

MODELO DE ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA NO CONVENCIONAL CON SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DOMICILIARIOS (SFD)

RESUMEN

El abastecimiento de energía eléctrica se torna indispensable para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y para la modernización de la economía.

En países con las características territoriales y demográficas del Perú el acceso a las formas convencionales de energía resulta, las más de las veces, económicamente inviable para los pobladores de las áreas rurales.

Las tecnologías para el empleo de fuentes alternas para la generación de energía eléctrica se encuentran disponibles a nivel comercial desde hace décadas, en versiones cada vez más perfeccionadas. Sin embargo, no han logrado un nivel de aplicación extensiva. Este hecho sugiere la existencia de un problema que excede el ámbito tecnológico.

La Empresa Administradora de Infraestructura Eléctrica-ADINELSA y la Dirección Ejecutiva de Proyectos del Ministerio de Energía y Minas-DEP/MEM comparten la convicción de que el problema tiene una dimensión administrativa cuyas características la hacen poco atractiva para el sector privado. Hay pues, en consecuencia, un espacio apropiado para la acción subsidiaria del Estado.

Ambas instituciones coinciden en la creencia de que solo el establecimiento de un modelo apropiado de administración participativa puede garantizar la permanencia en el tiempo de los esfuerzos desarrollados a favor del abastecimiento energético de las áreas rurales. Sólo así podrá evitarse el colapso de las iniciativas que ordinariamente acompaña al retiro de la institución técnica promotora.

En los acápites subsiguientes se especifican las características de un modelo de administración exitoso, ensayado por primera vez en el Perú, en la electrificación rural: los sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD).

Resulta de la mayor importancia el hecho de que las características del sistema diseñado permiten su replicación en un gran número de pequeñas comunidades. Así, estas comunidades, detenidas en una etapa preindustrial, tendrán ahora mayores opciones de desarrollo y acceso directo a las facilidades más elementales de la vida moderna.

I. Descripción del servicio que se presenta al concurso

Señalar los datos que describen el servicio en lo que se refiere a su naturaleza, funcionamiento, usos y aplicaciones posibles.

El Proyecto que presentan la Empresa de Administración de Infraestructura Eléctrica (ADINELSA) y la Dirección Ejecutiva de Proyectos del Ministerio de Energía y Minas (DEP/MEM) al Concurso de Creatividad Empresarial 2003 tiene dos segmentos:

- (a) La elección y puesta en operación de una opción tecnológica de abastecimiento energético adecuada para zonas rurales.
- (b) El diseño de un modelo administrativo que haga sostenible en el tiempo la opción elegida.

La transición de un segmento a otro incluye un proceso de capacitación de líderes locales que personifiquen el compromiso de la comunidad con el proyecto y sus eventuales requerimientos de expansión.

I.1 Funcionamiento del servicio

El servicio que ADINELSA presta a las comunidades es el suministro de energía eléctrica en cada vivienda mediante Sistemas Fotovoltaicos, cuyos detalles se describirán más adelante. Para llegar al estado actual se ha pasado por varias etapas, tales como la selección tecnológica y un proceso de capacitación.

I.1.1 Selección tecnológica

La dispersión de las viviendas y la baja densidad demográfica de las poblaciones rurales obligan a descartar, por antieconómicas, soluciones convencionales como el tendido de redes eléctricas.

Tras examinar diferentes alternativas no convencionales tales como la energía eólica¹, grupos electrógenos², biogas³ (Anexo N° 1), se ha elegido la energía eléctrica no convencional, proveniente de la energía solar, vía una tecnología fotovoltaica⁴. Aún siendo el costo de instalación más alto, los costos de operación y mantenimiento son significativamente más bajos que los de las otras opciones y los requerimientos de reposición de los componentes mucho más espaciados, lo que reduce las intermitencias en el servicio.

¹ Utilización del recurso del viento para producir electricidad por intermedio de los aerogeneradores, en este caso, en la zona del proyecto la velocidad promedio es menor a 5 m/s resultando económicamente desfavorable.

² Grupos que funcionan con combustible diesel, se hace desfavorable por el alto costo del combustible, transporte, a zonas aisladas, operación y mantenimiento mayor a otras alternativas.

³ Funciona con desechos orgánicos (excrementos de animales, del hombre y otros compuestos que sirven para producir el gas metano, el cual es utilizado para la combustión cuyo calor es utilizado en la cocción, alumbrado y la generación de energía eléctrica.

I.1.2 Proceso de capacitación y logística

El proceso de capacitación técnica y administrativa del Comité Pro Electrificación-CPE constituido por: un Presidente, un Secretario, un Tesorero y Soporte Técnico, fue realizado por el Centro de Energías Renovables de la Universidad Nacional de Ingeniería. Dicho proceso tuvo una duración de una semana. La capacitación comprendió el manejo de cada uno de los componentes que conforman el Sistema Fotovoltaico Domiciliario-SFD, en la instalación del mismo y en su mantenimiento preventivo y correctivo. Complementariamente se diseñaron los recibos para la cobranza y los formatos para reportes del estado situacional de los componentes, y las actas del servicio de mantenimiento.

Asimismo, se diseñó el sistema administrativo relacionado con las cobranzas y los depósitos en la cuenta bancaria de ADINELSA por el uso de los SFD, deduciéndose los gastos por mantenimiento preventivo y correctivo en los que se incurra. A la fecha el mantenimiento lo realiza el Soporte Técnico del CPE, a través de visitas mensuales que se efectúan a las viviendas, para observar el funcionamiento de cada componente del SFD e informar a la Dirección Regional de Energía y Minas.

El apoyo de la Dirección Regional hace más fluida la coordinación con los usuarios y genera reportes que permiten a ADINELSA programar las visitas de supervisión que, gracias al apoyo recibido, son cada vez menos frecuentes.

