 5.72 Km<sup>2</sup> y su punto máximo alcanza los 4.000 m.s.n.m. La isla está subdividida en 6 comunidades o *suyos* y tiene alrededor de 2.000 habitantes. Los taquileños son quechuas que conservan una cultura ancestral que les ha permitido sobrevivir aprovechando de manera eficiente su entorno.

Según los datos de Esparza y Aqise (1997) 75% de los jefes de familia de Taquile declaran que, para la generación de ingresos, su actividad principal es la artesanía. Sin embargo, se debe tener en cuenta que indirectamente esta actividad también guarda estrecha relación con el turismo. Por otro lado, la pesca representa el 6,7% y el turismo el 5,8%, empero la agricultura continua siendo la actividad secundaria más importante

Los taquileños, por ser depositarios de una cultura antiquísima y por conservar su etnoconocimiento ancestral, se han convertido en un punto de atracción internacional y ellos han sabido aprovechar a su favor esta ventaja. En este sentido resulta muy interesante conocer su sistema de organización social, sus fiestas, sus costumbres, sus tradiciones y sus actividades agrícolas además de las labores textiles que hacen parte del modo de vivir de los taquileños (Prochaska, 1990).



Fig. 5 – Vivienda y generadores fotovoltaicos de Taquile. [Foto: F. Morante]

Muchas viviendas de Taquile también son utilizadas para alojar turistas y, tal como ocurre en la isla de Amantaní, estas han sufrido cambios. Estas casas siguen el típico modelo andino de 2 pisos, con patio central, habitaciones al contorno y cocina separada. Estas son construidas con paredes de adobe o piedra, piso de tierra o de piedra y, en el segundo nivel, de madera. Los cambios más importantes están relacionados con el techo – Fig. 5 - pues la paja de *ichu* ha sido substituida por las calaminas (Esparza y Aqise, 1997: 66-67). Aunque hace parte del conjunto, la cocina ocupa un área separada del resto de ambientes y en algunos casos es también dormitorio. En realidad constituye el centro del hogar por el hecho de que los fogones a leña, además de la cocción, sirven como paleativos al intenso frío de esta zona andina.

Con relación al flujo energético, donde aún no hay sistemas fotovoltaicos, para la iluminación se emplean los mecheros a kerosene y las velas. En agosto del 2001 fueron instalados 3 contadores de Ah en 3 viviendas de Taquile, los resultados de las mediciones se muestran en la figura 6.

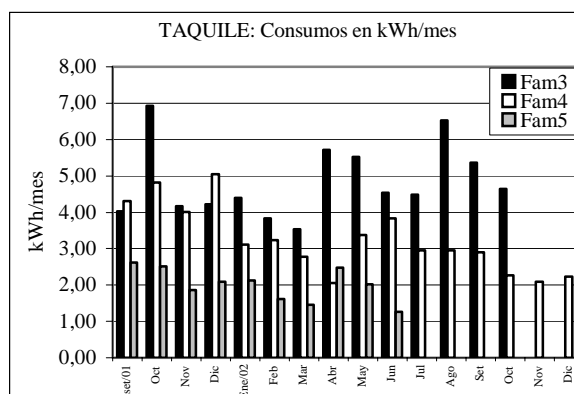


Fig. 6 – Consumos obtenidos en Taquile.

#### 4.3. Comunidad de Amantaní

La isla de Amantaní se encuentra aproximadamente a 38 Km de la ciudad de Puno, en dirección noreste, y a una altura de 3.812 m.s.n.m. A pesar de no existir muchos estudios al respecto, las ruinas arqueológicas existentes en la isla denotan que las antiguas civilizaciones peruanas también se establecieron aquí. Debido a su ubicación, esta isla servía como un puente entre la isla de Taquile y la península de Capachica. Igualmente los españoles, durante la colonia, tomaron posesión de la isla y solo en 1956 los amantaneños dejaron de ser colonos y se convirtieron en propietarios e sus tierras (Choque, 1994: 20).

