

MODELOS DE GESTIÓN PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL CON ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ECUADOR

CASO DE TASA POR SERVICIO EN EL PROYECTO ARAJUNO Y SARAYACU EN EL ORIENTE ECUATORIANO

RESUMEN

Muchas de las comunidades de la región amazónica en el Ecuador están ubicadas en las profundidades de la selva y el acceso se lo hace por aire o por varias horas en río. Un pequeño porcentaje de las viviendas tienen acceso al servicio eléctrico de la red pública y se ha estudiado algunas alternativas para extender este servicio a las áreas remotas, entre ellas la solución son sistemas fotovoltaicos. La mayor preocupación es el tema de la sostenibilidad que asegure cubrir los costos de operación y el mantenimiento durante el tiempo de vida. Como parte del Proyecto PROMEC, financiado por el Gobierno ecuatoriano y el Banco Mundial, se ha ejecutado un proyecto piloto para proponer un modelo de gestión o de sostenibilidad basado en la tasa por servicio a cargo de la empresa eléctrica de distribución como una primera iniciativa para la introducción de la solución con energías renovables. La participación de la comunidad es considerada como un factor clave para el éxito del proyecto. Se hizo un levantamiento de encuestas de los indicativos socio económicos de las viviendas que se beneficiarían del proyecto, que llegaron a más de 300 hogares, y los costos actuales (sin electricidad) del consumo de energía mediante medios tradicionales para establecer la disponibilidad al pago y la viabilidad al pago del nuevo servicio eléctrico mediante sistemas fotovoltaicos residenciales (SFVR) o sistemas solares domésticos. El estudio técnico contempló el diseño de dos sistemas fotovoltaicos en función de la carga a servir: uno denominado SISTEMA BÁSICO de 100 Wp para una carga en corriente continua y una demanda de 5,6 kWh por mes; y otro denominado SISTEMA ESTÁNDAR con 200 Wp con corriente continua y alterna para el servicio de una carga estimada de 11,1 kWh por mes. El total del proyecto contempló 263 SFVR en dos subproyectos: Arajuno y Sarayacu. El financiamiento para la ejecución de los proyectos provino para el primero del PROMEC con fondos del Banco Mundial y del Fondo Mundial del Ambiente GEF, y para el segundo del Fondo Nacional de Electrificación Rural (FERUM).

Se empleó un concepto novedoso en la fijación de la tarifa para hacer el proyecto sostenible, mediante la aplicación de un costo real del servicio, excluyendo los costos de inversión inicial. La tarifa incluyó tres componentes: los costos de operación y mantenimiento y reemplazo de piezas y equipos, los costos de comercialización cobro, y los costos administrativos de la empresa eléctrica. Las tareas de comercialización o cobro son de responsabilidad de la comunidad. El proyecto Arajuno con 123 SFVR entró en servicio a fines del 2004, mientras que el otro subproyecto Sarayacu está en la fase de licitación.

Para viabilizar la ejecución del proyecto se suscribió un acuerdo entre el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), la empresa eléctrica local de la zona (Empresa Eléctrica Ambato) y el Ministerio de Energía y Minas con las organizaciones indígenas locales.

Este es el primer proyecto de este tipo que se ejecuta en el Ecuador y las enseñanzas y experiencias podrán ser replicadas en los próximos proyectos, tanto del PROMEC

como de otros organismos que confían en atender a zonas remotas con fuentes renovables. La conceptualización del estudio aplicado para el caso de los sistemas fotovoltaicos residenciales en áreas rurales puede perfectamente ser replicado para otro tipo de fuentes renovables como la eólica, la micro hidroelectricidad o la biomasa.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

El PROMEC invitó en el mes de agosto de 2003 a un concurso privado de consultoría para la ejecución del estudio piloto para la instalación de sistemas fotovoltaicos residenciales en comunidades de la región amazónica del Ecuador. El enfoque principal del estudio era estructurar un modelo de gestión para sistemas de generación fotovoltaica que asegure su viabilidad administrativa, técnica y financiera mediante la aplicación de un modelo de gestión de tasa por servicio. Los resultados de este estudio, terminados en diciembre de 2003 permitieron que en junio de 2004 el PROMEC convoque a la licitación para el suministro e instalación de 123 SFVR en la zona de Arajuno, del oriente ecuatoriano, en cinco poblaciones. Este proyecto entró en servicio en diciembre de 2004. En octubre de 2005 la Empresa Eléctrica Ambato convocó a una licitación para el suministro e instalación de 140 SFVR en la zona de Sarayacu en el oriente ecuatoriano.

La modalidad de gestión de tasa por servicio fue replicada en el Proyecto PROMEC para otros 1000 SFVR en las provincias de Loja, Guayas y Esmeraldas. Otro proyecto del PROMEC para la ejecución de soluciones con sistemas fotovoltaicos y micro centrales hidroeléctricas para 1700 sistemas contempló otros modelos de gestión como el de venta directa y el de leasing o arrendamiento. Los resultados de este estudio concluyen en que la modalidad de tasa por servicio es la más indicada para el Ecuador.

MODELOS DE GESTIÓN

Las primeras instalaciones de SFVR en las áreas rurales y remotas en el Ecuador atendieron a centros comunitarios. Para llegar con la electricidad a estas áreas, los sistemas eran adquiridos principalmente por instituciones del Estado y ONG y se los entregaban a las comunidades sin costo. Mas temprano que tarde, los componentes de estos sistemas empezaban a fallar o las baterías se gastaban y los sistemas dejaban de funcionar. No se había estructurado un mecanismo para la operación y el mantenimiento, y las comunidades no sabían a quién acudir para estas reparaciones. Esto originó un criterio generalizado de que los SFVR no servían. El proyecto PROMEC pretende corregir estas malas experiencias y adopta como concepto básico el que un SFVR entregado sin un compromiso de pago por parte del usuario no es viable; por ello, se busca elaborar los mecanismos para que el servicio eléctrico con SFVR se mantenga en el futuro.

Existen básicamente cuatro modelos para la implementación de SFVR en áreas rurales:

Venta en efectivo

En este modelo un proveedor o distribuidor de SFVR ofrece en venta los sistemas a los usuarios quien se constituye en propietario del mismo. Los costos de operación y mantenimiento los cubre el usuario; en caso de fallas de los sistemas el usuario acude al proveedor para su reparación.