Para garantizar un adecuado suministro de repuestos se ha designado a una persona que radica en Cerro de Pasco principal fuente de aprovisionamiento en la zona, quien deberá proporcionar al CPE los materiales y repuestos que requieran.

I.1.3 Convenio para la administración del modelo

El rasgo fundamental del modelo administrativo es la participación de los usuarios. En las Comunidades en las que se ha instalado el SFD, se ha seguido, en forma estandarizada, un Convenio entre ADINELSA y el CPE que especifica lo siguiente:

- (a) Pago único por derecho de conexión de S/. 150.00 por usuario
- (b) Pago mensual de S/. 20.00 por usuario por el uso del SFD
- (c) El compromiso de los usuarios de custodiar el SFD, no trasladarlo, ni modificar sus instalaciones.
- (d) La obligación de devolver a ADINELSA los equipos que conforman el SFD, en el caso de que la red pública resulte, en el futuro, accesible a la comunidad.

Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios Instalados por la DEP/MEM

En el cuadro siguiente se muestra la ubicación y el número de SFD instalados en el departamento de Pasco.

UBICACIÓN DEL PROYECTO PILOTO

LOCALIDAD	DISTRITO	PROVINCIA	Nº SFD
Santa Ana de Pacoyán	Simón Bolívar	Pasco	09
Los Andes de Yanahuanca.	Yanahuanca	Daniel A. Carrión	13
Santiago Pampa	Yanahuanca	Daniel A. Carrión	15
Villa Corazón de Jesús	Santa Ana de Tusi	Daniel A. Carrión	15
Los Andes de Pucará	Huayllay	Pasco	32
San Juan de Yanacachi (*)	Yanacancha	Pasco	39
TOTAL			123

Nota (): En esta localidad se está ensayando un modelo de administración en el que el mantenimiento, operación y reposición de los equipos este directamente a cargo de los usuarios y sus autoridades.*

Adicionalmente, en Palca, distrito de Sancos, provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho, se han instalado treinta (30) SFD de similares características a los instalados en el departamento de Pasco.

I.2 Funcionamiento

I.2.1 Equipamiento del servicio eléctrico

El servicio eléctrico en cada vivienda se brinda mediante un SFD (Gráfico N° 1), el mismo que tiene los siguientes componentes:

- Un panel solar de 53 Watts, que se constituye en el equipo generador de electricidad producido por la energía solar. Dicho panel se encuentra instalado en la parte exterior de la vivienda, instalado en un poste o sobre el techo de la vivienda, tal como se puede observar en la Fotografía N°1.
- Controlador de carga, regula la variación del voltaje para el cargado de la batería.
- Batería de 100 amperios/ hora, es el elemento que almacena la energía

- Lámparas de 9 Watts de potencia cada una. El número máximo de lámparas es de tres por vivienda. Su iluminación es sesenta (60) veces superior a la de las velas o los mecheros de kerosene.

Los equipos, tales como lámparas, radio y televisión pueden funcionar entre 4 y 6 horas diarias. Esta limitación es producto de la capacidad de carga de la batería.

El radio y el televisor no forman parte de la instalación del SFD, pero pueden ser incorporados, así como otros electrodomésticos, dentro de los límites de carga. Debe subrayarse que el SFD acepta la conexión de una computadora, con la revolución tecnológica, educativa, informativa, etc., que ello implica.

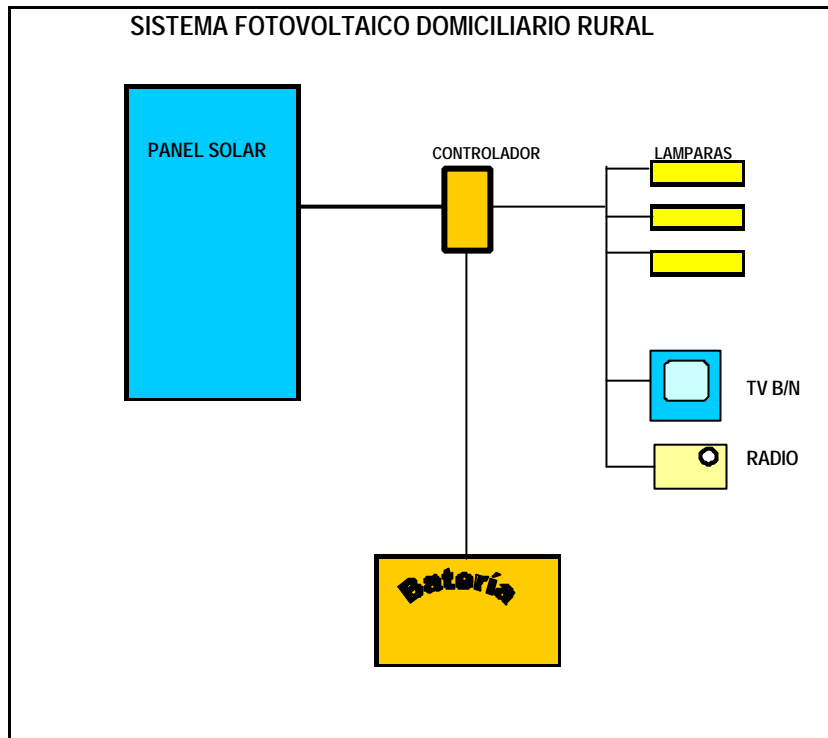


Gráfico N° 1: Componentes del SFD de 53 Watts.



Fotografía N° 1: SFD en Santiago Pampa del Departamento de Pasco

MODELO DE ADMINISTRACIÓN

El modelo de administración que presentamos fue implementado el año 2000 en Cerro de Pasco, en las localidades que se indicaron anteriormente. A efecto, se suscribió un Convenio de Administración entre ADINELSA y el Comité Pro Electrificación local. Una réplica se materializó el año 2002 en el poblado de Palca, distrito de Sancos, provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho.