Actualmente en Amantaní hay alrededor de 4.500 habitantes. La mayoría son quechuas que aún practican sus antiguas costumbres de distribución de tierras y de organización. Su idioma es el quechua pero también utilizan el español. A pesar de poseer un territorio de 902 hectáreas, en realidad las tierras agrícolas son muy escasas y dependen de la lluvia. Casi todas las familias tienen tierras fragmentadas en las 8 comunidades o *suyos* en que se divide la isla. La escasez de terrenos agrícolas los ha llevado a desarrollar técnicas tradicionales que han permitido aprovechar al máximo los recursos existentes. Al igual que en Taquile, la selección de plantíos se hace de acuerdo al etnoconocimiento adquirido a lo largo de los siglos.

Aunque los beneficios no alcanzan por igual a toda la población, en los últimos años el turismo ha venido a contribuir a la generación de ingresos. Las actividades principales relacionadas con este servicio son el alquiler de habitaciones y el transporte. También se debe considerar la fabricación y venta de artesanías textiles y líticas. Los artesanos amantaneños son conocidos por sus trabajos de tallado en piedra y producen muchos objetos de este material.

Con relación a la energía, de manera similar a Taquile, para la cocción utilizan la lenha recolectada en la misma isla y para la iluminación mecheros a kerosene y velas. En 1997 fue inaugurada una red de distribución de energía eléctrica con una inversión de más de 1 millón de dólares que sin

embargo solo funciona esporadicamente (Horn, 1999). La carencia de energía eléctrica ha creado una demanda reprimida en la población, y las instalaciones fotovoltaicas existentes no llegan a cubrir la totalidad de las viviendas. En agosto del 2001 fueron instalados 3 contadores de Ah en esta isla, en la figura 7 se puede observar una de las viviendas y en la figura 8 los consumos medidos.



Fig 7 – Vivienda de Amantani Pueblo. [Foto: F. Morante]

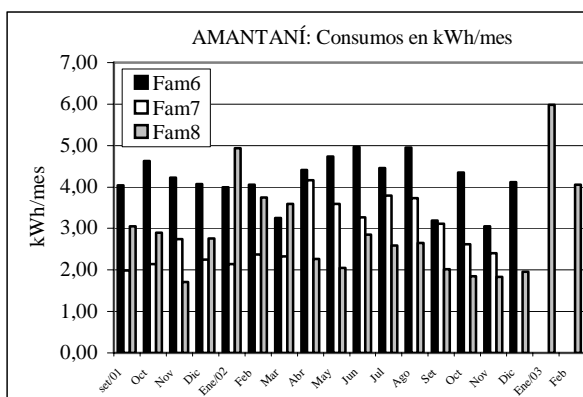


Fig. 8 – Consumos obtenidos en la comunidad de Amantani

#### 4.4. Comunidad de Huancho Lima

Esta comunidad es de tierra firme y pertenece a la provincia de Huancañé, que está ubicada en el centro-oriental de la Región Puno y a unos 3.810 m.s.n.m. La provincia está subdividida en 8 distritos siendo uno de ellos Huancañé donde también se encuentra la capital provincial, la ciudad de Huancañé. Este distrito en la actualidad cuenta con 81 centros poblados rurales y Huancho Lima es uno de ellos (Choquehuanca, 2001).

Como ocurre con la mayoría de los centros poblados puneños, la historia de Huancho Lima se pierde en la lejanía del tiempo. Tal es así que la presencia humana desde épocas inmemoriales, se encuentra graficada en las cavernas existentes en las proximidades de la comunidad. Además, los restos arqueológicos en esta zona indican el establecimiento de las antiguas culturas altiplánicas (Ayala, 1998). Adicionalmente, algunas construcciones y restos muestran el paso de los españoles por aquí.