Este sistema se aplicaría en el Ecuador en los casos de usuarios que tienen un cierto nivel de ingresos para cubrir los costos iniciales de la compra del equipo y luego los de operación y mantenimiento. Los potenciales clientes serían fincas agrícolas, industrias artesanales o usuarios particulares ubicados en áreas que no tengan electricidad de la red o que el costo de llevar la energía de la red es más caro. Puede ser una alternativa válida también para el uso de sistemas renovables para bombeo de agua, como el eólico o el fotovoltaico.

Venta a crédito

El proveedor ofrece los sistemas con financiamiento en varias modalidades: a) crédito directo del proveedor, b) de un banco o una cooperativa. El usuario es el propietario del SFVR y al igual que en el caso anterior de venta en efectivo, los costos de operación y mantenimiento los cubre el usuario y acude al proveedor para la compra de repuestos.

En el Ecuador este sistema sería aplicable para sistemas de mayor tamaño, del orden de los kilovatios. Nuevamente, el proveedor ofrece los repuestos mientras que el mantenimiento lo asume el usuario. En caso de mora en el pago de los sistemas se aplicarían las mismas reglas que un crédito de consumo.

Arrendamiento mercantil o leasing

El proveedor es el propietario del bien hasta que se cubra el financiamiento, momento en el que el usuario puede optar por la compra del bien o su reemplazo con otro más nuevo o moderno.

El arrendamiento mercantil puede ser una solución viable en ciertos países con bajos costos de crédito, pero no serían aplicables en el Ecuador en las condiciones actuales.

Tasa por servicio

Una empresa de servicio eléctrico en la zona, sea esta pública o privada, es la propietaria del SFVR, lo compra y lo instala a su costo y ofrece el servicio a cambio de una tarifa mensual por consumo. Esta tarifa debe permitir cubrir los costos de operación y mantenimiento, el cambio de partes y piezas, los costos de comercialización o cobro de la energía mensual. También se debe contemplar los costos de depreciación, es decir el cambio del equipo al final de la vida útil, que en el caso de los SFVR es de 20 a 25 años.

Para mantener la tarifa en niveles rentables debe existir un número mínimo de usuarios que requieran el servicio por lo cual la responsabilidad y organización recae en la empresa proveedora del servicio, en una comunidad, en una cooperativa, o en un grupo de personas. Los usuarios se comprometen mediante un contrato con la empresa a pagar por el servicio y a usar el sistema de manera eficiente. En caso de no pago, esta puede acudir a la comunidad para que lo haga o en su defecto, el SFVR le será retirado.

El Proyecto PROMEC contrató el estudio de un proyecto piloto para los SFVR en dos zonas en la región amazónica con esta modalidad de gestión de tasa por servicio y los

resultados, ahora que uno de los proyectos está en ejecución y el otro próximo a su implementación, son muy favorables.

EL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO Y LAS ENERGÍAS RENOVABLES

El servicio eléctrico en el Ecuador está a cargo de 20 empresas eléctricas provinciales o regionales, que si bien son empresas privadas, su mayor accionista es el Estado. La cobertura eléctrica en las zonas rurales llegó en el año 2004 a un 82,6% que es un valor alto dentro de los parámetros de los países latinoamericanos. Este nivel de cobertura puede deberse, además de a la extensión de las redes, a que las poblaciones rurales se han ido incorporando a las ciudades, y a que la población rural se ha reducido por la emigración de los habitantes a las ciudades y a otros países.

Las extensiones de la red se financian mediante el Fondo de Electrificación Rural, vigente desde la década de los 1980 y que se constituye con el aporte del 10% del pago por consumo de los usuarios comerciales e industriales. En el año 2005 el FERUM dispuso de cerca de USD 40 millones, que han servido para la ampliación y la remodelación de redes, y que últimamente se puede destinar también a proyectos de electrificación con energías renovables en áreas rurales y urbano marginales. Es el Fondo de Solidaridad el responsable del FERUM y el CONELEC la entidad que aprueba los proyectos a beneficiarse del FERUM y hace su seguimiento.

La Regulación 002/05 sobre la asignación de fondos del FERUM emitida por el CONELEC a inicios del año 2005 fija una contribución inicial por vivienda para aquellos proyectos con fuentes renovables de:

Tabla 1. Aportes FERUM por vivienda para generación con energías renovables

Fuente	USD/vivienda
Fotovoltaico	2.000
Eólico	1.400
Biomasa y Biogás	600
Mini hidroeléctricos	1.350

Si los proyectos son en provincias orientales (Amazonía) y Galápagos estos montos se incrementan en un 30%. Para beneficiarse de estos fondos, los proyectos deben necesariamente canalizarse a través de las empresas eléctricas.

De otra parte, el CONELEC dictó el año 2004 la Regulación 004/04 la cual fija un precio regulado para la producción de energía de generadores con fuentes renovables. Estos precios de venta de energía se aplican tanto para las centrales conectadas a la red como para las aisladas o remotas; caso típico para las zonas de la Amazonía o zonas de fronteras y para las Islas Galápagos. Estos precios en USD/kWh son:

Tabla 2. Precios regulados para generación con fuentes renovables

Fuente	Continente USD/kWh	Galápagos USD/kWh
Fotovoltaico	0,2837	0,3120
Eólico	0,0931	0,1210
Biomasa y Biogás	0,0904	0,0994
Mini hidroeléctricos hasta 5 MW	0,0580	0,0638
Mini hidroeléctricos hasta 10 MW	0,0500	0,0550

Esta Regulación establece un límite del 2% de la potencia instalada de la generación que participa en el Mercado Eléctrico Mayorista (aproximadamente 75,3 MW al 2003) para proyectos de fuentes renovables que se suscriban hasta el 31 de diciembre de 2006 y tiene una vigencia de doce (12) años. Este es un valor muy bajo y no tendría impacto en la incorporación de las energías renovables en la matriz energética del país, por lo que creemos que debe ser aumentado al menos al 10%. Los fondos para el pago de esta tarifa regulada provienen del aporte de los generadores y distribuidores en el Mercado Eléctrico Mayorista, a cargo del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE).

De lo expuesto, se puede observar que existen incentivos legales y los recursos financieros para la instalación de sistemas de generación con fuentes renovables; particularidad que favorece sensiblemente la aplicación del modelo de gestión de tasa por servicio en este marco.

