
ENERGIZACION

Una opción de desarrollo energético descentralizado

Alfredo Oliveros

TRADICIONALMENTE, y en particular en época de elecciones, los gobiernos de turno (y candidatos) ofrecen «electrificar» extendiendo redes eléctricas o instalando grupos estacionarios para resolver los problemas energéticos en muchas poblaciones del interior del país, sin analizar que existen mejores opciones. Esta predisposición se expresa luego en prácticas que no han dejado una experiencia satisfactoria en nuestros países (Park, 1988; Oliveros, 1991; Clave, 1988; ITDG, 1988).

Una vez adoptada esta modalidad, la experiencia demuestra que durante los primeros años el crecimiento de la demanda en la población atendida es grande, pero luego de unos años disminuye hasta volverse en un decremento, dejando una gran frustración en la población.

Otro es el caso en el que se provee de energía térmica con hidrocarburos, como sucede en hotelería e industria, quemando energéticos que la naturaleza tardó millones de años en formar.

En el presente trabajo se presenta un procedimiento alternativo a la electrificación basado en el uso

ALFREDO OLIVEROS

de cuatro energías no convencionales a pequeña y mediana escala: solar, eólica, microhidro y biomasa, y experiencias de aplicación para resolver los problemas energéticos de las poblaciones más deprimidas.

1. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN EL PERÚ

Como es conocido, la población de nuestro país no se encuentra uniformemente distribuida, estando muy concentrada en las ciudades y dispersas en el campo. En el cuadro 1 podemos apreciar la distribución por regiones.

En este cuadro se observa que la población urbana se ha quintuplicado en nuestro país, mientras la rural solo creció en un 50% en el periodo de cuarenta años.

Débito a lo anterior, la distribución de la población cambió en el período ya referido de una predominancia rural a una urbana. Sin embargo en el Sur Andino sigue predominando la población rural.

De otro lado, es importante destacar el hecho del gran crecimiento de la población en los pueblos jóvenes de nuestro país. A modo de ejemplo, se presenta en el cuadro 2 lo sucedido en Lima Metropolitana (Webb, 1991).

En este cuadro se observa que, en 25 años, mientras en Lima Metropolitana la población creció 3.5 veces, en los pueblos jóvenes creció más de 15 veces. Un fenómeno similar ha sucedido en todo el país y, en cierta forma, explica donde se encuentra la población rural que cada año emigra a las grandes urbes.

Tanto en las áreas rurales como urbano marginales se encuentra la población más pobre de nuestro país, que vive casi al margen de servicios elementales básicos ofrecidos por la sociedad moderna, como educación, salud, trabajo y energía, entre otros.

DESARROLLO ENERGETICO DESCENTRALIZADO

CUADRO 1
POBLACIÓN URBANA Y RURAL, SEGUN REGIÓN POLÍTICA,
CENSOS DE 1940 A 1981

Región Política	Población Urbana				Población Rural			
	1940	1961	1972	1981	1940	1961	1972	1981
TOTAL	2197	4660,4	7979,5	11026,7	4826	5749,8	6142,5	6733,3
Amazonas	54,6	92,3	167,9	241,4	266,4	318,7	373,1	233,6
Loreto	54,6	92,3	167,9	241,4	266,4	318,7	373,1	233,6
Andrés A. Cáceres	211,4	374,4	626,8	756,4	565,6	678,6	711,2	877,6
Huánuco	43,8	69,5	110,1	147,5	233,2	285,5	321,9	358,5
Junín	167,6	255,8	414,7	486,1	332,4	291,2	306,3	410,9
Pasco	---	49,1	102	122,8	---	101,9	83	108,2
Arequipa	155,1	250,8	420,8	587,5	115,9	156,2	140,2	151,5
Arequipa	155,1	250,8	420,8	587,5	115,9	156,2	140,2	151,5
Chavín	97,1	193,4	342,9	429,1	367,9	412,6	412,1	424,9
Ancash	97,1	193,4	342,9	429,1	367,9	412,6	412,1	424,9
Graú	156	331,6	515,6	768,9	303	417,4	451,4	494,1
Piura	145,3	297,8	462,9	687,1	286,7	394,2	425,1	467,9
Tumbes	10,7	33,8	52,7	81,8	16,3	23,2	26,3	26,2
Inca	160,8	259,2	346,4	433,9	709,2	717,7	751,6	820,1
Apurímac	36,9	57,1	75,1	80,1	243,1	246,9	245,9	262,9
Cusco	122,6	198,3	262,8	339,6	442,4	449,7	489,2	535,4
Madre de Dios	1,3	3,8	8,5	14,2	23,7	21,2	16,5	21,8
Los Libert. Wari	185,6	299,2	485,4	608,5	639,4	707,8	713,6	724,5
Ayacucho	85,6	103,9	150,5	185,4	328,4	326,1	328,5	338,6
Huancavelica	37,8	57,7	79,6	85,8	228,2	258,3	267,4	276,2
Ica	62,2	137,6	255,3	337,3	82,8	123,4	117,7	109,7
José C. Mariátegui	98,7	194,7	315,7	461,3	620,3	653,3	675,3	699,7
Moquegua	8,3	24,6	52,1	78,4	27,7	28,4	25,9	24,6
Puno	71,1	124,1	186,2	260,7	573,9	602,9	626,8	649,3
Tacna	19,3	46	77,4	122,2	18,7	22	22,6	25,8
Nor Oriental del Marañón	194,3	368,6	601,6	822,6	663,7	901,4	1101,5	1236,4
Amazonas	26,6	46	67,4	81,3	63,4	83,3	145,6	186,7
Cajamarca	69,2	111	160,1	221,9	498,8	676	796,9	860,1
Lambayeque	98,5	211,6	374,0	519,4	101,5	142,4	159	189,6
San Martín-La Libertad	171,9	338,9	602,1	817,1	353,1	440,1	439,9	506,9
San Martín	52,8	95,8	131,8	190,5	68,2	74,2	102,2	141,5
La Libertad	119,1	243,1	470,3	626,6	284,9	365,9	337,7	365,4
Ucayali	---	---	---	117,6	---	---	---	101,4
Ucayali 1/	---	---	---	117,6	---	---	---	101,4
Lima 2/	630,2	752,3	3241,1	4544	218,8	341,7	553,9	449
Callao 2/	81,3	205	313,3	440,4	2,7	14,0	18,7	13,6