El Comité Pro Electrificación (CPE) está integrado por:

- Un Presidente
- Un Secretario
- Un Tesorero
- Soporte Técnico

La función del Presidente es presidir las reuniones del Comité, convocar a asamblea a los usuarios y tomar decisiones dentro del marco del Convenio.

La función del Secretario es llevar y custodiar los archivos, redactar las actas de la asamblea con los acuerdos correspondientes y coordinar el Comité con los usuarios.

La función del Tesorero es cobrar los aportes mensuales, llevar el control de los registros de pagos y de los depósitos a la cuenta de ADINELSA.

La función del Soporte Técnico es efectuar la inspección técnica en cada una de las viviendas a fin de verificar el estado de funcionamiento de los SFD. Asimismo, informará al CPE el control de los gastos en los que se incurran por

actividades de mantenimiento, tales como cambio de lámparas, cambio de baterías, inspección general etc.

Las obligaciones del CPE y de ADINELSA están contenidas en el Convenio suscrito y se describen a continuación:

Obligaciones del CPE

- Cobrar mensualmente las cuotas por utilización por utilización del SFD, mantenimiento del mismo, corte y reconexión del suministro.
- Preparar reportes mensuales sobre las cobranzas efectuadas, aspectos técnicos, custodia de los equipos instalados y otros asuntos de interés.
- Transferir a la cuenta de Adinelsa lo recaudado por uso del SFD, deducidos los gastos operativos siguientes :

Por cobranza y toma de datos del estado de los equipos por cada SFD

Nº de usuarios	S/ Usuario
1 – 10	4.00
11 – 20	3.50
Mayor de 20	3.00

Por movilidad y gastos en los que se incurran para depositar la cobranza efectuada en la cuenta bancaria de ADINELSA S/. 40.00

Por cambio de batería, lámparas, corte y reconexión S/.5.00 por cada trabajo.

Por cobranza al 100 % una bonificación de S/. 1.00 por usuario

Por cobranza al 90 % una bonificación de S/. 0.50 por usuario

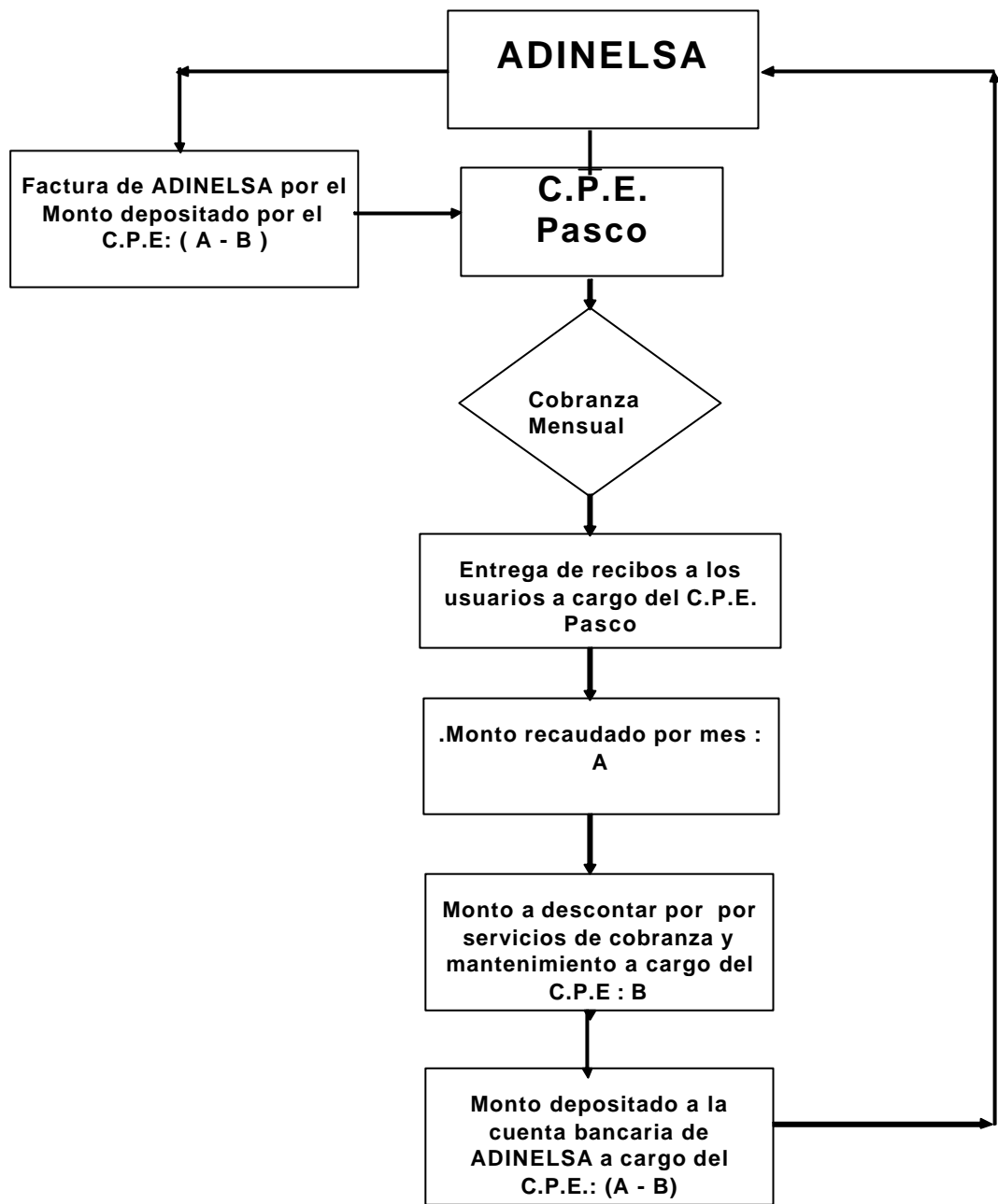
- Sustentar los gastos efectuados debiendo para tal efecto emitir un Informe Técnico-Económico.