EL PROYECTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS RURALES DEL PROMEC

METODOLOGÍA APLICADA

El estudio del Proyecto Piloto de Sistemas Fotovoltaicos en el Oriente Ecuatoriano mediante el modelo de gestión de tasa por servicio del PROMEC para las zonas de Arajuno y Sarayacu constó de dos fases:

Fase I: Consulta y participación, en la cual se identificó los sitios donde instalar los SFVR, se recogió información sobre los aspectos sociales y económicos de las viviendas y de las comunidades, se determinó la relevancia y el compromiso de la organización comunitaria en apoyar el proyecto y se pudo encontrar la disponibilidad al pago y la viabilidad al pago.

Fase II: Diseño y ejecución del proyecto piloto con el siguiente alcance: Diseño en detalle de los SFVR para las comunidades y los centros comunitarios, incluyendo estimaciones de costos, el modelo de gestión o de sostenibilidad, la estructura de la tarifa, y las relaciones interinstitucionales.

FASE I. CONSULTA Y PARTICIPACIÓN

Identificación del área del proyecto y participación comunitaria

El Ministerio de Energía y Minas proporcionó un listado preliminar en tres de las seis provincias amazónicas de Napo, Orellana y Sucumbíos. Luego de una revisión sobre la existencia de redes cercanas o programadas y de reuniones con las comunidades y organizaciones políticas e indígenas se seleccionaron cinco sitios o áreas: Sarayacu, Zápara, Arajuno, Tena y Tiputini. Se levantaron encuestas en un total de 19 comunidades y 238 familias que representaron el 71% del universo de familias de la región.

En este primer barrido se consultó a las poblaciones el requerimiento de cobrar por el servicio eléctrico, y por esta razón la comunidad Zápara se excluyó del proyecto. Las viviendas de la comunidad de Tiputini fueron excluidas luego porque esta pertenece a otra empresa eléctrica y se prefirió seleccionar a aquellas zonas dentro del área de servicio de la Empresa Eléctrica Ambato. Las comunidades de Tena y Arajuno se

agruparon en una y al final quedaron dos subproyectos: Sarayacu con cinco comunidades y 140 SFVR y Arajuno con cinco comunidades y 123 SFVR.

Resultados de las encuestas

El principal objetivo de las encuestas en viviendas y en comunidades era determinar el nivel de ingreso de las familias para encontrar la disponibilidad al pago y la viabilidad al pago por el servicio eléctrico, y compararlo con los gastos actuales destinados a energía. El ingreso medio mensual por familia es de USD 106. La distribución de gastos es: alimentación 31,9%; diversión 5,2%; educación 26,5%; salud 17,3%; transporte 16,3%. Los gastos efectuados una vez al año, principalmente al inicio del año escolar llegan a un promedio de USD 240, de los cuales el 35,8% es para educación y el 34,6% para vestido.

En cuanto tiene relación con los gastos en energía, las fuentes son básicamente el diesel y las velas para iluminación, la madera y el gas licuado de petróleo (propano) para la cocina, y baterías y pilas para radios y linternas. Los SFVR reemplazarán el uso de diesel, pilas, baterías y velas. El uso de baterías de 12 V como las de automóvil es poco común.

Tabla 3. Gasto en energía mensual por familia en USD de cada comunidad y comparación con los gastos totales

Comunidad	Diesel / Gasolina	Gas LPG	Madera	Pilas	Velas	Suman	Número de familias	Gasto mensual promedio energía	Gasto promedio otros ítems	Total gasto promedio	Porcentaje gasto energía sobre gasto total	Gasto en pilas, baterías y diesel	Gasto promedio en energía: pilas, baterías y diesel
Sarayacu	330	-	32	438	38	838	46	18,2	96,4	114,6	15,9%	806	17,5
Zaparas	7	-	13	323	1	344	40	8,6	45,7	54,3	15,8%	331	8,3
Tena	172	45	11	373	22	623	100	6,2	179,3	185,5	3,4%	567	5,7
Arajuno	179	22	-	75	8	284	22	12,9	120,6	133,5	9,7%	262	11,9
Tiputini	364	50	-	89	37	540	30	18,0	99,2	117,2	15,4%	490	16,3
TOTAL	1052	117	56	1298	106	2.629	238	11,0	125,8	136,8	8,1%	2.456	10,3
Porcentaje	40,0%	4,5%	2,1%	49,4%	4,0%	100%							

Como se muestra en la Tabla 3, el gasto mensual promedio actual para usos energéticos es de USD 10,3, y para la comunidad de Sarayacu este llega a USD 17,5. Esto da una idea del monto que las familias podrían destinar para el pago mensual por el uso de los SFVR. Como se concluye más adelante, la tarifa mensual con los SFVR llega a USD 4,5 en promedio, lo cual significa que la solución con SFVR reduce más de la mitad el gasto actual de energía y mejora en mucho la calidad de vida.

Disponibilidad al pago

La encuesta preliminar sobre la disponibilidad al pago de las familias fue posteriormente confirmada mediante sendas cartas de las comunidades en las que se comprometían al pago de entre USD 4 y USD 6 por mes.

Participación y compromiso comunitario

De acuerdo con el resultado de las encuestas, el 85% de las familias accedieron a pagar una tasa por servicio. Las familias se comprometieron a apoyar en la construcción de los SFVR. Esto fue posteriormente confirmado en la fase de construcción ya que los beneficiarios pusieron los postes de madera y el transporte de los equipos. Igualmente, las comunidades aportaron con los técnicos comunitarios que se encargarán del mantenimiento preventivo y del cobro de la tarifa.

FASE II: DISEÑO

Como conclusión de la Fase I del estudio, las comunidades de Tiputini y de Zápara fueron excluidas y los proyectos se agruparon en dos: Arajuno y Sarayacu. El proyecto Arajuno se financiaría del Proyecto PROMEC y para Sarayacu se aplicarían fondos del FERUM.

