

Beneficios sociales de la electrificación rural

Metodologías y estimaciones



Beneficios sociales de la electrificación rural

Metodologías y estimaciones



© Universidad del Pacífico
Avenida Salaverry 2020
Lima 11, Perú
www.up.edu.pe

Beneficios sociales de la electrificación rural

Metodologías y estimaciones

Roberto Urrunaga

José Luis Bonifaz

Julio Aguirre

Gisella Aragón

Óscar Jara

1ª edición: julio 2013

Diseño: Ícono Comunicadores

I.S.B.N.: 978-9972-57-238-8

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú: 2013-09850

BUP

Urrunaga, Roberto

Beneficios sociales de la electrificación rural : metodologías y estimaciones / Roberto Urrunaga, José Luis Bonifaz, Julio Aguirre, Gisella Aragón, Óscar Jara. -- 1ª edición. -- Lima : Universidad del Pacífico, 2013.

291 p. -- (Documento de trabajo ; 91)

1. Electrificación rural--Perú
2. Electrificación rural--Aspectos sociales--Perú
3. Desarrollo rural--Perú
 - I. Bonifaz, José Luis
 - II. Aguirre, Julio
 - III. Aragón, Gisella
 - IV. Jara, Óscar
 - V. Universidad del Pacífico (Lima)

333.7932 (SCDD)

Miembro de la Asociación Peruana de Editoriales Universitarias y de Escuelas Superiores (Apesu) y miembro de la Asociación de Editoriales Universitarias de América Latina y el Caribe (Eulac).

La Universidad del Pacífico no se solidariza necesariamente con el contenido de los trabajos que publica. Prohibida la reproducción total o parcial de este documento por cualquier medio sin permiso de la Universidad del Pacífico.

Derechos reservados conforme a Ley.



Índice

Introducción	9
1. Marco conceptual para el cálculo de los beneficios sociales en general	15
1.1 La función del bienestar social	17
1.2 Enfoque de eficiencia	20
1.3 Enfoque distributivo	27
2. Marco conceptual para el cálculo de los beneficios de la electrificación rural	33
2.1 La electrificación rural, su uso y sus beneficios sociales	34
2.1.1 Definición de electrificación rural	34
2.1.2 Usos de la electricidad rural	37
2.1.3 Beneficios de la electricidad rural	40
2.2 Esquemas de análisis para el cálculo de beneficios de la electrificación rural	42
2.2.1 Estimación de demanda	43
2.2.2 Sustitución de costos o costos evitados	59
2.2.3 Evaluación de impacto	61
2.2.4 Balance general de los tres enfoques	79
3. Identificación de intervenciones y de sus beneficios sociales y perfil del consumidor rural de energía	81
3.1 Identificación de intervenciones y de sus beneficios sociales	81



3.1.1	Tipos de intervenciones en electrificación rural	83
3.1.2	Subtipos de intervención en electrificación rural	87
3.1.3	Beneficios sociales resultantes según tipo de intervención	104
3.2	Perfil del consumidor rural de energía	108
4.	Metodología de cálculo de los beneficios sociales de la electrificación rural	129
4.1	Determinación de los beneficios de la electrificación rural por ser estimados	129
4.2	Propuesta metodológica para el cálculo de los beneficios sociales de la electrificación rural	130
4.2.1	Tamaño de la muestra	131
4.2.2	Distribución de la muestra	137
4.2.3	Localidades o centros poblados por encuestar	142
4.2.4	Prueba de encuesta piloto realizada	143
4.2.5	Encuesta para la recopilación de información y manuales de usuario	145
4.2.6	Estrategia metodológica para el cálculo de los beneficios sociales de la electrificación rural	147
4.2.6.1	Beneficios directos	148
4.2.6.1.1	Metodología del excedente del consumidor para el cálculo de los beneficios de la iluminación	148
4.2.6.1.2	Metodología de la sustitución de costos para el cálculo de los beneficios de la radio y televisión	154
4.2.6.2	Beneficios indirectos	157
5.	Aplicación de la metodología de cálculo de los beneficios sociales de la electrificación rural	163
5.1	Uso y gasto de la energía de los hogares rurales encuestados	163
5.2	Percepción de la energía eléctrica en hogares rurales	172
5.2.1	Disponibilidad de pago por el servicio de electricidad	173



5.2.2	Cambio de hábitos de consumo o uso de nuevos servicios	175
5.2.3	Perfiles de usuarios validados	176
5.3	Cálculo de los beneficios sociales de la electrificación rural en los hogares	177
5.3.1	Beneficios del uso de la electricidad en iluminación	177
5.3.2	Beneficios del uso de la electricidad en radio, televisión y refrigeración	180
5.3.2.1	Beneficios en radio y televisión (en color y en blanco y negro)	180
5.3.2.2	Beneficios en refrigeración	184
5.3.3	Beneficios indirectos	185
5.4	Cálculo aproximado de los costos máximos de conexión	197
6.	Conclusiones	203
	Referencias	211
	Anexos	221



I. Introducción¹

Es indudable que la electrificación rural en lugares que no cuentan con energía mejora la calidad de vida de sus pobladores y comunidades. En ese sentido, los tomadores de decisiones de política, en el momento de destinar recursos a través de proyectos de electrificación rural, requieren tener certeza o información relevante de que lo invertido generará adecuadas tasas de retorno, principalmente en lo social.

Para ello, la ejecución de dichos proyectos requiere de herramientas apropiadas para la identificación, formulación y evaluación de los mismos (MEF 2011). Uno de los requerimientos básicos es la cuantificación correcta de los beneficios sociales que la electrificación rural genera en las zonas de intervención, con la finalidad de determinar qué usos le darán los pobladores a la electricidad, para permitir una mejor asignación de los recursos (es decir, para dotar de los activos más convenientes; por ejemplo, sistemas solares, redes primarias o secundarias, etc.). Es así que el desarrollo de políticas de Estado, a través de proyectos de electrificación, que apunten a la mejora de la calidad de vida de los hogares rurales, debe seguir un

1. El presente documento constituye el informe final de la consultoría realizada para la Dirección General de Electrificación Rural del Ministerio de Energía y Minas. Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no expresan necesariamente aquellas del Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico. Los autores desean agradecer los comentarios de Carlos Chávvarry, de la DGER, y Rosendo Ramírez, supervisor externo del estudio, que permitieron enriquecer el trabajo. Asimismo, se agradecen los comentarios de los profesionales y funcionarios que participaron de los dos talleres en los que se presentaron un avance y el informe final de la consultoría. Finalmente, debe precisarse que se contó con la participación de la empresa de investigación y desarrollo Yupaq para el trabajo de campo.



criterio consistente y razonable con las verdaderas necesidades de los futuros beneficiarios.

En esa línea, y en el marco de la misión y visión del Ministerio de Energía y Minas (Minem) establecidas en el Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER), y como parte de la «Matriz de Mejora de Desempeño del Programa de Electrificación Rural», la Dirección General de Electrificación Rural (DGER) asumió el compromiso de desarrollo de un estudio independiente para actualizar el cálculo de los beneficios sociales de electrificación rural, que permita: (i) conocer si los recursos públicos están siendo destinados de manera eficiente, (ii) priorizar el financiamiento entre los proyectos de inversión pública (PIP) y (iii) facilitar la evaluación social de los PIP a nivel nacional. La realización del estudio fue adjudicada a través de un concurso público (ADP-0015-2012-MEM/DGER) al Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico, iniciándose el estudio el 22 de noviembre de 2012 y culminando el 21 de marzo de 2013.

El documento consta de seis secciones, además de la presente introducción. En las secciones primera y segunda, se desarrollan los correspondientes marcos conceptuales para el cálculo de los beneficios sociales en general y para el cálculo de los beneficios de la electrificación rural, respectivamente.

De estas primeras secciones se extrae que los enfoques de medición de beneficios sociales son dos: (i) distributivo y (ii) de eficiencia. Ambos se asemejan al analizar el impacto de los proyectos evaluando las variaciones en la función de bienestar social; pero se diferencian en la forma de considerar los beneficios que el proyecto genera sobre los involucrados. Mientras que el primero les asigna ponderaciones distintas a los individuos en la función de utilidad social, en el segundo los individuos tienen la misma importancia relativa en dicha función.

Asimismo, en materia de electrificación rural, el desarrollo e implementación de proyectos en este campo genera cambios sustanciales y favorables en el bienestar de los hogares y las comunidades; y, además, puede constituirse en prerrequisito clave para el crecimiento económico, la mejora en el bienestar



social y una mejor calidad de vida. Así, resulta posible clasificar el empleo de la electricidad rural en tres niveles de uso: (i) doméstico (por ejemplo, para la iluminación, uso de radio y televisión, cocina, refrigeración y ventilación); (ii) comunitario (inmunización, escuelas, etc.); y (iii) productivo (en actividad agrícola y no agrícola, iluminación de ambientes, etc.).

De acuerdo a los diferentes usos que puede tener la electricidad (a nivel de hogar, comunidad o empresarial rurales), es posible clasificar los beneficios de la misma en tres grandes áreas: (i) social (reducción de la incidencia de enfermedades respiratorias, mayor tiempo de estudio, mejora en rendimiento escolar, menor fertilidad, mayor acceso a información en medios, seguridad en lugares públicos); (ii) económica (aumento en la productividad de actividades en el campo, menores gastos en energía, mayor tiempo de operación de los negocios); y (iii) ambiental (menor consumo de combustible, menor contaminación y deforestación).

Ciertamente, la magnitud de los beneficios dependerá del tipo de tecnología específica de energía que sea considerado para la electrificación rural, y las características de la zona, comunidad o vivienda que se beneficie del proceso.

Por su parte, en la tercera sección se establece una propuesta de cómo pueden caracterizarse los diversos tipos de intervenciones en materia de electrificación rural, desde el punto de vista académico, así como los beneficios sociales que estas generan y los consumidores de energía rural que los perciben.

Al respecto, se encontró que es posible tipificar las intervenciones de electrificación rural en tres rubros: (i) instalación y ampliación del servicio de electricidad, (ii) mejoramiento del servicio de electricidad y (iii) aprovechamiento de la electricidad para usuarios que cuentan con el servicio. De ellas, la más utilizada en el Perú ha sido la primera.

Asimismo, se concluye que, considerando el perfil del consumidor (según segmentación de consumidores, nivel socioeconómico de hogares rurales,



zona geográfica y estado de conexión a la red eléctrica) y los beneficios que los consumidores pueden obtener al realizarse intervenciones en energía eléctrica rural, estos beneficios pueden ser valorados desde la perspectiva **cuantitativa**, como en los casos de los beneficios por iluminación, refrigeración y uso de radio/TV, entre otros beneficios directos; pero muchos otros beneficios podrán ser valorados desde la perspectiva **cualitativa**, como son los beneficios por el incremento del tiempo destinado para lectura de ocio, la mejora de la salud, la reducción de la fertilidad, el incremento de la seguridad ciudadana, entre otros beneficios indirectos.

Por otro lado, en la cuarta sección, se explica la propuesta metodológica para el cálculo de los beneficios sociales, que se realiza para los fines de la consultoría; y, en la quinta sección, se muestran los resultados de su implementación, a través de la recopilación de información socioeconómica de hogares mediante la Encuesta de Hogares Rurales sobre Usos de Energía 2013, elaborada y aplicada como parte de este estudio en diversas áreas rurales de algunos departamentos de la Costa, Sierra y Selva peruanas, seleccionados por la DGER. Finalmente, la segmentación de los usuarios utilizada para la estimación de los beneficios es exclusivamente la geográfica, según regiones naturales.

En esencia, la metodología desarrollada se compone de tres enfoques:

- (i) el enfoque del Excedente del Consumidor, para el cálculo de los beneficios directos de la iluminación, gracias a la electricidad, que consiste en suponer una función de demanda y encontrar el cambio en el excedente del consumidor (como aproximación del beneficio que experimenta el hogar rural) por reemplazar fuentes de energía tradicionales (leña, carbón, bosta, por ejemplo) por una fuente de energía moderna, como la energía eléctrica;
- (ii) el enfoque de Sustitución de Costos (o Costos Evitados), para el cálculo de los beneficios directos de la radio y televisión gracias a la electricidad, que consiste en estimar los desembolsos o gastos que el hogar rural evita o deja de asumir al emplear fuentes alternativas de energía



para escuchar radio o ver televisión (pilas, baterías de auto y/o generador eléctrico, por ejemplo), cuando son reemplazadas por una fuente de energía moderna, como la electricidad; y

- (iii) el enfoque de Evaluación de Impacto Cuasi-Experimental *Ex Ante* (Ex Ante Impact Assessment), para el cálculo de los beneficios indirectos de la educación, que, en términos generales, consiste en una comparación de datos de sección cruzada o de corte transversal (es decir, comparar diferentes grupos de observaciones para un mismo período de tiempo) de hogares con y sin conexión a electricidad antes de una futura intervención de electrificación rural. De esta manera, lo que se calcula en realidad son los beneficios sociales esperados en determinado momento del tiempo antes de la implementación de un proyecto de electrificación rural.

Finalmente, en la sexta sección, se desarrollan las conclusiones del estudio y se plantean algunas recomendaciones derivadas del mismo, siendo las principales las siguientes:

- (i) El enfoque del excedente del consumidor permite obtener un beneficio mensual de la electricidad por su uso en iluminación de S/. 45,67, S/. 55,62 y S/. 43,14 por hogar rural para la Costa, Sierra y Selva, respectivamente.
- (ii) El enfoque de costos evitados permite calcular el beneficio de radio y televisión en un monto de S/. 9,52, S/. 5,30 y S/. 10,84 por mes por hogar rural para la Costa, Sierra y Selva, respectivamente.
- (iii) Los enfoques de *matching* y variables instrumentales estiman que, en promedio, en hogares rurales con electricidad los hijos en edad escolar leen o estudian 2,70, 1,05 y 1,26 horas más que en el caso de los hogares no conectados en la Costa, Sierra, Selva, respectivamente. Estas cifras equivalen a beneficios anuales de S/. 69,12, S/. 26,60, y S/. 32,30, respectivamente.



- (iv) Por otra parte, luego de un análisis de costo-beneficio, sobre la base de la simulación de un flujo a 20 años de los beneficios calculados, se arriba a costos máximos de conexión de US\$ 2.193,88, US\$ 2.421,28 y US\$ 2.145,57 para la Costa, Sierra y Selva, respectivamente, teniendo en consideración únicamente los beneficios directos. Cuando se consideran los beneficios directos e indirectos, se arriba a costos máximos de conexión de US\$ 2.422,82, US\$ 2.430,13 y US\$ 2.252,39 para la Costa, Sierra y Selva, respectivamente.
- (v) Algo importante por destacar es que los resultados obtenidos se basan en el tamaño de muestra estadísticamente necesario (579 hogares) y no en el tamaño de muestra determinado en los términos de referencia (TdR) de la consultoría (900 hogares). Aun así, se recomienda considerar los resultados con cautela, debido a que la conformación de los hogares de la muestra se ha basado en información de hogares en localidades en donde, de acuerdo al Ministerio de Energía y Minas (MEM), no tenían conexión, a pesar de lo cual algunos de sus hogares ya contaban con conexión eléctrica cuando se aplicó la encuesta.
- (vi) Sin perjuicio de lo anterior, se considera que las metodologías propuestas son adecuadas para cuantificar los beneficios sociales de la electrificación rural, toda vez que no solo calculan los beneficios directos (como la iluminación y radio-televisión), sino también beneficios indirectos como la educación (a través del mayor tiempo de estudio de los escolares). No obstante, se recomienda a la Dirección General de Electrificación Rural (DGER) la implementación de líneas de base para la futura medición de los impactos de sus próximas intervenciones, lo que, sin duda, permitirá aprovechar mejor las bondades de las metodologías propuestas.
- (vii) Se recomienda a la Dirección General de Electrificación Rural (DGER) concentrar esfuerzos en los próximos estudios en la estimación de otros beneficios indirectos, tales como mejoras en la salud, desarrollo productivo, uso de teléfonos móviles, etc.



1. Marco conceptual para el cálculo de los beneficios sociales en general

La diferencia central entre un proyecto privado y uno social radica en el valor de los beneficios y costos que son atribuibles a dichos proyectos. Lo anterior se encuentra expresado en dos puntos básicos dentro de la evaluación de proyectos: (i) los flujos por ser tomados en cuenta (y sus precios) y (ii) la tasa de descuento a la cual se descontarán los beneficios futuros del proyecto.

Como consecuencia de lo anterior, la motivación o sustento de un proyecto social es diferente de la de uno privado. Mientras que para la evaluación de un proyecto privado se toma al inversionista como principal involucrado, para la evaluación social se toma en cuenta a toda la sociedad. Asimismo, mientras que para la primera se evalúa la viabilidad a precios privados (o de mercado), para la segunda se toman en cuenta los precios sociales (aquellos que reflejan la escasez relativa de los recursos para la sociedad en su conjunto). En última instancia, mientras para la evaluación privada el ámbito del proyecto es la empresa, para la evaluación social lo es usualmente toda el área en la cual el proyecto tenga influencia.

Para fines de este estudio, es relevante tener en consideración los efectos que ejerce la puesta en marcha del proyecto sobre la población objetivo. En este sentido, la evaluación social tomará en cuenta no solo los efectos directos e indirectos, como la evaluación privada, sino también las externalidades y los efectos secundarios, redistributivos e intangibles. A continuación, se hace una breve descripción de estos efectos:



- i. Efectos directos.- Son los efectos que genera el proyecto sobre el mercado de bienes o servicios que produce o sobre el mercado de insumos que demanda. Por ejemplo, en un proyecto de electrificación rural, el nuevo producto del proyecto genera una demanda que antes no era atendida.
- ii. Efectos indirectos.- Son los efectos sobre los mercados de bienes sustitutos o complementarios a los que produce el proyecto. Por ejemplo, en el mismo proyecto de electrificación rural, el efecto sobre el mercado de velas o querosene que se utilizaba para tener iluminación.
- iii. Efectos de externalidades.- Son los efectos que tienen impacto fuera del ámbito del proyecto pero dentro de la población evaluada. Por ejemplo, para el mismo proyecto, el efecto sobre las notas de los niños matriculados en colegios, debido a la mayor disponibilidad de horas de luz para poder estudiar.
- iv. Efectos secundarios.- Son los efectos sobre el mercado de los demandantes del bien o servicio que el proyecto produce, y los efectos en el mercado de insumos que el proyecto demanda. Por ejemplo, los efectos sobre el mercado de instrumentos para realizar conexiones eléctricas tales como cables, tuberías, entre otros.
- v. Efectos redistributivos.- Comprenden las transferencias de ingresos del proyecto. Por ejemplo, los montos dados por el Gobierno Central a los encargados de ejecutar el programa en el ámbito de ejecución del mismo.
- vi. Efectos intangibles.- Son aquellos que no se pueden monetizar de manera directa, lo que imposibilita su cuantificación. Por ejemplo, el ahorro en tiempo producto de contar con luz eléctrica de manera inmediata en lugar de tener que gastar tiempo en conseguir herramientas alternativas (como linternas de gas o querosene o velas) para iluminación del hogar.



Así, lo relevante en materia de la evaluación social de proyectos es contabilizar y valorar estos efectos de manera que expresen el valor para la sociedad de los bienes y servicios brindados por el programa. En ese sentido, se deben valorar a precios sociales los recursos usados en el proyecto¹.

1.1 La función del bienestar social

Para comprender los enfoques para estimar los costos y beneficios sociales, se debe partir de la comprensión de la definición y existencia de la **función de bienestar social** (W). En términos teóricos, la función de bienestar social es la referencia sobre la cual debería estimarse la evaluación social de un proyecto, al apreciarse el impacto que sobre ella genere el proyecto en cuestión. Esta función se define de la siguiente manera:

$$W = W(U_1, \dots, U_n) \quad (1)$$

Donde U_i es la utilidad del individuo «i», la que depende a su vez de su canasta de consumo, y se supone que hay «n» individuos en la sociedad considerada.

Es decir, la función de bienestar o utilidad de la sociedad es simplemente la agregación de las utilidades de todos los individuos que componen dicha sociedad. Naturalmente, dependiendo de las características propias de cada sociedad, las autoridades pueden decidir ponderar de diferente manera a los diversos grupos sociales involucrados (asignándoles, por ejemplo, mayor peso a los grupos más vulnerables), en lugar de sumar directamente las utilidades de cada individuo como si todas recibieran el mismo peso o importancia.

1. Desde la perspectiva del análisis de la economía del medio ambiente, se estudian otras metodologías para la valorización de los precios de los recursos naturales y servicios ambientales (anexo 1). Asimismo, en el campo de las infraestructuras de uso público, se aplican otras metodologías para la estimación de los costos adicionales (o los sobrecostos), como las implementadas, por ejemplo, por Bonifaz y Urrunaga (2008, 2011), Bonifaz, Fernández-Baca y Urrunaga (2005) y Urrunaga (2010), para aproximar los ahorros generados y los beneficios económicos del desarrollo de las inversiones necesarias que permitan disponer de una infraestructura adecuada en los sectores transporte, eléctrico, hidráulico, saneamiento y telecomunicaciones (anexo 2).



Los axiomas de la teoría del bienestar permiten considerar las siguientes características distributivas y de eficiencia en la asignación de recursos a través de la función de bienestar social:

- (i) La existencia de la función de bienestar social.
- (ii) La existencia de una asignación de consumo que maximiza la función de bienestar social implica a su vez que dicha asignación permite llegar a un óptimo en el sentido de Pareto².
- (iii) La asignación que refleje un óptimo de Pareto, no necesariamente lleva a un óptimo de la función de bienestar social³. Se requieren otras condiciones y propiedades.

La base de los enfoques de estimación de los costos y beneficios sociales evaluará el efecto de los proyectos en la función de bienestar social, por lo tanto, considerando las características anteriores, nos centraremos en estudiar el cambio de la función de bienestar social como consecuencia del proyecto (ΔW).

La práctica usual en Economía es la de comparar dos posibles situaciones o escenarios: uno bajo la ocurrencia de un acontecimiento y el otro sin el mismo. Así, se pueden plantear dos escenarios: uno con proyecto y uno sin el mismo. En ese sentido, el cambio en el bienestar social atribuido al proyecto puede calcularse como la suma, simple o ponderada⁴, de

2. Un óptimo, en el sentido de Pareto, es una situación en la cual el bienestar de un agente no puede mejorar sin empeorar el de otro, es decir, es una situación de máxima eficiencia. Si es posible que algún individuo mejore sin que otro empeore, significa que la sociedad no ha alcanzado su punto máximo de bienestar social (entendido en este caso como eficiencia social), por lo que hay aún espacio para mejorar socialmente.

3. Una economía puede encontrarse en una situación de equilibrio Pareto-óptima; no obstante, dicho equilibrio podría ser no óptimo desde otro tipo de consideraciones, como la equidad, que podrían ser también criterios determinantes de la función de bienestar social. Esto es así porque la definición anterior solo se preocupa por la eficiencia económica y no considera la distribución de ingresos de la población, a pesar de que puedan existir grandes desigualdades. Por lo tanto, una definición más amplia del bienestar social incluye también los aspectos distributivos, lo que guarda relación con la opción de las autoridades de aplicar diferentes ponderaciones a los diversos grupos involucrados en una sociedad.

4. Dependiendo de si el criterio utilizado para el bienestar social es la eficiencia económica o la equidad.



los flujos de costos y beneficios descontados atribuidos al proyecto para cada individuo.

Los principales criterios para comparar la situación con proyecto y sin proyecto son los siguientes:

Criterio de Pareto

Habrà una mejora cuando la situación con proyecto genere un nivel de bienestar mayor que la situación sin proyecto para al menos una persona. Mediante este método, se busca que la economía se aproxime a un óptimo **paretiano** en el cual no se puede mejorar la situación de un individuo sin empeorar la de otro.

Dado que este criterio compara estados en los cuales el óptimo constituye una situación en la cual no se puede mejorar a un agente sin empeorar a otro, pueden darse casos en los que hay mucha desigualdad en los niveles de bienestar sin poder decir cuál es mejor.

Criterio de compensación o Kaldor-Hicks

El estado con proyecto es mejor que el sin proyecto siempre que mediante una redistribución del ingreso se pueda llegar a una situación mejor para todos. Este enfoque pone énfasis en que aquellos que se vieron beneficiados con el proyecto puedan compensar de alguna forma a los perjudicados por el proyecto.

De acuerdo con este criterio, basta que los que resulten beneficiados puedan compensar a los que resulten perjudicados para que sea una situación deseable. Sin embargo, este criterio resulta no ser transitivo, ya que puede existir un estado A preferible a un estado B, y que el estado B sea preferible al estado C; mientras que el estado A puede no ser preferido al estado C, llevando a una contradicción.



Criterio de Scitovsky

Este criterio indica que si la situación con proyecto es preferible a la situación sin proyecto en el sentido de Kaldor-Hicks, pero lo inverso no es cierto, entonces el estado con proyecto es preferido al estado sin proyecto en el sentido de Scitovsky. Con esto, lo único que se hace es anular las posibles situaciones de contradicción presentes en el criterio de compensación.

1.2 Enfoque de eficiencia

Tal y como lo afirma Harberger (1971), el enfoque de eficiencia se realiza con el objetivo de definir un marco analítico en el estudio de la economía del bienestar que se concentre en el análisis beneficio-costo de proyectos o eventos que generen impacto en el bienestar social.

En tal sentido, el enfoque se construye sobre tres postulados básicos para la economía del bienestar, que giran en torno al análisis de los excedentes del consumidor y del productor:

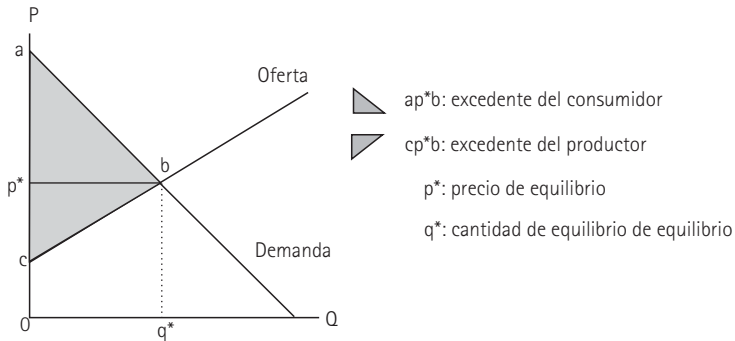
- (i) El valor de una unidad de un bien o servicio para el consumidor se mide a través de la curva de demanda. El área entre la curva de demanda y el precio de equilibrio competitivo (que se determina mediante la igualación de la demanda con la oferta) es el excedente del consumidor⁵, que es la variable utilizada para estimar los beneficios netos sobre el consumidor (véase el gráfico 1.1).
- (ii) El valor de una unidad de un bien o servicio para el vendedor se mide a través de la curva de oferta. El área entre la curva de oferta y el precio de equilibrio competitivo es el excedente del productor⁸, que es la variable utilizada para estimar los beneficios netos sobre el productor.

7. Es el exceso de la valoración que le asigna el consumidor a cada unidad consumida con respecto al precio que termina pagando por cada unidad.

8. Es el exceso del precio recibido por el productor por cada unidad vendida con respecto al costo en el que incurre por cada unidad.



Gráfico 1.1
Excedentes del consumidor y del productor en un mercado



Nota: b representa el punto de equilibrio en el que cada una de las q^* unidades son transadas al precio de equilibrio p^* .

Elaboración: CIUP.

- (iii) Al evaluar los beneficios netos o los costos de una acción (como puede ser un proyecto, programa o política), los costos y beneficios acumulados por cada uno de los integrantes del grupo social relevante (por ejemplo, una nación) deben ser agregados dejando de lado caracteres individuales de los agentes.

La importancia de los postulados (i), (ii) y (iii) radica en que el enfoque de eficiencia busca a través de ellos consensuar una metodología de análisis de alta influencia en las determinaciones de políticas públicas.

Si bien estos postulados son conceptos abiertamente reconocidos, Harberger (1971) resalta, en su investigación, el escepticismo de investigadores y hacedores de política en la aplicación práctica de los mismos. Por tanto, los argumentos que presenta para fundamentar el análisis de excedentes corresponden a los cimientos del **enfoque de eficiencia**, y se describen desde la perspectiva de la función de bienestar social:

- a) Los costos y beneficios empleados en las aplicaciones del análisis del excedente del consumidor (por ejemplo, las medidas de costo-



eficiencia de un impuesto o de un programa agrícola, etc.), solo involucran pequeñas fracciones del crecimiento del producto nacional bruto (PNB).

- b) Los cambios en la distribución de ingresos que resultan de alguna medida específica aplicada, estudiados a través del análisis costo-beneficio o del excedente del consumidor, son **mínimos** en contraste con los cambios que ocurren si se toman en cuenta horizontes temporales más amplios, tales como el análisis década a década, o, incluso, año a año, ya que consideran el total de las consecuencias⁹.
- c) La aplicación de una política, en términos del análisis de excedentes del consumidor, se encuentra de acuerdo con las preferencias reveladas. No obstante, en el caso de los efectos en el ingreso, estos no necesariamente reflejan cambios en el mismo sentido que el cambio en el bienestar obtenido.
 - i. Las medidas de ingreso deben ser consideradas como **medidas de bienestar** bajo ciertos supuestos, pero solo en el nivel de una aproximación de primer orden.
 - ii. La medición de los cambios en los ingresos presenta dos grandes obstáculos: (i) no es posible definir los ponderadores distributivos del ingreso y (ii) la data a nivel de ingresos en las cuentas nacionales no distingue entre individuos.
 - iii. Para comprender mejor las relaciones entre los ingresos y el excedente del consumidor, se deben analizar los dos primeros términos de la expansión de Taylor¹⁰ de la función de bienestar social¹¹.

9. No obstante, aun así es importante considerar las ponderaciones distributivas; estas deben ser consideradas en ambos tipos de análisis.

10. La expansión de Taylor es la representación matemática de una función que equivale a una suma de infinitos términos. Los términos de la expansión de Taylor se calculan a partir de las derivadas de la función, con respecto a un punto determinado de la función.

11. Mayores referencias en Harberger (1971).



- d) Desde la perspectiva del análisis del excedente del consumidor, si bien este análisis implica naturalmente un equilibrio parcial, toma en cuenta también las consecuencias del equilibrio general. No obstante, desde la perspectiva práctica pueden surgir complicaciones en su aplicación.
- i. Desde la perspectiva teórica, la naturaleza del equilibrio natural del excedente del consumidor es una medida del cambio en el bienestar social y considera las consecuencias del equilibrio general, pues se representa de la siguiente manera:

$$\Delta W = \int_{z=0}^{z^*} \sum_i D_i(z) \frac{\partial X_i}{\partial z} dz \quad (2)$$

donde:

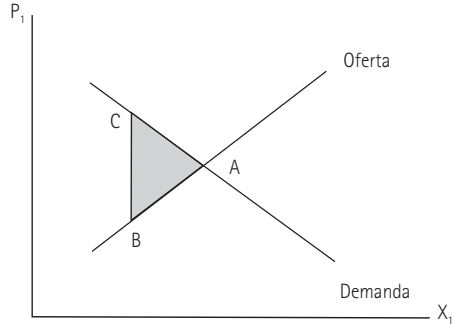
D_i es la distorsión causada sobre la actividad « i »¹²,
 X_i es la cantidad de unidades de la actividad « i », y
 z es la variable que representa la política aplicada.

Cuando una acción « z » se emprende en la práctica (por ejemplo, la instauración de un impuesto sobre una actividad « i »), el efecto de dicho evento causa una distorsión sobre la actividad. En tal sentido, la D_i es el exceso del beneficio social sobre el costo social por unidad, generado como consecuencia de la acción i . En el caso de un impuesto, el efecto gráficamente se encuentra constituido por un área ABC, que, en este caso específico, es la pérdida de bienestar social (gráfico 1.2).

12. Las principales distorsiones por ser consideradas: (i) impuestos, (ii) beneficios monopológicos, (iii) precios excesivos o por encima del ingreso marginal en mercados externos sobre los cuales la sociedad tiene poder monopológico, (iv) beneficios de un monopsonio, (v) precios excesivos o por encima del costo marginal sobre los cuales la sociedad tiene poder monopsonico y (vi) externalidades positivas/negativas y de oferta/demanda. Se pueden presentar situaciones en las que existe más de una distorsión.



Gráfico 1.2
Efecto de un impuesto a la actividad «i»



Fuente: Harberger (1971).

Si el impuesto a la actividad «i» solo afecta a un único bien «j» en la ausencia de otras distorsiones, el área ABC, representada como (2) anteriormente, cambia a:

$$\Delta W = \int_{T_j=0}^{T_j^*} T_j \frac{\partial X_j}{\partial T_j} dT_j \quad (3)$$

De otro lado, si existen otros impuestos afectando a otros bienes cuando el impuesto se instaura, el área ABC, que representa la contribución al bienestar, equivaldrá a:

$$\Delta W = \int_{T_j=0}^{T_j^*} T_j \frac{\partial X_j}{\partial T_j} dT_j + \int_{T_j=0}^{T_j^*} \sum_{i \neq j} T_i \frac{\partial X_i}{\partial T_j} dT_j \quad (4)$$

Donde T_i equivale a $\sum_{i,j} T_i \Delta X_i$, donde ΔX_i mide el cambio de la cantidad de equilibrio de X_i ante la imposición de T_j^* .

En (4), los términos de la sumatoria dejan evidencia de la diferencia entre el equilibrio parcial y el equilibrio general cuando otras distorsiones están presentes; estas distorsiones agregadas pueden ser positivas o negativas.

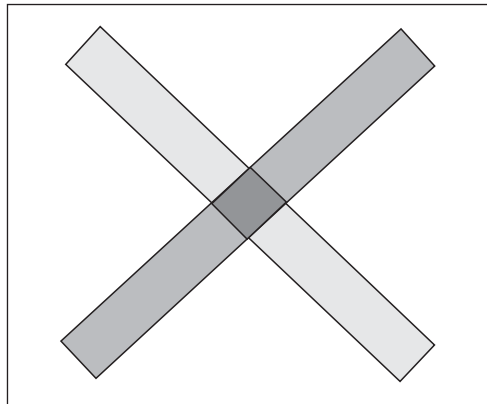


- ii. Desde la perspectiva práctica, a pesar de que no existen obstáculos teóricos, el análisis del excedente del consumidor deja de lado las consideraciones del equilibrio general. Esto sucede porque los efectos del equilibrio general son bastante extensos.




Al realizar un análisis de equilibrio parcial, el *set* de actividades que comprenden distorsiones que son significativas como consecuencia de la acción «z» es un *subset* de todas las actividades, que equivale a la intersección del *subset* con distorsiones significativas D_i y ΔX_i (gráfico 1.3). Es ahí donde se deben cuantificar los efectos de la política instaurada por la acción «z».

Gráfico 1.3

Subset relevante en el análisis de excedente del consumidor



Conjunto de todas las actividades

-  Subset con distorsión significativa D_i
-  Subset con distorsión significativa ΔX_i
-  Intersección de ambos subsets

Fuente: Harberger (1971).



- e) El análisis de excedentes del consumidor, si bien es válido para cambios pequeños, no lo es para cambios grandes.
 - i. Hay diferentes niveles de análisis de cambios en el bienestar social: desde el beneficio que perciben los individuos por pasar de consumir cero bienes o servicios a consumir una cantidad superior, hasta el beneficio (pérdida) percibido al salvar (perder) vidas humanas. En tal sentido, estimar efectos de diferente envergadura es complicado.
 - ii. En orden de que los resultados del enfoque de eficiencia sean estimaciones acertadas: (i) los análisis de excedentes del consumidor y análisis costo-beneficio se deben basar en aproximaciones cuadráticas de las funciones de bienestar para poder incorporar la propiedad de Hicks-Slutsky, o (ii) deben normalizarse las medidas de bienestar para corregir por cambios en el nivel general de precios.

Considerando los argumentos que fundamentan el enfoque de eficiencia, las ventajas de emplear el enfoque de eficiencia se centran en esencia en la condensación de una metodología simple y robusta constituida con conceptos tradicionales del análisis de la economía del bienestar.