La población actual de Huancho está compuesta por aymaras y mestizos que se expresan en el idioma aymara y también en español. El complemento “Lima” viene a raíz de que en 1923 hubo una sublevación conocida como “La

Rebelión de Huancañé” que en realidad fue un movimiento de reivindicación de los campesinos aymaras. En el fragor de este movimiento y, a manera de contrarrestar la hegemonía de las ciudades coloniales donde se concentraba el poder de los opresores, por acuerdo unánime se funda la Ciudad de las Nieves en el sector Muquraya de la comunidad de Huancho (Mamani, 1998: 73-115). Asimismo: “El cuartel general de los sublevados que fue Huancho fue declarado no solo como capital de la provincia y del departamento sino de todo el Perú, y en lo sucesivo debía llamarse HUANCHO-LIMA” (Ramos, 1984: 24). Empero, la rebelión fue sofocada y duramente reprimida.

Como puede comprobarse el lugar ha sido partícipe de muchos aspectos de la historia altiplánica. En nuestros días la población de esta comunidad se dedica fundamentalmente a las labores agrícolas y a la ganadería. El turismo es prácticamente inexistente. La promesa de la extensión de las redes eléctricas viene siendo realizada desde hace mucho tiempo y por ahora continúan utilizando la leña, los mecheros a kerosene, las pilas y las baterías. Huancho Lima tiene más de 1.000 habitantes y la electrificación con sistemas fotovoltaicos solo alcanza a un mínimo porcentaje de ellos. En agosto del 2001 fueron instalados 2 contadores de Ah. En la figura 9 se puede apreciar uno de los generadores fotovoltaicos y en la figura 10 se tiene los resultados de las mediciones.



Fig. 9 – Vivienda y generador fotovoltaico de Huancho Lima. [Foto: F. Morante]

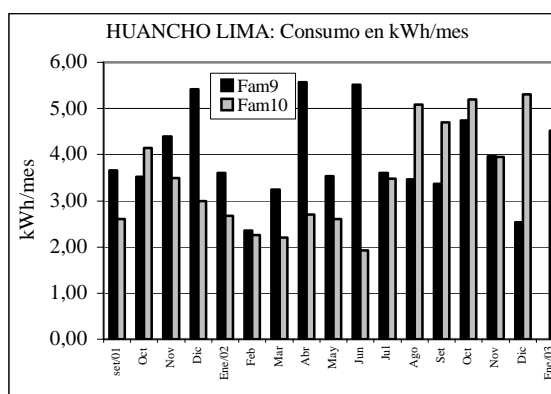


Fig. 10 – Resultados obtenidos en Huancho Lima

## 5. CONCLUSIONES

Cuando un sistema sociotécnico viene a alterar un sistema sociocultural existente, puede crear cambios positivos o negativos. Por tal motivo, la disponibilidad de energía

eléctrica en las comunidades tradicionales se convierte en un factor que puede ser decisivo en su sobrevivencia.

De manera similar a lo constatado en las comunidades brasileñas, los datos mostrados en las figuras 4, 6, 8 y 10 indican que el comportamiento de la demanda no es lineal y más bien es aleatorio. Esto conduce a que su estudio no puede ser realizado solamente con las herramientas que las ciencias exactas ofrecen. Un análisis más eficaz debe llevar en cuenta, además de las variables técnicas, otras de índole geográfico, demográfico, psicológico, histórico, sociocultural, económico o financiero.

La constatación de que todos los consumos son diferentes trae implícita la idea de que tampoco los sistemas escogidos durante el dimensionamiento tendrían que ser iguales. Sin embargo, elegir desde el inicio sistemas diferentes para cada una de las familias trae una serie de inconvenientes tanto en la fabricación como en las decisiones previas a la instalación de los sistemas. No obstante, es posible que a partir de un mismo tipo de sistema fotovoltaico, se puede observar el comportamiento de la demanda y determinar que personas necesitarán de una instalación más grande.