1/ Hasta 1981 la población de Ucayali está incluida en el departamento de Loreto.

2/ Status regional aún no definido.

Fuente: Richard Webb, *Perú en cifras, 1991*

ALFREDO OLIVEROS

CUADRO 2
POBLACIÓN EN PUEBLOS JÓVENES DE LIMA METROPOLITANA,
1956-1981

AÑO	POBLACION		
	Lima Metropolitana	Pueblos Jóvenes	Porcentaje
1956	1'397,000	111,886	8
1959	1'652,000	236,716	14,3
1961	1'845,172	316,829	17,2
1966	2'296,864	437,448	19
1970	2'972,787	761,755	25,6
1972	3'302,523	805,117	24,4
1981	4'805,200	1'777,900	37

Fuente: Richard Webb, *Perú en cifras, 1991*.

En estas zonas se presentan diferentes fuentes de energía renovables, que se pueden explotar con tecnología apropiada que ya existe localmente, (Oliveros, 1991), situación que nos lleva a plantear una propuesta en la siguiente sección de este artículo.

2. EL CONCEPTO DE ENERGIZACIÓN

Se presenta a continuación una propuesta alternativa a la electrificación, que plantea:

- Satisfacer demandas energéticas en forma integrada e integradora.
- Aplicar tecnologías, previamente adecuadas a la ecología del lugar, con una metodología sencilla, que permita la fácil asimilación de los lugareños y su reproducción con infraestructura existente en la zona.

DESARROLLO ENERGETICO DESCENTRALIZADO

- Respetar y utilizar en lo posible la cultura existente en la zona de aplicación.

- Posibilitar la disminución de la dependencia tecnológica y financiera.

- Relacionar la oferta de energía renovable con las necesidades tanto productivas como de servicios, incidiendo en las primeras.

- Enfatizar el uso de fuentes renovables en armonía con el ecosistema.

- Dimensionar las necesidades energéticas, sean éstas de orden térmico, mecánico o eléctrico, en las formas tecnológica y económicamente adecuadas.

- Fomentar la organización de estructuras administrativas que puedan ser planificadas, organizadas, dirigidas y supervisadas por los destinatarios de proyectos en los que esté inmerso este concepto.

- Estas estructuras se caracterizan porque: inducen a una cooperación en la que tanto los costos como los beneficios de ésta se reparten proporcionalmente; crean espacios de discusión e interacción entre los participantes; generan recursos comunes a toda una colectividad que son reinvertidos por consenso; los costos de supervisión posterior son muy bajos porque, en un alto porcentaje, ésta es asumida por la colectividad; benefician a más familias con más oferta energética por unidad de inversión que por procedimientos usuales de electrificación.

- Dado que la energización utiliza preferentemente recursos humanos y naturales de la zona de aplicación, posibilita que las «estructuras administrativas» que se formen, generen fuentes de trabajo en las que los participantes desarrollan habilidades complementarias y vayan formándose y aprendiendo, «haciendo camino al andar».

Este concepto, aplicado convenientemente, permitirá mejorar el nivel de vida en el medio rural y urbano marginal con tecnologías sencillas que puedan

ALFREDO OLIVEROS

FIGURA 1
 COSTOS DE LA ENERGÍA GENERADA POR DISTINTOS SISTEMAS ALTERNATIVOS COMPARADO CON EL DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE 10 kv Y 30 kv, RESPECTIVAMENTE