Asimismo, la disponibilidad de la data necesaria para poder llevar a cabo las estimaciones del enfoque de eficiencia es alta. La robustez de los postulados base del enfoque de eficiencia hace posible investigar y desarrollar políticas óptimas.

En ese sentido, el enfoque de eficiencia permite a su vez resolver problemas de **segundo mejor**. La posibilidad de analizar el efecto de varias distorsiones dentro de la economía se fundamenta en los postulados del enfoque de eficiencia y su robustez.



1.3 Enfoque distributivo

El enfoque distributivo considera que el bienestar social (W) es una función en la cual los distintos individuos tienen ponderaciones distintas en la función de utilidad social. Esto es, se da un nivel de relevancia diferente al bienestar de cada individuo, lo que tiene una marcada diferencia con el enfoque de eficiencia, en el cual los individuos tienen la misma importancia al tener un mismo peso en la función de utilidad social.

Una práctica usual en economía es la de comparar dos posibles situaciones o escenarios: uno bajo la ocurrencia de un acontecimiento y el otro sin el mismo. En ese sentido, el cambio en el bienestar atribuido al proyecto puede calcularse como la suma de flujos de costos y beneficios ponderados descontados atribuidos al proyecto para cada individuo, de la siguiente forma:

$$\Delta W = \sum_{i=1}^n \phi_i VP_i \quad (5)$$

Donde ΔW es el cambio en el bienestar, VP_i es el flujo de beneficios menos costos descontados para el individuo i , y ϕ_i es el ponderador atribuido al individuo. Además, dado el énfasis del enfoque redistributivo, se puede plantear a la ponderación como una suma de dos factores: uno constante, y uno variable de acuerdo a cada individuo. La idea detrás de esta lógica radica en que la parte constante de la ponderación es compartida cuando el proyecto afecta por igual a todos los involucrados; y la parte variable (específica a cada individuo) cambia a medida que los individuos tengan distintos niveles de riqueza. Esto último es precisamente a lo que hace referencia el enfoque redistributivo: el proyecto busca ponderar más a aquellas personas con un nivel de riqueza menor.



En efecto, con la finalidad de favorecer a aquellos proyectos que beneficien a un mayor número de individuos con menores niveles de riqueza, se tiene $\phi_i = \phi + \gamma_i$, donde γ_i será mayor de cero para individuos con menores niveles de ingresos, y negativo para mayores niveles de ingresos¹³.

En la medida en que los ingresos de la persona sean menores, mayor será el valor de γ_i , y viceversa. El punto de quiebre puede determinarse de varias maneras¹⁴. Podría ser la media del ingreso aquel nivel de ingresos con el que se pueda adquirir la canasta básica de consumo.

Con lo anterior, el cambio en el bienestar atribuible al proyecto queda como:

$$\begin{aligned}\Delta W &= \sum (\phi + \gamma_i) VP_i = \phi \sum VP_i + \sum \gamma_i VP_i \\ \frac{\Delta W}{\phi} &= \sum VP_i + \sum \bar{\gamma}_i VP_i\end{aligned}\quad (6)$$

Donde $\bar{\gamma}_i = \gamma_i / \phi$. La interpretación de la última expresión puede dividirse en dos partes. La primera corresponde al primer término del lado derecho. Este es el valor de los beneficios sociales netos atribuibles al proyecto de cada individuo mediante el enfoque de eficiencia. La segunda parte corresponde al beneficio adicional atribuible al enfoque distributivo.

Como puede notarse, mientras mayor sea el número de personas con ingresos bajos que se beneficia del proyecto, se tendrá que el segundo término de la ecuación (6) será positivo. En caso contrario, si existe un

13. Un análisis extensivo sobre los enfoques distributivos y los ponderadores puede encontrarse en Londero (1987) o en Squire y Van der Tak (1977).

14. Este punto de quiebre hace referencia al valor de los ingresos que haga el γ_i positivo o negativo. En esa medida, el valor de los ingresos que hará que cambie γ_i puede ser determinado de formas no mencionadas en el texto. En primer lugar, podría ser simple discrecionalidad del hacedor de política. En segundo lugar, podría determinarse a nivel histórico un punto de quiebre en el nivel ingresos y acceso a servicios o a redes de protección social. En tercera instancia, podrían utilizarse métodos de regresión discontinúa en econometría para hallar los ingresos del punto de quiebre en relación con los niveles de pobreza u otras características observables.



reducido número de individuos con niveles de riqueza bajos, el segundo término podría ser hasta negativo, producto del \bar{y}_i negativo.

Saltan a la vista las dificultades prácticas de querer emplear este enfoque. La escasa información con la que generalmente se cuenta no permite estimar de manera robusta las ponderaciones que se asignan a los individuos. Por tal motivo, se establecen mecanismos alternativos para aplicar el enfoque distributivo a la evaluación de proyectos.

En primera instancia, podría tomarse una *proxy* de las ponderaciones. Debe tenerse en cuenta que estas responden a los niveles de riqueza de los individuos, por tal motivo, una buena aproximación podría ser:

$$\phi_i = \left(\frac{y}{y_i} \right)^\alpha \quad (7)$$

Donde y es el nivel de ingresos per cápita promedio, y_i es el nivel de ingresos per cápita del individuo i y α es una medida de sensibilidad, donde un valor de 0 significa que el proyecto no toma en cuenta cuestiones redistributivas (caso del enfoque de eficiencia) y un valor de 1 significa que se pone todo el énfasis en la redistribución de ingresos.

Esta aproximación es inherentemente redistributiva según el valor que se establezca para α . Esto es, se beneficiará a todos aquellos individuos que tengan un nivel de ingresos por debajo del nivel de ingresos promedio, en detrimento de aquellos que tengan sus ingresos sobre el nivel de ingresos promedio.

Otra forma de incluir diferenciación por nivel de ingresos o riqueza radica en basarse en algún tipo de criterio de preselección de beneficiarios de los proyectos en características observables. Ejemplos de tales enfoques son aquellos proyectos o programas sociales en los cuales se establecen condiciones para pertenecer al programa (como la condición de pobreza, por ejemplo). El fin claro de mejorar los niveles de ingresos



de los beneficiarios de manera progresiva expresa el enfoque redistributivo. Debe tenerse en cuenta que, en este caso, la ponderación para aquellos individuos dentro del ámbito de acción del programa que tienen ingresos superiores al establecido es de cero.

Finalmente, si no se aplica ninguno de los métodos anteriores, pueden tomarse como ponderaciones aquellos valores que hagan que se pase de un VAN negativo a uno positivo o de uno positivo a un VAN de un valor deseado. De esa forma, se tiene un valor del VAN que puede ser negativo pero positivo a un determinado nivel de ponderación para individuos de determinados niveles socioeconómicos.

Para el análisis de la medición y valoración de beneficios y costos sociales en el enfoque distributivo, se tendría que estudiar la relación existente entre cada una de las ofertas con cada uno de los individuos del mercado, lo cual no es factible. Una solución alternativa radica en, a nivel agregado, analizar los efectos sobre los nuevos consumidores y los nuevos productores, en comparación con los antiguos consumidores y antiguos productores.

De esta forma, al comparar los estados con y sin proyecto, se tienen cuatro cambios en los excedentes:

- Los antiguos consumidores, que continúan consumiendo la misma cantidad pero con un menor precio, ven aumentado su excedente.
- Los nuevos consumidores obtienen un nuevo excedente.
- Los antiguos productores pierden excedente debido al menor precio.
- La empresa que administra y lleva a cabo el proyecto obtiene ingresos.

La suma de estas cuatro áreas genera un nivel de beneficios sociales que es igual al del enfoque de eficiencia. Sin embargo, si se pondera a los grupos de consumidores, antiguos o nuevos, con un coeficiente de más



de uno en la suma simple anterior, se tendrá un nivel de beneficios sociales mayor. La lógica anterior recae en que el proyecto puede estar orientado a aumentar la demanda del bien o servicio producido solo a individuos con bajos ingresos.

Algunas características de este enfoque que es importante resaltar son las siguientes. En primer lugar, se tiene que esta metodología está afectada a la discrecionalidad de los hacedores de política debido a que no existe una regla práctica sobre qué tipo de ponderador utilizar. En segundo lugar, el cambio en el bienestar, producto de la puesta en marcha del proyecto, tiende a ser más elevado dado que se considera un enfoque progresivo, por las mayores ponderaciones a los individuos con menores niveles de riqueza. En tercer lugar, su aplicabilidad empírica directa es ciertamente imposible de realizar, ya que involucra analizar a cada individuo por separado.



2. Marco conceptual para el cálculo de los beneficios de la electrificación rural

Existe consenso universal en que la electrificación estimula el desarrollo económico de un país y, en particular, mejora la calidad de vida de los hogares. De acuerdo a Cabraal, Barnes y Agarwal (2005), existe un alto grado de correlación entre el uso de energía y el desarrollo económico, lo que permite reducir la pobreza. En el caso peruano, por ejemplo, Urrunaga y Aparicio (2012) ponen de manifiesto que la electricidad, así como otros servicios públicos, es relevante para explicar las brechas en los productos per cápita por región, lo que demanda que las autoridades de política se enfoquen en el incremento de la cantidad y calidad de las infraestructuras, y en darles el mantenimiento adecuado.

En un contexto de áreas rurales, usualmente estas presentan desventajas en términos del acceso a electricidad. En efecto, el alto costo de brindar este servicio en lugares remotos y dispersos con geografía difícil y bajos niveles de consumo¹, destaca Torero (2009), resulta en esquemas de electrificación rural muy onerosos de implementar, con respecto a aquellos implementados en ámbitos urbanos.

A pesar de ello, diversos estudios evidencian que la electrificación rural genera cambios sustanciales y favorables en el bienestar, y que pueden ser considerados como prerequisites cruciales para el desarrollo y la remoción

1. Sobre todo porque los bajos ingresos en áreas rurales podrían devenir en problemas de asequibilidad. Las distancias largas suelen implicar grandes pérdidas de electricidad y elevados costos de mantenimiento de equipos y de soporte al usuario.



de barreras que impiden el crecimiento económico (ADB 2010; Barnes, Pesking y Fitzgerald 2003; IEG 2008; Esmap 2010, 2003; Cabraal *et al.* 2005). Por ejemplo, la iluminación eléctrica que reemplace a fuentes de alumbrado como el querosene, reduce sustancialmente la contaminación y las emisiones de carbono. Asimismo, permite que los niños en edad escolar lean más horas por la noche y dediquen más tiempo al estudio, y que los negocios comerciales permanezcan abiertos o en funcionamiento durante más tiempo. Todo esto lleva, incluso, a que la disposición a pagar por electricidad sea casi siempre mayor que el costo de la provisión de la misma (IEG 2008).

Es evidente, entonces, que la implementación de proyectos de electrificación rural se justifica en el hecho de que a través de estos se quiere promover el bienestar de los hogares, proporcionando una mejor calidad de vida y mayor productividad. En esta misma línea, la planificación y propuestas de intervenciones, que demandan importantes cantidades de recursos económicos, requieren de información relevante que permita determinar si dichos proyectos le generan a la sociedad beneficios sociales mayores que el costo de generarlos.

Dado lo anterior, en esta sección se desarrolla un marco conceptual, sobre la base de la revisión de literatura teórica y empírica en la materia, para la identificación de metodologías, que permitan la cuantificación de los múltiples beneficios sociales que aporta la electrificación rural.

2.1 La electrificación rural, su uso y sus beneficios sociales

2.1.1 Definición de electrificación rural

Básicamente, el concepto de electrificación rural se refiere al suministro de electricidad a hogares o viviendas localizadas en áreas aisladas o remotas de un país (Niez 2010; Samanta y Sundaran 1983)².

2. Zomers (2001), por otra parte, explica que la definición de «electrificación rural» tiene muchos matices, y que dependerá de las características que tenga la provisión de electricidad en un contexto rural (tal que no se confunda con la correspondiente en un contexto urbano). En ese sentido, citando a Mason (1990), considera



De acuerdo a Niez (2010), en cuanto a las regiones remotas o rurales que carecen de suministro de energía eléctrica, estas presentan, por lo general, características particulares:

- (i) Ser razonablemente distantes de redes eléctricas nacionales o regionales (por ejemplo, las aldeas remotas de la Amazonía);
- (ii) Ser de difícil acceso (alejadas de los centros urbanos, con un terreno difícil debido a la presencia de ríos o de densa vegetación);
- (iii) Presentar condiciones climáticas adversas que hacen peligrosa la extensión de una red de energía;
- (iv) Comprender a comunidades rurales muy dispersas;
- (v) Tener baja densidad poblacional y bajo nivel de educación y de ingresos;
- (vi) Poseer baja densidad de carga, en general, durante las horas pico de la tarde; y
- (vii) Emplear sus escasos recursos financieros en la adquisición de fuentes de energía, o una cantidad desproporcionada de tiempo dedicado a recoger leña.

Adicionalmente, para identificar de mejor manera cómo la electrificación rural se constituye en un insumo para el desarrollo social y económico de los hogares o los pueblos (o centros poblados), Samanta y Sundaran (1983) plantean un interesante esquema (gráfico 2.1).

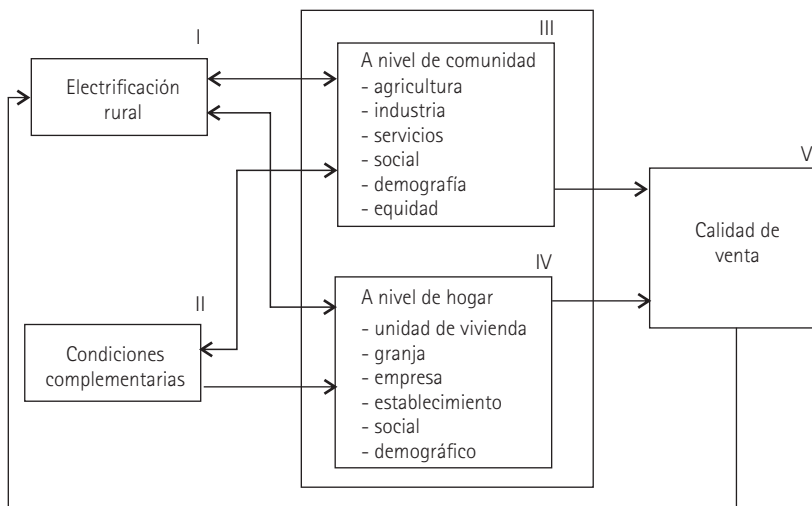
tres aspectos relevantes para distinguir entre una provisión de energía urbana y otra rural: (i) los esquemas de electrificación rural implican altos costos de conexión, como resultado de los bajos niveles de consumo y pobres factores de carga; (ii) la electrificación rural debe integrarse o coordinarse con otros programas de desarrollo rural; y (iii) la provisión de energía urbana e industrial y rural requieren diferentes aproximaciones técnicas y de marketing.



El uso de la electrificación rural puede dar lugar a ciertos cambios o al desarrollo socioeconómico a nivel del hogar o de la comunidad (I → III, I → IV). En ambos niveles, estos cambios podrían impactar en el empleo, los ingresos, la productividad y otros aspectos. Por ejemplo, en el sector agrícola, la electrificación rural podría conducir a cambios en la superficie de regadío, causando cambios en la intensidad de siembra de los cultivos, que a su vez conduce a cambios en el uso de factores de la producción (empleo y/o innovaciones agrícolas), afectando a toda la productividad y los ingresos, en última instancia. Ciertamente, estos procesos de cambio podrían ocurrir de diferentes maneras en todos los sectores.

Los cambios a nivel del hogar y de la comunidad pueden interactuar y reforzarse mutuamente (III → IV), y llegar a ser procesos autosostenibles. La interacción y los cambios en ambos niveles generan resultados que a la larga pueden mejorar la calidad rural de vida (III y IV → V).

Gráfico 2.1
Marco conceptual de la electrificación rural y el desarrollo



Fuente: Samanta y Sundaran (1983).
Elaboración: CIUP.



Asimismo, la electrificación rural en sí misma y su éxito en la mejora de las condiciones de los pueblos podrían estar determinados por un conjunto de condiciones complementarias (II \rightarrow I). Por ejemplo, la adopción de la electrificación rural en granjas puede depender de la disponibilidad de las aguas subterráneas; mientras que en los hogares, de los ingresos familiares o del nivel de pobreza del pueblo.

Finalmente, el aumento de los ingresos, la productividad y el empleo, y, por lo tanto, de la calidad de vida, puede conducir a su vez a mayores tasas de crecimiento de la electrificación rural, y esta última, de manera similar, puede influir en las condiciones complementarias también.

Es evidente, entonces, que los beneficios de la electrificación rural están relacionados con la mejora en la calidad de vida de los miembros de los hogares y de las comunidades, que posteriormente contribuye al desarrollo de los mismos. Adicionalmente, del esquema planteado por Samanta y Sundaran (1983) se puede deducir que, en realidad, la electricidad rural obedece a una demanda derivada de los diversos usos que los hogares puedan darle para la satisfacción de sus respectivas necesidades. En otras palabras, si bien la electricidad no satisface una necesidad *per se*, esta se constituye en un factor de producción importante para la generación de beneficios en los usuarios.

2.1.2 Usos de la electricidad rural

En general, es posible clasificar el empleo de la electricidad rural en tres niveles (IEG 2008, ADB 2010):

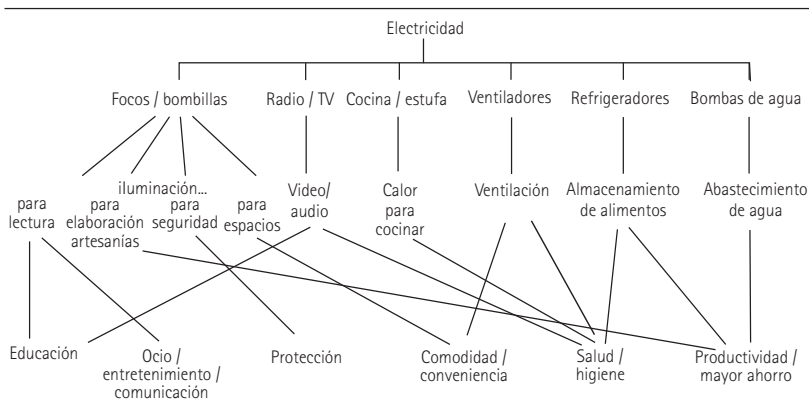
- (i) **Uso doméstico:** la electricidad es utilizada para iluminar (y esto se logra a un costo inferior que el generado por fuentes alternativas de iluminación, como las lámparas a querosene); en televisión y radio; para cocinar, refrigerar y ventilar, etc. También puede ser utilizada para la lectura de ocio, revistas y periódicos de entretenimiento (Valencia, Juvasy y Seppo 1990). La luz de seguridad (en vallas) proporciona protección y permite la elaboración de



artesanías, aumentando la productividad, especialmente entre las mujeres (Barnes y Binswanger 1986). La iluminación de espacios aumenta la productividad, ya que algunas actividades se podrían hacer en la noche, incrementando el número de horas de trabajo (Barnes y Binswanger 1986); a través del audio y video, permite el acceso a información, y también aumenta el conocimiento sobre salud e higiene, en especial entre las mujeres (gráfico 2.2).

Adicionalmente, el uso de estufas eléctricas para cocinar sustituye el uso de leña; por lo tanto, permite mejorar la calidad del aire en interiores. También acelera la preparación de alimentos y, por lo tanto, permite extender las horas de trabajo (Barnes y Binswanger 1986). La conservación de alimentos reduce el tiempo de preparación de estos, entonces permite extender las horas de trabajo (Barnes y Binswanger 1986). El suministro de agua mejora la salud y la higiene, y reduce el tiempo para la recolección de agua, especialmente entre los niños y las mujeres, lo que resulta en una mejor educación (es decir, un menor ausentismo, mayor tiempo de estudio) y productividad.

Gráfico 2.2
Usos de la electricidad en hogares rurales



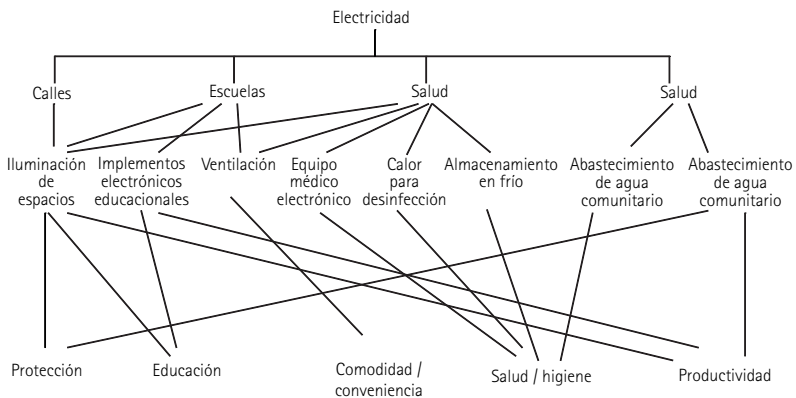
Fuente: ADB (2010).

Elaboración: CIUP.



- (ii) Uso de las comunidades: el alumbrado público brinda mayor protección (lo que reduce potenciales robos o asaltos en la noche) (Valencia *et al.* 1990). Asimismo, la productividad de los profesores mejora a través de la enseñanza al emplear equipos multimedia, la tasa de ausentismo se reduce (Chaudhury *et al.* 2003) y se ofrecen clases nocturnas con mejores espacios iluminados (Barnes *et al.* 2003). La productividad del personal médico mejora con el uso de equipos médicos electrónicos y mejor iluminación de los ambientes o espacios (Ramasedi 1992) (gráfico 2.3).

Gráfico 2.3
Usos de la electricidad en comunidades rurales



Fuente: ADB (2010).

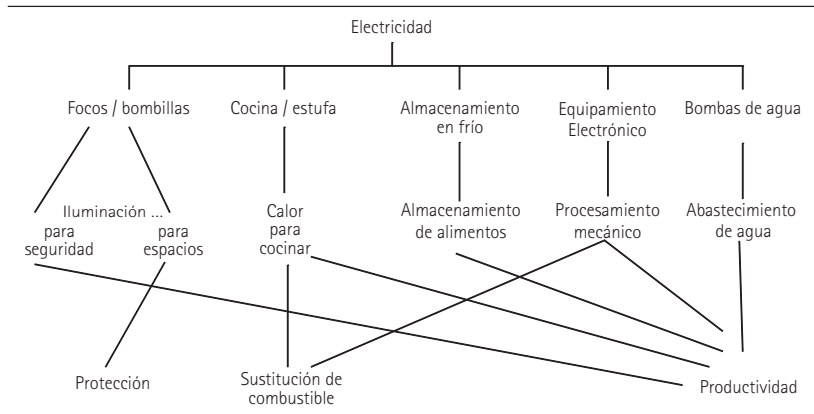
Elaboración: CIUP.

- (iii) Uso productivo: el uso de la electricidad puede generar beneficios indirectos, como la expansión de la gama de productos en las tiendas existentes para incluir la venta de bombillas, cableado eléctrico, cubos de hielo, etc. (Meier 2001). Algunos estudios evidencian el crecimiento significativo de actividades de pequeña escala, tales como la fabricación de acero (Barnes *et al.* 2003), la horticultura, la ganadería lechera y la cría de cerdos con el uso de la electricidad (Ramasedi 1992). Otros beneficios son la creación de nuevas tien-



das y la ampliación de la gama de producción / producto (especialmente en las grandes empresas), lo que genera efectos en el empleo (Barnes y Binswanger 1986). También se generan procesamientos mecánicos como el del café (Mariam 1992). Asimismo, se genera un efecto sustitución de equipos, como los motores diésel que son reemplazados por los eléctricos, que son más baratos y más eficientes (Walubengo y Onyango 1992) (véase el gráfico 2.4).

Gráfico 2.4
Usos de la electricidad en la actividad empresarial rural



Fuente: ADB (2010).
Elaboración: CIUP.

2.1.3 Beneficios de la electricidad rural

De acuerdo a los diferentes usos que puede tener la electricidad (a nivel de hogar, comunidad o empresarial rurales), es posible clasificar los beneficios de la misma en tres grandes áreas: (i) social, (ii) económica y (iii) ambiental.

En lo social, los impactos incluyen beneficios en la salud (reduciendo la incidencia de enfermedades respiratorias y otros riesgos para la salud, asociados con el uso de combustibles sólidos y leña), en la educación (generando un impacto positivo en los resultados educativos, a través del mayor



tiempo de estudio en el hogar debido a una mejor iluminación, lo que resulta en una mejora del rendimiento escolar), en lo doméstico (contando con mejor iluminación, mayor tiempo de televisión y radio, utilización de aparatos eléctricos –refrigeradoras, ventiladores, etc.–), en la fertilidad (no solo por acceso a mayor información en el tema a través de medios, sino porque la electricidad reduce la frecuencia coital frente a alternativas como la televisión [Peters y Vance 2010]) y en el acceso a mejores bienes públicos (mayor seguridad, producto de la mayor y mejor iluminación pública).

En lo económico, se prevé que debido a la mejora de las oportunidades de generación de ingresos (los negocios comerciales están en operación por mayor tiempo) y el menor uso de leña y querosene, el acceso a la electricidad permite ingresos familiares más altos (aumenta la productividad de las actividades agrícolas y no agrícolas) y menores gastos en energía (menos uso de velas, lámparas, baterías, etc.).

En lo ambiental, la electrificación rural permite un menor consumo de combustible (por ejemplo, menos leña), mejorando con ello la calidad del aire y reduciendo la deforestación y la contaminación.

Ciertamente, la magnitud de los beneficios mencionados dependerá del tipo de tecnología específica de energía que sea considerado para la electrificación rural, y del tamaño de la zona, comunidad o vivienda que se beneficie del proceso. Niez (2010) explica que otras variables que hay que tener en consideración para definir la tecnología son las necesidades de los beneficiarios, la magnitud de densidad de carga necesaria, la distancia con respecto a la red nacional o regional, el paisaje, la disponibilidad de recursos naturales (como el viento, el sol, el agua y los bosques), los aspectos económicos y financieros, y la disponibilidad y capacidad técnica de la propia tecnología elegida³.

3. El conjunto de tecnologías es bastante grande y cada una varía, naturalmente, en su técnica de generación, sus costos, y en la calidad del servicio que ofrece. Dependiendo en parte del grado de urbanización de la población objetivo, las tecnologías de energía utilizadas en los programas de electrificación rural generalmente implican ampliación de la red nacional o regional, generadores diésel, gas licuado de petróleo (GLP), las baterías desechables, lámparas de petróleo, las energías renovables (incluidos los sistemas fotovoltaicos, energía eólica e hidroeléctrica) o sistemas híbridos.



2.2 Esquemas de análisis para el cálculo de beneficios de la electrificación rural

A la fecha, existe una gran variedad de estudios que han tenido como objetivo la identificación de los múltiples beneficios sociales que las intervenciones de electrificación rural han generado sobre unidades beneficiarias (hogares, comunidades, regiones, actividades productivas, etc.).

Anteriormente, las técnicas de costo-beneficio por lo general incluían solo los beneficios cuantificables (por ejemplo, el ahorro en velas por utilizar iluminación eléctrica). Sin embargo, se han desarrollado metodologías más avanzadas que miden también impactos mayormente cualitativos y usualmente difíciles de cuantificar (por ejemplo, los beneficios resultantes para una comunidad).

De la revisión de literatura, es posible identificar en general tres métodos para la evaluación de los beneficios de la electrificación: la primera metodología, a través de la cual se estima la demanda de electricidad utilizando los cambios en el excedente del consumidor para medir los beneficios (véase Meier 2003; Esmap 2003, 2010; Peskin 2006; Choynowski 2002; IEG 2008; entre otros); la segunda metodología, mediante la cual se determinan los costos evitados (o la sustitución de costos) por la introducción de la electricidad (véase Meier 2003; Esmap 2003, 2010; Bravo 2001; entre otros); por último, la tercera metodología, que emplea las técnicas de evaluación de impacto para analizar la relación de causalidad entre el acceso (o consumo) de electricidad y los resultados deseados, tales como la mejora en la salud familiar, en los ingresos, en los ahorros de energía, etc. (véase Peters 2009; Peters y Vance 2010; Torero 2009; Khander *et al.* 2012, 2009, 2008; Bensch, Kluve y Peters 2010; ADB 2010; Kumar y Rauniyar 2011; entre otros).



2.2.1 Estimación de demanda

Diversos estudios empíricos (Meier 2003; Esmap 2003, 2010; Choynowski 2002; IEG 2008; Bonifaz *et al.* 2005) han tratado típicamente a la electricidad como un producto más dentro de la canasta de bienes y servicios que un hogar consume. Sin embargo, como fue mencionado anteriormente, la demanda de electricidad es una demanda derivada y es esencialmente un insumo en la provisión de los servicios brindados por equipos eléctricos en el hogar.

En efecto, la electricidad nunca se consume por sí misma y tampoco es almacenable en una forma económica. Por lo tanto, no debería haber ninguna razón para suponer que la electricidad entra directamente en la función de utilidad de un hogar (Choynowski 2002, Peskin 2006). Más bien, es de esperar que su participación sea indirecta, a través del costo asociado con equipos eléctricos. Por consiguiente, la función de demanda de electricidad no se puede derivar usando el procedimiento normal de la maximización de la utilidad sujeta a la restricción presupuestaria.

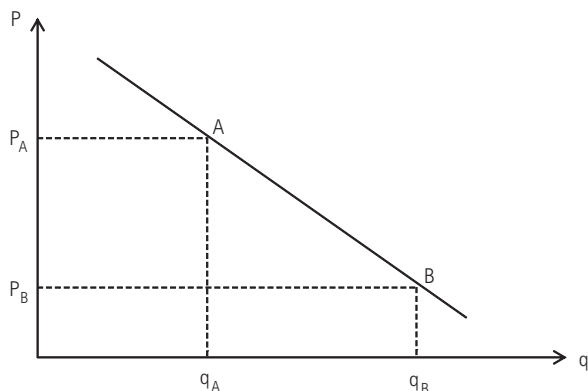
En la práctica, la aproximación usual para estimar la demanda de electricidad es el cálculo del excedente del consumidor (EC)⁴ sobre la base de una función de demanda de electricidad, toda vez que por definición el EC más el monto desembolsado por el consumidor (precio pagado por cantidad consumida) equivalen al beneficio bruto económico (o disposición a pagar) (gráfico 2.5). Por lo tanto, el EC puede ser estimado como:

$$EC = (1 / 2) (p_A - p_B) (q_A - q_B) \quad (8)$$

4. El excedente del consumidor es definido como la diferencia entre la disposición a pagar del consumidor por unidad del producto y el precio efectivamente pagado por dicha unidad.



Gráfico 2.5
Función lineal de demanda de electricidad



Elaboración: CIUP.

Como se puede apreciar, para disponer de la función de demanda, se requieren solo dos puntos de datos (precios y cantidades). Un punto de dato es el precio y la cantidad de una fuente alternativa de energía consumida (convertidos a unidades eléctricas), por ejemplo querosene, en una zona donde la electricidad no está disponible (punto A en el gráfico 2.5). Los datos sobre la cantidad consumida de la fuente alternativa de energía se obtienen generalmente de encuestas, mientras que el precio se obtiene de los datos de mercado.

El otro punto de dato es la cantidad de electricidad consumida por la familia representativa y el correspondiente precio promedio pagado por el consumo (punto B en el gráfico 2.5). Esta información está disponible a través de un recibo de electricidad emitido por el proveedor del servicio.

Matemáticamente, una línea recta casi se aproxima a una curva para pequeñas variaciones de precios y cantidades, lo que justifica el uso de



una función de demanda lineal. Sin embargo, este aspecto se constituye en una limitante metodológica, ya que no hay ninguna base teórica para asumir que la función es lineal; y, más bien, su uso se vuelve una cuestión de conveniencia.

Ahora bien, es posible que las variaciones de precios y cantidades no sean pequeñas, y que el supuesto de línea recta de la función no se sostenga. Por lo tanto, para reflejar curvatura en la función de demanda, la práctica ha consistido en modificar la ecuación (8) a:

$$EC = (1 / (c + 1)) (p_A - p_B) (q_A - q_B) \quad (9)$$

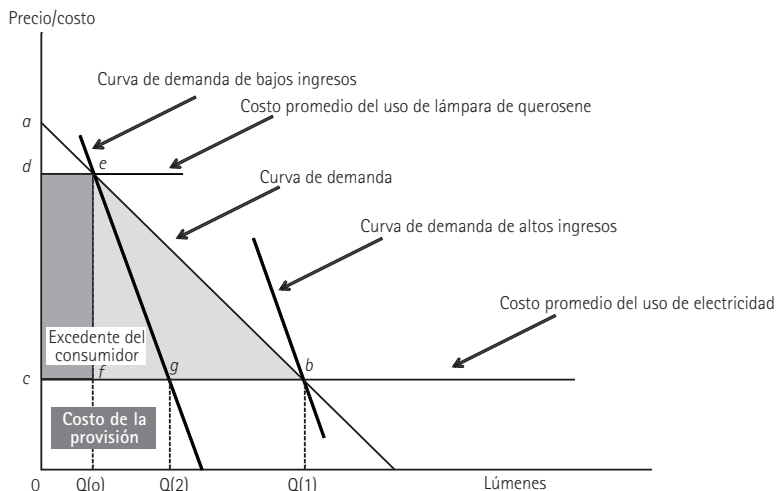
Donde c es un factor de proporcionalidad mayor o igual a la unidad. En el caso de la ecuación (8), c es igual a 1. El parámetro c se puede calcular con un tercer punto de dato. Sin embargo, es raro que este tercer punto esté disponible, y, por consiguiente, su valor es a menudo arbitrario. Este aspecto es otra limitante metodológica, porque prácticamente conduce a una valoración arbitraria del excedente del consumidor.

Adicionalmente, una desventaja de este enfoque es que el supuesto de una única curva de demanda ignora posibles cambios (movimientos) de esta cuando el ingreso del hogar se incrementa. En otras palabras, el método asume que ricos y pobres comparten la misma función de demanda. Sin embargo, si los hogares con mayor poder adquisitivo estuvieran dispuestos a pagar más por el consumo de la energía (lúmenes, por ejemplo¹), su curva de demanda sería más elevada que la de los hogares de bajos ingresos (gráfico 2.6).

5. El lumen es la unidad que se utiliza para medir el flujo luminoso que emite una fuente de energía.



Gráfico 2.6
Demanda de electricidad (lúmenes) con curvas de demanda de hogares de altos y bajos ingresos



Fuente: Esmap (2003).
Elaboración: CIUP.

Si los hogares de bajos ingresos tenían la curva de demanda inferior, entonces el efecto de la electrificación incrementaría la cantidad demandada solo a nivel de $Q(2)$ para estos hogares y no al nivel de $Q(1)$, asumiendo una sola curva de demanda. Si el propósito del análisis es estimar los beneficios de la electrificación de hogares sin electricidad, entonces la estimación (utilizando el excedente del consumidor) estaría sobrevalorada en el área del triángulo *geb*.

Entonces, esta conclusión está suponiendo que la demanda de hogares de bajos ingresos permanece estática, incluso a medida que sean electrificadas. Es decir, ignora el efecto ingreso. Tal vez sería más exacto suponer que a medida que los hogares de bajos ingresos tengan acceso a electricidad, sus curvas de demanda de lúmenes podrían comenzar a aproximarse a las curvas de demanda de hogares de altos ingresos (que



accedieron antes al servicio). Si es así, entonces la curva de la demanda original, aunque no es totalmente representativa de cualquiera de los hogares de bajos o altos ingresos, podría representar un promedio. En este caso, la estimación previa de beneficio (triángulo *feb*) podría ser una buena estimación después de todo (Esmar 2003).