Las comunidades seleccionadas finales fueron:

Tabla 4. Lista de comunidades y familias por áreas del proyecto

SARAYACU		ARAJUNO	
Organización Indígena - Comunidad	Número de Familias	Organización Indígena - Comunidad	Número de Familias
TAIJA SARUTA	140	FENAKIN	31
Centro Sarayacu	35	Ponce Loma	18
Chontayacu	29	Yanaurco	13
Kali-Kali	17	FONAKIN	45
Sarayaquillo	19	Capirona	45
Shiwacocha Sarayacu	27	ACIA	47
Centros comunitarios	13	Juan Vicente	25
		Shiwacocha Arajuno	22
Total Sarayacu	140	Total Arajuno	123

DISEÑO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS RESIDENCIALES

De la visita a los sitios se evidenció la necesidad de disponer al menos de dos tipos de usuarios, en función de las condiciones de vida, tamaño de las viviendas, número de ambientes (cuartos), número de miembros de las familias, actividades domésticas o productivas (agricultura) y limitándose al aporte del FERUM para la compra de los sistemas que a la fecha de los diseños (2003) era de USD 1.690 por vivienda. Actualmente este ha subido a USD 2.600. Durante la construcción se dio el caso de que algunas viviendas eran bifamiliares es decir una casa la compartían dos familias, los padres y el hijo o hija.

Con estas consideraciones, se estableció dos tipos de sistemas: uno denominado BÁSICO de 100 Wp y otro ESTÁNDAR de 200 Wp.

Estimación de la carga y demanda de los SFVR

Las características de los dos SFVR a instalar fueron:

SISTEMA BÁSICO (Residencial pequeño)

3 focos, radio, TV blanco y negro o equipo de música, ventilador

Servicio a 12 V corriente continua

SISTEMA ESTÁNDAR (Residencial grande y comunitario)

5 focos, radio, TV a color, equipo de música, ventilador

Servicio a 12 V corriente continua para iluminación y 120 V corriente alterna para las demás cargas.

La base para el cálculo de los SFVR fue asignar los puntos de iluminación dependiendo del número de ambientes o cuartos. Las casas tienen entre 40 y 60 m², y en algunos casos hay pequeños cuartos o habitaciones separadas de la casa principal. Del total de familias encuestadas, 176 (i.e. 76%) tienen entre 3 y 5 ambientes. El nivel mínimo de iluminación de acuerdo a normas internacionales es de 50 luxes por ambiente y en una casa con una superficie promedio de 30 m² se requiere 3,8 puntos de luz. Para casas de mayor tamaño y centros comunitarios, se diseñó con cinco puntos de luz. Quedó abierta la posibilidad de que en los centros comunitarios se pueda recargar una linterna solar o que en ese lugar se reemplacen las pilas gastadas. Se estudió también la instalación de un refrigerador o de otra carga, pero por los costos esta alternativa fue excluida del proyecto.

La carga estimada y la demanda calculadas de cada sistema fueron:

Tabla 5. Carga y Demanda de los sistemas BÁSICO y ESTÁNDAR

		SISTEMA BÁSICO 100 Wp			SISTEMA ESTÁNDAR 200 Wp							
		CARGA DC			CARGA DC			CARGA AC			TOTAL	
ARTEFACTO	W	Cant.	Horas	Wh/día	Cant.	Horas	Wh/día	Cant.	Horas	Wh/día	Wh/día	
Alumbrado	11	3	3,0	99,0	5	3,0	165,0	0	3,0	-	165	
Estéreo / CD	15	0	2,0	-	0	2,0	-	1	2,0	30,0	30	
Radio	5	1	6,0	30,0	1	6,0	30,0	0	6,0	-	30	
Refrigerador / congelador	30	0	7,2	-	0	7,2	-	0	7,2	-	0	
TV blanco y negro	15	1	3,0	45,0	0	3,0	-	0	3,0	-	0	
TV color	45	0	3,0	-	0	3,0	-	1	3,0	135,0	135	
Ventilador	10	1	1,0	10,0	0	0,5	-	1	0,5	5,0	5	
Linterna solar	10	0	6,0	-	0	6,0	-	0	6,0	-	0	
TOTAL Wh/día				184,0				195,0				365
Capacidad instalada W				63,0				60,0				130

Parámetros de Diseño

Los parámetros de diseño usados para el dimensionamiento de los SFVR fueron:

Tabla 6. Parámetros de diseño de los SFVR

CONCEPTO	UNIDAD	VALOR
Pérdida de potencia del sistema en la vida útil	%	10%
Reserva para incremento de carga	%	10%
Días de autonomía de baterías	Días	3,00
Profundidad de descarga de baterías	DoD	0,60
Eficiencia de la batería	%	90%

Radiación solar en el plano inclinado 13,5° orientado a la línea equinoccial	kWh/m ² día	3,81
Eficiencia del inversor	%	90%
Porcentaje de caída de voltaje en alimentadores principales	%	2%

Los componentes de los SFVR comprenden el panel fotovoltaico, el regulador de carga de batería, la batería y el inversor (en el caso del sistema ESTÁNDAR). Para el diseño se elaboró una hoja de cálculo y los resultados se resumen en la Tabla 7.

Tabla 7. Resumen de dimensionamiento de los SFVR

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	BÁSICO	ESTÁNDAR
Demanda DC	Wh/day	184,00	195,00
Carga total DC	W	63,00	60,00
Demanda AC	Wh/day	-	170,00
Carga total AC	W	-	70,00
Total demanda	Wh/day	184,00	365,00
Total carga	W	63,00	130,00
Amperios hora de la carga	Ah	18,93	37,55
Capacidad de las baterías	Ah	94,65	187,76
Número de baterías	U	0,90	1,79
Imax de paneles	A	5,52	10,95
Número de paneles	U	0,96	1,91
Capacidad de los paneles	Wp	100,00	100,00
Controlador de carga	A	6,54	13,08
Inversor 12V DC/120V AC	W	-	77,78

Los valores calculados fueron comparados con equipos disponibles en el mercado, para especificar finalmente los SFVR según los parámetros de la Tabla 8.

Tabla 8. Equipamiento sugerido para los SFVR

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	BÁSICO	ESTÁNDAR
Número de sistemas	u	206	57
Batería tipo AGM – VRLA	Ah	105	105
Número de baterías por sistema	u	1	2
Panel FV	Wp	100	100
Número de paneles por sistema	u	1	2
Puntos iluminación de 11 W	u	3	5
Controlador de carga	A	10	20
Inversor	Wp	-	100

La modularidad de los sistemas fue también un factor tomado en cuenta, de modo que un SFVR BÁSICO pueda ser ampliado en el futuro a uno de tipo ESTÁNDAR sin mayores cambios.