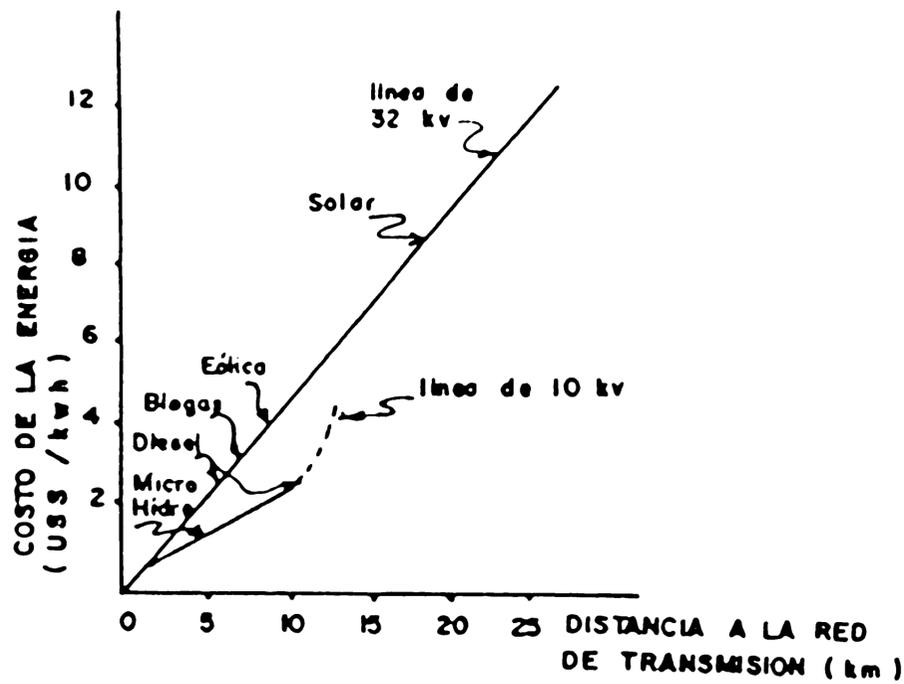
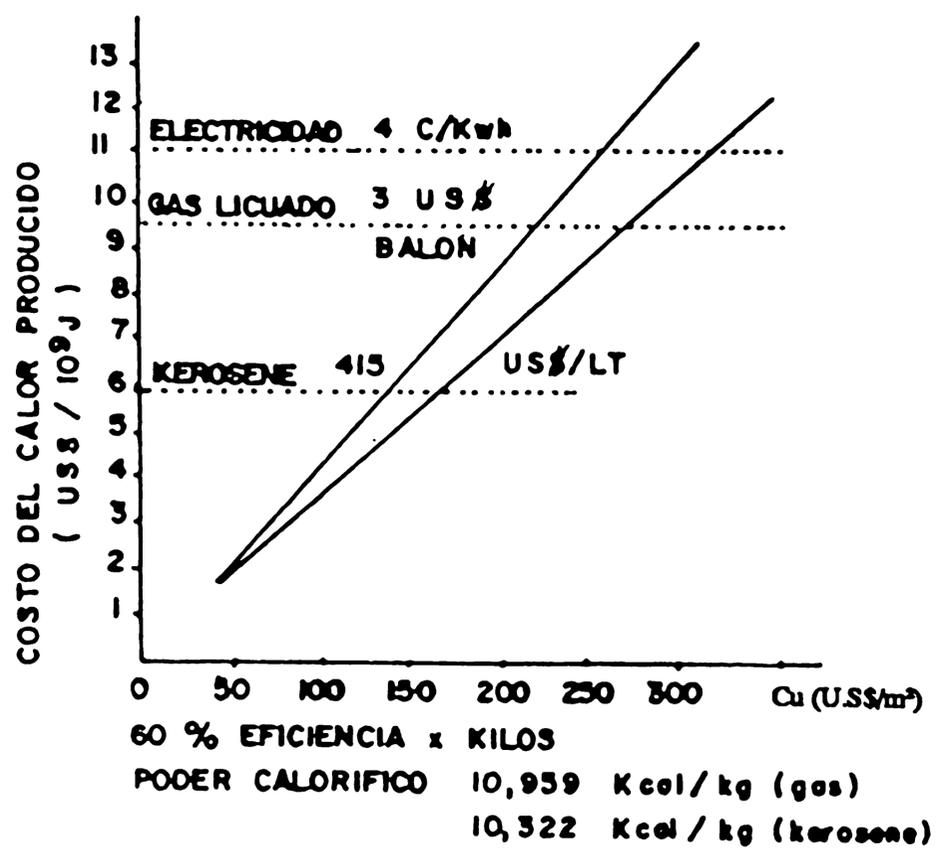


FIGURA 2
 COSTO COMPARATIVO PARA CALENTAMIENTO DE AGUA



DESARROLLO ENERGETICO DESCENTRALIZADO

ser absorbidas fácilmente por el poblador de dichas zonas, enfatizando en sistemas energéticos basados en fuentes renovables de energía.

3. ECONOMÍA DE LA ENERGÍAS DESCENTRALIZADAS

La bondad económica de las fuentes de energía nuevas y renovables, FNR, se hace evidente cuando se la compara con las opciones ofrecidas por la energía comercial, como sucede en las gráficas que aparecen en las figuras 1, 2, 3 y 4, que se han preparado para mostrar las diversas formas de apoyar el desarrollo a través de la energía eléctrica, térmica y mecánica.