Recuadro 2.1

Identificación de la demanda por electricidad en el Perú

Para medir el consumo de energía para iluminación, Bonifaz *et al.* (2005) utilizaron como unidad de medida los lúmenes por hora que proporciona cada fuente de energía utilizada. Tomando en cuenta el flujo luminoso emitido por cada fuente y su respectivo costo, pudieron determinar el gasto necesario, medido en soles, para obtener 1.000 lúmenes por hora, según la fuente utilizada (véase el siguiente cuadro). Dado que se conocen los montos gastados por los hogares en cada fuente de iluminación, procedieron a dividir cada monto entre el respectivo costo unitario para obtener el consumo de kilolúmenes/hora de cada hogar.

Fuente	S/. por kilolumen/hora
Velas	3,4915
Querosene	1,1377
Electricidad	0,0317

Antes de proceder a estimar el consumo de la energía proporcionada por sustitutos, los autores tomaron en cuenta que, según los datos de la «Encuesta Residencial de Consumo y Usos de Energía para el año 2003» del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin), algunas familias que disponen de conexión eléctrica escogen satisfacer parte de sus necesidades de iluminación mediante estas mismas fuentes. Dado que este caso particular no debía ser considerado en el cálculo de los costos, se dejó de lado estas observaciones, por lo que solo se considera el gasto realizado por aquellos hogares cuya única alternativa para satisfacer sus necesidades de iluminación es recurrir a sustitutos.

Luego de determinar por separado el gasto mensual promedio por hogar en cada departamento, según su nivel de ingreso, destinado a la adquisición de velas, querosene y electricidad, para obtener los volúmenes consumidos, dichos gastos fueron divididos entre el costo unitario de un kilolumen/hora, y se hallaron los siguientes niveles de consumo:



Fuente / nivel de ingreso	Menos de 500	500 a 1000	1000 a 1500	1500 a 2000	2000 a 3000	3000 a más
Velas	2,36	2,67	3,21	-	1,58	1,62
Lámpara de querosene	9,21	13,83	11,65	8,95	12,01	6,15
Electricidad	845,14	1.286,63	1.264,40	2.539,02	2.471,45	3.907,82

Luego, para estimar la demanda potencial de luminosidad de los hogares que carecen de electricidad, consideraron el consumo promedio realizado por las familias pertenecientes al mismo departamento y a la misma categoría de ingresos. Asimismo, adoptaron el supuesto de que para cada departamento y categoría de ingresos, la función de demanda es isoelástica y se puede expresar de la siguiente manera:

$$Q_i = A_i P^{-\alpha_i}$$

donde α_i es la elasticidad de demanda correspondiente a cada segmento.

Tomando en cuenta las unidades de luminosidad consumidas por cada tipo de hogar y los precios de cada fuente de luminosidad, los autores estimaron los costos de transacción y la pérdida de eficiencia social correspondientes, encontrando lo siguiente:

- a.- En el caso de los hogares que satisfacen sus requerimientos de iluminación utilizando lámparas de querosene, los costos de transacción ascendieron a 110,7 millones de nuevos soles y la pérdida de eficiencia social, a 491,2 millones de nuevos soles. Esto representó un costo total de 601,9 millones de nuevos soles, que equivalen a 184,6 millones de dólares.
- b.- Los hogares que satisfacen sus requerimientos de iluminación utilizando velas, incurren en costos de transacción que ascendieron a 52,4 millones de nuevos soles, mientras que la pérdida de eficiencia social asociada equivalió a 380,1 millones de nuevos soles. Esto representó un costo total de 432,5 millones de nuevos soles, que equivalen a 132,7 millones de dólares.

La considerable diferencia entre los costos de transacción y la pérdida de eficiencia social asociada a cada sustituto de la energía eléctrica se debe a la diferencia en los niveles de consumo de unidades luminosas que implica cada uno debido a su naturaleza. Es decir, mientras que los costos de transacción miden el sobre costo de obtener la misma cantidad de lúmenes consumida actualmente, la pérdida de eficiencia social estima el mayor bienestar que los consumidores podían experimentar si contaban con acceso a energía eléctrica, medido en términos monetarios, al poder adquirir una mayor cantidad de lúmenes por un precio unitario menor.

Fuente: Bonifaz *et al.* (2005).

Elaboración: CIUP.



Por otra parte, Choynowski (2002) propone una forma funcional plausible para estimar la demanda por electricidad, la cual es consistente con dos propiedades: la relación inversa entre precios y cantidad, y la finitud de la demanda a precio cero. Asimismo, el autor manifiesta que su enfoque es aplicable a otros sectores con demandas finitas.

En primer lugar, el autor deriva una función de demanda de electricidad, centrándose en la función individual o en la función de utilidad del hogar U :

$$U = U(q_1^g, \dots, q_m^g, q_1^s, \dots, q_n^s) \quad (10)$$

Donde q_i^g y q_j^s son las cantidades de bienes y servicios consumidos, respectivamente. Cuando la función de utilidad se maximiza sujeto a una restricción presupuestaria, se derivan las funciones de demanda ordinaria para cada bien y servicio. Las funciones de demanda relacionan la cantidad de bienes o servicios demandados según los ingresos y los precios (en el caso de los bienes) y los costos de los usuarios (en el caso de los servicios). Se asume que una sola pieza de equipo consumidora de electricidad representa a todo el equipo para poder simplificar el problema. La función de demanda de servicios del *stock* de equipos q^{se} es:

$$q^{se} = f(y, p^{se}, p^o) \quad (11)$$

Donde y es el ingreso, p^{se} es el costo del usuario por q^{se} , y p^o es un vector de todos los precios y costos de los usuarios. Para un bien normal, el costo del usuario se encuentra relacionado negativamente con la cantidad demandada, que es, $\frac{df}{dp^{se}} < 0$.

Como el costo del usuario p^{se} , dentro del cual el precio de la electricidad es un componente, se encuentra negativamente relacionado con la cantidad de servicios demandados que son equipos consumidores de electricidad, se puede observar que el precio de la electricidad también se encuentra negativamente relacionado con la cantidad de elec-



tricidad demandada. El costo del usuario y el precio de la electricidad se encuentran relacionados positivamente porque el precio de la electricidad es un componente del costo. Por lo tanto:

$$p^{se} = g(p^e) \quad (12)$$

Donde, $\frac{dg}{dp^e} < 0$, y p^e es el precio de la electricidad. La cantidad de electricidad demandada q^e se encuentra también relacionada positivamente con la cantidad de servicios de equipos consumidores de electricidad, debido a la tecnología. Entonces:

$$q^e = h(q^{se}) \quad (13)$$

Donde, $\frac{dh}{dq^{se}} > 0$. Al sustituir la ecuación (12) en la ecuación (11), y luego sustituyendo el resultado en la ecuación (13), se encuentra que:

$$q^e = h (f (g (p^e))) \quad (14)$$

Al diferenciar la ecuación (14) con respecto a p^e , se encuentra que:

$$\frac{dq^e}{dp^e} = \left(\frac{dh}{dq^{se}} \right) \left(\frac{df}{dp^{se}} \right) \left(\frac{dg}{dp^e} \right) \quad (15)$$

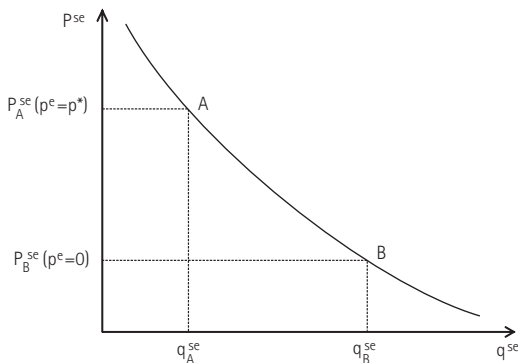
Por lo que $\frac{dq^e}{dp^e} < 0$, lo que implica que la función de demanda de electricidad tiene pendiente negativa con respecto al precio.

La demanda por electricidad debe tener también un límite superior. Para un *stock* de equipos consumidores de electricidad, la cantidad de electricidad consumida es determinada por el costo del uso del equipo consumidor de electricidad, compuesto por el precio de la electricidad y otros costos como el capital, la depreciación y el mantenimiento, etc. Esto se encuentra representado por el punto A del gráfico 2.7. En el punto A, el costo del usuario es p_A^{se} , donde el precio subsumido de la electricidad es $p^e = p^*$ y corresponde a la cantidad q_A^{se} . Si el precio de la



electricidad puede caer hasta ser igual a cero, el costo del uso también caerá, pero solo hasta p_A^{se} , porque los costos de otros componentes no han cambiado. La demanda de electricidad va a verse incrementada por una proporción equivalente a $q_B^{se} - q_A^{se}$, dependiendo de la relación entre el equipo consumidor de electricidad y la cantidad de electricidad para poder usarlo. Mientras no haya componentes del costo de uso que cambien, la demanda por electricidad no puede incrementarse y, por lo tanto, el límite superior de la demanda de electricidad *vis à vis* el precio de la electricidad ha sido alcanzado.

Gráfico 2.7
Función de demanda



Fuente: Choynowski (2002).

Por lo tanto, la función de demanda de electricidad sería la curva reflejada en el gráfico anterior. La cantidad máxima de electricidad puede ser consumida, q_{max}^e , dependiendo del *stock* de equipos consumidores de electricidad. Este *stock*, a su vez, depende del ingreso del consumidor, los precios de otras formas de energía, y los gustos y preferencias del consumidor.

En segundo lugar, el autor establece una forma funcional para la demanda de electricidad. En efecto, las expresiones anteriores dan lugar



a la forma funcional de la demanda de electricidad del hogar. Si se asume que la función de demanda de electricidad es suave y continua, entonces la función graficada anteriormente, que es una función que incluye un intercepto en el eje de las abscisas, pasa a través de cualquier otro punto posible en (q^e, p^e) , y no es una línea recta, sino:

$$\ln q^e = \alpha + \beta p^e \quad (16)$$

Donde \ln es el logaritmo natural y $\alpha > 0$, $\beta < 0$. La variable precio se encuentra en términos reales. El límite superior de la demanda de electricidad (cuando el precio es cero) se encuentra dado a e^α , y β es la semielasticidad precio de la demanda. La elasticidad precio se encuentra dada por:

$$\eta_p = \left(\frac{dq^e}{dp^e} \right) \left(\frac{p^e}{q^e} \right) = \beta p^e \quad (17)$$

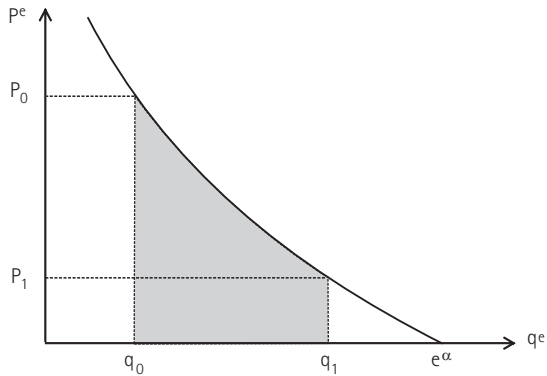
Que varía con el nivel del precio. Esta forma funcional también tiene la propiedad de que la disponibilidad a pagar se incrementa exponencialmente a medida que la demanda cae, así como sugiere la teoría económica. El parámetro α depende del ingreso, de los precios de otras formas de energía y de otras variables.

En el caso de la firma, la función de la demanda de electricidad puede ser derivada algebraicamente bajo el supuesto de que la función de producción es débilmente separable y el producto marginal de la electricidad cae a cero, en medio de un rango de niveles de producción posibles. La función de producción que satisface esta condición es la siguiente:

$$y = q^e (\ln q^e - \alpha - 1) / \beta + g(x^0) \quad (18)$$



Gráfico 2.8
Función de demanda semilogarítmica de electricidad



Fuente: Choynowski (2002).

Donde y es el producto, x^0 es un vector de insumos en el proceso de producción, y $\alpha > 0$, $\beta < 0$. Los resultados del problema de la maximización de beneficios resultan en una función de demanda, como la ecuación (16).

La forma funcional de la ecuación (16) da lugar a que se puedan calcular los beneficios económicos (EB) de la electricidad. Los beneficios económicos son el área que se encuentra debajo de la curva de demanda, y equivalen a:

$$EB = \int_{q_0}^{q_1} p^e dq^e \quad (19)$$

Donde q_0 y q_1 definen el rango de la integral. Al integrar con respecto a q^e , se encuentra que el beneficio económico es:

$$EB = q_1 \left(p_1 - \frac{1}{\beta} \right) - q_0 \left(p_0 - \frac{1}{\beta} \right) \quad (20)$$



Donde p_0 y p_1 son los precios correspondientes a q_0 y q_1 , respectivamente.

La electrificación de una aldea en la zona rural es usada por el autor como ejemplo ilustrativo. Los hogares de las aldeas suelen compartir características económicas y demográficas similares y, por lo tanto, es poco probable que haya que recoger este tipo de datos. Este enfoque, por lo general, comienza con un estudio de dos pueblos: el pueblo por ser electrificado y otro pueblo ya electrificado pero con un tamaño de población y características económicas y demográficas similares.

Las diferencias en el consumo de toda la energía en estos pueblos, por lo tanto, se puede atribuir al proyecto de electrificación. Los datos necesarios del pueblo no electrificado incluyen el consumo de las diferentes formas de energía y los precios pagados por ellos. En la aldea electrificada, los datos son recogidos junto con los datos sobre el consumo de energía eléctrica y su precio.

La encuesta puede encontrar que los hogares sin acceso a electricidad emplean el querosene para la iluminación, mientras que los que cuentan con acceso la usan para iluminación y también en ventiladores, aparatos de radio, televisión, etc. Otros consumos en energía, por ejemplo gas para cocinar, pueden seguir siendo los mismos para ambas poblaciones.

El querosene que es desplazado por el alumbrado eléctrico es un costo evitado para el hogar, y el beneficio económico de esto debe valorarse como tal. Normalmente, se emplea más alumbrado eléctrico que iluminación con querosene. Este exceso en el consumo de electricidad junto con aquel utilizado para otros propósitos es un consumo incremental inducido por el menor precio de la electricidad y otras externalidades positivas, y es cuantificado en términos de disposición a pagar.

El precio pagado por el querosene utilizado para iluminación es un indicador de la disposición a pagar por la cantidad consumida de ilu-



minación. En este ejemplo ilustrativo, la disposición a pagar por querosene por el hogar representativo es de US\$ 0,20 por kWh por 30 kWh por mes. En el gráfico 2.8, esto correspondería al punto (q_0, p_0) .

La cantidad de querosene consumido es un promedio para todos los hogares encuestados en el pueblo no electrificado. Los datos de facturación de los hogares de la aldea electrificada muestran que, a un precio marginal de US\$ 0,08 por kWh, los hogares, en promedio, consumen 60 kWh de electricidad al mes. Por lo tanto, con el proyecto de electrificación, se espera que el consumo aumente a 60 kWh por mes en el pueblo no electrificado. Esto corresponde al punto (q_1, p_1) en el gráfico 2.8. El parámetro β en la ecuación (7) se estima, por lo tanto, como:

$$\beta = (\ln q_1 - \ln q_0) / (p_1 - p_0) = (4,09 - 3,40) / (0,08 - 0,20) = -5,78$$

y el parámetro α es:

$$\alpha = \ln q_1 - \beta p_1 = 4,09 + 5,78 * 0,08 = 4,56$$

Dado lo anterior, el beneficio económico (EB) del consumo incremental de 30 kWh por mes dado por la ecuación (20) es:

$$EB = q_1 (p_1 - 1/\beta) - q_0 (p_0 - 1/\beta) = 60(0,08 + 0,17) - 30(0,20 + 0,17) = 3,90$$

Por su parte, en el estudio de Esmap (2003) se busca estimar la disposición a pagar mediante el uso de encuestas para hallar el valor de los sustitutos de la red de electricidad y monetizar los beneficios de llevar electricidad a las zonas rurales de Filipinas. Muchos beneficios, como una mayor comodidad o un mayor grado de educación, son aparentemente intangibles o difíciles de cuantificar. Aun así, el estudio ha demostrado que tales beneficios se pueden expresar en términos monetarios utilizando técnicas para estimar lo que los individuos racionales estarían dispuestos a pagar por ellos.



De acuerdo al autor, los resultados cuantitativos de este estudio indican que los beneficios monetarios, medidos por la cantidad que una familia filipina estaría dispuesta a pagar por la electrificación, parecen altos (cuadro 2.1). Ciertamente, las estimaciones se basan en supuestos de linealidad simples de la demanda y, como resultado, puede estarse sobrevalorando dicha disposición de pago. Además, dado que la estimación de los beneficios por hogar es un promedio, los números no pertenecen a todos los hogares no electrificados en Filipinas.

Cuadro 2.1

Filipinas: resumen de los beneficios de la electrificación en hogares rurales (1998)

Categoría de beneficio	Valor del beneficio (US\$)	Total por mes (US\$ millones)
Menos costoso y alto nivel de iluminación	36,75	147,5
Menos costoso y alto nivel de uso de radio y televisión	19,60	77,5
Educación adulta y retornos en salario	37,07	296,6
Ahorro de tiempo para tareas en el hogar	24,50	97,5
Mejora en la productividad de actividades comerciales en el hogar	34,00 (negocios ya existentes); 75,00 (negocios nuevos)	24,7

Fuente: Esmap (2003).

Elaboración: CIUP.

Finalmente, la misma metodología es aplicada por el estudio IEG (2008), en el que se realizan estimaciones de las disposiciones a pagar por electricidad, para calcular los beneficios económicos del alumbrado, radio/televisión y de la educación, en el Perú, Filipinas, Laos y Bolivia. A diferencia de Esmap (2003), se asumen funciones de demanda convexas (o de elasticidad constante), de la forma:

$$P = KQ^{\eta}$$

Donde η es la elasticidad y K , una constante. La elasticidad puede ser calculada así:



$$\eta = \frac{\ln(P_k) - \ln(P_e)}{\ln(Q_k) - \ln(Q_e)}$$

Una vez que los parámetros η y K son obtenidos, entonces el excedente del consumidor se calcula como:

$$\begin{aligned} C &= \int_{Q_k}^{Q_e} KQ^\eta dQ - (Q_e - Q_k)P_e \\ &= \frac{K}{\eta + 1} (Q_e^{\eta+1} - Q_k^{\eta+1}) - (Q_e - Q_k)P_e \end{aligned}$$

El siguiente cuadro detalla los resultados comparativos por países para los que se aplicó la metodología. Se puede observar que los beneficios económicos de la iluminación son mayores en el caso peruano, mientras que aquellos beneficios por el uso de electricidad para televisión son mayores para los hogares rurales en Filipinas. Por último, no hay mucha variabilidad en los beneficios por el ahorro de tiempo para tareas en el hogar en los cuatro países, mientras que los beneficios de la mayor productividad en comercios domésticos son mayores en Filipinas que en Laos.

Cuadro 2.2
Beneficios de la electrificación rural (US\$ por hogar por mes)

Beneficios	Filipinas	Perú	Laos	Bolivia
Iluminación	7,36	16,16	5,60	12,24
Televisión	15,11	8,5	2,22	4
Radio	(incluido en TV)	ne	ne	ne
Educación	14,46	ne	ne	ne
Ahorro en tiempo para tareas en el hogar	5,30	5,5	5,5	5,5
Productividad de actividades comerciales en el hogar	6,30	0,0	3,4	ne

Notas: (1) ne (no estimado); (2) las estimaciones para Filipinas difieren de las reportadas en Esmap (2003) debido a que este último utiliza una curva de demanda lineal.



Finalmente, para el caso peruano, el estudio de NRECA (1999), utilizando una función de demanda de la forma $Q = aP^n$, estima el área bajo la curva tomando como base el precio promedio de un kilolumen hora producido con electricidad en el Perú según encuesta realizada, US\$ 0,0133/klh, y el precio promedio del kilolumen hora producido con velas y querosene, que resultó ser de US\$ 0,3790/klh.

Luego de integrar la función de demanda entre estos dos precios, y para completar la estimación del área bajo la curva de la demanda entre los puntos definidos por los precios relevantes, al resultado se le sumó el gasto mensual total en electricidad para iluminación, US\$ 1,88 por vivienda rural. El resultado fue un beneficio económico por iluminación residencial de US\$ 10,05 por usuario por mes, o de US\$ 120,60 por usuario por año, lo que a una tasa de cambio de 3,25 soles por dólar equivale a S/. 32,66 y S/. 391,95 mensual y anual, respectivamente.

Dicha estimación se comparó razonablemente con la realizada por los mismos autores en áreas rurales de Bolivia en 1990, en la región de Yungas, en la que se estimó un beneficio económico por iluminación residencial de US\$ 10,54 mensuales o de US\$ 126,48 por año. En el caso de Bolivia, se utilizó una línea recta para relacionar las cantidades consumidas con los precios, lo que tendió a sobrestimar el beneficio. Adicionalmente, la estimación realizada en el Perú se puede comparar también con la realizada por los autores para Panamá, en la que, aplicando la misma metodología, se encontró un beneficio económico por iluminación de US\$ 12,67 por vivienda por mes, o de US\$ 152,04 por usuario por año. El mismo ejercicio fue realizado para las tres regiones del Perú (cuadro 2.3).

Cuadro 2.3
Beneficios económicos de la electricidad en áreas rurales (US\$ por año)

Región	Iluminación	Radio y televisión	Refrigeración
Sierra	158,40	60,48	0,00
Selva	102,24	57,96	138,84
Costa	123,96	89,40	231,12
País	120,60	64,80	110,04

Fuente: NRECA (1999).



2.2.2 Sustitución de costos o costos evitados

Bajo este enfoque, se determinan los costos evitados al acceder a la electricidad por dejar de utilizar fuentes tradicionales de energía (querosene, velas, pilas, baterías, etc., utilizados para satisfacer algunas necesidades como la iluminación y acceso a comunicación –televisión y/o radio).

Dichos costos que se ahorran o evitan, generados por la sustitución de la fuente de energía, son considerados como la **capacidad de pago** que tendrá el poblador rural para asumir los costos de adquisición de electricidad (Bravo 2001).

Para su aplicación, se debe tener en cuenta el **costo relevante** que representa la provisión de la electricidad, según la tecnología (por ejemplo, un sistema solar doméstico⁶). En particular, tal como lo explica Bravo (2001), el costo relevante es la suma de: (i) el costo de inversión (que incluye la compra e instalación) en el activo y (ii) los costos de operatividad y mantenimiento de este durante su vida útil económica.

Entonces, si la capacidad de pago es mayor que el costo relevante, los pobladores podrían cubrir la adquisición de la tecnología; de lo contrario, probablemente la opción de tecnología considerada no sería la más idónea para los hogares rurales o, posiblemente, el Estado tendría que cofinanciar una parte del costo del activo (situación que probablemente ocurra en una localidad de extrema pobreza).

En estricto, esta metodología requiere información primaria sobre los gastos en las fuentes tradicionales de energía, por parte de los hogares rurales no electrificados, para la estimación de los costos evitados. En la práctica, a dicha información se accede a través de encuestas que indaguen por el consumo durante determinado período de tiempo (se-

6. Se trata de sistemas que generan energía eléctrica usando como fuente la energía solar.



manal o mensual) de energía proveniente de fuentes tradicionales. Por ejemplo, para la iluminación, típicamente lámparas a querosene y/o velas, el costo asociado en dicho consumo; o, para las comunicaciones (radio y/o televisión), lo gastado en la cantidad de pilas y/o baterías.

Una aplicación de esta metodología la hace Meier (2003) con relación a sistemas fotovoltaicos en Filipinas, específicamente en aquellos sectores rurales para los cuales resulta muy complicado conectarse a las redes eléctricas existentes. Esta es la opción factible más barata con fines de iluminación y comunicación para los hogares. El autor consideró a los costos evitados por utilizar la energía fotovoltaica, en los hogares que no cuentan con el servicio de electrificación, como los beneficios de los hogares por el uso de electricidad (cuadro 2.4). Luego de comparar los costos económicos totales de adoptar un sistema fotovoltaico con los costos evitados del uso de querosene, baterías, pilas, etc., el autor arriba a un flujo económico neto (en valor presente) de 344 pesos filipinos, lo que representa un tasa de retorno económica de 15,2%, que, según el autor, está marginalmente por encima de la tasa de retorno utilizada en Filipinas.

Cuadro 2.4

Filipinas: análisis económico para un sistema fotovoltaico de 20 wp, hogares en extrema pobreza: costos evitados (pesos filipinos)

Concepto	Valor presente neto (tasa de descuento: 15%)
Costos económicos totales del sistema fotovoltaico	12.333
Beneficios (costos evitados)	15.678
Consumo de querosene (litros)	260
Querosene (pesos)	3.433
Baterías y carga de baterías (pesos)	9.625
Otros (pesos)	2.360
Flujo económico neto	344
Tasa de retorno económico	15,2%

Nota: flujo a 10 años.

Fuente: Meier (2003).



Para el caso peruano, el estudio de NRECA (1999) estimó los beneficios del uso de la radio y televisión utilizando esta metodología, cuantificando los gastos en fuentes alternativas a la electricidad para el uso de dichos bienes.

Los autores encontraron que los habitantes rurales de Perú, en 1999, gastaban mensualmente entre US\$ 4,83 (Selva) y US\$ 7,45 (Costa) por mes en baterías para radio y en carga de baterías para televisión. El valor para la Sierra fue de US\$ 5,04 y el promedio para el país fue de US\$ 5,40 por usuario por mes (cuadro 2.3).

Los beneficios de la refrigeración fueron estimados con base en la misma metodología, y se encontró que los habitantes rurales del Perú, en ese entonces, gastaban entre US\$ 0,00 (Sierra) y US\$ 19,26 (Costa) por mes en el costo de capital anualizado y el consumo de querosene para refrigeración. El valor para la Selva fue de US\$ 11,57 y el promedio para el país fue de US\$ 9,17 por vivienda rural sin electricidad (cuadro 2.3).

Finalmente, una limitación que tiene la metodología de sustitución de costos es que esta proporciona o sugiere un límite inferior para los beneficios económicos, ya que no tiene en cuenta el hecho de que, dependiendo del tipo de tecnología considerada para la provisión de electricidad, esta puede proporcionarle un mayor nivel de servicio y luz de mejor calidad, que la fuente tradicional (lámpara de querosene, por ejemplo) (Meier 2003).

2.2.3 Evaluación de impacto

En la última década, se han aplicado varios estudios que evalúan el impacto de la electrificación rural luego de comparar hogares conectados al servicio y hogares no conectados al servicio dentro de una misma región (véase Peters 2009; Peters y Vance 2010; Torero 2009; Khander *et al.* 2012, 2009 y 2008; Bensch *et al.* 2010; ADB 2010; Kumar y Rauniyar 2011; entre otros).



Estas evaluaciones pueden realizarse encuestando hogares en regiones aún no electrificadas (no intervenidas o no tratadas) y en regiones comparables ya electrificadas (intervenidas o tratadas). De esta manera, la región que cuenta con el servicio sirve para simular el comportamiento esperado de los hogares todavía no electrificados y observar, así, los cambios que experimenten algunas variables de desarrollo (gastos, ingresos, salud, fertilidad, productividad, rendimiento escolar, etc.) después de la electrificación. Asimismo, la información recolectada puede servir como línea de base, tal que si surge la oportunidad de realizar futuras encuestas al final del proyecto de electrificación, se obtengan *ex post* evaluaciones robustas.

Por lo tanto, a través de esta metodología se busca evaluar el grado en que una intervención afecta el bienestar de los hogares. Este bienestar puede aproximarse mediante diversas variables, tales como el ingreso familiar, el rendimiento escolar, algunos indicadores de salud, etc., cualquiera de las cuales puede actuar como la variable resultado de la siguiente ecuación.

El resultado Y está determinado por una función f que depende de una variable de servicio de electricidad S y de un vector X , que captura las características relevantes del hogar:

$$Y = f(X, S) \quad (21)$$

Por ejemplo, X puede representar el nivel de educación o estado de salud del jefe de hogar, así como la cantidad de activos o el tamaño del hogar (número de habitaciones, área construida, etc.).

Con respecto a la variable de tratamiento S , esta puede representar la posibilidad de disponer del acceso al servicio, tomando el valor de 1 si el hogar está localizado en una región que tiene cobertura de un proveedor del servicio, sin importar si el hogar está conectado o no; y puede tomar el valor de 0 de otro modo. Nótese incluso que S es igual a cero para un hogar localizado en una región sin cobertura de un



proveedor del servicio, aun si dicho hogar posee una fuente alternativa de energía, como un generador o batería.

Por otra parte, se puede estar interesado, por ejemplo, en el efecto de recibir directamente el servicio. En este caso, S es igual a la unidad si el hogar está conectado a la red eléctrica; y cero, si no lo está. Alternativamente, S puede ser igual a uno si el hogar dispone de un generador o de un sistema de energía solar. De acuerdo a Peters (2009), la mayoría de estudios de evaluación de impacto de la electrificación rural aplican implícitamente la definición de S como acceso al servicio. Por su parte, diversos trabajos del Banco Mundial, en particular Madon y Oey-Gardiner (2002), Massé y Samaranayake (2002) y Esmap (2003), determinan el impacto comparando hogares conectados a la red eléctrica con hogares localizados en la misma región, pero no conectados a dicha red.

Dos problemas surgen de estas definiciones del tratamiento S . En primer lugar, si S indica el uso real de la electricidad, la causalidad expresada en (21) (en la que se supone que S afecta a Y) también funciona en la dirección inversa: la decisión del hogar de conectarse a la red, $S = 1$, depende de su ingreso Y y de un vector de determinantes adicionales, Z , definiendo conjuntamente la función g :

$$S = g(Y, Z) \quad (22)$$

Ocurre que los componentes del vector X en (21) se pueden incluir en Z , también. Además, Z comprende las características específicas del hogar (tales como la distancia a la red de distribución). Por lo tanto, la intuición detrás de (22) es simple: los hogares que tengan un ingreso más alto tienen más probabilidades de tener los fondos para conseguir una conexión a la red eléctrica. Esta relación mutua es económicamente conocida como una relación de simultaneidad, y más bien contrarresta el objetivo de aislar la influencia de las conexiones domésticas sobre la renta.

Ahora bien, si $S = 1$ indicara que el hogar accede a electricidad, la simultaneidad reflejada en (22) no se aplica, ya que S no es una varia-



ble de elección desde la perspectiva individual del hogar. Explica Peters (2009) que los programas de electrificación, al decidir sobre la instalación de una red eléctrica, tienen en cuenta el potencial económico, la capacidad de pago y, entonces, usualmente recurren a alguna medida de los ingresos agregados. En ese sentido, es poco probable que el hogar individual y su ingreso agregado afecten la probabilidad de que la región en la que se encuentren esté conectada.

Un segundo problema es el que ocurre cuando los componentes de Z son parte de X y, además, inobservables. Consideremos el caso de hogares más motivados o amantes del riesgo. Debido a estos rasgos, podrían ser más propensos a tener una conexión a la red. Al mismo tiempo, estas características no observables ciertamente afectarán a la variable de resultado (ingreso, Y). Por lo tanto, diferencias en Y serán atribuidas a S según la ecuación (21), a pesar de que se deben a diferencias no observables de dichas características. Esto se conoce comúnmente como “variables omitidas” o “sesgo de selección”.

Si $S = 1$ indica la posibilidad de acceder a la red, habrá un sesgo por variables omitidas, derivado de que las características de la comunidad son parte de X y Z . Se puede suponer que, por ejemplo, los políticos inteligentes locales afectan el entorno empresarial y, por tanto, las rentas individuales de los hogares en la comunidad. Al mismo tiempo, estos políticos podrían ser capaces de afectar a la probabilidad de que la red nacional se extienda al pueblo.

Como se puede apreciar, el éxito de la aplicación de esta metodología depende mucho del éxito en identificar el verdadero efecto de S sobre Y , lo que exige una adecuada estrategia de identificación, que permita comparar los resultados de la variable de interés (Y) después de haber recibido el tratamiento con relación a una situación contrafactual de no haber recibido el tratamiento. Existen diversas técnicas econométricas que apuntan a mitigar o resolver este problema de identificación⁷.

7. Un mayor desarrollo metodológico se presenta en la sección 4.



De la revisión de literatura realizada, se ha encontrado una gran diversidad de estudios que llevan a cabo evaluaciones de impacto, con la finalidad de cuantificar una serie de beneficios de la electricidad, que no pueden ser cuantificadas por las técnicas de disposición de pago o de sustitución de costos.

Por ejemplo, en primer lugar, Khander *et al.* (2009) investigan los impactos en el bienestar de un hogar derivados del acceso a la electricidad. Así, haciendo uso de data en corte transversal del año 2005 de aproximadamente 20.000 hogares rurales en Bangladesh, los autores analizan los determinantes de la adopción de electricidad, examinando la dotación física del hogar (terrenos), el capital humano (educación de los adultos dentro del hogar), el precio de diferentes combustibles en el pueblo, etc. Dado que la electrificación a nivel de hogares solo puede ser observada en pueblos que cuentan con electricidad, la selección de la muestra debe estar orientada a estimar el acceso de los hogares a la electricidad. Lo anterior se modela a través de un modelo probit de máxima verosimilitud, a través de dos etapas que envuelven una ecuación latente y una ecuación de selección.

La **ecuación de selección** determina si el pueblo presenta una electrificación del tipo:

$$V_j = \alpha^v + \beta^v Z_j + \varepsilon_j^v$$

Y la **ecuación latente** determina si la electrificación del hogar está dada por:

$$E_{ij} = \alpha^e + \beta^e X_{ij} + \gamma^e U_j + \varepsilon_{ij}^e$$

Donde:

X_{ij} es un vector de características a nivel de hogar (por ejemplo, edad y género del cabeza de hogar, tenencia de tierras del hogar, etc.);

U_j , Z_j son vectores de características del pueblo, donde Z_j contiene por lo menos una variable que no está en U_j ;



$\varepsilon_{ij}^e, \varepsilon_j^v$ son los errores aleatorios no observados; β^e, γ^e son los parámetros por ser determinados.

Entonces, la electrificación del hogar es observada ($E_{ij} = 1$) solo si la electrificación del pueblo es observada ($V_j = 1$), y los términos del error siguen las siguientes condiciones:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{ij}^e &\sim N(0,1) \\ \varepsilon_j^v &\sim N(0,1) \\ \text{corr}(\varepsilon_{ij}^e, \varepsilon_j^v) &= \rho\end{aligned}$$

La idea detrás de esta modelación es que una vez que se determina que un pueblo se encuentra electrificado, controlado por características regionales y comunitarias, son entonces las características de los hogares las que van a determinar la conectividad del hogar a la red de electricidad.

Una vez determinado lo anterior, el siguiente reto que enfrentan los autores es encontrar un **contrafactual** que permita examinar el escenario donde se observe qué es lo que les sucedería a los hogares con electricidad si es que no hubiera electricidad.

Una vía para poder manejar eso es hacer que la electricidad se encuentre disponible de forma **aleatoria** y luego observar cómo los hogares con similares características, excepto en el tema de electricidad, se comparan entre sí. Normalmente, este procedimiento de aleatorización es bastante difícil, por lo que es necesario crear estadísticamente (o simular) una situación **contrafactual** para comparar hogares similares con y sin electricidad.

Existen dos métodos para poder trabajar con la situación **contrafactual**: (i) identificar *matches* cercanos para hogares con y sin electricidad que son similares en gran cuantía, esta metodología es llamada *propensity score matching* (PSM); (ii) estimar la ecuación resultante condicionada a la participación del programa, ya que de esta manera



algunos factores relacionados con la adopción de electricidad pueden no estar relacionados directamente al resultado de las variables; esta metodología es llamada estimación a través de variables instrumentales (IV). Los autores usan ambas metodologías para evaluar los impactos de la electrificación en los hogares.

La técnica del PSM se basa en identificar el escenario **contrafactual**, que identifica a su vez hogares sin intervención para poder compararlos con hogares que tienen características similares pero con intervención. En sí, lo que hace la técnica es hacer un *match* entre los hogares con y sin electricidad, basado en características observadas antes de la intervención. Después de que este emparejamiento se ha realizado, es posible observar las diferencias de los valores resultantes promedio entre estos dos grupos.