Instalación de los SFVR

La selva amazónica es el más grande bosque húmedo del planeta con árboles que fácilmente superan los 30 metros. No era de sorprenderse que especialmente en la zona



Fotografía 1. Sistemas fotovoltaicos residenciales instalados en el Proyecto Arajuno.

de Sarayacu las viviendas estén rodeadas de ellos. Algunas de las viviendas son chozas sin paredes y con techos muy pronunciados contruidos con hojas. Es común que los niños se movilicen o gateen en estas viviendas y cualquier instalación eléctrica interior podía poner en peligro sus vidas, especialmente por las baterías. Los SFVR debían ser instalados con estas restricciones y además considerar el aspecto de propiedad, ya que los SFVR son de propiedad de la Empresa Eléctrica Ambato, y no se pueden instalar al interior de una vivienda. Se resolvió entonces montar los SFVR fuera de en un poste de 5 a 6 metros según lo muestra la fotografía y los componentes dentro de un gabinete metálico resistente a la corrosión y a los rayos ultravioletas.

COSTOS DEL PROYECTO

Los costos de ejecución del Proyecto Arajuno, resultado de la licitación y agrupados por rubros fueron:

Tabla 9. Costos del proyecto por rubro USD

COMPONENTE DE COSTO	BÁSICO	ESTÁNDAR
Equipamiento	797,2	1.457,5
Instalación, movilización y transporte	505,3	505,3
Capacitación, promoción, herramientas, otros	90,0	72,8
TOTAL USD	1.392,5	2.035,6

El plazo de ejecución de proyecto fue de 60 días y el primer SFVR entró en operación a mediados de diciembre de 2004.

La asignación de sistemas para cada uno de los proyectos fue:

Tabla 10. Número de SFVR por tipo y área del proyecto

PROYECTO	BÁSICO	ESTÁNDAR	TOTAL
SARAYACU	109	31	140
ARAJUNO	97	26	123
TOTAL	206	57	263

Los costos de los proyectos tomando como referencia el precio de la oferta adjudicada fueron:

Tabla 11. Costo del proyecto USD

PROYECTO	BÁSICO	ESTÁNDAR	TOTAL	COSTO PROMEDIO POR VIVIENDA
USD POR SISTEMA	1.392,48	2.035,60		
SARAYACU	151.780,32	63.103,60	214.883,92	1.534,89
ARAJUNO	135.070,56	52.925,60	187.996,16	1.528,42
TOTAL	286.850,88	116.029,20	402.880,08	1.531,86

Se debe indicar que el costo del subproyecto en Sarayacu seguramente será mayor al momento de la ejecución ya que el acceso es más difícil que en Arajuno y los costos de los paneles fotovoltaicos se han incrementado de manera significativa en el último año debido a la alta demanda mundial. El costo del panel en el caso de la oferta para Arajuno fue de USD 367,20, mientras que a septiembre de 2005 el costo llega a los USD 520. Esto significaría que el proyecto Sarayacu estaría cercano a los USD 240.000 si se mantiene el mismo alcance.

CÁLCULO DE LA TASA POR SERVICIO

Con los datos de los costos de los SFVR y de los componentes, se procedió a calcular la tasa por servicio. Como se indicó arriba la tarifa debe permitir cubrir los costos de operación y mantenimiento, el cambio de partes y piezas, los costos de comercialización o cobro de la energía mensual. Adicionalmente se debe prever la reserva para cubrir los costos de depreciación.

Costos de reposición de partes y piezas

Para el efecto se utilizó el método del costo nivelado de energía que da el valor presente del total de gastos para el valor presente del total de la producción durante la vida útil. Se toma en cuenta el tiempo de duración en años de cada componente y el valor residual. La producción anual del SFVR fue afectada por un factor de pérdida del

2,5% cada 4 años respecto de la potencia nominal del panel que dio un promedio de 5,32 kWh/mes para el sistema BÁSICO y de 10,55 kWh/mes para el ESTÁNDAR. Este cálculo se resume a continuación, donde, para efectos de comparación, se ha incluido también la opción con los costos de la inversión inicial:

Tabla 12. Resumen de costos de reposición de partes y piezas

DESCRIPCIÓN	BÁSICO		ESTÁNDAR	
	Con inversión Inicial	Sin inversión inicial	Con inversión Inicial	Sin inversión inicial
Valor Presente USD	3228,9	444,0	3049,4	1013,8
Costo nivelado de energía LCOE USD/kWh	2,53	0,35	1,20	0,40
Energía anual [kWh]	63,80	63,80	126,56	126,56
Energía mensual [kWh]	5,32	5,32	10,55	10,55
Pago anual USD	161,45	22,20	152,47	50,69
Pago mensual USD	13,45	1,85	12,71	4,22

Como se puede apreciar, si se debiera cubrir los costos de la inversión inicial del SFVR el pago mensual sería muy alto para el nivel de ingresos de las familias de la zona. De aquí la importancia de que se subsidie esta inversión, en el caso del Ecuador con fondos del FERUM.

Costos de comercialización y de operación y mantenimiento

Los costos de comercialización y de operación y mantenimiento incluyen los costos de un técnico por cada comunidad (total de cinco) que se encargan de las tareas de mantenimiento preventivo y cobro de la tarifa mensual estimado en USD 1 por sistema por mes, mas la movilización interna mensual de los técnicos y una movilización trimestral a la ciudad de Tena para hacer el pago en la empresa Eléctrica Ambato, mas el costo de dos visitas anuales de quince días cada una de un técnico de la Empresa Eléctrica Ambato. El total anual por este rubro suma USD 2.940, que equivale a USD 1,99 por sistema por mes (USD 2940 / 12 meses / 123 sistemas).

Costos de administración de la EEASA

Se tomó como referencia los costos de administración de la Empresa Eléctrica Ambato para proyectos de generación aislada con plantas a diesel, de USD 0,05 por usuario por mes para el sistema BÁSICO y de USD 0,10 para el sistema ESTÁNDAR.