Obligaciones de ADINELSA

- Emitir una boleta de venta a nombre del CPE por el importe transferido por el uso del SFD.
- Asumir los gastos en los que se incurran por los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo del SFD.

El mecanismo de cobranza, cuyo diagrama de flujo aparece en el Gráfico N° 2, es un buen indicador de la importancia central que el CPE tiene en la gestión administrativa del SFD.

Grafico N° 2 : Mecanismo de cobranza por el uso del SFD.



II. Análisis del servicio que se presenta al Concurso

1. Lugar de origen del servicio en lo que se refiere a su naturaleza, funcionamiento, usos y aplicaciones posibles.

Como producto físico, el SFD es el resultado de desarrollos tecnológicos en diversos lugares del mundo. En el Perú solo se han definido ciertos parámetros técnicos importantes para una instalación modular. Esta estandarización permite una más fácil replicación del servicio y abre ilimitadas posibilidades para los pobladores rurales, usualmente desconectados del resto del mundo. El universo generado por el SFD es amplísimo. El acceso al radio y la televisión facilita la información y permite la expansión del sistema educativo. La comunicación resulta posible a niveles antes inexistentes y, como consecuencia, la participación en el mundo globalizado.

2. En el caso de que el servicio se haya originado en el extranjero, indicar el aporte realizado en el Perú en cuanto a su desarrollo, su adaptación, su utilización o su puesta en el mercado.

En el mundo y en nuestro país, el aspecto tecnológico relativo al SFD ha sido superado. El elemento decisivo en el éxito o el fracaso de los proyectos fotovoltaicos en el mundo es el sistema administrativo. En este caso, nuestra adaptación y aporte para las zonas rurales es un modelo dinámico de administración que compromete la participación del CPE local.

El criterio de replicabilidad ha tenido un rol central en esta elección. Debe tenerse en cuenta la enorme demanda potencial existente. Así, por ejemplo, el 41 % de los habitantes de áreas rurales del departamento de Pasco (más de 100,000 habitantes) carecen de servicios de electricidad. Similar o más grave situación se presenta en los departamentos identificados como de menor nivel de desarrollo relativo en el mapa de la pobreza del Banco Central de Reserva.

3. ¿Combina u organiza elementos o conceptos conocidos y los convierte en un producto o servicio diferente? Es original o ha sido adaptado creativamente para su uso local.

En lo tecnológico, la contribución, aunque existente, ha sido más bien de carácter adaptativo y de importancia marginal. Otra es la situación en términos de organización y administración.

El primer ingrediente para la construcción del servicio es la milenaria tradición cooperativa del mundo andino, determinante en todas las actividades de la sociedad rural.

Un segundo factor coadyuvante es la espontánea organización de los problemas comunales. Las demandas para la construcción de una carretera, escuela o irrigación se asocian invariablemente con la conformación de un comité, integrado por personalidades locales reconocidas y respetadas. Nuestro proyecto rescata esta forma organizativa y la refuerza, atribuyéndole además tareas administrativas, lo

que constituye un tercer elemento esencial en el proyecto: la coparticipación en la gestión, que es no solo una señal de respeto a la comunidad si no también una herramienta de trabajo.

Adicionalmente, se ha desarrollado un programa de capacitación cuyas características figuran en otro lugar. Este programa busca establecer percepciones comunes de la comunidad y ADINELSA en torno de la gestión. Los detalles de la operación están enteramente identificados y las responsabilidades claramente atribuidas. Desde otra perspectiva, el CPE es de facto, y sin haberlo previsto una escuela de líderes. La gestión del CPE no solo representa un entrenamiento administrativo -inusual en el área rural- sino que, en la medida que opere correctamente es fuente de prestigio para sus integrantes. El éxito en la gestión es prácticamente inevitable si se adhiere a los esquemas previstos. Esta es otra de las fortalezas del sistema administrativo del SFD. Más todavía, la sencillez de la tarea misma y su simplicidad hace fácilmente identificable cualquier desvío imprevisto, así como la identificación de un eventual responsable.

4. ¿Está diseñado o producido eficientemente, minimizando el uso de los insumos o recursos y optimizando resultados?

El costo del sistema fotovoltaico es esencialmente inelástico. En cambio, su gestión acepta muchas posibilidades. Creemos que el carácter participativo del diseño representa un factor importante de reducción de costos, evitando desplazamientos de personal de Lima hacia las áreas rurales. Es de capital importancia hacer notar que, hasta donde llega nuestro conocimiento, no existe ninguna institución, pública o privada, dedicada a este tipo de servicios que comparta tan extensivamente la gestión con el usuario del servicio