De esta manera, el PSM calcula tanto para las muestras **tratadas** (hogares con electricidad) y para las muestras **no tratadas** (hogares sin electricidad), la probabilidad de «ser tratado» como una función de las características del hogar o del pueblo a través de un modelo logit o probit. Esta probabilidad de **adoptar electricidad** es lo que se denomina «*propensity score*». Luego, los resultados son comparados entre los **tratados y no tratados**.

Por su parte, Rosenbaum y Rubin (1983) demuestran que si el **tratamiento** es aleatorio definido en X , es también aleatorio en los valores del *propensity score* $p(X)$. Por lo tanto, si el *propensity score* $p(X)_i$ es conocido, el impacto del **tratamiento** (denominado también «efecto promedio del tratamiento en el tratado») es:

$$\begin{aligned}\tau &\equiv E\{Y_{1i} - Y_{0i} | D_i = 1\} \\ &= E\{E\{Y_{1i} - Y_{0i} | D_i = 1, p(X_i)\}\} \\ &= E\{E\{Y_{1i} | D_i = 1, p(X_i)\} - E\{Y_{0i} | D_i = 0, p(X_i)\} | D_i = 1\}\end{aligned}$$

Una desventaja de la metodología PSM es que el proceso de *matching* puede descartar un número significativo de observaciones de la mues-



tra original de forma no aleatoria, haciendo que la muestra de trabajo no sea representativa. Dos alternativas para poder resolver este problema son las siguientes:

- (i) El *propensity score* estimado puede ser agregado a una regresión MCO de la variable resultante:

$$Y_{ij} = \alpha^y + \beta^y X_{ij} + \gamma^y V_j + \delta^y P_{ij} + \mu_j + \eta_{ij} + \varepsilon_{ij}^y$$

Donde:

Y_{ij} es el beneficio resultante del i -ésimo hogar del j -ésimo pueblo; X_{ij} , V_j son los vectores de características de hogares y de pueblos, definidos anteriormente;

P_{ij} es el *propensity score* (la probabilidad de que un hogar adopte electricidad) que reemplaza la variable de electrificación indicando los hogares que tienen acceso a la electricidad;

β^y , γ^y , δ^y son parámetros por ser estimados;

μ , η son los determinantes no observados de los resultados de los hogares en el pueblo, y a nivel de hogares, respectivamente; y

ε^y es el error aleatorio no observado.

Una desventaja de este método es que asume una forma funcional, que PSM no hace.

- (ii) Una segunda manera de superar el problema es emplear una regresión MCO de la variable resultante, una variable ponderada, construida a partir del *propensity score*. El ponderador se define como $1/\sqrt{P_{ij}}$ para los hogares tratados, y $1/\sqrt{1-P_{ij}}$ para los hogares **control**. La ecuación resultante es la siguiente:

$$Y_{ij} = \alpha^y + \beta^y X_{ij} + \gamma^y V_j + \delta^y E_{ij} + \mu_j + \eta_{ij} + \varepsilon_{ij}^y$$

Donde E_{ij} es la variable de tratamiento actual que indica el acceso de los hogares a la electricidad, y esta ecuación se estima usando una variable ponderada calculada.



Los resultados demuestran que los impactos reportados en términos de ingresos son más altos en el caso de la segunda metodología y menores en el caso de la primera alternativa.

La técnica PSM no toma en consideración los problemas de sesgos de endogeneidad. Asumiendo que el resultado (de consumo o de ingreso) se encuentra medido por la variable Y_{ij} , condicionado al tratamiento de la electrificación del hogar (E_{ij}), esta se expresa a través de la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \alpha^y + \beta^y X_{ij} + \gamma^y V_j + \delta^y E_{ij} + \mu_j + \eta_{ij} + \varepsilon_{ij}^y$$

donde las variables restantes se definen tal y como se definieron previamente. Si todas las variables fueran observables, δ^y determinaría el impacto de la electrificación sin sesgo alguno. No obstante, esto no ocurre en el modelo, por lo que la decisión de tener electricidad podría estar correlacionada al error ε^y , dando lugar al problema de endogeneidad.

Una vía para resolver el problema anterior es emplear regresiones de efectos-fijos a nivel de hogares, pero esto no es posible de aplicarse en data de corte transversal. Una vía factible de resolver el problema es hacer uso de la técnica de estimación IV.

La técnica IV se basa en identificar **instrumentos** apropiados que puedan influenciar el acceso de los hogares a la electrificación (E_{ij}) exceptuando el término del error (ε^y). El acceso de los hogares a la electrificación, por tanto, se predice a través de variables instrumentales en una regresión probit, y luego el valor predicho del acceso (\hat{E}_{ij}), en lugar del actual E_{ij} , se usa en la segunda etapa de la ecuación definida. Esta metodología funciona porque las variables instrumentales rompen la correlación entre el tratamiento y el término del error, y eliminan el sesgo de endogeneidad.



Los hallazgos de esta investigación son que los impactos de la integración de los hogares a las redes de electricidad son significativamente positivos con respecto a los niveles de ingresos de los hogares, gastos y resultados educativos. Por ejemplo, la ganancia en el ingreso total gracias a la electrificación se encuentra entre 9% y 30%. El acceso a la electricidad también da lugar a la mejora significativa tanto en años completos de estudios escolares como en tiempo de estudio para los niños dentro de los hogares rurales.

Los beneficios que perciben los hogares son mayores en la medida en que estos se encuentran más expuestos a las redes de electrificación (medido en términos de **duración**), y eventualmente se vuelven constantes. Además, se comprueba que los hogares ricos se benefician aún más a partir de la electrificación que los hogares pobres. Es importante establecer que la electrificación de los hogares no solo resulta en una mejora de los ingresos, sino también en un impacto sostenido a lo largo de 8 años; después los beneficios van en descenso. Finalmente, las estimaciones demuestran que los beneficios (en términos de ingresos) de la electrificación, en promedio, son superiores a los costos por un margen significativo.

Por otra parte, Khander *et al.* (2012) investigan los beneficios promedio de la electrificación rural y su distribución, haciendo uso de data de la India. En tal sentido, el objetivo principal de la investigación es determinar quién se beneficia más de la electrificación rural.

Para poder cumplir el objetivo, los autores aplican la metodología de variables instrumentales (IV) en un contexto de efectos fijos (FE) para obtener estimadores insesgados de los impactos de la electrificación rural.

Con el propósito de estimar el efecto causal de la electricidad en los resultados⁸ de los hogares, los resultados se modelan de la siguiente manera:

8. Incluye ingresos de granja, ingresos fuera de los ingresos de granja, gastos en alimentos y en otros bienes, escolaridad, empleo y otros indicadores de bienestar en el hogar.



$$Y_{ij} = \alpha^y + \beta^y X_{ij} + \gamma^y V_j + \delta E_{ij} + \mu_{ij}^y + \eta_j^y + \varepsilon_{ij}^y$$

Donde:

Y_{ij} es el beneficio resultante de las variables de interés del i -ésimo hogar del j -ésimo pueblo;

X_{ij} , V_j son los vectores de características observadas de hogares y de pueblos;

E_{ij} es el estatus de conexión a la electricidad del i -ésimo hogar del j -ésimo pueblo;

α , β , γ , δ son parámetros no conocidos por ser estimados;

μ_j , η_j son los determinantes no observados de los resultados de los hogares, y a nivel de la comunidad, respectivamente; y

ε_{ij} es el error aleatorio normalmente distribuido.

De acuerdo al modelo, lo más importante es medir el coeficiente δ que refleja el impacto de la electricidad en los hogares. Si la electrificación de los hogares hubiera sido aleatoria, el modelo por estimar proveería estimadores insesgados. No obstante, esto no ocurre, pues la decisión de qué hogares se conectan a la electricidad y qué comunidades tienen acceso a la electrificación se basa tanto en **caracteres observados como no observados**. En tal sentido, como no se puede dejar de lado la endogeneidad de las conexiones de electricidad, se necesitan instrumentos para poder reflejar las decisiones de conexión a la electricidad de parte de los hogares. Por lo tanto, se estima un modelo con variables instrumentales:

$$E_{ij} = \alpha^e + \beta^e X_{ij} + \gamma^e V_j + \theta I_{ij}^e + \mu_{ij}^e + \eta_j^e + \varepsilon_{ij}^e$$

Donde I_{ij}^e es el vector de instrumentos que solo afecta a la demanda de electricidad, pero no afecta de forma directa a los resultados de interés (ingresos, empleo, escolaridad, gastos). Los resultados son afectados solo **indirectamente** a través del acceso a la electricidad.

Para que el método IV sea válido, se deben cumplir, adicionalmente, dos condiciones: (i) θ no es un vector de ceros y (ii) $\text{Cov}(I_{ij}^e, \varepsilon_{ij}^y) = 0$.



Por su parte, la demanda de la electricidad por parte de los hogares puede ser estimada de la siguiente manera:

$$E_{ij} = \alpha^e + \beta^e X_{ij} + \gamma^e V_j + \mu_{ij}^e + \eta_j^e + \varepsilon_{ij}^e$$

Donde E_{ij} representa el acceso del hogar a la electricidad o el consumo mensual de electricidad del hogar, y las variables de control incluyen variables exógenas a nivel de hogares y a nivel pueblo, incluyendo la medida de la confianza en el servicio de electricidad / horas promedio de electricidad disponible a nivel del pueblo.

De este modo, se implementa un modelo probit de máxima verosimilitud con selección de muestra para la ecuación de acceso a la electricidad y un modelo de máxima verosimilitud con selección muestral para la ecuación de consumo de electricidad.

Al cuantificar los beneficios, los autores exploran los resultados potenciales derivados de la electrificación inmediata, tales como el tiempo destinado para la recolección de leña o las horas de estudio de los niños y el mercado laboral, de modo que es posible comprender cómo los resultados inmediatos impactaron en los indicadores de bienestar (ingresos de los hogares, gastos, e incidencia sobre la pobreza).

Finalmente, estiman un modelo de regresión en cuantiles, a través del cual se examina concisamente el efecto distributivo de la electrificación. Formalmente, la ecuación de regresión en cuantiles Y para el hogar i del pueblo j , se expresa de la siguiente manera:

$$Q_{Y_{ij}}^\tau = \alpha + \beta^\tau X_{ij} + \delta^\tau E_{ij}, \tau \in (0,1)$$

Donde:

$Q_{Y_{ij}}^\tau$ denota el cuantil τ de Y ;

X es el vector de atributos exógenos de los hogares y del pueblo;

E es la variable de electrificación; y



β^τ , δ^τ son parámetros por ser estimados, y δ^τ es el efecto de cuantil tratamiento.

Se asume endogeneidad incondicional, donde se expresa de la siguiente manera:

$$\delta^\tau = \Delta^\tau = Q_{Y^1}^\tau - Q_{Y^0}^\tau$$

Donde:

$Q_{Y^1}^\tau$ y $Q_{Y^0}^\tau$ son respectivamente los τ cuantiles de Y^1 e Y^0 , y Y^1 e Y^0 son los resultados respectivos con y sin electricidad.

Los resultados sostienen que la electrificación rural ayuda a reducir el tiempo dedicado a la recolección de leña realizada por los miembros de las familias, e incrementa el tiempo destinado para que los niños y adolescentes estudien. Se demuestra también que la electrificación rural incrementa la oferta laboral de hombres y mujeres, la asistencia a las escuelas de parte de chicos y chicas, y el incremento de los ingresos y de los gastos per cápita de los hogares.

Asimismo, el estudio demuestra que la restricción de la provisión de electricidad, frecuentemente debido a cortes de energía, afecta negativamente tanto la conexión eléctrica de los hogares como el consumo, por lo que reduce los beneficios esperados de la electrificación rural. Finalmente, la regresión de cuantiles demostró que los beneficios de la electrificación son más altos para los hogares más ricos, a través del mayor consumo y la mayor diversificación de los servicios de electricidad.

De otro lado, Bensch *et al.* (2010) investigan el impacto de la electrificación en el uso de la energía para la iluminación del hogar, horas de estudio en el hogar, gastos en energía e ingresos en Ruanda.

Para poder identificar los impactos en las variables de resultados que se desea evaluar, los autores aplican un procedimiento similar al utili-



zado por Khander *et al.* (2009). En una primera etapa, utilizan la información de hogares conectados y no conectados en pueblos ya electrificados, para poder estimar un modelo probit con el status de conexión de los hogares como variable dependiente. El modelo estimado se emplea para predecir las probabilidades de los hogares de conectarse, incluyendo aquellos hogares que se encuentran en pueblos donde aún no se han desarrollado los proyectos de electrificación.

En una segunda etapa, los autores hacen uso de la probabilidad (*propensity score*) encontrada anteriormente, para poder identificar los hogares contrafactuales empleando diferentes algoritmos de *matching*. Para ello, estratifican los hogares de los pueblos sin electrificación según aquellos que son propensos a conectarse y aquellos que no; y, luego, se realizan dos *matches* clásicos mediante las metodologías de «*nearest neighbour*» y «*kernel*».

Los resultados de la investigación reflejan efectos fuertes y significativos de la electrificación en las horas de iluminación dentro de los hogares y efectos positivos en los indicadores de estudio en casa de los niños. Asimismo, se encuentra que, contrariamente a lo esperado, los hogares conectados pagan más por las fuentes de energía que emplean. Ello prueba que el incremento del consumo de energía de estos hogares se da como consecuencia del uso de artefactos electrodomésticos, como la televisión, que superan los efectos de eficiencia de otros artefactos, como los de iluminación. Asimismo, los hogares conectados muestran un ingreso significativamente alto comparados con sus contrapartes no conectadas.

De otro lado, Kumar y Rauniyar (2011) buscan estimar el efecto causal de la electrificación en pueblos de Bután sobre el ingreso y el nivel educativo. Mediante un experimento aleatorio, se busca capturar y aislar este efecto. Debido a que no se puede realizar esta clase de separación entre la población objetivo, los autores trabajan con data observacional y con metodologías cuasi experimentales como la de *propensity score matching*. El problema en este punto es que no es



políticamente correcto asignar un beneficio a uno y no a otros, dado que tienen las mismas características y son objeto de estudio.

Otro problema es que las características personales tienden a generar un sesgo en la estimación debido a que si no se controla por las mismas se contamina el efecto causal de la regresión. Así, se define el *propensity score* como la probabilidad condicional de recibir un tratamiento dado que se observa un *set* de características X .

$$p(X) = \Pr(D = 1|X) = E(D|X)$$

Dado el *propensity score*, el efecto promedio del tratamiento en los tratados (ATT) puede ser estimado como:

$$\begin{aligned}\widehat{ATT} &= E\{Y_{1i} - Y_{0i} | D_i = 1\} \\ &= E [E \{ Y_{1i} - Y_{0i} | D_i = 1, p(X_i) \}] \\ &= E [E \{ Y_{1i} | D_i = 1, p(X_i) \} - E \{ Y_{0i} | D_i = 0, p(X_i) \} | D = 1]\end{aligned}$$

Para el emparejamiento de las observaciones de los pares de tratamiento y control, se emplean dos metodologías. En la primera, se toma como control a aquellos individuos que están más cerca, en términos del *propensity score* dentro de un determinado rango, para que el individuo más cercano en términos de *propensity score* en verdad lo sea. Por otro lado, un segundo método de *matching* entre los individuos es el de kernel y linealidad local, el cual empareja a una unidad tratada con un promedio ponderado de *scores* de todas las unidades no tratadas en un determinado rango.

Además, se utiliza un método basado en el *propensity score* rebalanceado. Este método usa una regresión multivariada simple pero las observaciones son ponderadas por la inversa del *propensity score*. Así, mediante esta metodología se corre el siguiente modelo:

$$Y_{ijs} = \beta_0 + \beta_1 PROGRAM_{js} + \delta X_{js} + \gamma_s + \epsilon_{ijs}$$



donde: $PROGRAM_{js}$ es el acceso a la electrificación.

Los resultados indican que el acceso a la electricidad mejora los resultados económicos y los resultados educativos. De acuerdo con los hallazgos, el impacto en los ingresos no agrícolas debido a la electricidad puede ser tanto como 76%. Los niños en hogares con electricidad ganan 0,74 años de escolaridad y dedican más tiempo a estudiar por la noche. Los resultados del *matching* son consistentes y similares a los resultados de OLS y regresión ponderada. En conjunto, el estudio mostró que en un lapso corto de tiempo la electricidad rural fue fundamental en la mejora de la calidad de vida de los hogares en el Bután rural.

Los hallazgos de este estudio tienen dos implicancias. Primero, el uso de la electricidad para las actividades de generación de ingresos en Bután ha sido muy limitado, pero el potencial para aumentar los ingresos del hogar es bastante alto. Cabe señalar que electricidad rural es una condición necesaria pero no suficiente para ampliar las oportunidades de ingresos. En segundo lugar, los montos grandes en inversiones complementarias se hacen necesarios en la mejora de la infraestructura complementaria como, por ejemplo, el acceso a las carreteras, desarrollo de mercados, sistemas de riego, las habilidades desarrollo y los servicios la demanda de electricidad.

Por su parte, Khander *et al.* (2008) buscan cuantificar el impacto de la electrificación rural en Vietnam sobre el bienestar. Los autores usaron datos de panel, lo que les permitió obtener un análisis más detallado del impacto sobre los ingresos, los gastos y la educación de los niños en el hogar.

Dado que el programa seleccionó a los hogares beneficiarios y contó con la base de datos de aquellos que no fueron beneficiarios, pero que sí contaban con las características del programa, se plantearon las siguientes metodologías cuasi experimentales:



Diferencias en diferencias

$$Y_{ijt} = \delta E_{ijt} + \mu_j + \eta_{ij}$$

donde Y_{ijt} es el producto de interés que depende solo del estado de electrificación de los hogares (E), dada la política condicional de si la comunidad ha sido electrificada, más las características no observadas μ_j y η_{ij} . Para las diferencias en diferencias, se usaron las líneas de base con las que se contaron. Esto es, el impacto de la red de electrificación mediante este enfoque está dado por:

$$I_0 = (Y_{T2} - Y_{T1}) - (Y_{c2} - Y_{c1})$$

Donde c_2 y c_1 indican que los individuos fueron controles en el 2005 y 2002, respectivamente, mientras que T_2 y T_1 indican que los individuos fueron tratados durante el 2005 y el 2002, respectivamente. El primer paréntesis indica el cambio en el resultado (*output*) para el grupo de tratamiento, dados la tendencia temporal, factores externos y el tratamiento, mientras que el segundo indica las diferencias en el *output* para los controles dadas la tendencia temporal y los factores externos.

Regresión de diferencias en diferencias con efectos fijos

Mediante esta metodología se controla también por variables observadas que son fijas en el tiempo, que probablemente afecten el impacto del programa sobre el producto. Además, se asume que el impacto del programa condicionado en la electrificación del hogar puede ser expresado como sigue:

$$Y_{ijt} = \alpha + \beta T_{ijT} + DD T_{ij} t_{ij} + \gamma X_{jit} + \lambda V_{jt} + \epsilon_{ijs}$$

Donde t denota el tiempo de la encuesta (0 para línea de base); Y es el resultado del bienestar para la i -ésima casa y la j -ésima comunidad; X y V son vectores de características de la vivienda y la comunidad,



respectivamente; T es el tratamiento, indicando el acceso de hogar a la red de electrificación; y DD denota el efecto del tratamiento.

Respecto de los resultados, si bien no se detectaron otras industrias en las que el programa pudo haber tenido efectos, sí los tuvo en los ingresos agrícolas. Además del impacto en el nivel de ingresos, la electrificación rural tiene gran impacto sobre la asistencia escolar, tanto de niños como de niñas. Otro resultado importante es que los efectos de la electrificación rural son decrecientes en el tiempo. Se tiene que para los primeros años, los beneficios de la electrificación rural son mayores y, posteriormente, terminan reduciéndose hasta un punto de estabilización después del noveno año.

Finalmente, Peters y Vance (2010) investigan la relación entre la fertilidad y la electrificación, que, según los académicos, es negativa. Los autores hacen uso de data a nivel de hogares de Costa de Marfil para investigar los determinantes de la fertilidad, haciendo especial énfasis en los efectos de la electrificación sobre ella.

Para ello, Peters y Vance se basaron en un modelo de regresión de datos Poisson:

$$K_i = \alpha + \alpha_E E_i + \alpha_R R_i + \alpha_{ER} E_i R_i + \alpha_x X_i + \varepsilon_i$$

Donde:

E_i es una variable *dummy* que indica si el hogar usa electricidad o no; X_i es el vector de variables de control; y R_i es una variable *dummy* que indica la diferencias entre hogares urbanos y hogares rurales.

La variable dependiente es aquella que examina el efecto de la electrificación sobre la fertilidad, y en este caso está definida como el número de niños nacidos después de 1980. Esta variable se regresa con respecto a las variables E_i y X_i .



El modelo Poisson empleado asume que los errores siguen una distribución Poisson en lugar de la distribución normal. Asimismo, el modelo en lugar de regresionar la variable dependiente como una función lineal de los coeficientes de regresión, modela al logaritmo natural de la variable dependiente como función lineal de los coeficientes de regresión.

Los resultados sugieren que la relación entre el número de niños nacidos y el acceso a la electricidad de los hogares es altamente significativa, pero solo se revela cuando el modelo evalúa impactos diferenciados según el dominio (urbano/rural) de los hogares. Considerando lo anterior, los autores encuentran una relación positiva entre electricidad y fertilidad para los hogares urbanos, mientras que en el caso de los hogares rurales, la relación encontrada es negativa.

Estos resultados demuestran que las influencias de la electricidad en los hogares son **compensadas**: en la creación de «tiempo de ocio» y en la «reducción de los costos de cuidado de los hijos», en el caso de los hogares urbanos; y en el impacto «modernizador» a través de la provisión de información, en el caso de los hogares rurales.

2.2.4 Balance general de los tres enfoques

En términos globales, los requerimientos metodológicos de los tres enfoques desarrollados tienen sus ventajas y desventajas. Por separado, cada uno permite arribar, de alguna manera, a un valor del beneficio social del consumo de electricidad, pero con riesgo de que este sea sobre- o subestimado.

Asimismo, los tres requieren mucha información cuantitativa y a detalle, cuya fuente suele ser la que se copie a través de encuestas, y cuyo diseño e implementación son costosos, sobre todo por las condiciones geográficas de las zonas rurales a las que hay que acudir.

En particular, los enfoques de curva de demanda y de sustitución de costos tienen la limitación de no poder medir beneficios más intangibles,



como las mejoras en la salud, en la educación o en la calidad de vida. Es por ello que el enfoque de evaluación de impacto se torna en una alternativa que, si bien es rigurosa económicamente, permite cuantificar beneficios sociales de interés.

Sin embargo, como se ha podido apreciar en las diversas evaluaciones de impacto, su rigurosidad econométrica es la que hace, a veces, complicada su aplicación. Para empezar, las fases de diseño de la propia metodología en aras de arribar a un adecuado mecanismo de identificación de la verdadera causalidad de la intervención (o del tratamiento) requiere la decisión de una aleatorización de los hogares o ciudades por ser intervenidas y de hogares o ciudades similares que ya cuenten con electricidad. Con este proceso, además, es imprescindible arribar a una línea de base, que pueda ser medida en el futuro, para evaluar la variación en los beneficios esperados.

Esto último no suele ser del agrado de los decisores de políticas, pues una aleatorización es considerada como algo inequitativo que va en contra, precisamente, de los objetivos político-sociales: dotar a zonas pobres del servicio en el corto plazo.

Como una alternativa, la literatura econométrica ha desarrollado una serie de herramientas que tratan de sobrellevar la no aleatorización, las cuales demandan mucha información administrativa a nivel micro y macro. Entre ellas, la metodología de variables instrumentales, *propensity matching score*, diferencias en diferencias, efectos fijos, ya explicadas en el acápite anterior.

Respecto de los beneficios que trae la electrificación en viviendas rurales, la literatura revisada sugiere una serie de hipótesis interesantes por testear, en cuanto al efecto directo sobre el bienestar que genera el utilizar la electricidad como fuente de energía para una mayor (y mejor calidad de) iluminación, mayor uso de radio y televisión y refrigeración, y efectos indirectos como mejoras en el rendimiento escolar, incremento de los ingresos, reducción en tasas de fertilidad, entre otros.



3. Identificación de intervenciones y de sus beneficios sociales y perfil del consumidor rural de energía

3.1 Identificación de intervenciones y de sus beneficios sociales

Según la información proporcionada por el MEM, bajo el Plan Nacional de Electrificación Rural se ha ejecutado un total de 1.333 obras a nivel nacional, entre los meses de agosto de 2006 y julio de 2011, en 11.224 localidades, involucrando un monto total de inversión de, aproximadamente, S/. 2,1 mil millones, beneficiando a más de 3 millones de habitantes (cuadro 3.1).



Cuadro 3.1
Plan Nacional de Electrificación Rural (obras concluidas entre agosto 2006 y julio 2011)

N°	Departamento	N° de obras	Inversión total (S/.)	Localidad	Población beneficiada (habitantes)	Demanda potencia (MW)	Demanda energía (MWh)
1	Amazonas	37	54.630.399	261	67.054	3	5.340
2	Áncash	55	150.397.903	672	139.612	6	11.118
3	Apurímac	26	15.497.195	141	25.978	1	2.069
4	Arequipa	254	35.993.229	318	207.167	9	16.498
5	Ayacucho	34	136.989.210	884	186.945	8	14.888
6	Cajamarca	60	320.835.291	1.448	359.929	16	28.663
7	Cusco	47	91.620.052	653	107.246	5	8.541
8	Huancavelica	36	39.757.652	375	53.704	2	4.277
9	Huánuco	45	142.161.333	927	206.846	9	16.472
10	Ica	4	14.093.732	80	7.709	0,4	614
11	Junín	35	117.170.747	768	204.240	9	16.265
12	La Libertad	65	124.839.799	716	206.539	9	16.448
13	Lambayeque	132	146.850.595	613	209.938	10	16.719
14	Lima	14	13.843.165	62	22.070	1	1.758
15	Loreto	37	85.903.846	240	162.229	7	12.919
16	Madre De Dios	6	69.359.579	40	22.288	1	1.775
17	Moquegua	38	3.711.963	53	10.726	0,5	854
18	Pasco	9	26.554.383	199	34.576	2	2.754
19	Piura	69	137.975.635	705	270.362	12	21.531
20	Puno	75	194.936.839	1.236	275.375	13	21.930
21	San Martín	39	77.288.969	377	138.938	6	11.065
22	Tacna	195	18.042.387	258	44.236	2	3.523
23	Tumbes	10	9.286.165	46	9.394	0,4	748
24	Ucayali	11	28.410.819	152	53.115	2	4.230
Total		1.333	2.056.150.889	11.224	3.026.216	138	240.997

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2012).



3.1.1 Tipos de intervenciones en electrificación rural

Por otra parte, tal como los TdR de la consultoría destacan, usualmente se tipifica las intervenciones de electrificación rural en tres rubros:

- (i) Instalación y ampliación del servicio de electricidad, cuyos beneficios están relacionados con el impacto en el cambio de hábitos de consumo, ya que los beneficiarios reciben por primera vez el servicio.
- (ii) Mejoramiento del servicio de electricidad, cuyos beneficios están relacionados regularmente con el impacto en el uso de la electricidad, debido a la mayor disponibilidad del servicio o en una tensión y/o potencia superior.
- (iii) Aprovechamiento de la electricidad para usuarios que cuentan con el servicio, cuyos beneficios están relacionados con el mayor y mejor uso de la electricidad, debido a su utilidad en la mejora de la competitividad (uso industrial) o en acceso a nuevos servicios no identificados para mejorar la calidad de vida (uso doméstico).

De acuerdo a la información cuantitativa (algunas estadísticas de intervenciones realizadas en los dos últimos años) y cualitativa (recabada en reuniones de trabajo) brindada por el MEM, se evidencia que principalmente se da la intervención tipo (i).



Cuadro 3.2
Intervenciones de obras de electrificación rural (agosto 2011 – marzo 2012)

Departamento	Tipo de inversión
Amazonas	15 obras de instalación y rehabilitación de electrificación rural en poblados, anexos y caseríos.
Cajamarca	8 obras de instalación y electrificación rural en localidades y caseríos.
Piura	12 proyectos culminados de SER e instalaciones de sistemas de electrificación en caseríos y localidades.
Lambayeque	11 obras de instalación de SER y de colocación de líneas primarias y secundarias.
La Libertad	11 proyectos ejecutados de construcción, instalación y ampliación de SER en localidades y centros poblados e instalación de PSE.
Áncash	17 obras de construcción, ampliación y mejoramiento del SER en poblados, caseríos y anexos. Se instaló un PSE.
Lima	Mejoramiento del sistema de electrificación de las localidades del distrito de Santa María-Huaura.
Arequipa	Ampliación del sistema de electrificación rural de las comunidades de Murco, Pichinca, Tocroyo, Misayanoc y Pucro.
Tacna	Mejoramiento, ampliación del servicio de electrificación rural en 14 caseríos, distrito Inclán-Tacna.
Loreto	2 instalaciones de SER.
San Martín	12 proyectos terminados de SER y de PSE en localidades y caseríos.
Ucayali	3 obras de ampliación de redes de distribución primaria.
Huánuco	4 obras de construcción, instalación y ampliación de electrificación, así como de redes primarias y secundarias.
Huancavelica	32 obras de instalación y ampliación de electrificación rural en diversos anexos, localidades y caseríos.
Cusco	20 obras de construcción e instalación de sistemas eléctricos y de PSE.
Apurímac	7 obras de instalación de SER, ampliación de redes primarias y secundarias en comunidades y centros poblados.
Ayacucho	3 obras de instalación, mejoramiento y ampliación de redes eléctricas.
Puno	15 obras de construcción de sistemas eléctricos e instalación de PSE, colocación de subsistemas de redes de distribución primaria y ampliaciones de electrificación rural.

Notas: SER (sistemas eléctricos rurales), PSE (pequeño sistema eléctrico).

Fuente: «Más electricidad en zonas rurales». En: Diario Oficial *El Peruano*, 22 de abril de 2012.
Elaboración propia.



Asimismo, de acuerdo a la información brindada por el MEM, en el anexo 3 se presenta la tipología de algunas obras de electrificación rural, donde se identifican los tipos de intervención, el número de beneficios según tipo de sistema, las actividades realizadas y la calificación eléctrica de cada intervención.

Cabe precisar que si bien la estimación de los beneficios sociales por realizarse como parte de la consultoría se centra únicamente en el primer tipo de intervención, de acuerdo a los TdR, la presente sección describirá, con fines principalmente académicos, los tres tipos de intervención y los objetivos que se desprenden de cada uno de ellos, de los cuales se obtendrán beneficios sociales, económicos y ambientales que recaerán sobre la población objetivo de cada una de las intervenciones.

Entre los beneficios sociales más importantes que se perciben como consecuencia de las intervenciones, se encuentran la mejora de la salud, a través de la reducción de la incidencia de enfermedades respiratorias y otros riesgos para la salud; impactos positivos en la educación, por el mayor tiempo de estudio en el hogar debido a una mejor iluminación; mejoras domésticas por el uso de una mejor iluminación, mayor tiempo de televisión y radio, utilización de aparatos eléctricos –refrigeradoras, ventiladores, etc.–; en la fertilidad, tanto por el acceso a mayor información en el tema a través de medios, como por el hecho de que la disposición de electricidad reduce la frecuencia coital a favor de alternativas como la televisión (Peters y Vance 2010); y, en el acceso a mejores bienes públicos, por ejemplo la disponibilidad de mayor seguridad, producto de la mayor y mejor iluminación pública.

Con respecto a los beneficios económicos, las oportunidades de generación de ingresos se incrementan para los negocios comerciales, ya que están en operación durante mayor tiempo; el acceso a la electricidad permite ingresos familiares más altos, pues aumenta la productividad de las actividades agrícolas y no agrícolas; y se perciben menores gastos en energía, ya que decrece el uso de velas, lámparas, baterías, etc.



Desde la perspectiva ambiental, las obras de electrificación rural permiten un menor consumo de combustible, lo que permite la mejora de la calidad del aire y reduce la deforestación y la contaminación.

Los beneficios sociales, económicos y ambientales, descritos anteriormente, desde el punto de vista académico se pueden desprender de las intervenciones en electrificación rural (i), (ii) y (iii). No obstante, no necesariamente cada tipo de intervención genera el mismo nivel de beneficios ni el mismo nivel de impactos¹. De otro lado, muchos de los beneficios que se desprenden pueden ser cuantitativos y, por tanto, fáciles de ser estimados; mientras que muchos otros son cualitativos, lo que conlleva que su estimación sea más compleja.

Con respecto a la importancia relativa de los beneficios derivados de las intervenciones en electrificación rural, los beneficios desprendidos de los diferentes tipos de intervenciones tienen efectos de magnitud diferente fundamentalmente por las características de la población atendida, por lo que una priorización de beneficios esperados depende de las necesidades de la zona donde se realiza la intervención.

Finalmente, en el hipotético caso de que un estudio calcule los beneficios económicos de los tres tipos de intervención en electrificación rural, ciertamente la DGER tiene la posibilidad de establecer prioridades de acuerdo a la magnitud absoluta de cada tipo de beneficios. No obstante, dicha priorización debe tener en consideración de que su decisión por el tipo de intervención con mayores beneficios podría estar restando la oportunidad a beneficiarios (probablemente, más pobres) que, aun reportando beneficios bajos, podrían mejorar su calidad de vida. Adicionalmente, la DGER no solo deberá considerar una priorización desde el lado de la demanda del servicio, sino también desde el lado de la oferta. Es decir, consideraciones en materia de costo-efectividad del tipo de intervención también deben contrastarse con los beneficios sociales esperados.

1. Debe precisarse que la estimación que se haga de los beneficios sociales solo se referirá al primer tipo de intervención, de acuerdo a los términos de referencia de la consultoría.



En los siguientes acápite, se describen los principales subtipos de intervención en electrificación rural que, en particular, forman parte de la instalación y ampliación del servicio de electricidad, y los beneficios que estos generan en los usuarios de los mismos.

3.1.2 Subtipos de intervención en electrificación rural

De acuerdo a la literatura sobre electrificación rural revisada, los diferentes modelos de electrificación rural se pueden analizar desde diversos parámetros: fundamentalmente, según la tecnología utilizada y la propiedad; pero, también, con base en los tipos de suministro, de subsidio recibido (a la conexión o al consumo), el modo de introducción de competencia (vía parámetros tales como número de usuarios conectados, niveles tarifarios, mínimos subsidios), el reparto de riesgo entre los distintos agentes (proveedores, consumidores, Estado) y el grado de desarrollo del mercado del sector.

Al respecto, Arraiza (2008) plantea una tipología en función de la tecnología utilizada y la propiedad. En cuanto a la primera, se tiene:

- (i) Extensión de redes, que consiste en la conexión a una red de distribución nacional interconectada como medio de acceso al mercado nacional de energía;
- (ii) Microrredes conectadas a la red, localizadas en zonas rurales aisladas, alimentadas por pequeñas centrales o generadores de energía renovable que se conectan a la red para verter sus excedentes; y
- (iii) Soluciones «*off grid*», que pueden consistir en: (a) microrredes aisladas para el suministro de energía a pequeñas comunidades aisladas, alimentadas por pequeñas centrales o generadores de energía renovable no conectados a la red; y (b) suministros individuales «*off grid*» a los hogares o instalaciones comunitarias.



Respecto de la segunda, las opciones son:

- (i) Propiedad privada, bajo la cual puede ser de pequeñas empresas descentralizadas (comercializadoras con pequeñas redes) o grandes empresas centralizadas (concesión a empresas privadas para extender las redes);
- (ii) Propiedad comunitaria, que consiste en cooperativas u otras organizaciones comunitarias; y
- (iii) Propiedad pública, a través de pequeñas compañías municipales (descentralizadas) o grandes compañías públicas (centralizadas).