En la figura 1, se compara los costos de la energía eléctrica generada por una central hidráulica que transmite a 2 tensiones -10 kv y 30 kv- a localidades ubicadas a diferentes distancias de la línea de transmisión.

Los costos de la energía generada con FNR mostradas en la Fig. 1 suponen que no exista una aplicación productiva de ella, situación que cambia cuando se usa el concepto de energización, bajando el costo de la unidad energética generada, como se verá más adelante.

Se puede observar que en el caso de una microcentral, a partir de los 3 km. (para 30 kv) y hasta los 5 km. (10 kv), los costos de la energía eléctrica generada ya son inferiores a los del sistema centralizado. Asimismo, a mayores distancias se puede generar energía, comparativamente en forma más económica con biogás y energía solar fotovoltaica, siendo ésta última la más cara de todas las no convencionales mostradas.

En la figura 2, se comparan los costos de la unidad de energía térmica generada por calentadores solares a dos niveles de radiación, típicos de las regio-

ALFREDO OLIVEROS

FIGURA 3
 COSTO DEL COMBUSTIBLE EN EL PUNTO DE EQUILIBRIO
 PARA DISTINTOS CAUDALES BOMBEADOS ANUALMENTE

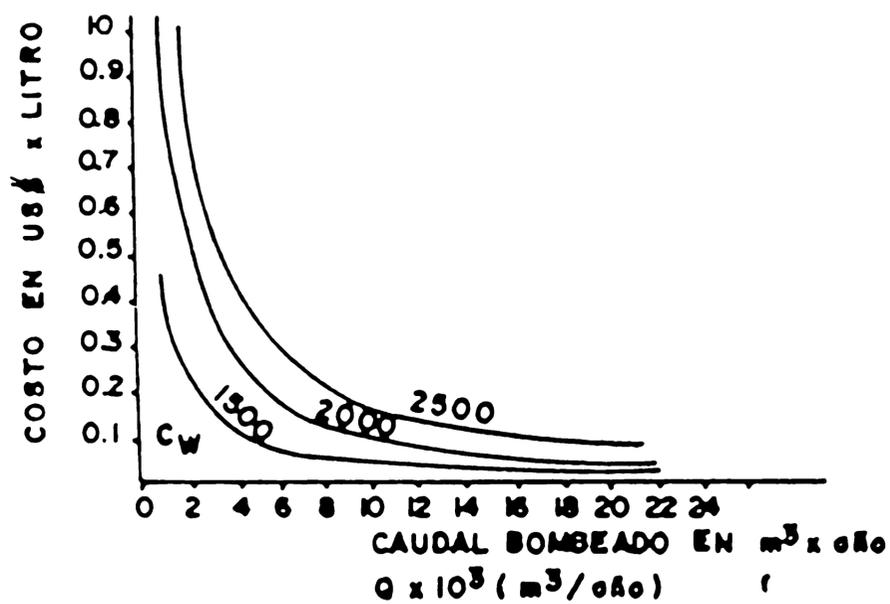
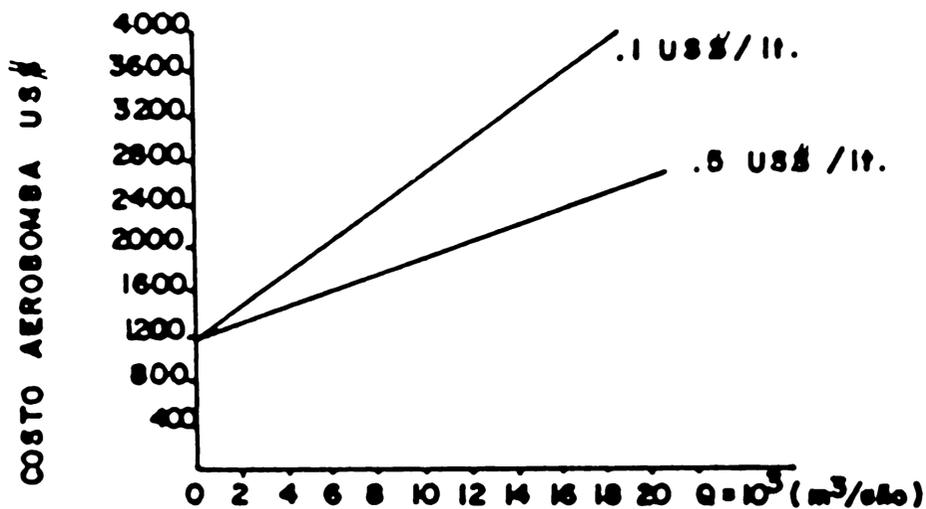


FIGURA 4
 COSTO DE AEROBOMBAS EN EL PUNTO DE EQUILIBRIO PARA
 DOS VALORES DEL COSTO DE COMBUSTIBLE



DESARROLLO ENERGETICO DESCENTRALIZADO

nes andinas, con aquellos logrados con sistemas comerciales como la electricidad, el gas y el kerosene.

De esta figura se puede deducir cuánto debe ser el costo de un sistema de calentamiento solar para que pueda competir, en costos de energía térmica generada, con alguna de las fuentes comerciales mostradas en esta figura.