En este sentido, la utilización de un instrumento de medición como un contador de Ah, puede ayudar en la verificación de ese comportamiento. Este instrumento, al mismo tiempo de ayudar a administrar el consumo individual y obtener el mejor desempeño de los sistemas, puede ser útil para saber si el sistema está siendo sobre o sub-utilizado. En el caso de estar siendo sobre-utilizado se puede inferir la necesidad de aumentar el tamaño de la instalación.

Por medio de la investigación también ha sido posible constatar la importancia de la utilización de los inversores CC/CA. La familia 9, que es la única en poseerlo, gracias a este dispositivo puede utilizar diversos otros aparatos que funcionan con corriente alterna. La adopción de estos inversores en las instalaciones fotovoltaicas puede significar el aumento del consumo y, por lo tanto, la necesidad de aumentar el tamaño de los sistemas.

También ha sido posible verificar algunas cuestiones relacionadas con la disponibilidad de energía eléctrica y el trabajo nocturno. En los Uros, Taquile y Amantaní fue posible constatar que la iluminación es utilizada para realizar trabajos de textilería y artesanía y en Huancho Lima para el estudio y las labores domésticas. Por otro lado, en las áreas donde el turismo es importante, la disponibilidad de iluminación nocturna amplía las oportunidades de captación de renta. En todos los casos esto redundará en el aumento del consumo de energía eléctrica.

Sin embargo, en Taquile uno de los entrevistados indicó que la luz fluorescente modifica los colores de la lana utilizada en los tejidos. Asimismo, en los Uros una de las personas entrevistadas indicó que por causa de las horas dedicadas a ver televisión durante la noche, ha disminuido el tiempo dedicado a la artesanía y al descanso. De todo esto se desprende que la disponibilidad de energía eléctrica modifica la rutina existente antes de la electrificación.

Con respecto a los aspectos socioculturales y su relación con el comportamiento de la demanda, por medio de la investigación se ha podido constatar su importancia. Así, de forma directa o indirecta, las actividades y la cultura individual o colectiva quedará reflejada en el consumo de

electricidad. A manera de ejemplo se puede mencionar el caso de Huancho Lima donde uno de los entrevistados señaló que la iluminación fluorescente externa le da mayor seguridad debido a que ahuyenta a los abigeos. Esto lo obliga a tener una lámpara prendida durante mucho tiempo, lo que aumenta su consumo.

En este mismo sentido, el tipo de vivienda y los materiales utilizados dependen de la geografía y el medio ambiente local. Por lo tanto, las instalaciones fotovoltaicas tendrán que adaptarse a estas condiciones y a respetar los usos pre-existentes. Esto se torna importante al considerar las típicas casa andinas generalmente de 2 pisos, con patio central, habitaciones al contorno y cocina separada de los otros ambientes. Esta distribución arquitectónica exige un cableado más extenso y, en algunos casos, un mayor número de lámparas que aumentará el consumo de energía, lo que tendrá que ser considerado por los proyectistas.

De acuerdo a las mediciones obtenidas se puede afirmar que la mayoría de los sistemas monitoreados están siendo sub-utilizados. A pesar de haber picos de hasta 7 kWh/mes, los histogramas de consumo de las comunidades estudiadas muestran que el consumo de la mayoría está por debajo de 5 kWh/mes; es decir, alrededor de 14 Ah por día. De acuerdo a los niveles de irradiación y a las baterías utilizadas (100, 130 y 150 Ah) y considerando además una profundidad de descarga de 20%, sería posible que las personas consuman entre 20 y 30 Ah por día.

Finalmente, de todo lo mencionado se puede afirmar que no hay individuo, familia, comunidad o nación sin historia. Así siendo, el ser humano transporta en el fondo de su ser una gran cantidad de informaciones creadas a lo largo del tiempo. Estas constituyen la cultura que se manifiesta en cada una de sus acciones. La investigación ha mostrado que las familias participantes son portadoras de manifestaciones culturales que vienen de tiempos inmemoriales. Así se ha podido verificar la importancia de tomar en cuenta estos aspectos al inserir una tecnología moderna en el entorno sociocultural de las comunidades tradicionales. En otras palabras, la electrificación no puede ir separada de la cultura ni mucho menos ser impuesta.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue posible gracias al apoyo de la FAPESP (*Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo*). También se agradece a Jorge Huaraco por su colaboración en la recolección de datos y en el trabajo de campo; a Ivo Salazar por su apoyo en la transmisión de la información y a las 10 familias participantes en el estudio.