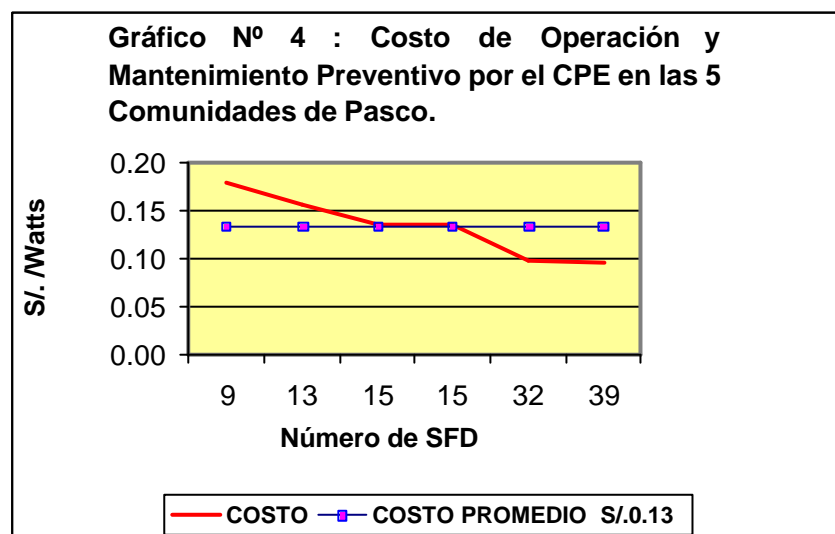
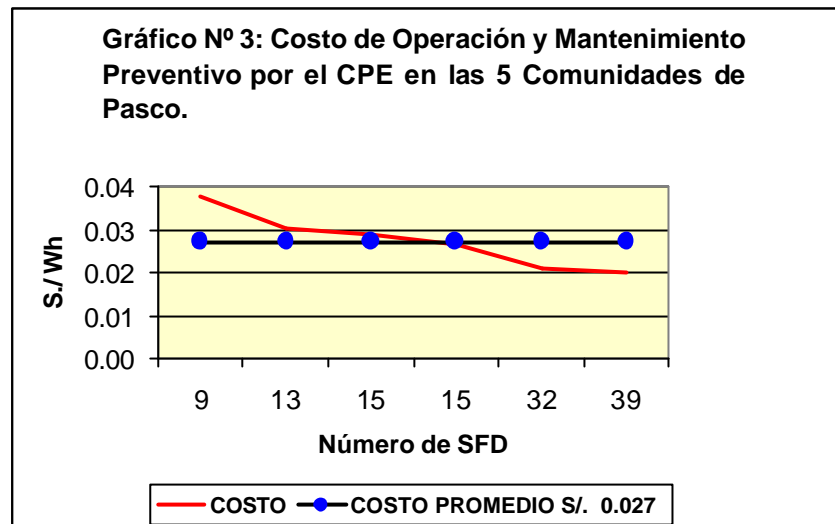
II. Análisis de los beneficios del proyecto

1. ¿Por qué el producto es exitoso? ¿Cuáles son los indicadores empleados para la medición de su éxito (aumento de ventas, participación de mercado, utilidades, reducción de gastos, aumento de consumidores o usuarios, etc.)?

En esta etapa temprana, al término de un proyecto piloto, no es fácil disponer de indicadores cuantitativos de logro que puedan generalizarse a todo el universo rural. Hay, sin embargo, un conjunto de indicadores del éxito del programa: operatividad al 100% de los sistemas instalados; inexistencia de desajustes económicos o contables; participación sostenida del CPE; reducción de costos operativos por transferencia de atribuciones de ADINELSA al CPE, responsable efectivo de la administración, la gestión contable, el mantenimiento correctivo y preventivo, etc.

En los gráficos siguientes se muestran los costos de operación y mantenimiento y su tendencia decreciente en función del número de SFD.

En los siguientes gráficos se muestran las tendencias de los Costos de Operación y Mantenimiento.

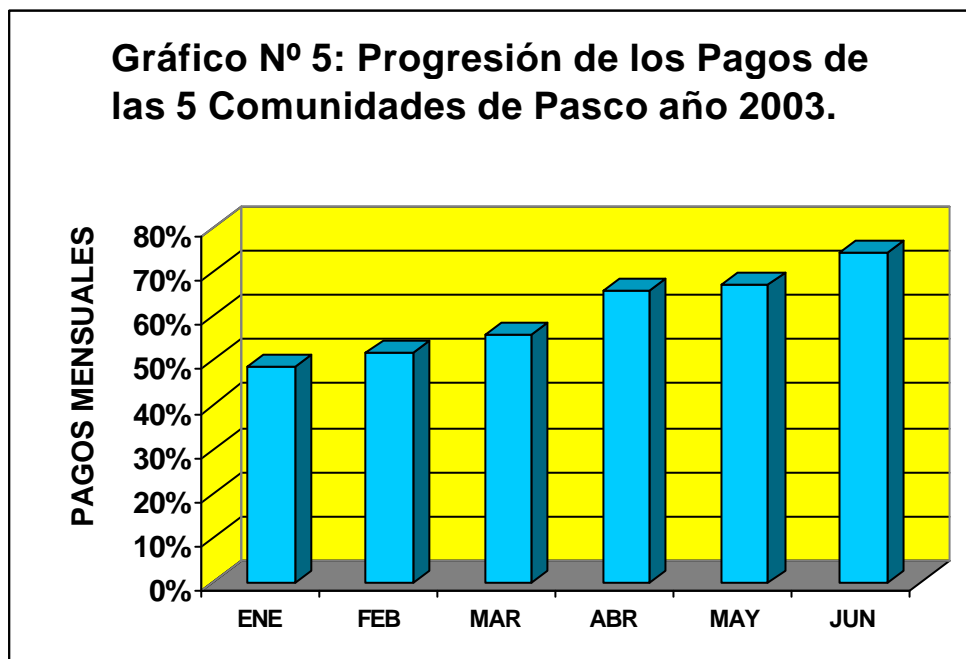


En el siguiente cuadro se puede observar que el ingreso neto por concepto de la cobranza mensual por el uso de las instalaciones es positivo a favor de ADINELSA. La administración local es en este sentido es beneficiosa para la marcha del proyecto piloto. Los indicadores porcentuales permiten predecir que en el futuro cuando se instalen los SFD en forma masiva, podrán disminuir los costos aun mas haciéndolos atractivos en el ámbito de las inversiones privadas.