Si comparamos con el kerosene, que es un combustible subvencionado, vemos que el sistema solar debe costar alrededor de 150 US\$/m² de panel, y si lo comparamos con la electricidad puede costar entre 250 a 350 US\$/m² de panel.

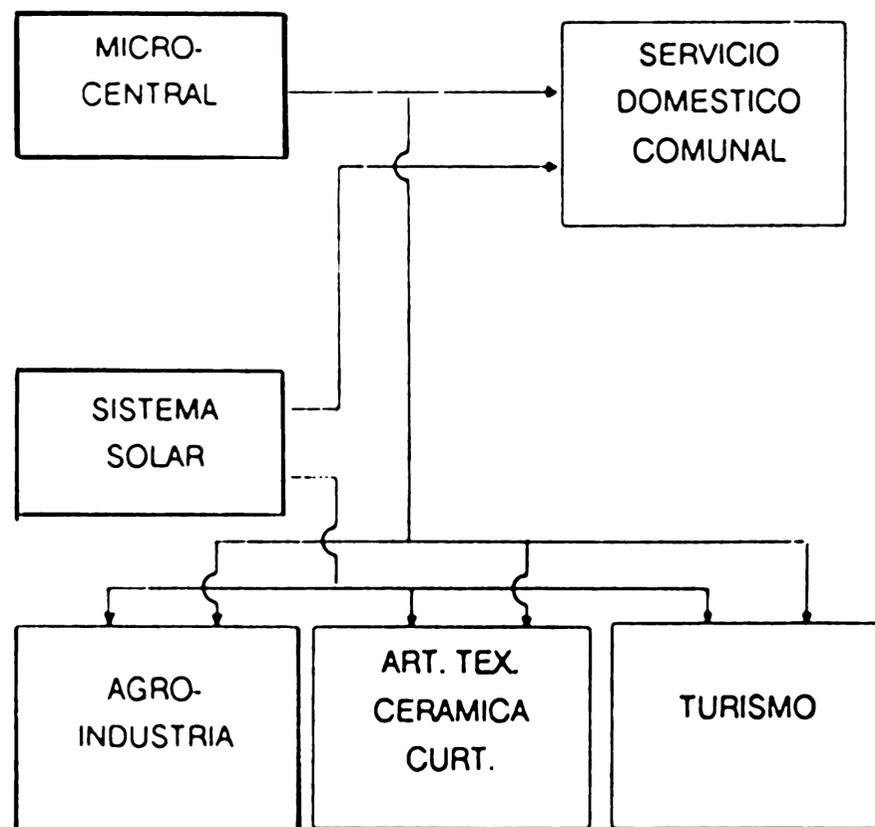
En las figuras 3 y 4 se puede encontrar cuánto debe costar el combustible en el punto de equilibrio (\$/Lt), cuando se quiere bombear una determinada cantidad de agua anual (m³), a diversos costos de una aerobomba. La segunda nos indica, más precisamente, cuánto debe costar una aerobomba en el punto de equilibrio (\$), para bombear una cantidad de agua anualmente (m³), cuando, en el sitio considerado, el combustible tiene un determinado valor (\$/Lt).

Cuando se requiere energía térmica a una elevada temperatura, como es el caso de cocción, un digestor de biogás, cuyo costo está alrededor de US\$ 350, es una alternativa sumamente conveniente, aunque una cocina solar del tipo caja caliente, que cuesta US\$ 60, puede ser un complemento sumamente interesante y conveniente para los campesinos.

Las figuras presentadas nos muestran las limitaciones económicas de las soluciones que generalmente se utilizan en el campo para la satisfacción de necesidades de energía eléctrica, mecánica y térmica: extensión de redes eléctricas e instalación de motores estacionarios operados con combustibles líquidos.

ALFREDO OLIVEROS

FIGURA 5
SISTEMA INTEGRADO CON HIDROENERGÍA



4. ENERGÍA DESCENTRALIZADA PARA EL DESARROLLO

Es posible relacionar la oferta de energía renovable con las necesidades tanto productivas como de servicio del medio rural o urbano marginal andino, mediante diagramas de bloque (Oliveros, 1991). Como la energía solar es aún cara para generar electricidad y energía mecánica, se propone hacerlo con la energía procedente de la hidráulica, biomasa, o la eólica cuando se necesita este insumo.

Para especificar las necesidades a ser satisfechas y para dimensionar el tamaño de los equipos, se puede utilizar la información proporcionada por la literatura técnica.

Cuando se disponga de electricidad, como sucede en muchos pueblos jóvenes, se puede igualmente

DESARROLLO ENERGETICO DESCENTRALIZADO

utilizar estos bloques, buscando siempre la orientación productiva del uso.

Sistema integrado con hidroenergía

Este esquema es adecuado en lugares donde es posible utilizar un canal de agua con el doble propósito de riego y generación de electricidad, sirviendo lo mismo que en otros casos para apoyar a la agroindustria, a la artesanía y el turismo. Ver figura 5.

Los sistemas solares pueden administrar calor para procesos (agua, aire caliente y calefacción de viviendas), mientras una microcentral genera la electricidad y/o energía mecánica destinada a procesos de molienda, agitación, etc y calor para cocción e iluminación.