## REFERENCIAS

- Ayala Loayza J. L. (1998). *Etnohistoria de Huancané*. Primer Festival del Libro Huancaneño, Tomo I, Municipalidad Provincial de Huancané, 1ª edición, 286 p., Editorial Horizonte, Lima, Perú.
- Bernedo Málaga L. (1958). *La Cultura Puquina*, 2ª edición, 183 p., Ediciones Populibro, Arequipa, Perú.
- Ccamapaza Ccoapaza Y. y Quispe Lujano C. (1997). *Organización Turística en la Comunidad Uros, del Distrito de Puno*. Tesis de Licenciatura (Mimeo.), 221 p., Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Sociales, Carrera Profesional de Turismo, Puno, Perú.

- Choque Chura M. M. (1994) *Importancia de la Actividad Turística en la Economía familiar de la Isla Amantani*. Tesis de Licenciatura (Mimeo.), 89 p., Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Sociales, Carrera Profesional de Turismo, Puno, Perú.
- Choquehuanca Huanca A. (2001). *Espacio Físico y Población de Huancané*, 1ª edición, 202 p., Editorial y Papelería Alpha E.I.R.Ltda, Cusco, Perú.
- Dianderas Molina S. (1992). Experiencias y perspectivas en el uso de los minisistemas fotovoltaicos en Puno. En *Electrificación Rural con Sistemas Fotovoltaicos*, Espinoza R. y Horn M., pp. 99-117, Centro de Energías Renovables- CER/UNI y CONCYTEC, Lima, Perú.
- Dianderas Molina S. (1998). Electrificación Con Sistemas Fotovoltaicos: La experiencia del proyecto SOLSISTEMAS en Puno. En *Gestión y Administración de Proyectos de Electrificación Rural con Sistemas Fotovoltaicos*, pp. 32-36, Centro de Energías Renovables de la Universidad Nacional de Ingeniería, CER-UNI, Lima, Perú.
- Esparza Monroy J. L. y Aquisé Aquisé F. G. (1997). *Organización Social y Turismo en la Isla de Taquile*. Tesis de Licenciatura (Mimeo.), 155 p., Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Sociales, Carrera Profesional de Turismo, Puno, Perú.
- Espinoza Paredes R. (2000). Electrificación rural con energía solar fotovoltaica, un caso peruano. En *Memorias del Seminario Internacional NUTAU'2000 y del X Congreso Ibérico y V Congreso Ibero-Americano de Energía Solar*, pp. 939-948, 28 de agosto al 1 de setiembre del 2000, São Paulo, Brasil.
- Horn M. (1994). *Evaluación de la radiación solar para una electrificación solar de las islas Amantani y Taquile*, Puno, Centro de Energías Renovables de la Universidad Nacional de Ingeniería, CER-UNI, Lima, Perú.
- Horn M. (1997). Electrificación de una población rural aislada mediante Energía Solar Fotovoltaica: proyecto piloto isla Taquile en el Lago Titicaca. *Energía y Desarrollo* 11, 12-16, Cochabamba, Bolivia.
- Horn M. (1999). ¿Son los Paneles Solares una Alternativa Real Para la Electrificación Rural en el Perú?: la experiencia en la Isla Taquile – Lago Titicaca. *Eficiencia Energética y Energías Renovables*, N° 2, Año 1, Lima, Perú.
- Horn M. (2001). Experiencias de electrificación fotovoltaica en el Perú, *Memorias del Seminario Identificación de Estrategias para la Electrificación Rural en Honduras*, 23 de marzo del 2001, Tegucigalpa, Honduras.
- Mamani Coaquira L. F. (1998). *El Pueblo Aimara y los Conflictos con el poder: caso de la zona aimara norte de Puno (1915 – 1925)*. Primer Festival del Libro Huancaneño, Tomo II, Municipalidad Provincial de Huancané, 1ª edición, 139 p., Editorial Horizonte, Lima, Peru.