Por su parte, en una investigación de la Defensoría del Pueblo de Perú (DP 2010), se explica que se pueden emplear diversos criterios para clasificar los sistemas de electrificación rural, considerando aspectos como tecnología utilizada, capacidad de generación y distribución, tipo de fiscalización o verificación a que se encuentran sometidas por parte de algún ente regulador del sector, propiedad de los activos, entidad o responsable que ejerce la gestión, operación y mantenimiento de las infraestructuras de generación y distribución, entre otros.

De acuerdo a la misma investigación, estos criterios adquieren mayor importancia cuando se analizan los sistemas aislados (aquellos no conectados al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional – SEIN, debido a su lejanía), ya que en el caso de los sistemas interconectados (al SEIN), en particular, los aspectos de propiedad, responsabilidad en la gestión y roles de supervisión y fiscalización están claramente definidos.

A.- Sistemas rurales conectados al SEIN

En el Perú, por el SEIN circula más del 97% de toda la electricidad que se consume en el país; y, para su mejor funcionamiento (y de cualquier otro sistema de transmisión independiente con un tamaño



considerable), se creó una entidad encargada de su administración y del despacho centralizado de electricidad desde las distintas centrales de generación, denominada Comité de Operación Económica del Sistema (COES)².

La tecnología de generación utilizada en el SEIN es básicamente hidráulica (48,9% de la potencia instalada y 62,9% de la energía producida a diciembre del 2009) y térmica (51,1% y 37,1%, respectivamente).

Los sistemas rurales conectados al SEIN suelen acceder de manera más fácil a los subsidios existentes³, por lo que su operación económica, en principio, es viable. Sin embargo, existe una serie de deficiencias desde el punto de vista de la calidad del servicio, especialmente en los extremos (puntas o finales) de la red. Esto se suele atribuir a las grandes distancias, altas dispersiones y bajos consumos, que originan que se preste menor atención a las localidades más alejadas.

De acuerdo a Osinergmin (2010), en los sistemas eléctricos rurales, las redes son diseñadas y construidas con criterios técnicos para atender la demanda doméstica, cuyas instalaciones están compuestas básicamente por: (i) líneas primarias, (ii) subestaciones de distribución y (iii) redes secundarias.

2. El directorio de este comité está integrado por representantes de las empresas de generación, transmisión y distribución del sistema interconectado, además de representantes de los clientes libres que así lo decidan.

3. En el sector eléctrico existen dos tipos de subsidios:

(i) El Fondo de Compensación Social Eléctrica (FOSE) –Leyes 27510 (del año 2001) y 28213 (del año 2004)–, mediante el cual todos los usuarios con consumos superiores a los 100 kWh/mes subsidian una parte del consumo de los usuarios con consumos inferiores a dicha cifra. Se trata, entonces, de un subsidio cruzado establecido para favorecer el acceso al segmento más pobre de consumidores. Sin embargo, su aplicación presenta dos dificultades: primera, se trata de un subsidio ciego, ya que puede fallar en favorecer al grupo objetivo si no se define adecuadamente la variable que determinará al tipo de usuario favorecido; y, segunda, el límite superior de 100 kWh/mes crea desincentivos para emprender usos productivos de la electricidad en las zonas rurales, ya que los usuarios localizados en las mismas no desearán exceder dicho límite.

(ii) El Mecanismo de Compensación para Sistemas Aislados –Ley 28832 (del año 2006)–, que consiste en que los usuarios del SEIN subsidian una parte del costo de generación de los sistemas aislados, de tal manera que los usuarios de estos últimos paguen un precio más cercano al precio del sistema interconectado.



Líneas primarias

Configuradas bajo el tipo radial (es decir, salen desde una subestación hacia un área de consumo sin tener puntos en común con otras líneas [Dammert, Molinelli y García 2008]), alimentando en su recorrido subestaciones de distribución con niveles de tensión de 22,9, 13,2 o 7,6 kW, y excepcionalmente 33 kW.

En el Perú, se viene utilizando el sistema monofásico con retorno por tierra (MRT) desde hace dos décadas, debido a que resulta más económico y de más rápida construcción, debido a su diseño simplificado y bajo costo de mantenimiento.

Subestaciones de distribución

Consisten en instalaciones aéreas del tipo monoposte y en menor grado biposte, y son mayoritariamente monofásicas, con transformadores de capacidades de entre 5 a 25 kVA, para zonas con baja densidad poblacional.

Redes secundarias

Se trata de instalaciones también aéreas, mayoritariamente trifásicas, entre 15 a 75 kVA, con niveles de tensión nominal de 220 V, con conexiones de 380/220 V 4 hilos o 220 V 3 hilos, generalmente en postes de concreto armado centrifugado, conductores autoportante o tipo CPI, pastorales con luminarias simples y conexiones domiciliarias con cable concéntrico.

B.- Sistemas rurales aislados

Los sistemas que se presentan en este acápite son descritos a partir de la información recopilada de Arraiza (2008), DP (2010), Osinergmin (2010) y MEM (2006); y se trata de esquemas vigentes en el mercado en contante desarrollo y de uso extendido en zonas rurales.



La característica de estos sistemas es que se encuentran aislados (*off-grid*), cerca de los usuarios pero generalmente alejados de las redes interconectadas existentes, por lo que las soluciones de extensión de redes no son adecuadas en estos casos (Arraiza 2008). Para este tipo de sistemas, resulta pertinente que la operación sea realizada por empresas pequeñas o de mediano tamaño, posiblemente locales, o por asociaciones compuestas por los propios consumidores.

Este tipo de sistemas –hidráulicos (en especial, minicentrales), térmicos, fotovoltaicos, eólicos, con biogás e híbridos– se constituyen en la solución más adecuada para la electrificación en zonas aisladas en las que la extensión de las redes no resulta económica o técnicamente viable debido, principalmente, a la dispersión de la población y al bajo consumo de energía de los consumidores de estas zonas.

Sistemas hidráulicos

A través de minicentrales, para abastecer a pequeñas poblaciones del ámbito rural, se convierte la energía cinética o potencial del agua en electricidad. Estas minicentrales usan la fuerza de un desnivel de agua para accionar una turbina y un generador eléctrico, que, en el caso específico de aplicación a sistemas *off-grid*, funcionará de manera aislada.

Las instalaciones, al ser de tamaño medio y pequeño, permiten producir la energía cerca del consumidor, lo que es una clara ventaja en la aplicación para las zonas rurales aisladas. Asimismo, ocupan poco espacio y tienen un escaso impacto ambiental.

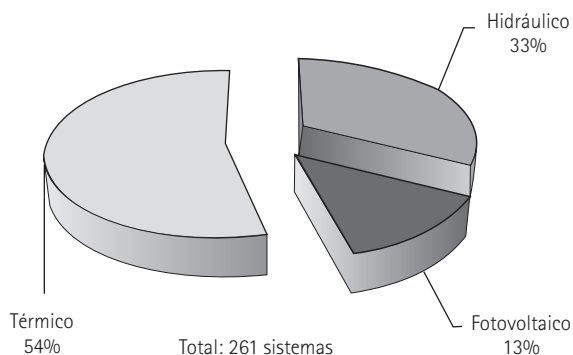
Para poder instalar una minicentral hidráulica únicamente es necesario que exista un curso de agua, aunque sea pequeño, con un salto incluso de pocos metros. Ciertamente, su instalación requiere una obra civil mucho mayor que la requerida para instalaciones eólicas o fotovoltaicas, como se verá más adelante. Sin embargo, a diferencia de estas últimas, la energía hidráulica puede producir electricidad de



manera continua, sin la necesidad de baterías; y dado que el recurso hídrico no presenta la aleatoriedad que presenta el recurso eólico o solar, incluso una pequeña instalación hidráulica permite generar grandes cantidades de energía.

De acuerdo a cálculos de Osinergmin (2010), al año 2010, de los 261 sistemas eléctricos rurales aislados (SERA), 85 (33%) son abastecidos por minicentrales hidroeléctricas (gráfico 3.1). Asimismo, el cuadro 3.3 muestra que del total de los costos totales anuales de centrales hidráulicas para potencias de 50 kW, 100 kW y 200 kW, el 82% – 84% constituye la inversión anual (en generación y distribución) y el 16% – 18%, los costos anuales de operación y mantenimiento. Por ello, dada la magnitud de dichos costos totales anuales (por encima de los US\$ 91.000, según la potencia), para identificar los puntos de instalación de minicentrales hidráulicas no solo se deben considerar condiciones naturales como la topografía y clima, sino, además, factores sociales, como la distancia del lugar de construcción a las localidades adyacentes y las infraestructuras preexistentes.

Gráfico 3.1
Tipo de recurso energético



Fuente: Osinergmin (2010).



Cuadro 3.3
Costo total anual de las centrales hidráulicas (en US\$)

Costo total anual	Potencia de la central hidráulica		
	50 kW	100 kW	200 kW
1.- Inversión			
1.1.- Generación CAE	52.151,71	84.936,90	118.543,90
1.2.- Distribución CAE	23.551,56	45.836,09	84.149,69
Inversión anual	75.703,27	130.773,00	202.693,59
	82,80%	83,42%	83,41%
2.- Operación y mantenimiento			
2.1.- Generación	6.171,81	9.405,63	12.686,54
2.2.- Distribución	7.155,16	11.783,61	18.014,97
2.3.- Comercial	2.400,00	4.800,00	9.600,00
Costo de O&M anual	15.726,96	25.989,23	40.301,51
	17,20%	16,58%	16,59%
Costo total anual	91.430,24	156.762,23	242.995,10
	100,00%	100,00%	100,00%

Fuente: Osinergmin (2010).

Sistemas térmicos

A través de estos sistemas, se aprovecha la energía derivada del calor que se produce al quemar determinados cuerpos como el carbón, el *fuel-oil*, la leña, etc., que producen vapor que es utilizado para activar turbinas que generan electricidad.

Al año 2010, de los 261 sistemas eléctricos rurales aislados (SERA), 140 (54%) han sido abastecidos por centrales térmicas (gráfico 1). Entre ellos, de acuerdo a información del MEM, el sistema eléctrico de Iquitos, ubicado en el departamento de Loreto, es uno de los sistemas aislados térmico a petróleo más grandes y antiguos, con una capacidad instalada de 39,1 MW, conformado por grupos de diésel de media velocidad que utilizan petróleo residual. La concesión de este sistema está a cargo de la empresa Electro Oriente S.A.

Por otra parte, también se tiene el sistema eléctrico de Puerto Maldonado, localizado en el departamento de Madre de Dios, que abastece a la



ciudad del mismo nombre. Cuenta con una capacidad instalada de 6,2 MW conformada por grupos diésel de alta velocidad que utilizan petróleo diésel N° 2. La empresa Electro Sur Este S.A. es la concesionaria encargada de operar este sistema. Este sistema es completamente térmico, cuyas unidades de alta velocidad operan con combustible diésel, en vista de que por la magnitud de la demanda no se justifica el uso de unidades lentas con base en combustibles residuales.

Sistemas fotovoltaicos

La tecnología fotovoltaica, en particular a través de sistemas solares individuales (o paneles solares), permite el aprovechamiento de la energía solar mediante el efecto fotovoltaico que se produce cuando la luz del sol incide sobre un material denominado «semiconductor» (hecho de silicio), capaz de absorber la radiación solar y transformarla en energía eléctrica. Este proceso ocurre porque los fotones de la luz transmiten su energía a los electrones del referido material y los activan, ocasionando que parte de ellos asciendan a la superficie y se genere una corriente eléctrica capaz de desplazarse a través de un circuito⁴.

Ciertamente, el funcionamiento de estos sistemas depende de factores externos, tales como la radiación solar y la temperatura de funcionamiento, sin perjuicio de poder ser expuestos sin problemas a la intemperie porque sus componentes están aislados.

Estos sistemas permiten, como otras energías renovables, el aprovechamiento de una fuente de energía limpia y gratuita en el lugar de consumo. La ventaja que presenta frente a otro tipo de tecnologías es su facilidad de instalación, su apenas existente necesidad de operación y mantenimiento, y su modularidad.

4. De acuerdo a DP (2010), se han desarrollado otras tecnologías como las células de concentración o espejos, que concentran los rayos del sol sobre las células, lo que las hace más adecuadas para lugares soleados debido a que los lentes deben recibir directamente la radiación solar para seguirla y concentrarla continuamente sobre la célula.



Dado lo anterior, esta clase de sistema se puede emplear en aquellas zonas donde no existe una red convencional, como es el caso de zonas rurales o zonas protegidas (aquellas en las que, por motivos de protección ambiental, se recomienda no instalar tendidos eléctricos); o si se requiere instalar señalización (carreteras y puertos, alumbrado de calles, etc.), así como el bombeo de agua.

Por su parte, en el caso de zonas con conexión a la red eléctrica, pueden ser empleados como generadores adicionales, lo cual contribuye a la sostenibilidad del sistema energético, pues evita la generación eléctrica a partir de combustibles fósiles, reduciendo las emisiones de gases asociados a estos (dióxido de carbono, por ejemplo).

Arraiza (2008) explica que estas instalaciones generan electricidad generalmente en corriente continua 12–24 V, a pesar de que también existe la posibilidad de que produzcan energía alterna mediante la utilización de convertidores, aunque esto empieza a ser rentable para instalaciones superiores a los 200 Wp.

Los sistemas solares individuales constan de los siguientes componentes:

- Módulo fotovoltaico, usualmente, de silicio cristalino, de una potencia de 50 a 100 Wp, que permite el aumento de potencia simplemente mediante la conexión de módulos en paralelo.
- Batería, que normalmente es de plomo-ácido.
- Regulador de carga, que evita la operación de la batería fuera de un inadecuado rango de tensiones, y protege a la batería de posibles sobrecargas y sobredescargas.
- Cableado y dispositivo de protección.
- Lámparas u otros equipos de consumo.

En la mayoría de los casos, los equipos que componen un sistema de este tipo son importados, lo que representa una desventaja a la hora de



realizar un proyecto. Asimismo, aunque el mantenimiento de estas instalaciones es mucho menor que el que requiere otro tipo de tecnologías, es necesario realizar un mantenimiento periódico, consistente en la limpieza de los módulos fotovoltaicos, relleno del agua de baterías y reemplazo de fusibles, baterías, lámparas y reguladores de carga.

De acuerdo a Osinergmin (2010), en el Perú desde hace más de una década se utiliza energía solar mediante sistemas fotovoltaicos. La mayoría son del tipo sistema fotovoltaico domiciliario (SFD), con potencias típicas de 50-60 Wp, operando junto con una batería, un regulador de carga y de 2 a 3 lámparas fluorescentes de 9 u 11 W.

De acuerdo a la misma fuente, entre 1995 y 1998 el MEM instaló un total de 1.226 SFV en diferentes regiones, mayoritariamente en comunidades de la selva, los mismos que fueron transferidos a Adinelsa, de los cuales solo 193 fueron inventariados y los restantes se encuentran incompletos e inoperativos.

Al año 2005, existían alrededor de 10.000 SFV instalados con una potencia total de 1,5 MWp, de los cuales el 65% se emplean en telecomunicaciones⁵, y el 35% para iluminación interna de domicilios, incluyendo postas de salud, salas comunales, etc.

En un nuevo convenio entre el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, con financiación de Global Environment Facility y el MEM, se ha implementado el Proyecto PER/98/G31 con una inversión total de US\$ 6.041.593, para realizar las siguientes actividades:

- Evaluar los sistemas fotovoltaicos instalados por la DEP/MEM entre los años 1996-2002, con la finalidad de analizar los impactos y extraer lecciones para desarrollar el modelo de gestión que garan-

5. Al respecto, el Fondo de Inversión de Telecomunicaciones (Fitel) ha implementado hasta 7.000 sistemas telefónicos satelitales que emplean energía solar (DP 2010). De este total, 400 sistemas no solo suministran electricidad para telecomunicaciones, sino además para Internet. Se estima como beneficiarios a 5,7 millones de personas, las cuales emplean como modalidad principal de pago el uso de tarjetas prepago.



tice la sostenibilidad de estos proyectos. Al respecto, DP (2010) detalla que en el año 2004, el MEM encontró en la evaluación que de un total de 724 sistemas fotovoltaicos domésticos visitados, el 36% no estaba operativo y más del 83% requería reposición de baterías, controladores de carga y/o luminarias. Este hallazgo sugiere que la reposición de componentes de los sistemas fotovoltaicos no garantiza *per se* la sostenibilidad de estos en el tiempo, por lo que se requería complementarla con la adopción de nuevos sistemas de gestión, capacitación, fortalecimiento de comités locales y el monitoreo ordenado de los sistemas.

- Implementación de 4.524 sistemas fotovoltaicos en los departamentos de Amazonas, Cajamarca, Loreto, Huánuco, Pasco y Ucayali, que serán administrados por Adinelsa mediante un nuevo convenio con la participación activa de las municipalidades y Comités Pro Electrificación en cada una de las localidades beneficiadas, con una tarifa de electricidad bajo la modalidad de «pago por servicio» de S/. 18 mensuales.
- Implementación del proyecto piloto «Sistema Fotovoltaico Domiciliario», cuya ejecución estuvo a cargo del Centro de Energías Renovables de la Universidad Nacional de Ingeniería (CER – UNI), en la isla Taquile del Lago Titicaca, logrando instalarse un total de 430 SFD en el año 1996. El método de pago utilizado fue el de «repago por préstamo», consistente en el pago de 5 cuotas de US\$ 150 por ser pagadas en tres años.
- Rehabilitación y ampliación de los SFD instalados en las localidades de Callería (Coronel Portillo – Ucayali); Gloria, Libertad de Cuiparillo y Puerto Progreso (Yurimaguas – Loreto); Los Andes de Yanahuanca y Santa Ana de Pacoyán (Daniel A. Carrión – Pasco), con un alcance estimado de 278 sistemas.

Finalmente, DP (2010) hace referencia a dos proyectos adicionales. Primero, como parte del programa «Huascarán» del Ministerio de Educación, se han instalado sistemas de energía solar en 34 escuelas. Este



programa consistió en el reemplazo de baterías cada seis años, las cuales suministran energía para iluminación, radio de comunicación, computadoras y equipos audiovisuales para los programas educativos. La operación y mantenimiento diario del sistema es realizado por los profesores o padres de los alumnos que han recibido las respectivas capacitaciones. El costo del sistema bordea los US\$ 30.000, incluyendo US\$ 14.000 para baterías.

Segundo, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) instaló un sistema de energía solar para fines industriales en el poblado de Vilcallama, prefectura de Chuchito, región de Puno. Este sistema tiene una capacidad instalada de 2 kWp, suministrando electricidad a escuelas rurales, así como a un centro industrial dedicado a la fabricación de chompas y colchas de lana de alpaca y llama.

Sistemas eólicos

Estos sistemas permiten el aprovechamiento de la energía proveniente de los vientos producidos por la radiación solar. A través de aerogeneradores o parques eólicos es posible la generación de electricidad en zonas rurales aisladas.

En este caso, el combustible es gratuito y no contaminante. La energía eólica tiene el inconveniente de que el viento presenta una aleatoriedad que es muy difícil de controlar o predecir, por lo que resulta necesaria la utilización de baterías de acumulación para suplir las horas en las que no existe viento.

Con respecto a los aerogeneradores, mediante esta tecnología se logra la transformación de la fuerza del viento en electricidad. Para ello, las «turbinas eólicas» o «aerogeneradores» (situados en zonas descampadas en las que viento se traslada de manera constante e intensa) convierten la energía cinética del viento en movimiento en energía mecánica, mediante una hélice. Esta última hace girar el rotor de un generador, el cual convierte la energía mecánica en eléctrica. La energía eléctrica, entonces, debe



descender por una torre hasta un convertidor, el cual la transforma y la envía a la red eléctrica en condiciones adecuadas, sin fluctuaciones.

En el caso de zonas en las que la red eléctrica es débil o para lugares aislados de la misma red, es recomendable la instalación de aerogeneradores de pequeña y mediana potencia, los cuales, en la práctica, tienen la misma eficacia que los aerogeneradores convencionales.

Con relación a los «parques eólicos», estos agrupan un conjunto de aerogeneradores cuya finalidad es controlar y aprovechar mejor la energía generada, reducir los costos y poder contar con puntos únicos para evacuar la energía, reduciendo así la cantidad de líneas de transporte y, además, minimizando los posibles impactos ambientales (impacto de las obras y de los tendidos eléctricos, afectaciones a la flora y la fauna, a los monumentos arqueológicos, al impacto visual, entre muchos otros).

Este sistema tiene la ventaja de que es una fuente de energía que no genera residuos ni emisiones perjudiciales para el ambiente. Asimismo, la ocupación del suelo es mínima y, en todo caso, los sistemas eólicos pueden ser desinstalados sin dejar impactos sobre el suelo.

Las instalaciones eólicas requieren un mantenimiento mayor que el requerido por las instalaciones fotovoltaicas, principalmente porque comprenden componentes rotatorios; sin embargo, a la hora de producir, en tanto exista un viento moderado, los generadores eólicos son capaces de aprovechar más la energía primaria que una instalación fotovoltaica de características similares.

De acuerdo a Arraiza (2008), en las aplicaciones de electrificación rural, estas instalaciones tienen unas potencias de unos 10 kW cada una, pudiendo llegar hasta 200 kW en aplicaciones para más de una familia (instalación usualmente denominada «microeólica») y están formadas por:

- Un autogenerador, normalmente con turbina mono-eje, y palas que suelen ser de metal plaqueado: poliéster reforzado con fibra de



vidrio o, en menor proporción, con fibras de carbono, y, raramente, madera.

- Un regulador que controla la generación de corriente eléctrica y previene la sobrecarga de baterías.
- Un sistema de baterías que almacena la energía producida para su posterior uso.
- Un inversor que transforma la electricidad almacenada como corriente continua en corriente alterna para su uso doméstico, en los casos en los que sea de aplicación.
- Cableado y elementos de protección.
- Lámparas y otros elementos de consumo.

En cuanto a los costos que puede presentar su instalación (Arraiza 2008), estos oscilan entre US\$ 2.000 y US\$ 6.000 por kW instalado. Estos costos resultan mucho menores que los correspondientes a una instalación fotovoltaica, pero son también muy elevados, por lo que la implantación de este tipo de proyectos, unido a la capacidad de pago de las personas que habitan en zonas rurales, requerirá también el uso de mecanismos de subsidio para cubrir costos, así como del establecimiento de un marco regulatorio específico que favorezca su desarrollo.

De acuerdo a Osinergmin (2010), el empleo de sistemas eólicos para electrificación rural en el Perú se ha desarrollado desde 1980. Tres proyectos son destacados:

- Los aerogeneradores Waira de entre 500 y 1.200 W, de fabricación nacional con tecnología europea, constituidos por un generador alternador automotriz y acumulador; desde 1989 han sido instalados en una serie de localidades; más de la mitad de ellos no están operativos actualmente.



- Los aerogeneradores Riva Calzoni e ISEA de 3,5 kW y 10 kW cada uno, que se instalaron en 1986 y 1988 en la caleta de Yacila (Piura) para 80 familias dedicadas a la pesca artesanal, con financiamiento de la Cooperación Técnica Italiana. Funcionaron hasta 1991.
- Los aerogeneradores de Intermediate Technology Development Group (ITDG) de 100 y 500 W, desarrollados con el auspicio de Concytec, de los cuales el año 2008 se instalaron 21 en la localidad El Alumbre, Cajamarca, que como mínimo permiten 4 a 5 horas de energía al día y con las baterías cargadas pueden abastecer durante tres días consecutivos sin que haya viento.
- Adicionalmente, Adinelsa es propietaria de las siguientes centrales piloto: (i) la central eólica Malabrigo de 250 kW, operada por la concesionaria Hidrandina; y (ii) la central eólica San Juan de 450 kW, ubicada en Marcona, Ica.

Sistemas híbridos

Los sistemas de energía mixtos se caracterizan por la combinación de dos o más sistemas puros de energía renovable, de tal modo que se aprovechan las fuentes de energía de manera complementaria. Así, por ejemplo, se puede contar con la combinación de sistemas eólicos y fotovoltaicos, que pueden ser aprovechados dependiendo de los tiempos de cada estación del año. En los meses de invierno, cuando soplan grandes masas de viento, los aerogeneradores son capaces de producir energía eléctrica sin perjuicio de la ausencia de energía fotovoltaica. En el caso de los meses de calor prolongado, en los que exista una ausencia de vientos por largos períodos de tiempo, los sistemas fotovoltaicos pueden convertirse en la fuente de energía eléctrica principal.

En este supuesto, afirma Arraiza (2008), siempre será importante contar con un grupo de energía de apoyo como un soporte eléctrico, en el caso de que las energías solar y eólica sean insuficientes.



Dado lo anterior, los sistemas mixtos se convierten en una respuesta importante para aquellas zonas rurales en las que las condiciones del tiempo no son suficientes para mantener sistemas de energía renovable puros. No obstante, es importante subrayar que la demanda de energía, así como la disponibilidad de las fuentes energéticas, pueden encarecer los costos de operación y mantenimiento de dos o más sistemas de energía renovable. En razón de ello, es necesario realizar estudios de viabilidad.

Osinergmin (2010) da detalles de tres sistemas híbridos en el Perú:

- Por un lado, se tiene el Sistema Híbrido Padre Cocha, que lleva el nombre de Remote Área Power Supply (RAPS), se halla ubicado en la localidad de Padre Cocha, distrito Punchana, próximo a Iquitos, y ha sido desarrollada por Ilzro, organización dedicada a la investigación de usos del plomo y zinc. El sistema RAPS, con 40 kW de potencia instalada en 378 paños de celdas fotovoltaicas puede producir 80 vatios, cuya energía es acumulada en un banco de baterías que cubre la demanda diurna y con un grupo electrógeno de 135 kW las horas punta.
- Por otra parte, está el Sistema Eléctrico Campo Alegre, en la comunidad de Campo Alegre del distrito de Namora, en Cajamarca; se trata de un proyecto piloto híbrido eólico-fotovoltaico, cuyo objetivo es desarrollar la tecnología híbrida para aplicaciones rurales que sirva de referencia para próximos proyectos que se realicen en el campo eólico y/o fotovoltaico.
- Finalmente, el Sistema Híbrido «Eurosolar», programa impulsado por la Comunidad Europea, a través del convenio de financiación firmado en diciembre de 2006 entre la Oficina de Cooperación Europe Aid y los ocho países más pobres de Latinoamérica, para implementar un programa de promoción de energías renovables mediante sistemas híbridos con altos componentes fotovoltaicos que ayude a mejorar las condiciones de vida de las comunidades



rurales. Entre los países seleccionados para la implementación de este programa está el Perú, donde se previó la instalación de 130 de estos sistemas. Cada sistema está formado por un subsistema de generación eléctrica, subsistema de almacenamiento de energía, subsistema de acondicionamiento, un *kit* de comunicaciones, equipamiento sanitario y material técnico de ayuda al desarrollo de las poblaciones.

Sistemas con biogás

Estos sistemas utilizan una clase de combustible que se obtiene de la degradación de la materia orgánica (sea natural, como es el caso de la producción de pantanos; o artificial, como es el caso de vertederos de residuos sólidos urbanos y en las depuradoras de aguas residuales) que, en condiciones anaeróbicas, produce varios gases, entre los cuales destaca el gas metano.

Este gas se puede utilizar para producir energía eléctrica, mediante el empleo de turbinas o plantas generadoras de gas, así como mediante la aplicación de biodigestores (sistemas naturales que aprovechan la digestión anaeróbica que se produce en el estiércol, transformándolo en biogás).

Entre las ventajas que se obtienen al emplear esta clase de energía, la más importante es su condición de energía neutra en emisiones de gases invernadero. Además, la transformación de residuos en recursos energéticos implica un aprovechamiento sostenible.

Otros

Otras alternativas de generación de electricidad renovable son los sistemas de energía geotérmica, energías del mar y energías de biomasa. La energía geotérmica, cuyo origen radica en las reacciones naturales interiores de la Tierra, que producen grandes cantidades de calor, se puede emplear para la generación de energía eléctrica. Para ello se



debe identificar un campo geotérmico del cual emanen corrientes de calor (en forma de vapor) hacia la superficie, así como un acuífero o depósito receptor de la energía calorífica (agua y/o vapor). Con ello, se deben dirigir las corrientes de vapor producidas en el campo térmico a través de una turbina conectada hacia un generador, el cual producirá la energía eléctrica. Luego el vapor sigue un proceso de enfriamiento y, una vez licuado, se reinyecta al acuífero, con lo que vuelve a empezar el ciclo.

Algunas de las principales ventajas de este sistema son: (i) se puede reutilizar el agua reinyectada, la cual contiene gran cantidad de energía térmica; (ii) no se agota el agua del yacimiento, por cuanto se mantiene mediante su reinyección; y (iii) los residuos que se generan por su explotación son mínimos en comparación con los de otros sistemas energéticos. Sin embargo, en determinados yacimientos se ha detectado la presencia de sustancias químicas peligrosas (en algunos casos, mercurio y compuestos de azufre), lo cual obliga a observar especial cuidado en el proceso de transformación de energía, a efectos de evitar impactos adversos en la atmósfera y las aguas circundantes.

Con relación a la energía «mareomotriz», esta proviene de la recolección de la energía solar, que se concentra en las corrientes de agua, la biomasa marina (en determinadas algas marinas), así como en las mareas, etc.

3.1.3 Beneficios sociales resultantes según tipo de intervención

De acuerdo a lo desarrollado en los acápite previos, son variados los beneficios sociales que se logran según los tipos de intervención, los cuales pueden ser agrupados según los usos que les den los beneficiarios (hogares, comunidades, empresas). Así, se tiene:

- Para el uso doméstico (hogares rurales): iluminación, refrigeración, televisión, radio, comunicaciones.



- Usos productivos (empresas rurales o negocios en el hogar rural): bombeo de agua, cercas eléctricas, molinos, máquinas de coser, etc.
- Usos públicos (comunidades rurales): iluminación de escuelas y calles, uso de implementos en centros de salud, centros de comunicaciones, etc.

De acuerdo a la literatura revisada, se puede concluir que los beneficios sociales que genera cada intervención dependen del tipo de intervención y sobre qué grupo objetivo sea aplicado. En el caso de los sistemas rurales conectados al SEIN, estos tienden a generar mayor impacto en localidades que estén más cerca de una red eléctrica o tengan acceso a la electricidad que proviene de ella de manera permanente (o con el mínimo número de interrupciones). De ser este el caso, los beneficios sociales pueden ser observados, principalmente, a nivel de hogares, comunidades y empresas rurales que estén conectadas a una red eléctrica.

A nivel de hogares, los beneficios son:

- (i) mayor iluminación (a un costo inferior al generado por fuentes alternativas de iluminación, como las lámparas a querosene);
- (ii) acceso a información a través de la radio y televisión durante mayor tiempo (debido a que la duración de la fuente es mayor que la que proveen las pilas o baterías de auto);
- (iii) refrigeración y ventilación, lo que permite el almacenamiento de alimentos (se conservan más tiempo y reduce las frecuencias de preparación de los mismos) y el respirar aire más limpio;
- (iv) tiempo para la lectura de ocio, revistas y periódicos de entretenimiento;
- (v) seguridad (en vallas), contando con mayor protección gracias a la iluminación nocturna;



- (vi) si en el hogar se llevan a cabo actividades productivas, se permite la elaboración de artesanías, aumentando la productividad;
- (vii) si el hogar cuenta con sistema de bombeo de agua, mejoran las condiciones de salud e higiene; asimismo, el tiempo para la recolección de agua se ve reducido, en especial entre los niños y las mujeres, lo que resulta en una mejor educación (es decir, un menor ausentismo, mayor tiempo de estudio) y productividad.

A nivel de comunidades rurales, los posibles beneficios sociales son:

- (i) el alumbrado público brinda mayor protección (lo que reduce potenciales robos o asaltos en la noche);
- (ii) en las escuelas, la productividad de los profesores mejora a través de la enseñanza al emplear equipos multimedia, reduciéndose las tasas de ausentismo;
- (iii) en los centros de salud, la productividad del personal médico se mejora con el uso de equipos médicos electrónicos y mejor iluminación de los ambientes o espacios.

A nivel de empresas rurales, los posibles beneficios sociales son:

- (i) expansión de la gama de productos en las tiendas o negocios comerciales existentes;
- (ii) crecimiento significativo de actividades de pequeña escala, tales como: la horticultura, la ganadería lechera y la cría de cerdos, etc.;
- (iii) mejoras en productividad agrícola con el uso de sistemas de riego; es decir, se da la sustitución de equipos por otros más eficientes que requieran de electricidad.

Por otro lado, en el caso de los sistemas rurales aislados, se observa que estos tenderían a generar un mayor impacto, principalmente, en los ho-



gares rurales; sin embargo, desde el punto de vista de viabilidad económica de su implementación, se requeriría necesariamente del apoyo del Estado para su financiación, al menos en los costos de instalación.

Para cada tipo de intervención los efectos a nivel de hogares son similares pero, al menos en el caso peruano, se observa que ha habido un mayor uso de sistemas fotovoltaicos, eólicos e híbridos (en ese orden). Los beneficios posibles de este tipo de sistemas son:

- (i) beneficios en la salud, reduciendo la incidencia de enfermedades respiratorias y otros riesgos para la salud, asociados con el uso de combustibles sólidos y leña;
- (ii) en la educación, generando un impacto positivo en los resultados educativos, a través del mayor tiempo de estudio en el hogar debido a una mejor iluminación, lo que resulta en una mejora del rendimiento escolar;
- (iii) mejor iluminación, mayor tiempo de televisión y radio, utilización de aparatos eléctricos (refrigeradoras, ventiladores, etc.);
- (iv) al ser utilizados en hogares rurales muy alejados de las ciudades principales, tendrían un efecto en la fertilidad, reduciéndola;
- (v) mejora en la generación de ingresos, si en el hogar se llevan a cabo operaciones comerciales (una bodega, por ejemplo);
- (vi) mayor ahorro, al reducir el gasto en fuentes de energía, tales como: velas, lámparas, baterías, etc.

Finalmente, de todos los beneficios sociales mencionados, es ambicioso pretender que sea posible cuantificarlos en su totalidad. Sin embargo, de las experiencias revisadas (para fines del marco conceptual), y en la medida en que existan recursos suficientes para el acopio de información relevante (encuestas, principalmente), los siguientes beneficios sociales, en general, serían potencialmente cuantificables:



- (i) reducción en gastos de salud, producto de iluminación con electricidad que mejora condiciones del aire;
- (ii) incremento en rendimiento escolar, producto del mayor tiempo de iluminación;
- (iii) mejora en los ingresos comerciales (agrícolas y no agrícolas, por ejemplo), producto del acceso a electricidad;
- (iv) reducción de tasas de fertilidad, producto del acceso a más información y entretenimiento;
- (v) creación de empleo, como consecuencia de la generación de nuevas oportunidades de actividades comerciales.

3.2 Perfil del consumidor rural de energía

En todo mercado, resulta indispensable conocer las características de los consumidores con la finalidad de identificar qué variables son las que determinan sus niveles de consumo de bienes y servicios. La identificación de segmentos de demanda les permite a los hacedores de políticas formarse una idea de las características o atributos que distintos grupos de consumidores muestran frente a productos tan indispensables como la electricidad, para una mejor toma de decisiones sobre el destino de los recursos económicos a través de programas o proyectos de apoyo social.

Como fue mencionado en el marco conceptual, la electricidad obedece, en realidad, a una demanda derivada de los diversos usos que los consumidores puedan darle para la satisfacción de sus respectivas necesidades (Samanta y Sundaran 1983). Es decir, si bien la electricidad puede no satisfacer una necesidad *per se*, esta se constituye en un factor de producción o insumo importante para la generación de beneficios en los usuarios.