Sistema integrado con bioenergía

Esta posibilidad es útil en cuencas ganaderas de valle, como las explotadas por Gloria S.A. en Arequipa o la Nestlé en Cajamarca, apoya a la agroindustria y al turismo, así como a la producción de fertilizantes. Ver figura 6.

También es interesante en llanuras con abundante floresta y para la explotación de desechos municipales y agroindustriales, en cuyo caso cumple además funciones de saneamiento.

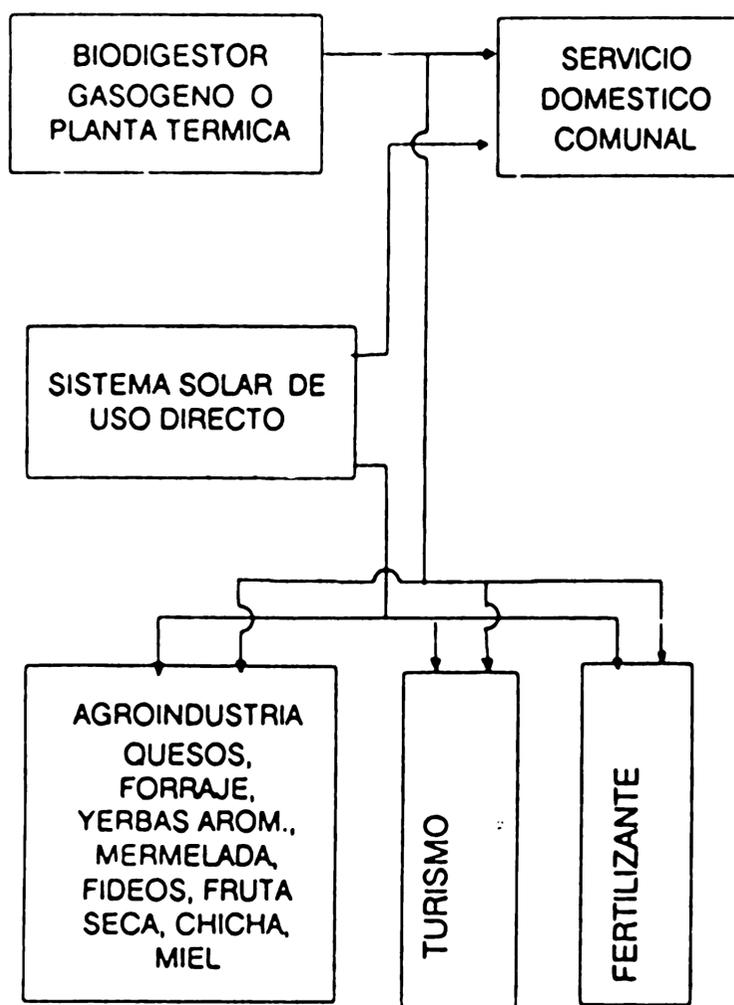
Los sistemas solares pueden suministrar calor para procesos (agua y aire caliente), así como para servicios comunales.

Algunos sistemas motrices en biogás permiten además, el uso del calor de refrigeración.

La biomasa puede utilizarse para generar electricidad, suministrando la necesaria para los procesos de molienda, agitación, etc., y calor para cocción e iluminación.

ALFREDO OLIVEROS

FIGURA 6
SISTEMA INTEGRADO CON BIOENERGÍA



Sistema integrado con energía eólica

Este esquema puede ser interesante en muchos lugares donde se realiza la crianza de camélidos sudamericanos (llamas, alpacas y vicuñas) en forma intensiva, apoyando esta actividad, la artesanía y el turismo. También en llanuras y zonas costeras. Ver figura 7.

Los sistemas solares pueden suministrar calor para los procesos (agua, aire caliente) que requieren la artesanía; energía para temperar ambientes en la crianza de animales menores, y calor para apoyar servicios (agua caliente, calefacción/refrigeración de ambientes).

DESARROLLO ENERGETICO DESCENTRALIZADO

La energía eólica es aplicable a la generación de electricidad, suministrando la necesaria para cercos, agitación, etc., así como iluminación. También al bombeo de agua.

Aunque estos diagramas hacen énfasis en las actividades rurales, también son válidos en industrias, tales como textiles, cueros y bebidas, entre otras.

Cuando se planifica la energización dando prioridad al uso productivo, los estudios demuestran que se obtienen elevadas tasas de retorno, lo que permite recuperar la inversión realizada en un corto plazo y ofrecer la iluminación a un precio que el poblador pueda pagar realmente.

5. EXPERIENCIAS DE DESARROLLO ENERGÉTICO DESCENTRALIZADO

Existen innumerables posibilidades para mejorar las condiciones de vida en poblaciones rurales y urbano marginales utilizando estos procesos, a lo largo y ancho de nuestro país. Se presentan a continuación algunas experiencias del autor en el Sur Andino de nuestro país y en el país vecino de Bolivia.