Tasa por servicio

Sumando los costos antes detallados, se obtuvo la tasa por servicio para el proyecto:

Tabla 13. Cálculo de la tasa mensual por servicio y costo unitario por kWh

CONCEPTO	TASA USD / MES		USD/kWh	
	BÁSICO	ESTÁNDAR	BÁSICO	ESTÁNDAR
1) Costos de reposición de equipos	1,85	4,22	0,35	0,40
2) Costos de comercialización y O&M	1,99	1,99	0,37	0,19
3) Administración EEASA	0,05	0,10	0,009	0,009
4) Redondeo	0,110	0,180	0,021	0,017
Total	4,00	6,50	0,75	0,62

Podemos comentar que el costo por kWh de un sistema fotovoltaico para un usuario rural es alto si lo comparamos con aquel de la red convencional, que está entre 8,5 a 10 centavos.

ALTERNATIVAS PARA EL SERVICIO ELÉCTRICO

El estudio también consideró el servicio eléctrico con otras alternativas: grupos diesel y extensión de la red, concluyendo que la solución fotovoltaica es la más económica con un gran margen.

Tabla 14. Costos de las alternativas para servicio eléctrico del Proyecto USD

PROYECTO	SFVR USD	DIESEL USD	RED USD
SARAYACU	214.883,92	354.000	857.000
ARAJUNO	187.996,16	412.350	422.150

FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

Al final del período de vida útil del proyecto, estimada en 20 años, dos cosas pudieran ocurrir: a) que la red haya llegado a las poblaciones y no haya necesidad de reinstalar los SFVR; o b) que se deba obtener un nuevo financiamiento para el reemplazo de los SFVR. El caso de Arajuno probablemente sea el primero, mientras que en Sarayacu la red muy difícilmente llegará en las próximas décadas. De otra parte no hay seguridad de que en el futuro se mantenga el aporte del FERUM. Esto obliga a hacer una previsión de los recursos para el año 21. Estos ahorros pueden provenir de una reserva calculada por la diferencia entre los costos reales de producción y la tarifa cobrada, o mediante la aplicación de la Regulación 004/04 del CONELEC para los precios regulados para energías renovables.

El hecho es que la Empresa Eléctrica Ambato como propietaria de los SFVR puede solicitar al CONELEC el reconocimiento de la venta de la energía al precio regulado. Se procedió a calcular los precios de los componentes que se deben reemplazar al fin del año 20, tomando en cuenta los costos de depreciación y su valor residual, y se asumió que a ese entonces los precios de los paneles bajarán de forma importante. El costo al año 20 para el reemplazo de los SFVR se calculó en USD 368 para el BÁSICO y de USD 587 para el ESTÁNDAR. Aplicando el precio regulado de USD 0,2837 por kWh se verificó que este valor es suficiente para cubrir la inversión al año 21, es decir que permite cubrir los costos de depreciación.

Tabla 15. Regulación 004/04 CONELEC y cálculo de los costos de depreciación

CONCEPTO	BÁSICO	ESTÁNDAR	TOTAL USD
Energía generada anual kWh	64	127	
Sistemas a instalar proyecto	97	26	123
Total energía generada anual proyecto kWh	6.189	3.291	9.479
1) Ingreso por venta de energía según CONELEC Regulación 004/04			
Tasa preferencial fija USD/kWh	0,2837	0,2837	0,2837
Subtotal 1) USD por año	1.756	934	2.689
Ingresos totales 1) en 20 años USD	35.115	18.671	53.786
2) Déficit financiero al año 21			
Precio del sistema al año 21	368	587	

Presupuesto del proyecto al año 21	35.697	15.255	50.952
Valor a financiar año 21	582	-3.416	-2.834
Provisión anual para cubrir déficit	29	-171	-142

MODELO DE SOSTENIBILIDAD

Es conocido que los costos de construcción y de operación y mantenimiento de las redes eléctricas rurales no son viables económicamente por lo que existe un subsidio cruzado que proviene de todos los usuarios para cubrir este déficit. Las empresas eléctricas de distribución no son muy entusiastas con la construcción de redes en zonas rurales debido a que la tarifa que se cobra al usuario no alcanza para cubrir estos costos. En este sentido los proyectos de electrificación rural considerados de forma aislada o independiente no son sostenibles.

El Estado ecuatoriano, el Proyecto PROMEC y el Banco Mundial han manifestado su preocupación por el servicio eléctrico en las áreas rurales y los efectos que causa en la situación económica de las empresas de distribución. Se debe de alguna manera sincerar la tarifa y buscar que el usuario cubra el costo del servicio, sin dejar de lado el hecho de que debe haber una contribución solidaria de los usuarios urbanos que teniendo un nivel de vida mejor puedan contribuir con quienes no tienen los mismos beneficios en las comunidades rurales.

Este concepto obligó en el proyecto a establecer un mecanismo viable y efectivo para asegurar que el servicio eléctrico con sistemas fotovoltaicos residenciales sea sostenible en el futuro y que los beneficiarios contribuyan con el pago de una tasa por