En la teoría económica, se suele utilizar el término «determinantes de la demanda». Estos consisten en un conjunto de variables que explican los niveles de consumo o la cantidad demandada de un agente consumidor (una persona, un hogar, un grupo de personas o de familias, etc.) de determinado bien o servicio. En ese sentido, por ejemplo, la siguiente expresión representa una función de demanda de fuentes de energía (electricidad, balón de gas, velas, querosene, etc.) de un hogar:

$$q_E = f(p_E, I, p_s, p_c, D, X, G)$$

la cual muestra que los determinantes de la demanda de fuentes de energía (q_E), por ejemplo, la electricidad proveniente de una red eléctrica, son los siguientes: el precio de la energía (p_E); el nivel de ingresos (I) totales del jefe de familia del hogar; el precio de algunos bienes sustitutos o alternativos a la fuente de energía (p_s) (por ejemplo, el precio de las velas); el precio de algunos bienes complementarios al consumo de energía (p_c) (por ejemplo, el precio de un foco); la distancia geográfica (D) (por ejemplo, la lejanía del hogar respecto de las fuentes de provisión de energía); las expectativas (X); y los gustos y preferencias (G) del usuario.

Siguiendo con el mismo ejemplo, es de esperar que manteniendo constantes I , p_s , p_c , D , X y G , ante un aumento en el precio de la electricidad (p_E) la cantidad demandada de electricidad (q_E) del hogar se reduzca. A esta relación inversa entre P_E y Q_E se le denomina «Ley de la demanda».

Adicionalmente, sin necesidad de que el precio de la energía (p_E) haya cambiado, los agentes pueden variar sus niveles de consumo de electricidad cuando alguna(s) de las demás variables (I , p_s , p_c , D , X o G) se modifique(n). Por ejemplo, teniendo en cuenta que la electricidad puede ser obtenida de una batería de auto, probablemente una mayor distancia geográfica (D) del hogar al lugar donde dicha batería pueda ser recargada reduce la demanda (Q_E) por dichas baterías como fuentes de energía.



Sin embargo, las decisiones de política no son tomadas para beneficiar a un solo hogar sino, por el contrario, a un grupo de hogares (o viviendas⁶); de hecho, a centros poblados que agrupan muchas viviendas. En ese sentido, es pertinente conocer qué características muestra el consumo de los diversos grupos de hogar, puesto que no todos los hogares son homogéneos sino que habrá diversas características que los hagan distintos unos de otros, y que hagan pertinente segmentarlos o agruparlos de acuerdo a ciertos criterios.

Para desarrollar las distintas caracterizaciones posibles de los consumidores de energía eléctrica, se utiliza como fuente de información la Encuesta Nacional de Energía a Hogares en el Ámbito Rural, realizada por el Banco Mundial entre los años 2005 y 2006. Si bien desde esos años es posible que haya habido cambios significativos de los hogares rurales, su utilización solo sigue fines observacionales y descriptivos de cómo es posible inferir algunos perfiles del consumidor rural de electricidad.

Cuando se observa la función de demanda en la expresión (1), es posible inferir que los niveles de consumo por parte de los agentes dependerán, entonces, de distintos aspectos: del tipo de consumidor (si es un individuo, un hogar, una empresa o una comunidad); del poder adquisitivo (si el hogar, por ejemplo, cuenta con altos o bajos recursos financieros); de la localización geográfica del agente consumidor, etc.

Por ello, retomando lo mencionado, la demanda de electricidad es una «demanda derivada» de los diversos usos que le dan los consumidores, por lo que una primera gran segmentación dependerá de los tipos de consumidores (hogares rurales, comunidades rurales o empresas rurales), quienes harán distintos usos de la energía eléctrica (cuadro 3.4).

6. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), un hogar es el conjunto de personas, sean o no parientes, que ocupan en su totalidad o en parte una vivienda, comparten las comidas principales y atienden en común otras necesidades vitales básicas. Por excepción, se considera hogar al constituido por una sola persona.



Cuadro 3.4
Caracterización de los consumidores rurales según usos de la energía eléctrica

Tipos de consumidores rurales	Usos en:						
	Focos/bombillas (iluminación para...)	Radio/TV	Cocina/estufa	Ventiladores	Refrigeradores	Bomba de agua	
Hogares	Espacios, lectura	Información (audio/video)	Calor para cocinar	Ventilación	Almacenamiento alimentos	Abastecimiento	
Comunidades	Espacios públicos	Audio/video comunal	Calor para desinfección	Ventilación espacios comunes (escuelas)	Conservación vacunas en postas	Abastecimiento comunitario	
Empresas	Seguridad, más horas de trabajo (mejora productividad)	Información	Calor para cocinar	Bombeo de agua	Almacenamiento	Abastecimiento	

Elaboración: CIUP.



Por otra parte, conocer acerca del uso de la energía según los patrones de gasto de los hogares (como una aproximación de poder adquisitivo o del nivel socioeconómico) permitirá aproximar la voluntad y capacidad potencial de pago de los hogares rurales por fuentes de energía, tales como el querosene, gas licuado de petróleo (GLP), baterías de autos, etc. En consecuencia, una segunda tipología consiste en caracterizar el perfil del hogar rural según niveles de gastos (específicamente, por quintiles), como una *proxy* de nivel socioeconómico.

Al respecto, esta segmentación permite clasificar a las fuentes de energía en tres categorías:

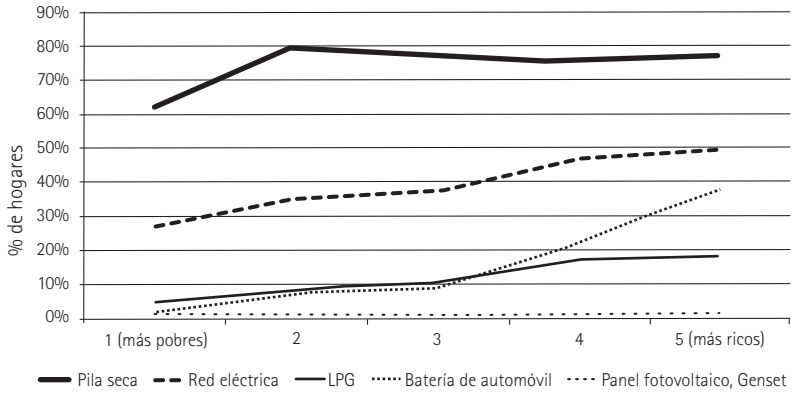
- (i) Formas de energía moderna que requieren de mayores niveles de gastos (o de ingresos) para la adquisición de los aparatos necesarios para utilizarla, como el GLP, baterías de autos y electricidad, cuyo uso se incrementa con mayores ingresos (llamados «bienes normales») (gráfico 3.2).
- (ii) Formas tradicionales de energía cuyo uso cae significativamente con el aumento de los niveles de gasto, tales como el abono y los residuos agrícolas (denominados «bienes inferiores») (gráfico 3.3).
- (iii) Formas tradicionales de energía que muestran una variación muy pequeña entre los quintiles de gasto, tales como velas, querosene y leña (gráfico 3.3).

Adicionalmente, siguiendo esta misma segmentación, al comparar el nivel de gasto energético de los hogares rurales entre diferentes quintiles de gasto, es posible notar una relación positiva entre el gasto energético de los hogares y el bienestar financiero para todos los tipos de fuentes de energía (cuadro 3.5). En efecto, los hogares más pobres gastan, en promedio, S/. 9,4 en energía; mientras que los gastos promedio en esta para el segundo, tercero, cuarto y el quintil más rico son de S/. 15,3, S/. 20,6, S/. 30,1 y S/. 49,1 por mes, respectivamente.



Gráfico 3.2

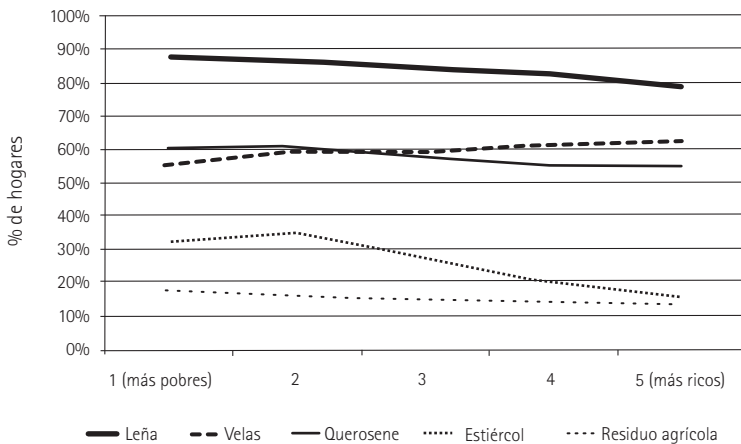
Uso de energía moderna en hogares rurales por quintil de gasto



Fuente: Meier *et al.* (2010).

Gráfico 3.3

Uso de energía tradicional en hogares rurales por quintil de gasto



Fuente: Meier *et al.* (2010).

**Cuadro 3.5****Gasto total mensual del hogar rural en energía, según quintiles (en nuevos soles)**

	1 (más pobre)	2	3	4	5 (más rico)	Todos
	< 113 Soles	113-201 Soles	201-321 Soles	321-533 Soles	> 113 Soles	
Red eléctrica	7,4	8,5	10,4	14,2	22,5	13,6
Velas	2,7	23,0	3,6	3,6	4,1	3,4
Querosene	4,9	6,6	8,8	11,7	16,2	9,3
Generadores pequeños	0	0	13,0	29,0	38,1	33,2
Pilas secas	3,4	4,5	5,3	6,0	7,3	5,4
Batería de automóvil	5,2	5,1	5,8	6,7	7,4	6,5
LPG	20,4	20,6	26,2	30,1	37,1	32,6
Combustible	13,6	17,9	22,9	27,7	36,0	26,6
Gasto total en energía	9,4	15,3	20,6	31,1	49,1	25,1
% del gasto total	17,1%	9,9%	8,2%	7,4%	5,8%	9,7%

Fuente: Meier *et al.* (2010).

Es de destacar también que si bien los hogares rurales pobres gastan menos en energía que los hogares rurales no pobres, sus desembolsos en energía representan una gran parte del total de sus ingresos: los hogares en el quintil más bajo gastan alrededor del 17% de sus gastos mensuales totales en energía, mientras que los hogares de todos los demás quintiles gastan menos del 10%. Como bien explican Meier *et al.* (2010), esto se debe a que usualmente los pobres no tienen acceso a una red eléctrica barata.

Una tercera forma de tipificar a los hogares rurales consiste en segmentar sus usos de energía de acuerdo a la región geográfica (Costa, Sierra y Selva) en la que se localicen. Esta segmentación se sustenta en el hecho de que los hogares rurales de diferentes regiones dependen de entornos y coyunturas distintas, que los llevan a confrontar precios diferentes y disponibilidad variada de la energía, y exhiben diferentes capacidades de gasto (como *proxy* de poder adquisitivo) (cuadro 3.6).



Cuadro 3.6
Diferencias en gastos entre regiones, según quintil de gasto

Quintil de gasto	Costa Norte	Costa Central	Costa Sur	Sierra Norte	Sierra Central	Sierra Sur	Amazonía
5 (más ricos)	38%	55%	54%	8%	18%	11%	32%
4	33%	31%	28%	16%	18%	16%	25%
3	19%	10%	13%	22%	18%	23%	21%
2	7%	2%	4%	30%	20%	27%	11%
1 (más pobres)	4%	2%	2%	25%	27%	42%	10%

Fuente: Meier *et al.* (2010).

Se observa que los gastos de los hogares rurales más pobres, según los quintiles de gasto, son mayores en las regiones andinas; mientras que las regiones costeras abrazan a una menor proporción de los mismos hogares. Ciertamente, esto sustenta el por qué las decisiones de política en materia de electrificación rural deben orientarse mayoritariamente a las zonas geográficas de mayor pobreza, ya que suelen tener dificultades de acceso a servicios y a infraestructuras básicas.

Adicionalmente, como se puede apreciar en el cuadro 3.7, existe variabilidad entre las fuentes de energía de los hogares rurales en las regiones costeras, andinas y amazónicas, estas últimas con importantes poblaciones indígenas. Así, el consumo de electricidad por red es mayor en la Costa Sur (71% de los hogares) y en la Costa Central (60% de los hogares), mientras que es menor en la Selva (18% de los hogares). Respecto de otras fuentes de energía, por ejemplo el uso de GLP, su consumo también es más alto en las zonas costeras del centro y del sur, y es más bajo en el norte de los Andes y en la Selva. Por otro lado, el consumo de combustibles como fuente de energía es mayor en la región andina y en la Amazonía.



Cuadro 3.7
Porcentaje de hogares según uso de tipos de energía, por regiones

	Región costera			Región andina			Selva	Todas las regiones
	Norte	Centro	Sur	Norte	Centro	Sur		
Red eléctrica	35	60	71	22	52	44	18	39
Combustible	85	74	68	94	92	64	95	84
Pila seca	71	51	55	78	66	74	91	74
Querosene	71	52	31	71	44	52	73	57
Velas	47	53	60	56	69	66	46	60
Batería de automóvil	31	23	13	9	8	7	15	11
GLP	28	63	53	5	17	10	7	14
Residuos agrícolas	8	7	5	5	18	13	3	11
Estiércol	0,4	0,5	15	3,6	2,6	65	0,1	25
Paneles solares fotovoltaicos	0,3	0,1	0,1	0,4	0,0	0,9	1	0,5
Generadores pequeños	0,9	1	0	0	1	0,2	0,9	0,6
Todos los hogares (000s)	156,4	75,3	27,8	362,0	634,2	565,0	383,4	2.204,2

Fuente: Meier *et al.* (2010).

Finalmente, una cuarta segmentación puede consistir en la tipificación de los patrones de consumo de electricidad por parte de hogares rurales según su acceso o no a una red eléctrica. De acuerdo a Meier *et al.* (2010), en el Perú solo el 39% de los hogares rurales cuenta con el servicio de una red eléctrica, en parte por la dificultad geográfica y topografía del país.

En efecto, como se puede apreciar en el cuadro 3.8, se puede inferir que los hogares rurales con acceso a la red eléctrica están mejor económicamente que aquellos sin acceso a dicha red: el gasto promedio mensual de los hogares conectados a la red es de S/. 430 frente a los S/. 317 para los hogares sin conexión a la red.



Cuadro 3.8
Gasto total del hogar y nivel educativo, según estatus de electrificación

	Red de energía eléctrica		Todas las áreas
	Con acceso	Sin acceso	
Sin educación escolar	10%	16%	14%
Educación primaria	51%	63%	58%
Educación secundaria	30%	18%	23%
Educación superior	9%	3%	5%
Gasto total en el hogar (soles/mes)	430	317	361

Fuente: Meier *et al.* (2010).

Elaboración: CIUP.

Otro aspecto por destacar es que esta segmentación permite notar que los niveles de educación del jefe de hogar se diferencian según el acceso del hogar rural a la red eléctrica: 39% de los hogares rurales conectados a la red tienen jefes de hogar con al menos educación secundaria, en comparación con solo el 21% de los hogares no electrificados.

Ahora bien, en materia educativa, como fue explicado en la sección 2, diversos estudios demuestran que la electricidad mejora la educación de los niños. Por ejemplo, la electricidad permite a los niños estudiar y/o hacer los deberes por la noche, permite a las escuelas utilizar el equipo educativo moderno, y permite a los niños tener acceso a las computadoras e Internet. Sería posible cuantificar estos beneficios a través de las metodologías de valoración de beneficios sociales explicadas también en dicha sección. Definitivamente, una línea de investigación es medir cuál es el efecto de acceder a la red eléctrica en la educación de los niños de hogares rurales. Por ejemplo, el cuadro 3.9 muestra que los niños y adultos en hogares conectados a la red eléctrica leen, en promedio, 65 minutos por noche (1,09 horas/noche), mientras que en aquellos hogares sin conexión, el tiempo dedicado es de 51 minutos (0,86 horas/noche).

**Cuadro 3.9****Número de horas promedio por noche en el hogar – miembros que leen/estudian**

	Sin acceso a la red	Con acceso a la red
Niños entre 6 y 18 años que asisten al colegio Leer/estudiar (horas/noche)	0,86	1,09
<i>Número de hogares</i>	750.283	496.154
Todos los miembros del hogar Leer (horas/noche)	0,33	0,47
<i>Número de hogares</i>	1.339.829	84.503

Fuente: Meier *et al.* (2010).

Para arribar a una tipología de beneficios sociales según tipo de consumidores, se propone la matriz del cuadro 3.10, siempre que se acceda a información cualitativa y cualitativa relevante de las poblaciones objetivo de intervención.

Los beneficios sociales que se logran según los tipos de intervención son diversos y, ciertamente, sus magnitudes van a depender del tipo de intervención. Asimismo, la comparación de dichas magnitudes debe ser homogénea, es decir, para un mismo estrato dentro del segmento. Por ejemplo, es posible comparar los beneficios entre los SRC y SRA para hogares rurales; pero no comparar un SRC para hogar rural con un SRA para una empresa rural.

Por otra parte, es también posible hacer cruces de los segmentos planteados. Por ejemplo, en el interior de la segmentación por tipo de usuario (hogar, comunidad o empresa) es posible identificar cómo son los beneficios sociales de acuerdo al poder adquisitivo (como una *proxy* del nivel socioeconómico) (cuadro 3.11).



Cuadro 3.10
Matriz de identificación de beneficios sociales según segmentación de consumidores

Tipo de intervención	Sub tipos de intervención	Segmentación de consumidores													
		Según tipo de usuario rural		Nivel socioeconómico		Zona geográfica					Acceso a red eléctrica				
		H	C	E	Más pobre	Más rico	CN	CC	CS	SN	SC	SS	SS	Co	NCo
(i)	SRC - Líneas primarias - Subest. distribución - Redes secundarias SRA - Sistemas hidráulicos - Sistemas térmicos - Sistemas fotovoltaicos - Sistemas eólicos - Sistemas híbridos - Sistemas biogás														

Notas: SRC: sistemas rurales conectados; SRA: sistemas rurales aislados; H: hogares; C: comunidades; E: empresas; CN: Costa Norte; CC: Costa Centro; CS: Costa Sur; SN: Sierra Norte; SC: Sierra Centro; SS: Sierra Sur; S: Selva; Co: conectados; NCo: no conectados.

Elaboración: CIUP.



Cuadro 3.11
Matriz de identificación de beneficios sociales según segmentación de consumidores y de nivel socioeconómico

Tipo de intervención	Subtipos de intervención	Segmentación de consumidores					
		Hogar		Comunidad		Empresa	
		NSE		NSE		NSE	
		Más pobre	Más rico	Más pobre	Más rico	Más pobre	Más rico
(i)	SRC - Líneas primarias - Subest. distribución - Redes secundarias SRA - Sistemas hidráulicos - Sistemas térmicos - Sistemas fotovoltaicos - Sistemas eólicos - Sistemas híbridos - Sistemas biogás						

Notas: NSE: nivel socioeconómico (por quintiles 1, 2, 3, 4 y 5); SRC: sistemas rurales conectados; SRA: sistemas rurales aislados.

Elaboración: CIUP.

Ciertamente, bajo cada segmento o caracterización, se pueden identificar beneficios sociales diferentes. En el caso de la segmentación por tipo de usuario rural, se hace un desarrollo al respecto en el acápite 3.1.3. El cuadro 3.12 permitiría realizar una tipología de los beneficios sociales según tipos de intervención y segmentación de consumidores.



Cuadro 3.12
Beneficios sociales según segmentación de consumidores

Tipo de intervención	Subtipos de intervención	Segmentación de consumidores		
		Hogares	Comunidades	Empresas
(i)	<p>SRC</p> <ul style="list-style-type: none"> - Líneas primarias - Subest. distribución - Redes secundarias 	<p>Iluminación de mejor calidad, acceso a información (vía radio y TV), refrigeración y ventilación, tiempo adicional para lectura de ocio, mejora en las condiciones de salud e higiene (bombeo de agua), reducción de enfermedades respiratorias, mejoras en rendimiento escolar (tiempo adicional de estudio por la noche), reducción de la fertilidad; mejora en ingresos (si hogar lleva a cabo operaciones comerciales), reducción en gasto en fuentes de energía alternativas: pilas, baterías, etc.</p>	<p>Protección (iluminación nocturna en calles), mejoras en productividad en la docencia (en escuelas), mejoras en la salud (mayor productividad del personal médico, iluminación de ambientes o espacios).</p>	<p>Expansión de la gama de productos en negocios comerciales, desarrollo de nuevas actividades productivas de pequeña escala (ganadería, etc.), mejora en la productividad agrícola (mejora en sistemas de riego). Posibilidades de uso de maquinaria o equipamiento, incremento en las horas de trabajo y la productividad.</p>
	<p>SRA</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistemas hidráulicos - Sistemas térmicos - Sistemas fotovoltaicos - Sistemas eólicos - Sistemas híbridos - Sistemas biogás 			

Notas: SRC: sistemas rurales conectados; SRA: sistemas rurales aislados.

Elaboración: CIUP.



Como fue mencionado, los sistemas rurales aislados tendrían mayores impactos en hogares rurales. A manera de referencia, de acuerdo al Proyecto PER/98/G31, de Electrificación Rural a Base de Energía Fotovoltaica en la localidad de San Francisco (región de Coronel Portillo, departamento de Ucayali), los componentes de los módulos fotovoltaicos⁷ estuvieron diseñados para suministrar energía eléctrica en el ámbito doméstico, básicamente para el uso de tres lámparas, un televisor B/N y un radio pequeño de 3 a 4 horas. Otra experiencia fue la del proyecto desarrollado entre enero de 1996 y mayo de 1997 (MEM 2006): con el auspicio del MEM y después por CER-UNI, se instalaron 147 sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD) en las viviendas de las islas Taquile, Soto y Uros del lago Titicaca. Los SFD configurados tienen capacidad energética suficiente para dos o tres lámparas fluorescentes, activar un televisor B/N y un radio pequeño de 3 a 5 horas cada día, dependiendo de la cantidad de insolación solar del lugar.

Como se puede apreciar, los SFD como parte de los SRA, básicamente son más factibles de beneficiar a hogares rurales. De acuerdo a Arraiza (2008), el impacto del acceso a la electricidad a través de sistemas aislados para usos productivos es muy pequeño.

Por otra parte, para el caso de la segmentación por niveles socioeconómicos, es posible intuir la magnitud de los beneficios. Por ejemplo, de acuerdo a lo mostrado previamente en el cuadro 3.5, el gasto en energía de los hogares rurales más pobres es muy elevado, debido a que no tienen acceso a una red eléctrica barata; y, de acuerdo al gráfico 3.3, las formas tradicionales de energía (abono o residuos agrícolas, por ejemplo) son bienes inferiores que serían sujetos de reemplazo por fuentes más eficientes (de mejor calidad), si es que dichos hogares estuvieran en capacidad de gastar más (o incrementar sus ingresos).

7. Un panel fotovoltaico de 53 W, una batería sellada de 100 Ah, controlador de carga, tres lámparas de 9 W de alta eficiencia, caja de conexiones, e interruptores, conductores y otros.



Por lo tanto, intervenir en hogares muy pobres (en quintiles de ingresos 1 y 2) con adecuadas opciones de financiamiento (subsidios, por ejemplo), incentivaría a los usuarios a optar por reemplazar el uso de fuentes tradicionales de energía, y disfrutar de mayores beneficios producto de una mejor iluminación, mayor acceso a información, mayor rendimiento académico, etc. (cuadro 3.13).

Respecto de los hogares rurales de más ingresos o niveles socioeconómicos más altos (quintiles de ingresos 3, 4 y 5), Khander *et al.* (2012) encontraron para la India que los beneficios de la electrificación son más altos para los hogares más ricos, a través del mayor consumo y la mayor diversificación de los servicios de electricidad. Es de esperar, entonces, que en aquellos segmentos haya un mejor aprovechamiento de las bondades de la electricidad (cuadro 3.13).

De los cuadros 3.6 y 3.7 se observa que los hogares rurales más pudientes se encuentran en la Costa y que consumen más electricidad (sobre todo en la Costa Sur). Por otra parte, el cuadro 3.6 destaca que los hogares rurales menos ricos (quintiles 4 y 5) se encuentran en la sierra. Ciertamente, la disparidad geográfica, que limita el acceso a servicios básicos y a infraestructuras necesarias (carreteras, puentes, etc.), determina que los hogares enfrenten distintas realidades en materia de precios por ser asumidos para el consumo de electricidad.

Dado esto, es de esperar que en las zonas de la Costa se dé un mejor aprovechamiento de los diversos beneficios que genera las SRC, sobre hogares con oportunidades de estar conectados al SEIN; mientras que en las zonas de la Sierra y la Selva, los SRA puedan contribuir a mayores beneficios de reemplazar las fuentes tradicionales de energía por la electricidad.



Cuadro 3.13
Intensidad de beneficios sociales según nivel socioeconómico de hogares rurales

Tipo de intervención	Subtipos de intervención	Segmentación de consumidores	
		Más pobre	Más rico
(i)	SRC - Líneas primarias - Subest. distribución - Redes secundarias	Iluminación de mejor calidad, acceso a información (vía radio y TV), refrigeración y ventilación, tiempo adicional para lectura de ocio, mejora en las condiciones de salud e higiene (bombeo de agua), reducción de enfermedades respiratorias, mejoras en rendimiento escolar (mayor tiempo de estudio por la noche), reducción de la fertilidad, mejora en ingresos (si hogar lleva a cabo operaciones comerciales), reducción en gasto en fuentes de energía alternativas: pilas, baterías, etc.	Contar con más recursos económicos les permite un mejor aprovechamiento de los beneficios en iluminación, radio/televisión (mejores equipos -TV a color, por ejemplo-), en la salud (reducción de enfermedades respiratorias), mejoras en rendimiento escolar, más horas de estudio por la noche, mejora en ingresos (si hogar lleva a cabo operaciones comerciales), mayor ahorro (reducción en gasto en fuentes de energía alternativas: pilas, baterías, etc.).
	SRA - Sistemas hidráulicos - Sistemas térmicos - Sistemas fotovoltaicos - Sistemas eólicos - Sistemas híbridos - Sistemas biogás		

Notas: SRC: sistemas rurales conectados; SRA: sistemas rurales aislados.

Elaboración: CIUP.



Cuadro 3.14
Beneficios sociales de hogares rurales según zona geográfica

Tipo de intervención	Subtipos de intervención	Segmentos por zona geográfica					
		CN	CC	CS	SN	SC	S
(i)	SRC - Líneas primarias - Subest. distribución - Redes secundarias	Contar con más recursos económicos les permite un mejor aprovechamiento de los beneficios en iluminación, radio/televisión (mejores equipos –TV a color, por ejemplo–), en la salud (reducción de enfermedades respiratorias), mejoras en rendimiento escolar, más horas de estudio por la noche, mejora en ingresos (si hogar lleva a cabo operaciones comerciales), reducción en gasto en fuentes de energía alternativas: pilas, baterías, etc.)	Iluminación de mejor calidad, acceso a información (vía radio y TV), refrigeración y ventilación, tiempo adicional para lectura de ocio, mejora en las condiciones de salud e higiene (bombeo de agua), reducción de enfermedades respiratorias, mejoras en rendimiento escolar (mayor tiempo de estudio por la noche), reducción de la fertilidad, mejora en ingresos (si hogar lleva a cabo operaciones comerciales), reducción en gasto en fuentes de energía alternativas: pilas, baterías, etc.				
	SRA - Sistemas hidráulicos - Sistemas térmicos - Sistemas fotovoltaicos - Sistemas eólicos - Sistemas híbridos - Sistemas biogás	Contar con más recursos económicos les permite un mejor aprovechamiento de los beneficios en iluminación, radio/televisión (mejores equipos –TV a color, por ejemplo–), en la salud (reducción de enfermedades respiratorias), mejoras en rendimiento escolar, más horas de estudio por la noche, mejora en ingresos (si hogar lleva a cabo operaciones comerciales), reducción en gasto en fuentes de energía alternativas: pilas, baterías, etc.)	Iluminación de mejor calidad, acceso a información (vía radio y TV), refrigeración y ventilación, tiempo adicional para lectura de ocio, mejora en las condiciones de salud e higiene (bombeo de agua), reducción de enfermedades respiratorias, mejoras en rendimiento escolar (mayor tiempo de estudio por la noche), reducción de la fertilidad, mejora en ingresos (si hogar lleva a cabo operaciones comerciales), reducción en gasto en fuentes de energía alternativas: pilas, baterías, etc.				

Notas: SRC: sistemas rurales conectados; SRA: sistemas rurales aislados; CN: Costa Norte; CC: Costa Centro; CS: Costa Sur; SN: Sierra Norte; SC: Sierra Centro; SS: Sierra Sur; S: Selva.

Elaboración: CIUP.



Finalmente, es de esperar que la conexión a la red eléctrica determine para ambos tipos de intervención mejores y mayores aprovechamientos de los beneficios de la electricidad.

Cuadro 3.15
Intensidad de beneficios sociales de hogares rurales según estado de conexión a la red eléctrica

Tipo de intervención	Subtipos de intervención	Acceso a red eléctrica	
		Conectado	No conectado
(i)	SRC - Líneas primarias - Subest. distribución - Redes secundarias	Iluminación de mejor calidad, acceso a información (vía radio y TV), refrigeración y ventilación, tiempo adicional para lectura de ocio, mejora en las condiciones de salud e higiene (bombeo de agua), reducción de enfermedades respiratorias, mejoras en rendimiento escolar (mayor tiempo de estudio por la noche), reducción de la fertilidad, mejora en ingresos (si hogar lleva a cabo operaciones comerciales), reducción en gasto en fuentes de energía alternativas: pilas, baterías, etc.	Menor tiempo de iluminación y de uso de radio y TV (limitado acceso a información), baja calidad de aire, menores ingresos y mayores gastos (sobre todo en salud) debido al uso de fuentes tradicionales de energía.
	SRA - Sistemas hidráulicos - Sistemas térmicos - Sistemas fotovoltaicos - Sistemas eólicos - Sistemas híbridos - Sistemas biogás		

Notas: SRC: sistemas rurales conectados; SRA: sistemas rurales aislados.

Elaboración: CIUP.



Considerando el perfil del consumidor (según segmentación de consumidores, nivel socioeconómico de hogares rurales, zona geográfica y estado de conexión a la red eléctrica) y los beneficios que los consumidores pueden obtener al realizarse intervenciones en energía eléctrica rural, es importante reiterar que los beneficios antes mencionados pueden ser valorados desde la perspectiva **cuantitativa**, como en los casos de los beneficios por iluminación, refrigeración, uso de radio/TV, la mejora en la generación de ingresos de las actividades económicas comerciales o familiares, entre otros beneficios directos; pero muchos otros beneficios podrán ser valorados desde la perspectiva **cualitativa**, como son los beneficios por el incremento del tiempo destinado para lectura de ocio, la mejora de la salud, la reducción de la fertilidad, el incremento de la seguridad ciudadana, entre otros beneficios indirectos.



Cuadro 3.16
Beneficios sociales de hogares rurales (2013)

Tipo de intervención	Subtipos de intervención	Segmentación de consumidores																		
		A nivel de hogar	Nivel socioeconómico		Zona geográfica						Acceso a red eléctrica									
			Más pobre	Más rico	CN	CC	CS	SN	SC	SS	SS	Co	NCo							
(i)	SRC - Líneas primarias - Subest. distribución - Redes secundarias SRA - Sistemas hidráulicos - Sistemas térmicos - Sistemas fotovoltaicos - Sistemas eólicos - Sistemas híbridos - Sistemas biogás																			

Notas: SRC: sistemas rurales conectados; SRA: sistemas rurales aislados; H: hogares; CN: Costa Norte; CC: Costa Centro; CS: Costa Sur; SN: Sierra Norte; SC: Sierra Centro; SS: Sierra Sur; S: Selva; Co: conectados; NCo: no conectados.

Elaboración: CIUP.



4. Metodología de cálculo de los beneficios sociales de la electrificación rural

4.1 Determinación de los beneficios de la electrificación rural por ser estimados

De acuerdo a lo desarrollado en la sección anterior, se arribó a la principal conclusión de que los beneficios sociales que genera cada tipo de intervención (instalación y ampliación del servicio de electricidad; mejoramiento del servicio de electricidad; y aprovechamiento de la electricidad para usuarios que cuentan con el servicio) dependen del tipo de intervención y sobre qué grupo objetivo sea aplicada. Cabe recordar que la estimación de los beneficios sociales por realizarse como parte de la consultoría se centra únicamente en el primer tipo de intervención: instalación y ampliación del servicio de electricidad.

En este estudio se buscó estimar, en primer lugar, tres magnitudes de beneficios directos, producto de la instalación y ampliación del servicio de electricidad (tipo de intervención (i)): (1) iluminación, (2) refrigeración y (3) radio/TV; y, en segundo lugar, tres magnitudes de beneficios indirectos: (4) ingresos, (5) salud y (6) educación. Para ello, se aplicó una de las cuatro segmentaciones propuestas; en específico, según zona geográfica, debido a la significancia estadística que permite el tamaño y la distribución de la muestra, tal como se verá más adelante.



4.2 Propuesta metodológica para el cálculo de los beneficios sociales de la electrificación rural

La presente propuesta metodológica enfrenta tres limitaciones. En primer lugar, no se cuenta con una línea de base de las intervenciones realizadas en el pasado por la DGER, que permita monitorear, en el momento actual, a los hogares que cuenten con electricidad, y estimar los beneficios de la electrificación percibidos por dichos hogares. En segundo lugar, la incertidumbre sobre el real estado de conexión de los hogares por encuestar pone en riesgo la proporción de hogares conectados / hogares no conectados, debido a que, según las propias declaraciones de la DGER, podía esperarse que en el trabajo de campo se detectase que algunos hogares identificados como «no conectados», en la práctica contasen con conexión eléctrica, debido a intervenciones no reportadas de los gobiernos locales y/o regionales (lo que efectivamente ocurrió). Finalmente, la fecha de realización de las encuestas, el mes de febrero, coincide con época de lluvias y fiestas populares, lo que dificulta la recopilación de la información.

Teniendo en cuenta lo desarrollado en la sección 2, se proponen tres metodologías para el cálculo de los beneficios sociales de la electrificación rural, las cuales serán aplicadas a la información que sea acopiada mediante la Encuesta de Hogares Rurales sobre Usos de Energía (Ehrue) 2013.

De acuerdo a los términos de referencia (TdR) de la consultoría, la realización de la encuesta (actividad 8.2, p. 31), sobre la cual habrá que aplicar la Metodología de Cuantificación Monetaria de los Beneficios Sociales, considera un tamaño de muestra preliminar de 900 hogares¹.

Asimismo, según los mismos TdR, el consultor determinará y sustentará la distribución del número de encuestas entre las provincias, aunque no se deberán realizar, necesariamente, encuestas en todas ellas (a excepción de Caravelí, Oxapampa y Satipo).

1. Cabe mencionar que en los TdR no se sustenta estadísticamente dicho número.



Por lo tanto, antes de explicar la estrategia metodológica para el cálculo de los beneficios sociales, se procede a explicar los aspectos metodológicos de la encuesta, como son la determinación del tamaño y de la distribución de la muestra, y de los centros poblados o localidades por encuestar; así como aspectos sobre la prueba piloto de la encuesta, y detalles de esta y su respectivo manual.

4.2.1 Tamaño de la muestra

La encuesta busca recolectar información acerca de dos tipos de hogares:

- Hogares en viviendas en zonas rurales sin conexión de energía y que se encuentren en centros poblados no intervenidos por el Programa de Electrificación Rural.
- Hogares en viviendas en zonas rurales con conexión de energía.