**PROYECTO PILOTO SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DOMICILIARIOS
DEPARTAMENTO DE PASCO
INGRESOS MENSUALES**

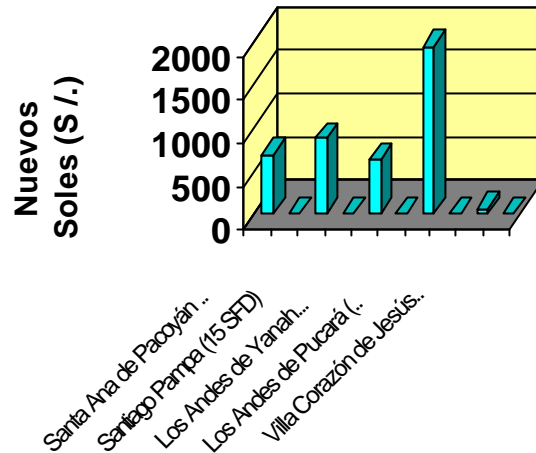
LOCALIDAD	N° USUARIOS	PAGO MENSUAL DE USUARIOS	INGRESOS (a)(S./)mes (a)	SERV. COBRANZA (b)	INGRESO NETO A ADINELSA (a) -(b)	(%) MANTENIMIENTO CON RESPECTO A LOS INGRESOS
Santa Ana de Pacoyán	9	20	180	85	95	47%
Santiago Pampa	15	20	300	107.5	192.5	36%
Los Andes de Yanahuanca	13	20	260	98.5	161.5	38%
Los Andes de Pucará	32	20	640	168	472	26%
Villa Corazón de Jesús (Chichurraquina)	15	20	300	107.5	192.5	36%

La sostenibilidad del proyecto se muestra en la progresión de los pagos mensuales de los usuarios. En el Grafico N° 5 se observa el incremento porcentual de las aportaciones acumuladas de las 5 Comunidades hasta junio del 2003.



Asimismo en el Gráfico N° 6, se observa la cuantificación de los aportes mensuales acumulados por cada Comunidad observándose la proporcionalidad con el número de SFD.

Gráfico N° 6 : Pagos Acumulados a junio del 2003.



2. ¿Por qué y en que medida ha beneficiado a los consumidores o usuarios directos (mejoramiento de la calidad, satisfacción del consumidor o cliente, aumento de su bienestar, etc.)?

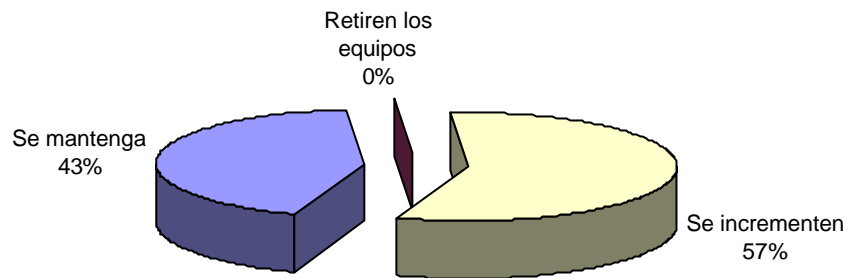
El proyecto genera diversos beneficios a la población: ahorro de combustible para el alumbrado de las viviendas; sustitución de velas o mecheros por el sistema de iluminación fotovoltaica, 60 veces más eficiente en el aspecto lumínico; supresión de la contaminación producida por los gases producto de la combustión del kerosene u otra sustancia; reducción de los riesgos de incendio asociados.

Con referencia a la satisfacción del consumidor; se ha efectuado una encuesta en las localidades que comprende el proyecto. Los resultados, nos dan un panorama muy alentador de cómo se desarrolla el proyecto piloto. Las respuestas se muestran a continuación:

Resultados de la encuesta a los usuarios

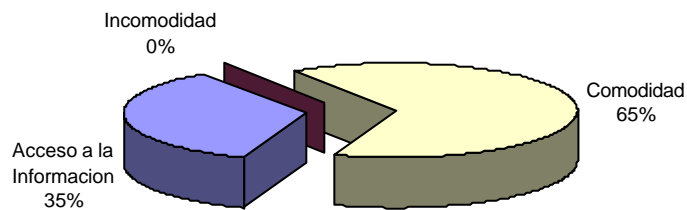
La opinión del usuario es un factor muy importante para la evaluación del proyecto piloto. Permite adoptar oportunamente las medidas correctivas en aquellos aspectos que pudieran estar afectando el desarrollo del Proyecto. A continuación se muestran los resultados de las encuestas aplicadas recientemente a los usuarios de este servicio.

Después de tres años que viene operando el sistema, estaría dispuesto a que los SDF:



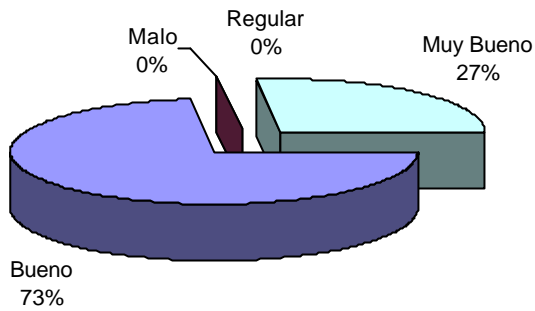
Resultado: Existe una opinión generalizada de los usuarios para que los SDF se mantengan en la comunidad y se incrementen para atender nuevos requerimientos y para ampliar la capacidad de los actuales usuarios.

¿Qué beneficios ha traído la energía eléctrica con SDF?



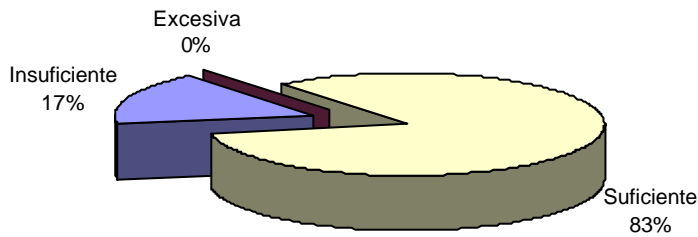
Resultado: La mayor parte de los encuestados sostienen que la energía eléctrica les ha traído bienestar, entre otras razones, por que les permite a sus hijos en edad escolar realizar sus tareas en un ambiente adecuadamente iluminado, a lo que añaden que el acceso a la televisión y radio, además de mantenerlos informados los ha beneficiado.