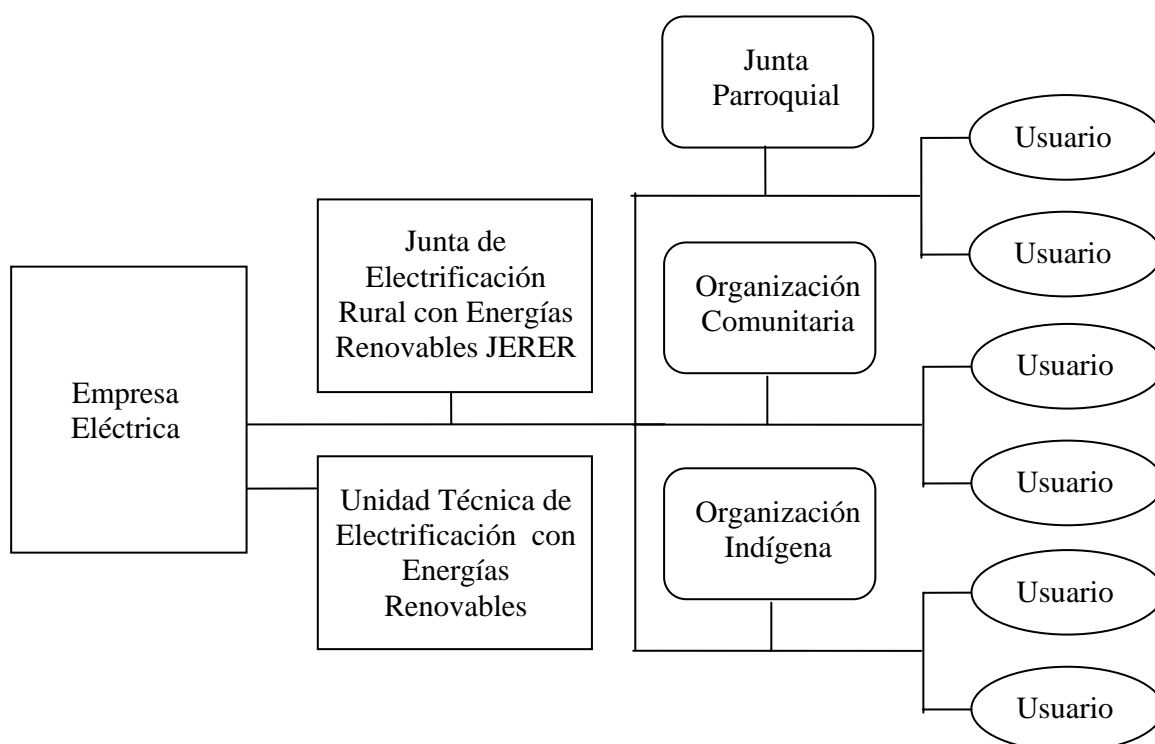


Fig. 1. Modelo de sostenibilidad de tasa por servicio aplicado en el Proyecto Fotovoltaico en el Oriente Ecuatoriano

servicio, lo que de otra parte obliga a que ellos asuman una responsabilidad al saber que si no pagan el sistema este deja de funcionar por falta de mantenimiento y puede inclusive serles retirado.

Los usuarios del proyecto del PROMEC son familias que viven alejadas de los centros de consumo. Se observa, sin embargo, que la organización indígena es muy sólida y estructurada, tiene representación jurídica, maneja fondos propios o de cooperación que contribuyen para mantener su identidad y su cultura, y gestiona y ejecuta proyectos de otras áreas del desarrollo. Los miembros de una comunidad regularmente contribuyen con la comunidad, sea con un aporte en moneda, con su trabajo, bienes o productos.

El proyecto se apoyó en esta estructura establecida de la organización indígena y es así como el cobro de la tasa mensual se asignó a los técnicos comunitarios.

Se estructuró un modelo de sostenibilidad (Fig. 1) con los siguientes actores:

La Empresa Eléctrica Ambato en el caso del proyecto, como propietaria de los bienes es la entidad central en la gestión del mismo. Se apoya con el CONELEC y con el Ministerio de Energía, entidad ejecutora de proyecto PROMEC

Se crea una Junta de Electrificación Rural con Energías Renovables (JERER) que sirve de enlace entre la empresa eléctrica y la comunidad, con funciones de seguimiento y consulta. Esta JERER la integran un delegado de cada comunidad beneficiaria y uno de la empresa eléctrica. Tiene atribuciones para presentar proyectos de ampliación o nuevos en el futuro. Actualmente está en actividad la JERER del proyecto Arajuno.

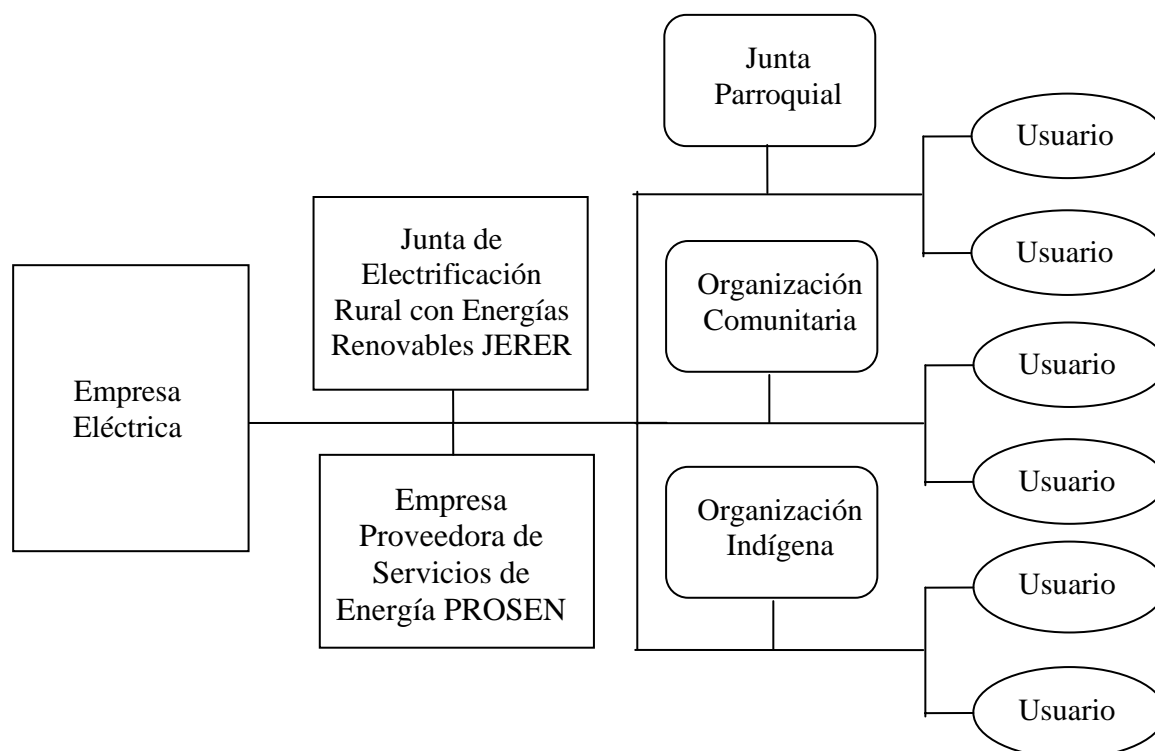


Fig. 2 Modelo de sostenibilidad de tasa por servicio con la participación de una empresa proveedora de servicios de energía (PROSEN)

Se recomienda la conformación de una Unidad Técnica de Electrificación con Energías Renovables para apoyar a la JERER y a la Empresa Eléctrica. Esta puede ser parte de una Unidad Técnico de la Empresa Eléctrica o una nueva unidad que se cree.