Asimismo, se buscará capturar las diferencias que existen entre las zonas rurales de cada región natural. Por ello, se estratificará la muestra en Costa, Sierra y Selva; esta estratificación tiene por objetivo reducir la varianza en la muestra total (Padilla 2002). Es necesario mencionar que una estratificación y nivel de inferencia ya ha sido empleada en el Perú en las primeras encuestas de hogares de carácter nacional, Enaho² y Enniv³. Sobre la base de esta estratificación se realizaron

2. Recién a partir del año 2001, la Enaho pasa a tener niveles de inferencia departamental.

3. Webb y Moncada (1996). «¿Cómo estamos?: análisis de la Encuesta de Hogares». En este documento se muestra los niveles de inferencia que se emplearon en las encuestas de hogares (Enniv) de los años 1991 y 1994 «Algunas encuestas de hogares de tipo LSMS han sido realizadas en el Perú, las que son conocidas como 'Encuestas Nacionales sobre Medición de Niveles de Vida' (Enniv). Se han efectuado a la fecha las siguientes: 1985-86 (a escala nacional), 1990 (solo en Lima Metropolitana) y nuevamente, con categoría de nacionales, las de 1991 y 1994. La Enniv-91 cubrió además del Área Metropolitana Lima-Callao, la Costa urbana, la Sierra urbana y la Sierra rural. La Enniv-94 abarcó todo el país y sus dominios de estudio fueron: Área Metropolitana Lima-Callao, Costa urbana, Costa rural, Sierra urbana, Sierra rural, Selva urbana y Selva rural. Las encuestas de hogares de 1990, 1991 y 1994 mantuvieron casi el mismo formato que la de 1985-86 [...]» (Webb y Moncada 1996: 9-10).



casi todos los estudios socioeconómicos, hasta por lo menos el año 2003, año a partir del cual la Enaho amplía el tamaño de su muestra y logra niveles de inferencia departamentales, es decir, más desagregados. Al 2011, esta encuesta mantiene este nivel de inferencia y cuenta con información de 32.519 hogares.

Por ello, este diseño muestral propone dos tipos de estratificación: la primera, con base en el acceso de los hogares a la electrificación; y la segunda, con base en la región natural.

De acuerdo a los dos tipos de hogares mencionados, se calcula el tamaño de muestra. Para ello, se necesita tener la cantidad de hogares según esta tipología y la región natural en la que se encuentren.

Con la finalidad de contar con una medida de la cantidad de hogares en cada región natural, se sigue como referencia la clasificación de las provincias y departamentos seleccionados por regiones naturales (cuadro 4.1).

Cuadro 4.1

Provincias y departamentos donde se llevará a cabo la encuesta

Región natural	Costa	Sierra	Selva
Provincia (departamento)	<ul style="list-style-type: none"> • Sullana (Piura) • Pisco (Ica) • Caravelí (Arequipa) 	<ul style="list-style-type: none"> • San Marcos y San Miguel (Cajamarca) • Yarowilca y Huamalíes (Huánuco) • Tayacaja (Huancavelica) • Abancay (Apurímac) • Paucartambo (Cusco) • Huancané (Puno) 	<ul style="list-style-type: none"> • Rioja (San Martín) • Mariscal Ramón Castilla (Loreto) • Satipo (Junín) • Oxapampa (Pasco) • Padre Abad y Yarinacocha (Ucayali)

Elaboración: CIUP.



Así, con base en la información proporcionada por el MEM sobre hogares con energía eléctrica en centros poblados intervenidos y el coeficiente de electrificación rural al 2011 (59%)⁴ y la obtenida de la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho) 2011 sobre hogares sin energía eléctrica, se tienen los siguientes valores⁵:

Cuadro 4.2
Distribución de hogares con y sin energía eléctrica en zonas rurales según región natural, Perú (2011)

	Costa	Sierra	Selva	Total
Hogares en viviendas sin conexión de energía y que se encuentren en centros poblados no intervenidos por el Programa de Electrificación Rural*	122.578	701.469	206.344	1.030.391
Hogares en viviendas con conexión de energía gracias al Programa de Electrificación Rural en centros poblados intervenidos**	283.438	372.532	94.503	750.473

Fuentes: * Enaho (2011), ** MEM (2011).

Elaboración: CIUP.

Luego, asumiendo que las características socioeconómicas presentan una distribución normal, se utilizará el siguiente algoritmo para calcular el tamaño de muestra:

$$n = \frac{Z^2 p(1-p)N}{(N-1)e^2 + Z^2 p(1-p)}$$

4. Este dato ha sido obtenido del Plan Nacional de Electrificación Rural 2013-2022. El coeficiente de electrificación mide la cantidad de usuarios realmente conectados al servicio eléctrico y el número de lotes o usuarios potenciales. Así, el coeficiente está evaluado con base en personas, mientras que el muestreo se realiza sobre hogares; se tomará este coeficiente como un valor aproximado a la cobertura por hogar, por lo que se estima que el total de hogares sin electrificar es de 1.030.391. Estos se distribuyen proporcionalmente a la cantidad de hogares que hay por región natural según la Enaho 2011.

5. La distribución por departamento tanto de las viviendas con energía y sin energía consignadas en este cuadro se encuentran en los anexos 4 y 5, respectivamente.



donde Z es el valor z de la distribución estándar según el nivel de confianza elegido, p es la proporción estimada en la población, N es el tamaño de la población y e es el margen de error máximo por tolerar. Para este cálculo, y en ausencia de información preliminar, se considera un valor de 0,5 para p , el cual maximiza el tamaño de muestra (Levy y Lemeshow 2008: 73). En cuanto al margen de error y al nivel de confianza, Bhandari (2006), al evaluar el impacto de la electrificación rural en Bután, indica que para este tipo de estudios, y para ese en particular, se ha empleado un nivel de confianza de 95% y un margen de error del 10%.

Así, se obtienen los siguientes resultados:

Cuadro 4.3

Distribución de la muestra de hogares con y sin energía eléctrica en zonas rurales según región natural, Perú 2011

Hogares \ región	Costa	Sierra	Selva	Total
Hogares en viviendas sin conexión*	96	97	96	289
Hogares en viviendas con conexión*	97	97	96	290
Total	193	194	192	579

* Según la definición del tipo de hogar que formará parte de este estudio.

Elaboración: CIUP.

Se aprecia que los valores (prácticamente, 100 hogares en cada región) son similares, pues este algoritmo da resultados que son asintóticos con relación al valor que asuma el valor de la población estadística. Esta muestra y su distribución permitirán un nivel de inferencia a nivel de región natural (de acuerdo a los departamentos determinados por la DGER para cada región); y el total del tamaño de muestra mínimo necesario para cumplir las especificaciones estadísticas señaladas será de 579 viviendas. Cabe mencionar que no es posible determinar con certeza una inferencia a nivel nacional, toda vez que se desconoce si los departamentos señalados, como parte de los TdR, han sido determinados de manera aleatoria por la DGER. Este aspecto es lo que res-



tringe la caracterización del perfil del consumidor rural de energía y de sus beneficios sociales al ámbito regional (Costa, Sierra y Selva), tal como fue mencionado en el acápite 4.1.

Como muestra de otros estudios similares, se consignan en el siguiente cuadro otras experiencias en evaluación de impacto y las especificaciones estadísticas de las muestras empleadas.

Cuadro 4.4

Estudios de evaluación de impacto, tamaños de muestra y especificaciones estadísticas de la muestra

Año	País	Población (números de hogares)	Tamaño de muestra	Información adicional	Fuente
Filipinas	1981	126.000	770	Todas las viviendas electrificadas	Herrin (1983)*
Malasia	1981	~10.000.000	800		Lim (1984) *
India	1981	-	491	78 viviendas no electrificadas HH para Utar PradeshHou	Samanta y Sunderama (1983) *
Argelia	1983	~3.000.000	300	78 viviendas no electrificadas	Djeflat (1985)*
India	1992	7.000	297	Distrito de Andhra Pradesh	Rajagopalan (1993)*
Namibia	1998	~160.000	371	140 viviendas no fueron electrificadas	Wamukonya y Davis (2001) *
Perú	2001	~6.000.000	411	Todas las viviendas son no electrificadas	Esmap (2001)*
Bangladesh	2002	Todo el país	2,491	95% confianza y 10% de precisión	Barkat <i>et al.</i> 2002) *
Bután	2006	20.451 viviendas electrificadas y 29.942 no electrificadas	240	95% nivel de confianza y 10% de precisión; la mitad son electrificadas y la otra, no electrificadas	Bhandari (2006)*
El Salvador	2009	47.000	1,532	95% nivel de confianza y 10% de precisión	Torero (2009)
Uganda	2011	~13.750 – 35.600	1,990	90% nivel de confianza y 5% de precisión	Christian Berg y Mirco Gaul (2011)

* Referencias tomadas de Bhandari (2006).



Cabe mencionar que los requerimientos especificados en los TdR establecen que el tamaño de muestra por recolectar sea de 900 viviendas, preponderantemente sin conexión. En ese sentido, con la finalidad de satisfacer dicho requerimiento, la diferencia entre el tamaño de muestra estadísticamente requerido y aquel que se solicita en los términos de referencia, 321 viviendas, se distribuirá sobre viviendas sin electrificación en los centros poblados en los que el Programa de Electrificación Rural piensa intervenir (cuadro 4.5). Esta distribución se realizará de manera proporcional a la cantidad de hogares sin acceso a energía en cada uno de los departamentos en donde se realizará la encuesta.

Cuadro 4.5

Distribución ajustada (a los términos de referencia) de la muestra de hogares con y sin energía eléctrica, según región natural

Hogares \ región	Costa	Sierra	Selva	Total
Hogares en viviendas sin conexión	131	288	191	610
Hogares en viviendas con conexión	97	97	96	290
Total	228	385	287	900

Elaboración: CIUP.

No obstante lo anterior, en el desarrollo de la consultoría se sobrepondrán los criterios estadísticos seguidos para la determinación de la muestra en el momento de aplicar la metodología de valoración de los beneficios sociales, en aras de arribar a resultados robustos y consistentes. Sin perjuicio de ello, el MEM podrá contar con información cualitativa y cuantitativa adicional de una mayor proporción de hogares que no cuentan con electricidad, materia de una futura intervención como parte de su Programa de Electrificación Rural.



4.2.2 Distribución de la muestra

La distribución de la muestra se define en función de la cantidad de hogares seleccionables que haya en cada uno de los departamentos propuestos por el MEM en los TdR (p. 32)⁶. De cada uno de los departamentos propuestos, el equipo consultor propondrá una provincia de las que se encuentran en los términos de referencia de este estudio, y de cada una de estas se propondrán 3 distritos para realizar la encuesta. Los únicos casos en que no se hace una selección de la provincia son Oxapampa (Pasco), Satipo (Junín) y Caravelí (Arequipa), según lo requerido en los términos de referencia.

Para la distribución de la muestra se ha considerado emplear el valor calculado, con base en la Enaho 2011, de los hogares sin acceso a energía eléctrica para zonas rurales por departamentos. Esta es la fuente más actualizada y la más cercana a los propósitos que se buscan con este estudio.

Las otras dos fuentes posibles serían el Censo Nacional de Población y Vivienda de 2007, pero su antigüedad y los cambios que han ocurrido en el acceso a energía eléctrica pueden ser considerados como significativos, lo cual impide su uso. Otra fuente podría ser el padrón de centros poblados en los que el Programa de Electrificación Rural piensa intervenir; sin embargo, no existe la certeza de que todos los centros poblados ahí consignados efectivamente carezcan de energía eléctrica, debido a intervenciones de otras instituciones, principalmente de las municipalidades o gobiernos regionales.

Dado lo anterior, la distribución de las viviendas con energía eléctrica que conformarán la muestra sujeta de ser encuestada es la siguiente:

6. Como referencia, en el anexo 6 se ha consignado el cuadro con la muestra propuesta, los departamentos y las provincias propuestas por el MEM.



Cuadro 4.6
Distribución de la muestra de hogares con y sin conexión eléctrica por departamento, según región natural

Región	Departamento	Hogares sin conexión eléctrica en zonas rurales	Porcentaje de hogares sin conexión con relación al total de la región natural	Muestra de hogares con conexión	Muestra de hogares sin conexión
Costa	Piura	43.120	74%	72	71
	Ica	3.482	6%	6	6
	Arequipa	11.651	20%	19*	19
	Total Costa	58.253	100%	97	96
Sierra	Cajamarca	110.674	35,6%	34	34
	Huánuco	52.822	17,0%	16	16
	Huancavelica	21.520	6,9%	7	7
	Apurímac	17.886	5,7%	6	6
	Cusco	43.737	14,1%	14	14
	Puno	64.484	20,7%	20	20
	Total Sierra	311.123	100%	97	97
Selva	Junín	44.026	28,3%	27	27
	Loreto	47.799	30,8%	30	30
	Pasco	9.999	6,4%	6	6
	San Martín	35.494	22,9%	22	22
	Ucayali	18.013	11,6%	11	11
	Total Selva	155.331	100%	96	96
	Total general	524.707		290	289

Elaboración: CIUP.

En el cuadro anterior, se ha distribuido la muestra por departamento proporcionalmente a la cantidad de hogares sin energía eléctrica en zonas rurales en cada región natural.

Como ya se mencionó, la diferencia entre el tamaño de muestra mínima calculada y la indicada en los TdR se distribuirá proporcionalmente a la cantidad de hogares en viviendas no electrificadas en cada uno de los departamentos que formarán parte del estudio. La distribución de



esta muestra complementaria de hogares en viviendas sin energía eléctrica se muestra en el cuadro 4.7⁷.

Cuadro 4.7

Distribución de la muestra complementaria de hogares sin energía eléctrica por departamento, según región natural

Región	Departamento	Hogares sin energía eléctrica en zonas rurales	Porcentaje de hogares sin energía con relación al total nacional	Muestra complementaria de hogares
Costa	Piura	43.120	8,2%	26
	Ica	3.482	0,7%	2
	Arequipa	11.651	2,2%	7
	Total Costa	58.253	11,1%	35
Sierra	Cajamarca	110.674	21,1%	69
	Huánuco	52.822	10,1%	32
	Huancavelica	21.520	4,1%	13
	Apurímac	17.886	3,4%	11
	Cusco	43.737	8,3%	27
	Puno	64.484	12,3%	39
	Total Sierra	311.123	59,3%	191
Selva	Junín	44.026	8,4%	27
	Loreto	47.799	9,1%	29
	Pasco	9.999	1,9%	6
	San Martín	35.494	6,8%	22
	Ucayali	18.013	3,4%	11
	Total Selva	155.331	29,6%	95
Total general		524.707	100%	321

Elaboración: CIUP.

Finalmente, en el cuadro 4.8 se muestra el resumen de la distribución de la muestra por región natural y departamentos. En total, se tienen las mismas cifras mostradas en los cuadros 4.3 y 4.5. La muestra total

7. Es necesario mencionar que esta muestra complementaria de hogares sin conexión podría, al final del trabajo de campo, contener hogares con conexión. Esto se debe a que alguno de los centros poblados no electrificados podría, eventualmente, encontrarse electrificado debido a la intervención de alguna otra instancia de gobierno (municipio, Gobierno Regional, entre otras).



de hogares electrificados es de 290 mientras que el resto, 610 hogares, corresponde a hogares no electrificados. Finalmente, la distribución de la muestra entre hogares electrificados y no electrificados, según esta propuesta, es de 32% y 68%, respectivamente.

Cuadro 4.8

Distribución de la muestra complementaria de hogares sin energía eléctrica por departamento, según región natural

Región	Departamento	Muestra de hogares con energía eléctrica	Muestra de hogares sin energía eléctrica	Muestra complementaria de hogares sin energía eléctrica	Total
Costa	Piura	72	71	26	169
	Ica	6	6	2	14
	Arequipa	19*	19	7	45
	Total Costa	97	96	35	228
Sierra	Cajamarca	34	34	69	137
	Huánuco	16	16	32	64
	Huancavelica	7	7	13	27
	Apurímac	6	6	11	23
	Cusco	14	14	27	55
	Puno	20	20	39	79
	Total Sierra	97	97	191	385
Selva	Junín	27	27	27	81
	Loreto	30	30	29	89
	Pasco	6	6	6	18
	San Martín	22	22	22	66
	Ucayali	11	11	11	33
Total Selva	96	96	95	287	
Total general		290	289	321	900

Elaboración: CIUP.

Con base en esta distribución y en el ordenamiento realizado por el MEM de los departamentos, provincias y distritos (anexo 6), se presenta el siguiente cuadro en donde se propone la muestra por departamento:

**Cuadro 4.9****Distribución de la muestra para el estudio por región natural, zonas, departamentos y distritos propuestos**

	Norte	Centro	Sur
Costa	Piura Sullana: Sullana, Marcavelica, Lancones* Muestra total: 169	Ica Pisco: Independencia, Huáncano, Humay Muestra total: 14	Arequipa Caravelí: Bella Unión, Acari, Lomas Muestra total: 45
Sierra	Cajamarca San Marcos: Ichocán, Pedro Gálvez, Eduardo Villanueva San Miguel Catilluc Muestra total: 137	Huánuco Yarowilca: Choras, Aparicio Pomares, Chavinillo Huamalíes: Jacas Grande, Punchao, Llata Muestra total: 64 Huancavelica Tayacaja: Salcabamba, Acraquia, Ahuaycha Muestra total: 27	Apurímac Abancay: Curahuasi, Abancay, Lambrama Muestra total: 23 Cusco Paucartambo: Caicay, Challabamba, Paucartambo, Colquepata Muestra total: 55 Puno Huancané: Huancané, Cojata*, Huatasani Muestra total 79
Selva	San Martín Rioja: Nueva Cajamarca, Pardo Miguel, Rioja Muestra total: 66 Loreto Mariscal Ramón Castilla Pebas, Yavari, Ramón Castilla* Muestra total: 89	Pasco Oxapampa: Puerto Bermúdez, Palcazú, Oxapampa Muestra total: 18 Junín Satipo: Río Negro, Satipo, Mazamari Muestra total: 81	Ucayali Padre Abad: Padre Abad, Curimana, Irazola Coronel Portillo:** Yarinacocha Muestra total: 33

* Distrito en zona fronteriza.

** La provincia de Coronel Portillo no se encuentra dentro de las provincias señaladas como elegibles en los TdR; sin embargo, en ella se encuentra el único proyecto de electrificación concluido entre el 2006 y el 2008 de todo el departamento; por ello, se sugiere que se recoja la información de los 11 hogares electrificados de la muestra en esta provincia.

Elaboración: CIUP.



Es necesario mencionar que, en esta distribución, lo que se está seleccionando son las provincias a donde se debe llegar mas no los distritos, salvo aquellos distritos de zonas fronterizas que, a priori, ya se consideran como seleccionados. Esta no definición de los distritos para el resto de casos se debe a la incertidumbre sobre los centros poblados a los que el programa tiene planeado llegar y que podrían ya contar con acceso a electrificación. Para el caso de los centros poblados electrificados entre 2006 y 2008, hay certidumbre de cuáles se podría visitar. Por ello, en el cuadro anterior se presenta una terna de distritos potencialmente «elegibles».

Finalmente, es necesario mencionar que en cada distrito se prevé llegar a un mínimo de 3 centros poblados en donde se pueda recolectar información. En el anexo 7, se muestra un mapa con la distribución espacial de las provincias y distritos en los que se llevarán a cabo las encuestas.

4.2.3 Localidades o centros poblados por encuestar

Como se ha ido mencionando previamente, una de las principales limitaciones para la realización del diseño muestral ha sido la falta de información detallada de las jurisdicciones en donde el programa ha intervenido, información necesaria para hacer la distribución de la muestra y en la identificación de los centros poblados sin energía eléctrica. No obstante, algunos criterios adicionales se considerarán para seleccionar finalmente los centros poblados:

- De los centros poblados intervenidos por el programa, se seleccionarán aquellos que tengan una intervención de al menos 4 a 5 años. Esto se realiza por un tema formal y también porque metodológicamente los beneficios de este tipo de intervenciones no se visualizan de inmediato y requieren un tiempo para hacerse evidentes.



- Proximidad a las zonas urbanas, centros urbanos o mercados: se tratará de seleccionar centros poblados que no necesariamente estén cercanos a estas áreas (principalmente capitales de provincia o departamento). Los centros poblados tendrán que cumplir con las características definidas de áreas rurales que se encuentran consignadas en los términos de referencia.
- Logística para llegar a los centros poblados. Finalmente, también se han considerado aspectos logísticos para llegar a los centros poblados, como el presupuesto y tiempo disponible para la recolección de información y todo lo relacionado con los viajes. Otra variable por ser considerada es el idioma que debe manejar el personal de campo (sobre todo en la Sierra y Selva) para poder recolectar la información.
- La cantidad de centros poblados elegibles en cada distrito según condición de conexión se encuentra en el anexo 8.

4.2.4 Prueba de encuesta piloto realizada

La encuesta piloto se realizó en la jurisdicción del distrito de Chocos, provincia de Yauyos, en la sierra de Lima, de acuerdo a los siguientes datos:

- Fecha de ejecución: viernes 25 de enero de 2013
- Cuestionarios aplicados: 18
- Hogares conectados: 13
- Hogares no conectados: 6
- Hora de inicio: 8:00 a. m.
- Hora de término: 3:00 p. m.
- Tiempo estimado de aplicación del cuestionario: 40 minutos.



Comunidades visitadas:

Conectada a red eléctrica	Encuestas aplicadas	No conectada a la red eléctrica	Hogares entrevistados
<ul style="list-style-type: none"> • Chocos • San Miguel • Santa 	<p>9</p> <p>3</p> <p>1</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Totorá • Buena vista • Suquia • Sukunta 	<p>1</p> <p>2</p> <p>1</p> <p>1</p>
	13		5
	Total de encuestados: 18		

Conclusiones sobre el cuestionario:

Situación encontrada	Acción
En general, algunas preguntas necesitaban ser más claras, tanto para el encuestador como para el informante.	Se reformularon algunas preguntas, y se detallaron en el manual del supervisor.
Módulo 400 «Estimación de los ingresos del hogar». No estaba clara para el encuestador la redacción de la pregunta.	Se colocó una clave o llave en la pregunta 406, y se detalló en el manual del encuestador.
Módulo 300 «Costumbres/hábitos del hogar». Faltaban algunas preguntas relacionadas con el tiempo de demora en recojo de otras fuentes como bosta, champa o carbón.	Se colocaron preguntas similares para cada fuente que requiere un tiempo de recojo, con sus respectivas indicaciones.
Módulo 500 «Uso/consumo de fuentes de energía». Resultaba complejo.	Se reordenó la numeración, se colocaron más llaves o claves, y se amplió el detalle en el manual.
Módulo 900 «Uso del tiempo». Resultó difícil para el encuestador.	Se amplió el detalle en el cuestionario, así como en el manual.

Acerca del consumo de energía:

- Las familias de las comunidades que no cuentan con energía eléctrica utilizan como fuentes de energía principal la leña, velas y pilas.
- En las comunidades conectadas, como la zona central del distrito incluyendo la comunidad San Miguel, sí se encontraron hogares que utilizan GLP, además de leña, velas y pilas, principalmente.



- Se encontraron casos de hogares que cuentan con más de una vivienda en la comunidad, incluso en otra comunidad del mismo distrito. En este caso, la indicación para el estudio es priorizar la vivienda donde el hogar reside habitualmente.
- Se encontró también el caso de un hogar que, sin estar conectado a la red eléctrica, se conecta de manera clandestina a otra vivienda que sí está conectada. En este caso, se le considera como no elegible para la encuesta.
- En los casos de las comunidades conectadas, el pago del servicio se hace a través de un vecino de la comunidad que se encarga de hacerlo efectivo ante la empresa proveedora del servicio.

Conclusiones sobre el trabajo de campo:

- Las distancias en el distrito para ubicar centros poblados sin conexión eléctrica pueden ser importantes teniendo en cuenta que, una vez en la zona, los encuestadores se desplazarán a pie.
- En el camino al distrito se encuentran comunidades que en su mayoría son anexos de las comunidades que forman parte del distrito; estas estarían consideradas en la base de datos de centros poblados no conectados con menos de 50 viviendas. Este tipo de centro poblado es el que generalmente no cuenta con conexión a una red eléctrica y se convierte en potencial informante para el estudio. Por ello, se recomienda incluir en la lista de centros poblados a todos aquellos que tengan de 100 a menos viviendas.

4.2.5 Encuesta para la recopilación de información y manuales de usuario

En el anexo 9, se presenta la Encuesta de Hogares Rurales sobre Usos de Energía 2013. En el siguiente cuadro se muestra el cronograma para su aplicación.



Cuadro 4.10
Cronograma de actividades para la realización de la encuesta

Actividades	Febrero																		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Encuesta	X																		
Ica	X	X																	
Huancavelica	X	X	X																
Piura	X	X	X	X															
Ucayali	X	X																	
Pasco		X																	
Apurímac			X	X															
San Martín			X	X	X														
Junín			X	X	X														
Arequipa				X															
Cajamarca								X	X	X	X								
Huánuco								X	X	X	X								
Cusco								X	X	X	X								
Puno												X							
Loreto													X	X	X	X	X	X	X
Revisión			X	X	X														
Digitación				X	X														



4.2.6 Estrategia metodológica para el cálculo de los beneficios sociales de la electrificación rural

Se proponen tres metodologías para el cálculo de los beneficios sociales de la electrificación rural. Para el cálculo de los beneficios directos de la iluminación, gracias a la electricidad, se utilizará el enfoque del excedente del consumidor (Meier 2003; Esmap 2003, 2010; Choynowski 2002; IEG 2008; Bonifaz *et al.* 2005; Peskin 2006), el cual consiste en suponer una función de demanda y encontrar el cambio en el excedente del consumidor (como aproximación del beneficio que experimenta el hogar rural) por reemplazar fuentes de energía tradicionales (velas, por ejemplo) por una fuente de energía moderna, como la energía eléctrica.

Por su parte, los beneficios directos de la radio, televisión y refrigeración, gracias a la electricidad, serán calculados utilizando el enfoque de sustitución de costos o de costos evitados (Bravo 2001, Meier 2003), el cual consiste en estimar los desembolsos o gastos que el hogar rural evita o deja de asumir al emplear fuentes de energía tradicionales (velas, baterías de auto, por ejemplo) para escuchar radio, ver televisión o refrigerar (alimentos, por ejemplo), al reemplazarlas por una fuente de energía moderna, como la electricidad.

Finalmente, para el cálculo de los beneficios indirectos como ingresos, salud y educación, se propone una metodología de «evaluación de impacto cuasi experimental *ex ante*» (Ex Ante Impact Assessment) que, en términos generales, consiste en una comparación de datos de sección cruzada o de corte transversal (es decir, comparar diferentes grupos de observaciones para un mismo período de tiempo) de hogares con y sin conexión a electricidad de localidades o centros poblados con y sin conexión antes de una futura intervención de electrificación rural. De esta manera, en realidad, lo que se calcula son los beneficios sociales esperados en determinado momento del tiempo antes de la implementación de un proyecto de electrificación rural (Peters 2009; Becchetti y Constantino 2008; Kondo *et al.* 2008; McKernan 2002; y Ravallion y Wodon 1998).



4.2.6.1 Beneficios directos

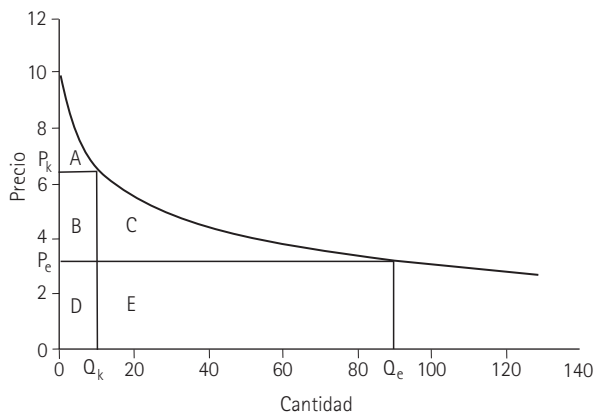
4.2.6.1.1 Metodología del excedente del consumidor para el cálculo de los beneficios de la iluminación

Marco metodológico

Como fue explicado en el marco conceptual de la presente consultoría, la provisión de electricidad reduce el costo de la energía de un usuario, resultando en un incremento de su excedente del consumidor.

La metodología de cálculo del excedente del consumidor por implementar supone que, antes de contar con electricidad, la fuente de energía es la iluminación que generan las velas (o el querosene), para un consumo de Q_k a un precio P_k (gráfico 4.1). Una vez que la electricidad está disponible a un menor precio P_e , el consumo de energía aumenta hasta Q_e . De esta forma, es posible arribar a una curva de demanda, ya que se cuenta con dos puntos: (Q_k, P_k) y (Q_e, P_e) .

Gráfico 4.1
Excedente del consumidor de electricidad



Fuente: IEG (2008).

Elaboración: CIUP.



La cantidad que el consumidor está dispuesto a pagar por la cantidad Q es el área bajo la curva de demanda (desde 0 hasta Q). Entonces, el usuario está dispuesto a pagar $A+B+D$ por el consumo de Q_k , pero actualmente paga $B+D (=P_k Q_k)$, quedando A como su excedente de consumo. Una vez que la electricidad está disponible, el excedente del consumidor es $A+B+C$, de tal manera que el incremento del excedente como resultado de la electrificación es $B+C$. Por lo tanto, el excedente del consumidor ahora tiene dos partes: una resultante de la reducción en el precio de las Q_k unidades ya consumidas, y aquella asociada al nuevo consumo $Q_e - Q_k$.

Una complicación de esta metodología es que al dibujar la curva de demanda entre los dos puntos observados, se asume que otras características que afectan la demanda son las mismas para aquellos hogares con (P_k, Q_k) y para los hogares con (P_e, Q_e) . Sin embargo, esta limitante se ve contrarrestada por el hecho de que los hogares electrificados tienen mayores ingresos que los no electrificados, y el ingreso promedio en las comunidades electrificadas es mayor que en las no electrificadas. En ese sentido, la energía eléctrica es un bien normal, que hace que el punto (P_e, Q_e) en realidad descansa sobre una mayor curva de demanda que la del punto (P_k, Q_k) .

Dado lo anterior, el excedente del consumidor para los clientes que ya están conectados es, por lo tanto, subestimado por este enfoque. Pero el excedente del consumidor para aquellos que serán conectados (si lo hacen a pesar de su menor ingreso) está sobreestimado. Además, cuando los beneficios se proyectan al futuro, el crecimiento del ingreso real desplazará la curva de demanda hacia la derecha a lo largo del tiempo, lo que hace el excedente del consumidor cada vez mayor. El valor de este adicional excedente del consumidor se puede calcular si se conoce la elasticidad-ingreso de la demanda de energía. Si esta elasticidad es conocida, junto con el ingreso promedio de los hogares actualmente conectados y no conectados, entonces las distintas curvas de demanda también se pueden determinar para estos diferentes grupos para contar con mediciones más precisas del excedente del consumidor.



Si bien el análisis se basa en solo cuatro piezas de información (P_k , Q_k , P_e y Q_e), su obtención no es sencilla. Se requiere una simple encuesta de hogares sobre energía (o una encuesta con un buen módulo sobre gastos en energía) para estimar los precios y las cantidades promedio de los hogares electrificados y no electrificados. Pero también es necesario controlar por las diferencias de ingresos entre estos dos grupos.

La forma más sencilla de hacerlo es restringir la muestra a centros poblados cuyo promedio de ingresos está dentro de un determinado rango o tomar un pequeño número de submuestras con distintos ingresos promedio, que es un mejor enfoque si la futura electrificación rural beneficiará comunidades con diferentes perfiles respecto de aquellos que ya han sido electrificados.

Para aplicar el enfoque, una métrica común es necesaria. Los hogares no electrificados dependen de una variedad de fuentes de energía: leña para cocinar, velas para la iluminación y baterías de auto para la televisión. En principio, el consumo total de energía se puede convertir en una métrica común como kilovatio/hora o kilogramos equivalentes de petróleo, y el precio promedio se puede calcular dividiendo el consumo total de gasto de energía.

Hay dos problemas en este enfoque. En primer lugar, la combinación de consumo de energía varía entre los hogares, por lo que tomar un hogar representativo puede ser engañoso a medida que la cobertura se expande y diferentes hogares se conecten a la red. En segundo lugar, los hogares electrificados típicamente siguen utilizando otras fuentes de energía, por lo que una comparación entre la electricidad y una fuente de energía alternativa no es sencilla. Estos problemas pueden ser parcialmente eludidos valorando el uso final de los consumidores por separado. En este caso, unidades específicas de uso pueden ser utilizadas en el eje horizontal, tales como lúmenes para iluminación.

El valor del área C en el gráfico 4.1 claramente depende de la forma de la curva de demanda. La suposición más simple es asumir una curva de



demanda lineal (es decir, una línea recta) entre los dos puntos observados, haciendo que el cálculo del área de C sea $0,5 (P_k - P_e)(Q_k - Q_e)$. Pero si la curva de demanda es convexa al origen, como sugiere la teoría, entonces la curva de demanda lineal sobrestima la cantidad de excedente del consumidor.

Una forma alternativa funcional es suponer una curva de demanda de elasticidad constante. La ecuación para esta función de demanda se puede escribir como sigue:

$$P = KQ^\eta$$

donde η es la elasticidad y K es una constante. La elasticidad puede ser luego calculada como:

$$\eta = \frac{\ln(P_k)}{\ln(Q_k)} \frac{\ln(P_e)}{\ln(Q_e)}$$

Una vez que los parámetros η y K son calculados, entonces el área C puede ser calculada como:

$$\begin{aligned} C &= \int_{Q_k}^{Q_e} KQ^\eta dQ - (Q_e - Q_k)P_e \\ &= \frac{K}{\eta + 1} (Q_e^{\eta+1} - Q_k^{\eta+1}) - (Q_e - Q_k)P_e \end{aligned}$$

Nótese que el importe deducido $(Q_e - Q_k)P_e$ (la cantidad pagada por el consumo incremental = área E en el gráfico 4.1) generalmente se incluye en los beneficios del proyecto (debido a que los costos económicos de la producción se deducen por separado), por lo que el segundo término no necesita ser deducido, ya que el primer término da C + E.



El cálculo, por lo tanto, da el valor (en moneda local) del incremento en el excedente del consumidor por conectarse a la red. Para calcular los beneficios totales del proyecto, este valor se puede multiplicar por el número total de hogares conectados a la red cada año. El análisis puede ser un poco más sofisticado si hay diferentes tipos de hogares con diferentes niveles de excedente del consumidor, pero esto requiere mucha data. También existe el problema de que no todo el consumo es residencial, por lo que estos cálculos deben repetirse para diferentes usuarios finales (comerciales, agrícolas, y así sucesivamente).

En resumen, el método preferido debería ser calcular el excedente del consumidor por usuario final (posiblemente, para categorías diferentes de cada tipo de usuario final) y así calcular el excedente del consumidor basado en las conexiones acumuladas para cada tipo de usuario final. En la práctica, sin embargo, los requisitos de datos para este enfoque son sustanciales, por lo que un enfoque más común es el de estimar el excedente del consumidor por kilovatio/hora (aunque esto debería ser un promedio ponderado de los diferentes usuarios finales) y multiplicar esta cantidad por las ventas. Este enfoque adolece de un sesgo del efecto de la composición de ventas y un sesgo al alza de ignorar la disminución excedente del consumidor a medida que aumenta el consumo. Estos sesgos se compensan con la tendencia a la baja de ignorar el excedente del consumidor cada vez mayor a medida que aumenta la renta. Aunque el equilibrio no se conoce, los dos se anularían mutuamente en cierta medida, por lo que el sesgo no será demasiado grande (IEG 2008).

Cabe agregar que los beneficios por estimar deben ser considerados como estacionarios «*steady state*», lo que significa que el número obtenido representa un flujo constante de beneficios mensuales que los hogares no electrificados disfrutarán si son conectados completamente a la electricidad (Esmap 2003). Sin embargo, es importante mencionar que para evaluar programas de intervención los cálculos obtenidos pueden estar subvalorados, ya que implementar la electrificación es costoso y puede tomar muchos años. Entonces, con moti-



vos de política –la comparación de proyectos potenciales de electrificación con otro proyecto de inversión social o comparando varios proyectos potenciales de electrificación–, el flujo de costos y beneficios futuros debe ser descontado con la finalidad de expresarlos en términos de su valor presente.