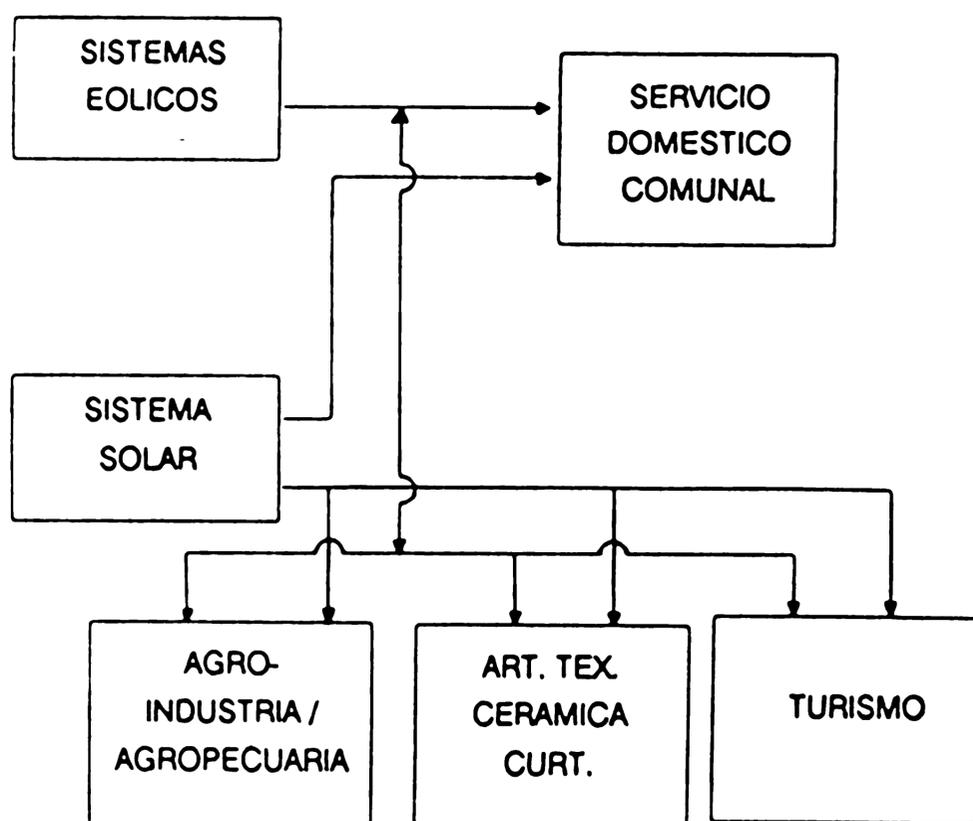
Desde hace 4 años se realizan proyectos, usando los conceptos presentados en este artículo, en tres parroquias de la prelatura de Ayaviri -Ayapata, Coaza y Phara- ubicadas en las provincias de Carabaya y Sandia del departamento de Puno.

Las iniciativas fueron de las respectivas parroquias, pasando la responsabilidad luego a la población organizada representada por los respectivos comités de electrificación.

En Ayapata se instaló una micro central hidroeléctrica (mcH) de 30 Kw, con financiación de la propia población, que acciona un molino de granos de 150 kg/hr y un cargador de 12 baterías, así como una red eléctrica que atiende a la población.

ALFREDO OLIVEROS

FIGURA 7
SISTEMA INTEGRADO CON ENERGÍA EÓLICA



Luego de 4 años de servicio ininterrumpido se ha formulado un nuevo proyecto para dotar de más energía a la comunidad con otra mcH de 100 Kw para atender esta vez más proyectos productivos, como aserradero, panadería y planta de almidón, entre otros.

El uso productivo ha permitido ofrecer el servicio doméstico a una tarifa de S/. 3.50 (US\$ 1.80) al mes.

Actualmente cuenta con una cooperativa eléctrica que se encarga de la operación y mantenimiento de la planta.

La experiencia de Ayapata, motivó a otra comunidad, Coaza, a impulsar una experiencia similar y, a la fecha, se ha logrado el funcionamiento de una mcH de 100 Kw, con financiación de la población y parroquia local, faltando la instalación de la red eléctrica y

DESARROLLO ENERGETICO DESCENTRALIZADO

la instalación de los proyectos productivos considerados, como purificación de caolín, curtiembre de cueros de camélidos sudamericanos y plantas medicinales.

El equipamiento de estos proyectos se ha realizado con maquinaria y componentes fabricados en el país, como generadores, turbinas, tableros, tuberías de acero o PVC, cables, ferretería eléctrica. La ingeniería ha sido realizada por profesionales nacionales.

En Chuquisaca, Bolivia, se puso en funcionamiento hace 6 años, una microcentral de 20 Kw, estudiada por la OEA y puesta en operación por el Plan Internacional. Las instalaciones incluyeron un molino de granos de 150 kg/hr, un calentador solar de 500 lts. para uso comunitario, y otras facilidades energéticas.

Esta planta está ubicada en la mcH «El Chaco», a 40 Km de Sucre y sirve a una población de 120 familias. La aplicación principal es el molino, ya referido, que deberá llegar a 300 kg/h en el sexto año del proyecto.