La Empresa Eléctrica suscribe convenios de suministro con los usuarios; además suscribe un convenio con la Comunidad y otro con la JERER. El modelo puede ser aplicable también al caso en que no haya una organización indígena estructurada sino una Junta Parroquial u otra organización comunitaria o gremial que sirva de garantía para la sostenibilidad del proyecto.

En otra consultoría del PROMEC (Fig. 2), se estudió otras alternativas de modelo de gestión y recomendó la conformación de una empresa privada proveedora de servicios de energía (PROSEN) que asumiría las funciones de operación y mantenimiento y de cobro de la tarifa a los usuarios, a cambio de un valor mensual por los servicios.

Según los resultados del estudio, la conformación de una PROSEN se justifica si el número de usuarios es mayor a 250. La JERER en esta modalidad puede o no estar presente, pero se recomienda mantenerla como medio de canalizar las relaciones comunitarias. Los costos de la tasa por servicio en este caso se incrementan entre USD 2,0 y USD 2,50 por mes sobre los calculados bajo el esquema anterior. Puede en todo caso la Empresa Eléctrica asumir parte de estos costos al reconocer una comisión por cobro del consumo, procedimiento que se utiliza actualmente para las extensiones de redes.

CONCLUSIONES

Se ha presentado una descripción general de los modelos de gestión para proyectos de energías renovables en el Ecuador, con particular detalle en el caso específico del proyecto piloto de sistemas fotovoltaicos en el oriente ecuatoriano mediante el modelo de tasa por servicio. Este estudio realizado en el año 2003 está ya en ejecución y con resultados positivos. Los sistemas han sido instalados y el modelo de gestión recomendado ha sido aprobado por los organismos del sector eléctrico involucrados, como son: el CONELEC, el Fondo de Solidaridad y el Ministerio de Energía y Minas. Las organizaciones indígenas beneficiarias han asumido su compromiso y su responsabilidad y se está cobrando de forma regular la tasa por servicio. Está pendiente la gestión de parte de la Empresa Eléctrica Ambato para solicitar el pago de la venta de la energía al CENACE.

Se ha comprobado que la solución con sistemas fotovoltaicos residenciales es viable técnica y financieramente si se cubren los costos de la inversión inicial por medio de los fondos como el FERUM. El potencial para atender con sistemas renovables de generación, sea estos fotovoltaicos, eólicos o biomasa es muy grande en el Ecuador y se puede llegar con esta alternativa a sitios donde la extensión de red no es viable. Una instalación rural con sistemas renovables bajo el esquema propuesto asegura también el pago de la energía y la eliminación de las pérdidas tanto técnicas como negras que afectan a los sistemas convencionales de suministro eléctrico.

Queda aún mucho camino por recorrer para aplicar en gran escala esta solución en el Ecuador, lo que debe ser acompañado de una decisión del Estado de promover las energías renovables y la implementación de medidas y políticas que favorezcan estas inversiones, dentro de un concepto de sustitución de fuentes de generación fósiles contaminantes por energías limpias.

BIBLIOGRAFÍA

- Sánchez Santiago. Reporte del proyecto piloto fotovoltaico en el oriente ecuatoriano. PROMEC-7082-EC, GEF TF 050016, Quito, febrero 2004.
- PROMEC Project appraisal document, Report No. 22519-EC, The World Bank, October 2001.
- United Nations Foundation/ UN Fund for International Partnerships, "Interim" Program Framework For Sustainable Energy/Climate Change, mayo 2001.
- Banks, D. I., Willemse, J., Willemse, M., "Energy services to rural areas an integrated approach", Rural Area Power Solutions (Pty) Ltd., 8th DUE Conference, Kampala, octubre 2000.
- "Summary of models for the implementation of solar home systems in developing countries. Part 1", IEA PVPS International Energy Agency Implementing Agreement on Photovoltaic Power Systems, Report IEA PVPS T9-02:2003, March 2003.
- Martinot, E., Reiche K., "Regulatory approaches to rural electrification and renewable energy: case studies from six developing countries", World Bank, Washington, DC, Working Paper, junio 2004
- Sánchez Santiago, Energías renovables, conceptos y aplicaciones, MEM – Fundación Natura – WWF, julio 2004.

EL AUTOR



Santiago J. Sánchez Miño, nacido en Quito en 1956, es un Ingeniero Eléctrico, especialidad Potencia, graduado en la Escuela Politécnica Nacional en 1980. Cursó una maestría en Ingeniería Eléctrica de Potencia en la Universidad Estatal de Iowa en los Estados Unidos en 1982. En el año 2002 obtuvo un M.Sc. en Energías Renovables en el Programa de Postgrado de Energías Renovables de la Universidad Carl Von Ossietzky de Oldenburg, Alemania. Se ha desempeñado como funcionario público en INECEL y en el Fondo Nacional de Preinversión FONAPRE. Ha trabajado para empresas internacionales como ABB y Sumitomo y ha actuado como consultor y constructor durante más de 25 años. El año 2004 fue Gerente del Proyecto de Energías Renovables de Galápagos del PNUD y durante el año 2005 como Consultor del Banco Mundial del Proyecto de Modernización de Electricidad y Telecomunicaciones del CONAM (PROMEC) para electrificación rural con energías renovables. Actualmente trabaja en la actividad privada en la empresa EnerPro Cía. Ltda. especializada en energías renovables y eficiencia energética. Es profesor de la materia de Energías Renovables en la Universidad San Francisco de Quito, ha dictado seminarios y conferencias de energías renovables en el país y en el exterior. Su preocupación permanente por el sector eléctrico y energético lo ha llevado a incursionar en el tema de las energías renovables como alternativa viable para solventar los problemas energéticos y ambientales del Ecuador. Es autor del libro "Energías Renovables: Conceptos y Aplicaciones".

Santiago Sánchez Miño

Dirección oficina: Juan León Mera 375 y Robles, Piso 6

Telf. Of. : 2906 797

Cel. 099 23 80 25

Dirección domicilio : Urb. Bromelias, Los Membrillos N44-44 y Los Naranjos, Dpto.C5

Telf. dom.: 3340 693 / 3340 707

Email: tatago@quik.com.ec / ssanchez@enerpro.com.ec