- Morante F. (2000). *Demanda Energética Em Solar Home Systems*, Tesis de Maestría, Instituto de Eletrotécnica e Energia Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. <http://www.iee.usp/biblioteca/produção/2000/teses/2000.htm>
- Morante F. y Zilles R. (2001). Energy Demand in Solar Home Systems: The Case of the Communities in Ribeira Valley in the State of São Paulo, Brazil. *Progress In Photovoltaics Research And Applications* 9, 379-388.
- Morante F., Zilles R. y Scalabrini Costa H. (2002a). Demanda energética em sistemas fotovoltaicos domiciliarios: Resultados obtidos na comunidade de Pedra Branca, Município de Ouricuri – Pernambuco. En *Memórias del Cuarto Encuentro de Energía en el Medio Rural - AGRENER 2002*, (Versión digital en CD), Campinas, São Paulo, Brasil.
- Morante F. y Zilles R. (2002b). A influência do urbano sobre o rural no comportamento da demanda energética em sistemas fotovoltaicos. En *Memórias del Cuarto Encuentro de Energía en el Medio Rural - AGRENER 2002*, (Versión digital en CD), Campinas, São Paulo, Brasil.
- Parodi Isolabella A. (1995). *El Lago Titicaca: Sus características físicas y sus riquezas naturales, arqueológicas y arquitectónicas*, 1ª edición, 176 p., Editora Industria Gráfica Regentus S.R.Ltda., Arequipa, Perú.
- PNUD (2002). *Informe Sobre Desarrollo Humano 2002: Profundizar la democracia en un mundo fragmentado*, publicado para el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Ediciones Mundi-Prensa Libros S.A., Barcelona, España.
- PNUD-Perú (2002). *Informe Sobre Desarrollo Humano, Perú 2002: Aprovechando las potencialidades*, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Oficina Perú, Lima.
- Prochaska R. (1990). *Taquile y sus Tejidos*, 2ª edición, 136 p., Editorial Arius S. A., Lima, Perú.
- Quiroz Peralta C. A. (Editor), (1992). *El Lago Titicaca: Análisis peruano-boliviano de las relaciones entre el ambiente y el desarrollo social*, 1ª edición, 209 p., Secretaría Ejecutiva del Convenio Andrés Bello, Fundación Konra Adenauer, SECAB, Bogotá, Colombia.
- Ramos Zambrano A. (1984). *La Rebelión de Huancané (1923 – 1924)*, 1ª edición, 65 p., Editorial Samuel Frisancho Pineda, Puno, Perú.
- Velásquez J. (1999). Programa de electrificación rural con sistemas fotovoltaicos de la Dirección Ejecutiva de Proyectos (DEP – MEM). *Eficiencia Energética y Energías Renovables*, N° 2, Año 1, Lima, Perú.

## **ELECTRIC POWER CONSUMPTION IN SOLAR HOME SYSTEMS OF THE COMMUNITIES UROS, TAQUILE, AMANTANI AND HUANCHO LIMA IN PUNO, PERU**

**ABSTRACT.** The purpose this paper is to show the results of the electrical power consumption obtained by means of Ah meters. These instruments were installed in 10 solar home systems of the communities of the Uros, Taquile, Amantani and Huancho Lima in the Puno Region, in Peru. It has been possible to establish that the study of the behavior of the electrical energy demand requires a multidisciplinary analysis. The results indicate that this behavior is random and change of case to case. This should can be a indicative to consider the possibility of diversifying the photovoltaic systems in function to evaluate sub-utilization or over-utilization of such. However, this evaluation will need the installation of Ah meters from the beginning of the project.