La turbina y el molino fueron construidos en un taller de metalmecánica de Sucre. El generador eléctrico fue llevado del Perú, país que tiene esta asignación en el Acuerdo Subregional Andino. La instalación de la red de distribución fue realizada por la empresa de electricidad local. La comunidad puso la mano de obra no calificada y se encargó desde el comienzo de la operación de la planta, con óptimos resultados. La tubería de presión fue sacada de la antigua red de agua potable de Sucre, cedida por la empresa local de agua, y se encontró en perfectas condiciones, a pesar de haber estado enterrada 70 años.

Para el futuro se tiene previsto montar un taller de metalmecánica para atender el parque automotor que circula por la carretera de Sucre a Cochabamba, y que pasa por la comunidad.

En el marco de la asistencia de OEA se hizo otro planteamiento para energizar 50 pueblos de las

ALFREDO OLIVEROS

provincias Hernando Siles y Luis Calvo del departamento de Chuquisaca, con biomasa procedente de 200 mil cerdos estabulados en cabañas de 40 hasta 2 000 cerdos. La planta piloto estaría ubicada en Huacareta, localidad a 90 km. al sur de Monteagudo. Esta planta debería producir 1 TM/día de fertilizante y generar 60 Kw de energía eléctrica, por cuatro horas cada día.

Se hizo otro planteamiento para aliviar los problemas de artritis de las lavanderas de un pueblo joven en Sucre, mediante la instalación de una «lavandería popular» donde el agua era calentada con energía solar.

Si el turismo se orienta hacia la aventura por medio de circuitos apropiados, se podrían establecer «tambos solares», donde los excursionistas encontrarán comodidades, con ambientes temperados, agua caliente y facilidades para la cocción de alimentos durante sus caminatas, en las cuales podrían recibir apoyo de camélidos o acémilas para transportar su equipaje. En estos tambos, que serían administrados por los mismos campesinos, se podrían ofrecer las artesanías del lugar.

Asimismo, es posible aumentar la productividad de las artesanías al poner un recurso descentralizado al servicio de esta actividad, con tecnología apropiada. Aquí también se presentarían ventajas adicionales para regular los precios, como en el caso de la lana de alpaca.

Es importante destacar que en todos estos planteamientos, por realizarse en forma artesanal, se mantiene el trabajo a nivel familiar, actividad que es compatible con la agricultura básica en el medio rural y que, al propiciar fuentes de trabajo, mantiene a la familia unida, evitándose que la población laboral migre hacia otros lugares, con el consiguiente abandono del agro, como ocurre actualmente en Oropeza y en la mayoría de áreas rurales.

Estas experiencias demuestran que es factible, tanto tecnológica como económicamente, introducir las

DESARROLLO ENERGETICO DESCENTRALIZADO

energías no convencionales en el aparato productivo rural y, urbano marginal para elevar la productividad y con ello, los ingresos mediante aplicaciones sencillas adaptadas a las condiciones socio-culturales que se dan en dichas zonas.

Es importante indicar que no existe una oferta comercial amplia y variada de equipos a nivel nacional. Tampoco programas regionales para el uso de las FNR a gran escala ni incentivos gubernamentales que favorezcan su crecimiento.

No obstante lo anterior, se debe trabajar más en la socialización del concepto de energización y, de acuerdo a nuestra experiencia, el Sur Andino presenta condiciones especiales para ello, por su fuerza cultural, organización y recursos naturales industrializables, así como por la presencia de fuentes de energía renovable.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La energización, planteada con criterio social, es una opción de desarrollo energético descentralizado que está mostrando su potencialidad en el Sur Andino de nuestro país.

Falta más conocimiento y experiencia con la socialización del concepto de energización para plantear aplicaciones a gran escala.

Existe tecnología energética para utilizar las FNR a pequeña y mediana escala, pero no una oferta comercial, amplia y variada de equipos a nivel nacional.

No contamos con programas regionales para utilizar las FNR a gran escala.

No existe un programa de incentivos para el uso intensivo de éstos recursos.

Se recomienda:

- Que los gobiernos regionales, en particular los del Sur Andino, establezcan programas de energización.

ALFREDO OLIVEROS

- Que el gobierno central establezca incentivos para el uso masivo de las fuentes analizadas.
- Que las universidades y centros de investigación presenten las tecnologías disponibles y las condiciones de transferencia.
- Que la Sociedad Nacional de Industrias prepare catálogos sobre la oferta de equipos existentes.

Bibliografía

- CLAVE, M.
1988 *¿Luz es Progreso? Electrificación rural en Junín y Apurímac.* Tecnología Intermedia. Lima.
- ITDG
1988 *Seminario-Taller Agua, Energía y Desarrollo Rural Hidroenergía y desarrollo rural.* Tecnología Intermedia. Cusco.
- OLIVEROS, A.
1991 *Tecnología Energética y Desarrollo* CONCYTEC, Lima.
- PARK, W.
1988 *Desarrollo Integrado de la Energía.* Organización de los Estados Americanos. Washington DC.
- WEBB, R.
1991 *Perú en Números-1991.* Ed. Cuanto S.A., Lima.