El Servicio Eléctrico que recibe mediante SDF es:



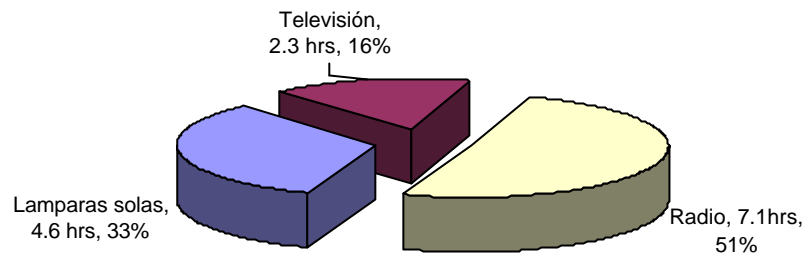
Resultado: Refleja que los usuarios consideran que los SFD son adecuados para las zonas rurales.

Considerando que el Sistema Interconectado no llegara en el mediano plazo, la energía SDF que recibe es:



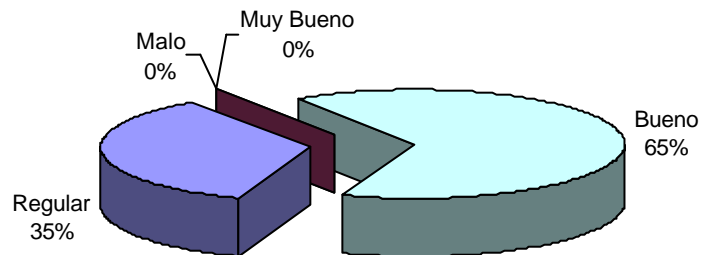
Resultado: Con esta pregunta se ha querido averiguar si la demanda domiciliaria justificaría en un corto y mediano plazo el abastecimiento con energía eléctrica convencional, solo el 17 % se inclina por esta opción. El 83 % responde que le es suficiente la actual oferta de energía con los SFD.

Cuántas horas de uso tiene habitualmente



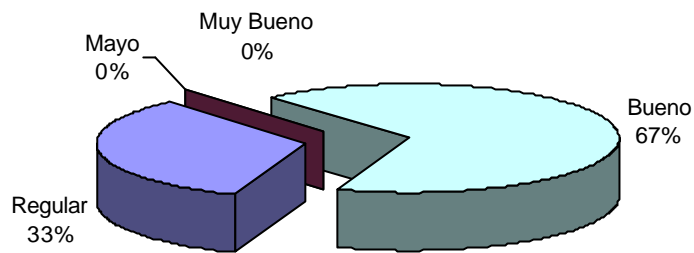
Resultado: Muestra el promedio de utilización de los artefactos eléctricos por los usuarios.

Como considera usted el sistema de cobranza por el uso de las instalaciones



Resultado: Se puede apreciar que el 65 % de los encuestados está satisfecho con el sistema de cobranza, sólo el 35 % considera que es regular, por lo que se está mejorando la logística.

El Comité Pro Electrificación cumple con su función?



Resultado: La mayoría está de acuerdo con la función del CPE, sin embargo se está afinando la logística local a fin de minimizar el calificativo de regular.

3. ¿Por qué y en que medida ha beneficiado a otras personas adicionales a los consumidores o usuarios directos?

Los beneficios marginales son la incentivación para la instalación de establecimientos comerciales para la venta de repuestos, la formación de técnicos para prestación de servicios, previendo la instalación masiva de SFD en localidades aisladas, no servidas con energía eléctrica convencional. Actualmente, hay familias que han expresado su interés de contar con estos SFD para administrarlos ellos mismos, lo que evidencia el nivel de aceptación y el impacto favorable de este proyecto piloto.

En el departamento de Pasco, se han instalado estos sistemas en seis (6) localidades, totalizando 123 SFD que benefician a una población estimada de 615 personas. Existiendo una demanda insatisfecha en muchas otras localidades aisladas en el departamento de Pasco que podrían contar con este beneficio.

IV. Reseña del producto o servicio

Una alternativa replicable para el abastecimiento eléctrico de zonas rurales, tecnológicamente basado en energía solar y administrativamente sustentado en la gestión comunal y, subsidiariamente, en la participación de ADINELSA y la DEP/MEM.

Anexo N°1

ASPECTOS ECONÓMICOS

El consumo promedio familiar expresado en Wh/día en los lugares en donde se encuentran funcionando los SFD se muestra en el siguiente cuadro:

EQUIPOS	Nº	WATTS	HORAS	ENERGÍA Wh / Día
LÁMPARAS	3	9	5	135
RADIO	1	9	5	45
TV (B/N)	1	14	4	56
			TOTAL	236

Se han evaluado diversas alternativas de suministro de energía utilizando formas convencionales y no convencionales. Se ha determinado para cada caso los costos de generación de energía, utilizando la metodología de la vida útil (ver Anexo N° 1.1) que establece que esta es de 20 años. Los factores utilizados son los siguientes:

Vida útil en años	20
Tasa de descuento	12%
Inflación general	8%

Variación anual del precio del combustible	del precio del combustible	4.5%
Costo de combustible en el lugar	0.91 US\$/litro	
Horas de utilización	4 horas	

Se ha efectuado la evaluación económica a las dos opciones más accesibles de generación de energía a través de métodos no convencionales, esto es, SFD y generación térmica diesel, cuyos resultados se muestran en el Anexo N° 1 adjunto.

Las otras fuentes de energía renovables que podrían utilizarse en la zona no son fácil utilización y además no son comerciales para la generación de energía eléctrica, motivo por el cual no se efectuó la evaluación económica de ellas, sin embargo explicaremos los motivos más adelante. Los sistemas evaluados son los siguientes:

1. Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios
2. Grupos Electrónicos
3. Biodigestor
4. Gasógeno.
5. Eólico

Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios

El precio promedio de un Sistema Fotovoltaico Domiciliario, incluyendo transporte e instalación es de US\$ 850.00⁴, cifra que dividida entre 53 Watts de potencia del SFD, nos lleva a un costo promedio de 16,038 US\$/kW (16 US\$/Watts).

El resultado del costo de generación durante el período de vida útil (20 años) es de 1.245 US\$/kWh, cifra que resulta de adicionar al precio promedio del SFD (US\$ 850.00), el costo del consumo de combustible, los gastos de operación y mantenimiento en los que se incurren, el costo de reemplazo de las baterías y otros gastos. La cifra resultante se divide entre los kWh generados en el mismo período (20 años) y obtenemos el costo generación antes mencionado. Para mayor ilustración deberán remitirse al Anexo N° 1.1.

Grupos Electr6genos:

Se ha considerado una pequeña central de 10 Kw. para una localidad promedio de 30 viviendas, para ello se requiere una pequeña edificación y redes de interconexión para los usuarios. Teniendo en consideración que las viviendas se encuentran dispersas los costos destinados a las redes eléctricas se incrementan, se han tomado estas consideraciones y el resultado del costo de generación (diesel + Redes) es de 1.3 US\$/Kwh., mayor al de los SFD.

Biodigestor: En el país se han construido diversos biodigestores para aplicaciones en las que requiere principalmente la utilización del calor, cocción y en menor escala para la iluminación familiar, no se cuenta con la experiencia suficiente para la producción de energía eléctrica, sin embargo se cuenta con costos teóricos de generación para 40 kWh y 4 horas de utilización de 0.047US\$/kWh, pero para llegar a estos valores la localidad o localidades deberán ser eminentemente ganaderas ya que para desarrollar el proyecto se requiere de abundante estiércol de ganado vacuno, en la zona existe mayormente el ganado ovino, dificultando la cuota de concentración diaria que requiere esta tecnología para la producción de electricidad.

Gas6geno: Los gas6genos producen gas pobre de la leña, el cual es utilizado como combustible para los motores para generación de electricidad. En la zona no existen árboles para la producción de leña, lo que dificulta y encarece el Proyecto, por lo que esta alternativa es menos probable por el momento, valores teóricos con bosques reforestados estiman el costo de generación 0.13 US\$/kWh que incluye redes de distribución.

⁴ El valor de US\$ 850. es el promedio a nivel nacional, está considerado también instalaciones remotas en línea de frontera en donde el transporte encarece. Con estas condiciones desfavorables se ha efectuado el cálculo del costo de generación para las zonas rurales. La DEP/MEM está desarrollando estudios en los cuales considera que el precio promedio de los SFD en localidades no fronterizas es de 650 US\$, mejorando de esta manera en los proyectos futuros.

Eólico: La zona de evaluación es de configuración montañosa y de una altura promedio de 4000 metros sobre el nivel del mar, las características de aprovechamiento del potencial de viento para la generación de energía eléctrica no es favorable, debido fundamentalmente a que la velocidad promedio anual del viento varía entre 2 y 3 m/s⁵ no siendo esta velocidad económicamente favorable para desarrollar el proyecto.

Debido a estas consideraciones se concluye que los SFD, se constituyen como la mejor opción para la generación de energía eléctrica en la zona.

⁵ Mapa Eólico del Perú (Preliminar); Fuente Electroperú-DEP/MEM - 1994

Anexo N° 1.1

EVALUACIÓN ECONÓMICA SISTEMA FOTOVOLTAICO DOMICILIARIO Y DIESEL

Vida útil en años	20
Tasa de descuento	12%
Inflación general	8%
Inflación del precio de combustible	4.5%
Costo del combustible(US\$ / litro)	0.91

1.- SFD - BÁSICO 0.236kWh

Horas de funcionamiento del Gen. por día	4.00
Horas de funcionamiento del Gen.por año	1460

Costo durante toda la vida útil-del SFD

	Unidades	Cantidad	Inversión(US\$)/año	Factor Economico	Total/20 años
Sistema Básico (kWh)	kWh	0.236			
Costo del sistema instalado:					
-Sistema Fotovoltaico	US\$		850	1	850
-Generador	US\$		0	1	0
Consumo anual de combustible	Litros/año	0	0	21.69	0
O&M anuales	US\$		67	13.95	937
Reemplazo de baterías (a los 5, 10, 20 años) y otros	US\$		358	1	358
ENERGÍA TOTAL EN LA VIDA ÚTIL	kWh	1723			
Costo total durante la vida útil					2144
Costo de energía durante la vida útil	US\$/kWh				1.245

2.- GENERADOR DIESEL

Horas de funcionamiento del Gen. por día	4
Horas de funcionamiento del Gen.por año	1460

Costo durante toda la vida útil-Sistema DIESEL

	Unidades	Cantidad	Inversión(US\$)/año	Factor Economico	Total/20 años
Sistema Básico (kWh)	kWh	40			
Costo del sistema instalado:					
-Sistema Fotovoltaico	US\$		0	1	0
-Generador	US\$		12000	1	12000
Consumo anual de combustible	Litros/año	4563	4152	21.69	90070
O&M anuales	US\$		12747	13.95	177873
Reemplazo de Generador(a los 5, 10 16 años) Y OTROS COMPONENTES	US\$		18897	1	18897
ENERGÍA TOTAL EN LA VIDA ÚTIL	kWh	292000			
Costo total durante la vida útil					298840
Costo de energía durante la vida útil	US\$/kWh				1.023

RESUMEN EVALUACIÓN ECONÓMICA SFD Y DIESEL

Vida útil en años	20
Tasa de descuento	12%
Inflación general	8%
Inflación del precio de combustible	4.5%
Costo del combustible(US\$ / litro)	0.91
1.- SFD - BÁSICO 0.236 kWh/día	1.245 US\$/kWh
2.- GENERADOR DIESEL	1.023 US\$/kWh
2.1 COSTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN	0.280 US\$/kWh
TOTAL	1.303 US\$/kWh