Ahora bien, dado que esta consultoría se enfoca en el aspecto metodológico y no en la evaluación de algún proyecto de electrificación específico con un período de tiempo de inicio del mismo desconocido, no hay necesidad de aplicar una tasa de descuento a los resultados que se obtengan. Probablemente, la única incertidumbre radica en el tiempo transcurrido entre la conexión inicial al servicio y el momento exacto en el que tienen lugar los beneficios de la electrificación. Sin embargo, se considera plausible asumir que el flujo de algunos beneficios, tales como la mejor iluminación y el entretenimiento (radio y TV, por ejemplo), tienen lugar desde que la energía eléctrica está disponible para el hogar rural, mientras que otros beneficios toman mayor tiempo de maduración (por ejemplo, el rendimiento escolar, la mejor calidad del aire en el hogar, etc.).

Ejemplo de aplicación

La iluminación resulta ser la principal utilización de la electrificación rural. Un ejemplo para la aplicación de la metodología descrita consistirá en procesar la información recopilada del Módulos 300, 500, 600 y 700 de la encuesta, con la finalidad de arribar a los puntos P_k , Q_k , P_e y Q_e .

A manera de ejemplo, el cuadro 4.11 muestra información de dichos puntos resultante de la Encuesta Nacional de Hogares Rurales sobre Uso de Energía para Perú, realizada por el Banco Mundial (Meier *et al.* 2010). En particular, asumiendo una función de demanda exponencial para el consumidor más pobre y en relación con el gráfico 4.1, $A+B+D$ representan lo que el consumidor está dispuesto a pagar por Q_k , pero actualmente este paga $B+D$, cuyo algoritmo de cálculo es la integral



debajo de la curva de demanda respecto del nivel de precios P_K . Una vez que la electricidad está disponible, el excedente del consumidor es $A+B+C$, por lo que el aumento en dicho excedente como resultado de la electrificación es $B+C$. Por lo tanto, el beneficio para el hogar rural más pobre y más rico es $B+C$, equivalente a $S/. 17,1$ y $S/. 29,7$, respectivamente.

Cuadro 4.11
Cálculo del beneficio económico de la electrificación rural para iluminación

	Unidades	Más pobre	Más rico
Supuestos			
Q_K (lámpara)	klmh	0,8	1,7
Q_e	klmh	111,9	323,5
P_K (lámpara)	$S/. \text{ klmh}$	3,0	2,7
P_e	$S/. \text{ klmh}$	0,061	0,026
Resultados			
Elasticidad	η	-1,3	-1,1
Áreas: B	$S/.$	2,5	4,7
C	$S/.$	14,5	25,0
D	$S/.$	0,1	0,0
E	$S/.$	6,8	8,3
Disposición a pagar	$S/.$	23,9	38,0
Beneficio neto	$S/.$	17,1	29,7

Fuente: Meier *et al.* (2010).

Elaboración: CIUP.

4.2.6.1.2 Metodología de la sustitución de costos para el cálculo de los beneficios de la radio y televisión

Marco metodológico

Bajo el enfoque de sustitución de costos, se determinan los costos evitados al acceder a la electricidad por dejar de utilizar fuentes tradicionales de energía (querosene, velas, pilas, baterías, etc., utilizados para satisfacer algunas necesidades como la iluminación y acceso a comunicación –televisión y/o radio–).



Dichos costos que se ahorran o evitan, generados por la sustitución de fuente de energía, son considerados como la **capacidad de pago** que tendrá el poblador rural para asumir los costos de adquisición de electricidad (Bravo 2001).

Para su aplicación, se debe tener en cuenta el **costo relevante** que representa la provisión de la electricidad, según la tecnología (por ejemplo, un sistema solar doméstico⁸). En particular, tal como lo explica Bravo (2001), (1) el costo de inversión (que incluye la compra e instalación) en el activo y (2) los costos de operatividad y mantenimiento de este durante su vida útil económica.

Entonces, si la capacidad de pago es mayor que el costo relevante, los pobladores podrían cubrir la adquisición de la tecnología; de lo contrario, probablemente la opción de tecnología considerada no sería la más idónea para los hogares rurales o, posiblemente, el Estado tendría que cofinanciar una parte del costo del activo (situación que probablemente ocurra en una localidad de extrema pobreza).

En estricto, esta metodología requiere información primaria sobre los gastos en las fuentes tradicionales de energía, por parte de los hogares rurales no electrificados, para la estimación de los costos evitados. En la práctica, a dicha información se accede a través de encuestas que indaguen por el consumo durante determinado período de tiempo (semanal o mensual) de energía proveniente de fuentes tradicionales. Por ejemplo, para la iluminación, típicamente lámparas a querosene y/o velas, el costo asociado a dicho consumo; o, para las comunicaciones (radio y/o televisión), lo gastado en la cantidad de pilas y/o baterías.

Una limitación que tiene la metodología de sustitución de costos, es que esta proporciona o sugiere un límite inferior para los beneficios económicos, ya que no tiene en cuenta el hecho de que, dependiendo del tipo

8. Se trata de sistemas que generan energía eléctrica usando como fuente la energía solar.



de tecnología considerada para la provisión de electricidad, esta puede proporcionarle un mayor nivel de servicio y luz de mejor calidad, que la fuente tradicional (lámpara de querosene, por ejemplo) (Meier 2003). Finalmente, cabe mencionar que utilizar la metodología del excedente del consumidor para el caso de la radio y la televisión no sería factible, ya que se requeriría un modelo de función multivariable para ambos aparatos. La radio es, sin duda, un bien inferior, con evidencia de que el consumo disminuye con el aumento de los ingresos, ya que los hogares generalmente prefieren trasladarse a ver televisión. Por lo tanto, los beneficios de sustituir baterías de auto por electricidad para oír radio o ver televisión son mejor estimados a través del método de sustitución de costos.

Ejemplo de aplicación

Como ya fue mencionado, para el cálculo de los beneficios de la electrificación rural para el uso de radio y televisión, se utilizará la metodología de sustitución de costos, a través de la cual se estima la «voluntad de pago» de los usuarios rurales cuando utilizan una alternativa a los sistemas eléctricos convencionales.

Para ello, se utilizará la información proveniente de los módulos 300, 500 y 600 de la encuesta, mediante la cual se conocerá el gasto mensual en pilas utilizadas por el hogar para oír radio y en baterías (y en la carga de estas) para ver televisión. A manera de referencia, NRECA (1999) encontró que los habitantes rurales del Perú, en el año 1999, gastaban mensualmente entre US\$ 4,83 (Selva) y US\$ 7,45 (Costa) por mes en baterías para radio y en carga de baterías para televisión. El valor para la Sierra fue de US\$ 5,04 y el promedio para el Perú fue de US\$ 5,40 por usuario por mes.

Un ejemplo de aplicación de esta metodología puede visualizarse con la información del cuadro 4.12, que utiliza datos extraídos de la Encuesta Nacional de Hogares Rurales sobre Uso de Energía para el Perú, realizada por el Banco Mundial (Meier *et al.* 2010).



Se puede apreciar que las pilas secas cuestan 25 veces más que las baterías de auto y 270 veces más que la red de electricidad por kilovatio/hora. Entonces, por 2,87 horas/día en hogares con electricidad, el beneficio por hora de escuchar radio es simplemente la diferencia en el costo entre una batería de auto (0,059 soles/hora) y de oír radio con electricidad (0,011 soles/hora), es decir, 0,048 soles/hora.

Cuadro 4.12
Costos por hora de escuchar radio

	Unidades	Pilas	Batería de auto	Electricidad
Horas oídas	Horas/día	4.64	3,68	2,87
	Horas/mes	141	112	87
Potencia kWh	Vatios	3	9	18
	kWh/mes	0,42	1,01	1,57
Precio/kWh		164	6,5	0,6
Costo por mes		69,4	6,6	0,9
Costo por hora oída		0,49	0,06	0,01

Fuente: Meier *et al.* (2010).

Elaboración: CIUP.

4.2.6.2 Beneficios indirectos

La metodología por seguir busca medir el impacto del acceso a la electricidad por parte de hogares rurales sobre variables tales como mejoras en los ingresos, salud y educación. Realizar este ejercicio requiere de un modelo econométrico que cuente con una adecuada estrategia de identificación, que permita determinar que efectivamente el acceso a electricidad causa las variaciones en dichas variables que experimentan los hogares rurales conectados. Asimismo, se requiere de información cualitativa y cuantitativa de dichos hogares.

Dado que no se cuenta con una línea de base, que lleve a la realización de un análisis *ex post* de alguna intervención realizada por la Dirección General de Electrificación Rural (DGER) del Ministerio de Energía y Minas (MEM) en el pasado, se descarta la opción de implementar



un modelo de diferencias en diferencias (DD), de acuerdo a lo explicado en el marco conceptual de la presente consultoría, toda vez que se carece de la información necesaria para comparar dos momentos en el tiempo de dos grupos de unidades de observación (hogares con acceso a electricidad y hogares sin acceso a electricidad)⁹.

Sin embargo, los términos de referencia (TdR) de la consultoría contemplan la realización de una encuesta a nivel de hogares; la cual, luego de coordinaciones con la supervisión administrativa y externa de la consultoría, recopilará información tanto de hogares con conexión a electricidad como de hogares no conectados en localidades intervenidas y no intervenidas en los últimos 4 a 5 años por la DGER.

En ese sentido, dicha encuesta se constituye en una oportunidad para el MEM, no solo para cuantificar los beneficios directos, sino también de contar con algunas magnitudes de los beneficios indirectos. Así, la encuesta puede tener dos propósitos. El primero consiste en que se constituye en una forma de línea de base que la DGER puede utilizar en futuras evaluaciones del impacto de intervenciones que realice en el presente. En cuanto al segundo, la encuesta permite evaluar *ex ante* el impacto esperado de una futura intervención por parte de la DGER. En efecto, tal como señala Peters (2009), es beneficioso examinar los impactos esperados antes de que un programa de electrificación sea implementado, lo cual puede ser hecho copiando información en regiones no electrificadas y en regiones comparables electrificadas; estas últimas pueden servir para simular el comportamiento esperado de los hogares (a través de los cambios que experimenten algunas variables, tales como ingresos, gastos, rendimiento educativo, etc.).

Mientras que los supuestos de identificación relacionados con la estimación DD son sin duda los más convincentes entre los criterios de evaluación no experimentales, el contar con una adecuada encuesta

9. Véase la sección 2.2.3 del marco conceptual de la presente consultoría.



y técnica de análisis y datos de corte transversal (o de sección cruzada) permite abordar muchos de los problemas relacionados con la estimación de los impactos *ex ante*. En particular, mediante la aproximación de los impactos a largo plazo de una intervención, la estimación de corte transversal alivia los problemas de los monitoreos de los proyectos que carecen de información de una línea de base. De hecho, de acuerdo a Peters (2009), las comparaciones *ex post* de sección cruzada han sido frecuentemente aplicados (Becchetti y Constantino 2008; Cuong 2008; Kondo *et al.* (2008); McKernan 2002; y Ravallion y Wodon 1998).

Las consideraciones metodológicas y los supuestos de identificación son iguales a los correspondientes para las evaluaciones de sección cruzada *ex ante* y *ex post*. Para ambos casos, la intuición es que un grupo simula el comportamiento del otro: mientras que en el caso *ex post* los hogares no electrificados simulan lo que podría haber sido si no hubiera habido un programa de electrificación para los hogares actualmente electrificados, en el caso *ex ante* los hogares ya electrificados simulan el comportamiento actual de los hogares que serán electrificados.

En otras palabras, se supone que los hogares electrificados, si hipotéticamente no tuvieran electricidad, se comportarían y desarrollarían de manera similar que los hogares no electrificados. Como en el caso de DD, se necesitan dos regiones para investigar los efectos de contar con acceso a un servicio (en este caso, el de energía eléctrica). Si estos dos grupos son lo suficientemente comparables, es más probable que el supuesto de identificación se mantenga y sea posible estimar el verdadero impacto del acceso a la electricidad en el hogar.

Existen dos métodos para poder trabajar con la situación contrafactual: (i) identificar *matches* cercanos para hogares con y sin electricidad que son similares en gran cuantía; esta metodología es llamada «*propensity score matching*» (PSM); (ii) estimar la ecuación resultante condicionada a la participación del programa, ya que de esta manera algunos factores



relacionados con la adopción de electricidad pueden no estar relacionados directamente con el resultado de las variables; esta metodología es llamada «estimación a través de variables instrumentales» (IV). Los autores usan ambas metodologías para evaluar los impactos de la electrificación en los hogares. Dichas metodologías ya han sido explicadas en la sección 2 del presente documento.

Por lo tanto, en estricto, la metodología por implementar para la presente consultoría es una del tipo de corte transversal mediante la comparación de los hogares que utilizan electricidad con aquellos que no lo hacen, ambos en una misma región. Sin embargo, debido a la simultaneidad reflejada en la ecuación 22, la validez del supuesto de identificación es altamente cuestionable y daría lugar a un sesgo hacia arriba en la evaluación de impacto. Además, los efectos secundarios (*spillover effects*) que afectan positivamente la variable de resultado de los hogares sin conexión, inducen a un sesgo hacia abajo si se comparan hogares conectados y no conectados en la misma región. Por último, el supuesto no debe ser subvaluado por variables no observables que afectan la selección en el tratamiento y en el control al mismo tiempo. En total, investigar una sola región y examinar la diferencia entre hogares con conexión y hogares sin conexión pueden dar lugar a fuertes sesgos de selección, simultaneidad y sesgos/efectos colaterales.

Una oportunidad para mejorar la comparabilidad de los usuarios y no usuarios de la electricidad será la aplicación del «método de *matching*», explicado líneas más arriba y en el marco conceptual. Para ello, los hogares del grupo tratado (con conexión) se comparan con los del grupo de comparación en relación con específicas características observables que son covarianzas (*covariates*) de la decisión de conectarse. El paso crucial es elegir covarianzas apropiadas, que son necesarias para influir en la decisión de conectarse pero no deben ser sensibles a la intervención. En ese sentido, el resultado antes de la intervención (preconexión) Y_{t-1} es una covarianza apropiada. Sin embargo, en el caso de datos de corte transversal, los datos sobre las variables de



preintervención no están disponibles. En este caso, variables tales como la educación de los jefes de hogar o activos como material de construcción de la vivienda y el tamaño del hogar pueden ser elegidas como covarianzas, ya que se puede suponer que influyen en la decisión de conectarse, pero no están afectados por la electrificación en el corto a mediano plazo. Basando la correspondencia en dichas variables, los factores no observables que están asociados con la preintervención pueden ser considerados. En particular, el sesgo de simultaneidad resultante de la ecuación 22 puede ser reducido.

En principio, las metodologías de *matching* pueden ser utilizadas incluso si solo una región que tiene acceso a electricidad es encuestada y, dentro de ellas, los hogares conectados y no conectados son comparados. Sin embargo, usualmente, hay pocos hogares comparables para realizar el *matching*. La razón es que los hogares no conectados en la región con electricidad difieren sistemáticamente de los hogares conectados en la misma región. Por el contrario, si ambas regiones, conectadas y no conectadas, son encuestadas, los hogares no conectados de la región sin acceso pueden servir como comparables de los hogares conectados en la región con acceso. De ese modo, la probabilidad de encontrar buenos hogares comparables es mayor. Adicionalmente, esto permite investigar los efectos colaterales (*spillover effects*) comparando hogares no conectados en regiones con acceso con sus contrapartes en regiones sin acceso.

Otra posibilidad para hacer frente a los sesgos de selección y de simultaneidad en la comparación de los hogares con y sin acceso a electricidad es hallar una variable de identificación que está correlacionada con el uso de electricidad, pero sin correlación con la variable de resultado de la unidad familiar. Dado que tales variables instrumentales (IV) no son fáciles de encontrar, en general, ello podría incluso permitir identificar el efecto causal sin tener una región de control a la mano. Por ejemplo, Peters *et al.* (2009) investigan el impacto de la electrificación en el beneficio de las empresas de la región electrificada. Usan la ubicación geográfica de la empresa dentro de la aglomera-



ción (*cluster*) de firmas como un instrumento, la cual afecta a la probabilidad de estar conectada pero no al beneficio de la firma¹⁰.

En cuanto a la información que será de utilidad para el cálculo de los beneficios indirectos de la electrificación, esta será la que se acopie a través de los módulos 200, 400 y 800 para Ingresos; módulos 200 y 900 para Educación; y módulos 100, 200, 300 y 800 para Salud, de la encuesta. En el anexo 10 se muestra, para las tres metodologías, cómo las preguntas de dicha encuesta se relacionan con los beneficios sociales por medir.

Cabe mencionar que, en una primera instancia, esta metodología reportará los efectos marginales de contar con electricidad en las variables de resultados de interés (horas de estudio de hijos en edad escolar, por ejemplo); posteriormente, dichos efectos serán cuantificados en valores monetarios que reflejen los beneficios económicos de la electrificación rural.

10. Es importante tener en consideración que este enfoque no produce estimaciones consistentes si los efectos del tratamiento son heterogéneos entre los individuos. En este caso, el enfoque IV más bien identifica el llamado "efecto local promedio" del tratamiento. En el ejemplo presentado, se responde a la pregunta de qué tan grande será el efecto del tratamiento (de contar con electrificación) si la variable binaria de localización de la firma aumenta de 0 a 1 (véase Augurzky y Schmidt 2001, y Angrist, Imbens y Rubin 1996).



5. Aplicación de la metodología de cálculo de los beneficios sociales de la electrificación rural

5.1 Uso y gasto de la energía de los hogares rurales encuestados

De acuerdo a la información de la Ehrue 2013, la mayor proporción de hogares conectados a la red eléctrica se encuentra en la Costa (50,26%), seguida por la Sierra (50,00%) y Selva (47,25%) (cuadro 5.1).

Cuadro 5.1
Tipo de energía empleado por los hogares rurales, según regiones (en porcentajes)

	Costa	Sierra	Selva
Red eléctrica	50,26%	50,00%	47,25%
Leña	64,25%	78,87%	91,21%
Velas	43,52%	69,59%	55,49%
GLP	59,07%	30,93%	31,87%
Carbón vegetal	18,13%	0,52%	3,85%
Panel solar	5,46%	0,00%	0,00%
Pilas	64,77%	79,38%	64,84%
Baterías de auto	8,81%	1,03%	0,55%
Bosta	0,00%	29,90%	0,00%
Generador de electricidad	3,02%	0,51%	12,09%
Otros*			
Número de hogares	193	194	182

* Querosene, batería de moto, petróleo, petróleo mechero y paja.

Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.



Con respecto al uso de fuentes alternativas de energía modernas¹, se encuentra que las alternativas menos empleadas son los paneles solares y los generadores de electricidad a nivel de las tres regiones. En contraposición, las pilas y el GLP son las fuentes de alternativas de electricidad más usadas en Costa, Sierra y Selva.

Sobre las fuentes alternativas de energía tradicional, se encuentra que las alternativas menos empleadas son la bosta y el carbón vegetal, particularmente en la Costa y Selva; mientras que las alternativas de energía usadas en mayor magnitud son la leña y las velas.

Por otra parte, considerando la clasificación de los hogares de acuerdo a su nivel socioeconómico, considerando como variable *proxy* el nivel de gasto, resalta que la alternativa moderna a la energía eléctrica más empleada son las pilas, por parte del 72,81% y 65,20% de los hogares más pobres y más ricos, respectivamente (gráfico 5.1). Asimismo, se podría decir que las pilas se constituirían en un bien inferior para los hogares más pobres, de contar con mayor poder adquisitivo para reemplazar su uso (al menos, parcialmente) por el de la electricidad.

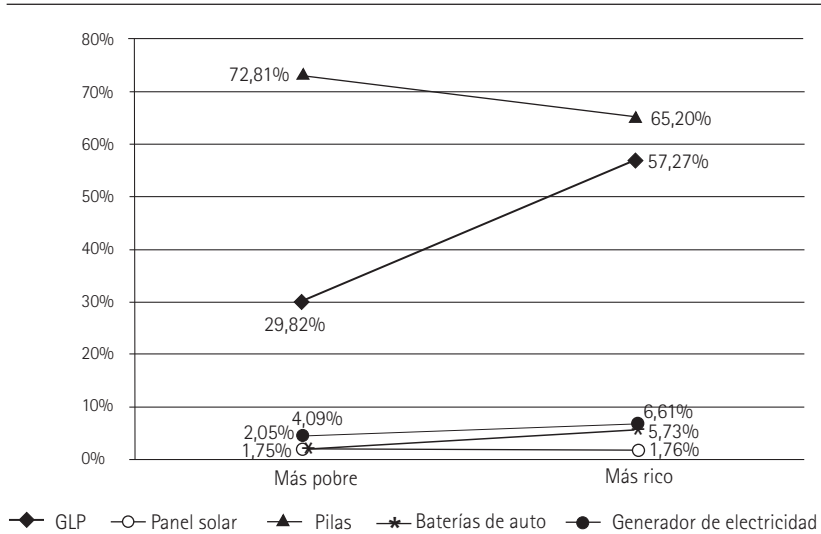
En segundo lugar, se encuentra que el GLP es la alternativa mayoritariamente empleada. No obstante, resulta interesante la diferencia de porcentaje entre hogares más ricos (57,27%) y hogares más pobres (29,82%) que hacen uso de esta alternativa, lo que sugiere que esta fuente se constituiría en un bien normal para los hogares rurales pobres, los que, de disponer de mayores niveles de ingreso, podrían incrementar el consumo de esta fuente de energía moderna.

Entre las alternativas menos usadas se encuentran los generadores de electricidad, las baterías de auto y los paneles solares, cuyos porcentajes de empleo no exceden el 5% y el 7%, por parte de los hogares más pobres y más ricos, respectivamente.

1. Se consideró la división de fuentes de energía empleada en Meier et al. (2010).



Gráfico 5.1
Hogares rurales que utilizan fuentes de energía modernas, según nivel socioeconómico (en porcentajes)



Nota: los hogares más pobres son aquellos cuyos niveles de gasto (como *proxy* de sus ingresos) se encuentran en los quintiles 1, 2 y 3 de la distribución de gastos; y los hogares más ricos, aquellos hogares que se encuentran en los respectivos quintiles 4 y 5.

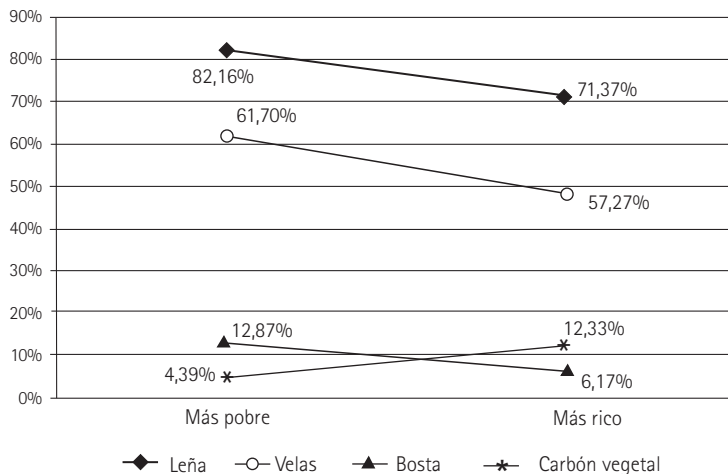
Fuente: Ehrue (2013).
 Elaboración: CIUP.

De otro lado, el gráfico 5.2 describe que la fuente de energía tradicional más utilizada es la leña: el 82,16% de los hogares más pobres la usan y el 71,37% de los hogares más ricos, también.

Las velas se constituyen en la segunda alternativa más empleada. En este caso, la diferencia entre el porcentaje de hogares más pobres que emplean velas (61,70%) y de hogares más ricos (48,02%) no es tan marcada como se esperaría, y es que las velas son una fuente de energía alternativa bastante asequible para los hogares de ambos grupos.



Gráfico 5.2
Hogares rurales que utilizan fuentes de energía tradicional, según nivel socioeconómico (en porcentajes)



Nota: los hogares más pobres son aquellos cuyos niveles de gasto (como *proxy* de sus ingresos) se encuentran en los quintiles 1, 2 y 3 de la distribución de gastos; y los hogares más ricos, aquellos hogares que se encuentran en los respectivos quintiles 4 y 5.

Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.

La bosta y el carbón son las alternativas tradicionales menos usadas, con porcentajes de uso inferiores a 13% y 9% por parte de los hogares más pobres y más ricos.

En tercer lugar, considerando el estado de conexión de los hogares rurales encuestados, el 76,07%, 58,21%, 53,93% y 42,5% de los hogares electrificados usan leña, GLP, pilas y velas, respectivamente, como fuente de energía. A su vez, estos hogares no usan paneles solares ni generadores de electricidad (cuadro 5.2).



Llama la atención que los hogares con conexión, a pesar de contar con electricidad, registren un nivel significativo de uso de velas para iluminación o de pilas, probablemente, para el uso de radio y/o linternas. Esta situación puede sugerir dos hipótesis: la primera, que el servicio de electricidad recibido no es continuo; la segunda, que los hogares utilizan la provisión del servicio de manera complementaria al uso de velas y pilas.

Si se observa el siguiente cuadro, se puede constatar que la primera hipótesis se descarta, ya que en las tres regiones los hogares con conexión reportan contar con electricidad, prácticamente, las 24 horas del día o los 30 días del mes o los 12 meses del año.

Cuadro 5.2

Continuidad del servicio de electricidad en hogares con conexión

	¿Normalmente, cuántas(os)... cuenta con electricidad en su hogar?		
	Horas por día	Días por mes	Meses por año
Costa	23,1	29,9	12,0
Sierra	23,2	29,1	11,9
Selva	23,6	29,2	11,7

Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.

De otra parte, es posible que los hogares utilicen aún la electricidad de manera complementaria con velas y pilas. Por varias razones. Por ejemplo, que no todas las viviendas cuenten con instalaciones completas y solo cuenten con instalaciones para algunos ambientes del hogar, como sala, comedor y/o habitaciones, pero no para ambientes distantes como cocina, criadero de aves, etc. Asimismo, un uso inadecuado de la electricidad no se descarta, al no priorizarse ambientes en los que su empleo sea el más idóneo o eficiente para el(los) miembro(s) del hogar.

**Cuadro 5.3****Tipo de energía empleado por los hogares, según estado de conexión a la red eléctrica**

	Hogares electrificados	Hogares no electrificados
Leña	76,07%	79,58%
Velas	42,50%	69,55%
GLP	58,21%	23,88%
Carbón vegetal	8,93%	6,23%
Panel solar	0,00%	3,46%
Pilas	53,93%	85,12%
Baterías de auto	0,00%	7,43%
Bosta	11,43%	9,00%
Generador de electricidad	0,00%	10,78%

Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.

Por otro lado, desde la perspectiva de los hogares no electrificados, el 85,12%, 79,58% y 69,55% de hogares recurre a pilas, leña y velas, respectivamente. A diferencia del caso de los hogares electrificados, en el caso de los hogares no electrificados se encuentra que todas las alternativas de energía son empleadas, pero que el uso de bosta, carbón vegetal y paneles solares son los menos significativos.

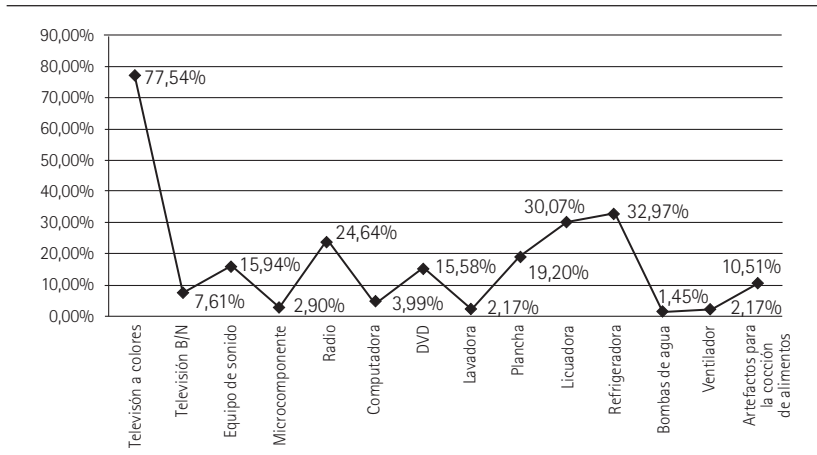
Con el propósito de realizar un perfil más preciso de la población de hogares que se encuentran electrificados y no electrificados, y recordando que la demanda de energía eléctrica es una demanda derivada del empleo que los hogares harán de ella, es importante examinar el uso de energía en electrodomésticos.

En ese sentido, el gráfico 5.3 muestra que un 77,54% de hogares electrificados utiliza la energía eléctrica a través de televisores a colores (de hecho, este es el uso más importante entre los examinados). En segundo plano, con menores porcentajes, se encuentran los usos de la refrigeradora (32,97%), la licuadora (30,07%) y la radio (24,64%); y, en tercer lugar, el uso de la plancha (19,20%), el uso de equipos de sonido (15,94%) y de reproductores de DVD (15,88%).



Asimismo, el uso de televisores en blanco y negro, microcomponentes, ventiladores, artefactos para la cocción de alimentos, bombas de agua, lavadoras y computadoras es bastante bajo. Menos del 11% del total de hogares electrificados reporta el uso de estos electrodomésticos, lo que sugiere que las necesidades de medios de comunicación son bastante elevadas y que algunas necesidades básicas, como la alimentación y el aseo, se realizan a través de otras vías, tomando más tiempo que el que emplearían de hacer uso de los electrodomésticos correspondientes a través de la red eléctrica.

Gráfico 5.3
Uso de electrodomésticos de los hogares electrificados (en porcentajes)



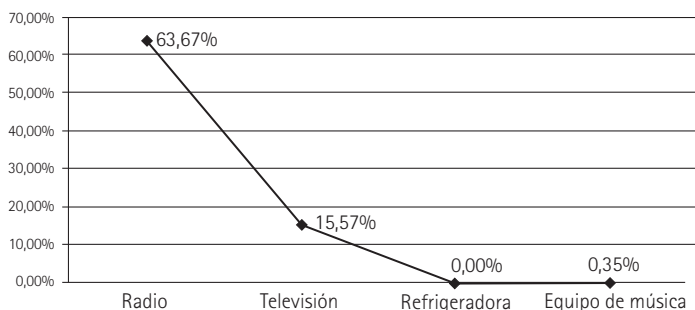
Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.

En cuanto al uso de electrodomésticos en hogares no electrificados, el gráfico 5.4 describe que el 63,67% de estos hogares hacen uso de fuentes alternativas a la energía eléctrica para la radio, y que este es el uso más relevante. En segundo plano, con menores porcentajes de representatividad de hogares, se encuentra el uso de la televisión (15,57%). En tercer plano, y con representatividad prácticamente nula, se encuentra el uso de refrigeradoras y equipos de música.



Gráfico 5.4
Uso de electrodomésticos de los hogares no electrificados



Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.

Finalmente, condensando los datos obtenidos con la encuesta es posible observar el patrón de gasto mensual promedio de los hogares más pobres y más ricos, según las diferentes fuentes de energía eléctrica (cuadro 5.4). A grandes rasgos, es posible identificar que el gasto en energía de los hogares se encuentra correlacionado positivamente con los hogares de mayor capacidad adquisitiva.

Cuadro 5.4
Gasto mensual promedio en energía de los hogares rurales encuestados, según fuente y nivel socioeconómico (en S/.)

Fuente de energía	Más pobres	Más ricos
Red eléctrica	15,89	33,11
Leña	18,81	60,88
Velas	8,22	9,92
GLP	35,62	40,24
Carbón vegetal	3,5	6,9
Pilas	6,02	5,67
Baterías de auto	14,00	9,08
Generador de electricidad	116,21	229,15
Otros*	12,00	18,00

* Querosene, batería de moto, petróleo, petróleo mechero y paja.

Elaboración: CIUP.



Así, en el caso de los gastos mensuales por consumo de red eléctrica, los hogares más ricos realizan un gasto equivalente a S/. 33,11, mientras que el gasto promedio que afrontan los hogares más pobres por la provisión del mismo servicio es alrededor de la mitad. Esta diferencia significativa entre los gastos promedio en energía de los hogares más ricos y más pobres se visualiza también en el caso del gasto promedio mensual de la energía a través de la leña, el carbón vegetal y el generador de electricidad.

Con respecto al gasto mensual promedio de energía relacionada a través de velas y GLP, se observa que estos difieren entre hogares más ricos y más pobres, pero en menor magnitud. Así, por ejemplo, en el caso del gasto mensual promedio de los hogares en velas, encontramos la menor diferencia: los hogares más pobres en pilas presentan un gasto mensual promedio igual a S/. 8,22, mientras que el gasto mensual promedio de los hogares más ricos es equivalente a S/. 9,92 (es decir, 17,13% menos).

Asimismo, cabe destacar que en el caso del gasto mensual promedio en pilas, baterías y otros tipos de energía, entre los que se encuentran principalmente el querosene, la batería de moto, el petróleo, el petróleo mechero y la paja, el gasto promedio de los hogares más pobres supera al gasto promedio de los hogares más ricos.

En resumen, las conclusiones más importantes de esta sección se derivan del impacto del acceso a la conexión a la red eléctrica dentro de los hogares encuestados. A grandes rasgos, la región costeña es la que presenta el mayor porcentaje de población conectada a la red eléctrica, seguida de la Sierra y Selva.

En tal sentido, considerando que la conexión a la red eléctrica no es una realidad fehaciente para todos los hogares, resalta el uso de fuentes de energía alternativas, y las dos principales son las pilas, como fuente de energía **moderna**, y la leña, como fuente de energía **tradicional**. Este patrón de consumo de fuentes de energía alternativa se evidencia a nivel de hogares más pobres y más ricos, y dichas preferencias son consistentes para ambos grupos.



Asimismo, se presume que en los hogares con conexión, la electricidad estaría siendo utilizada de manera complementaria a otras fuentes de energía, como las velas y las pilas, para iluminación.

De otro lado, considerando otra vez la población segmentada según hogares más ricos y más pobres, resalta la importancia del uso de fuentes de energía para satisfacer principalmente necesidades de comunicación e información a través de la TV en color y la radio.

Finalmente, considerando el gasto mensual promedio que realizan los hogares más pobres y más ricos en energía, se observa que, según la fuente de energía, los gastos pueden diferir considerablemente, o diferir de una manera más leve; aunque en la mayor parte de los casos son los hogares más ricos los que realizan un gasto más elevado a todo nivel.

5.2 Percepción de la energía eléctrica en hogares rurales

Los hogares rurales se encuentran organizados en el documento según su estado de conexión. De esa forma, dentro del grupo de hogares no conectados se tiene que aproximadamente un cuarto de la muestra (26%) se encuentra habitando un centro poblado que sí cuenta con acceso a la red pública de electricidad.

Cuadro 5.5
Centros poblados con conexión eléctrica

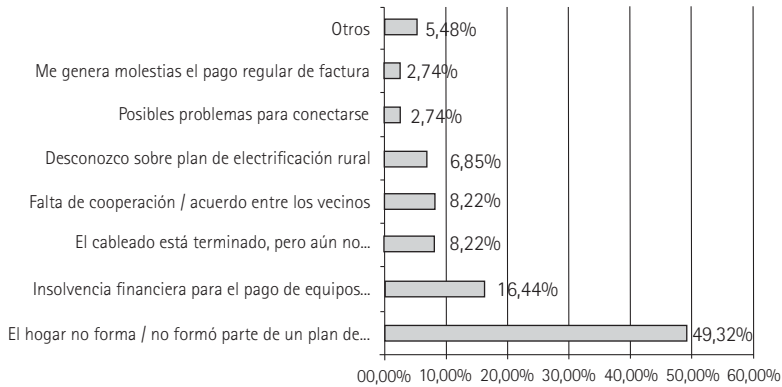
Hogares	Sí	No	Total
Conectados	100%	0	210
No conectados	25,95%	74,05%	289

Elaboración: CIUP.

En esa línea, este último grupo de hogares (75 en la muestra o 25,95% de la misma) declara en casi un 50% que el hogar no cuenta con conexión a la red pública debido a que no formaron parte de ningún Plan de Electrificación Rural.



Gráfico 5.5
Razones por las que no se cuenta con electricidad



Elaboración: CIUP.

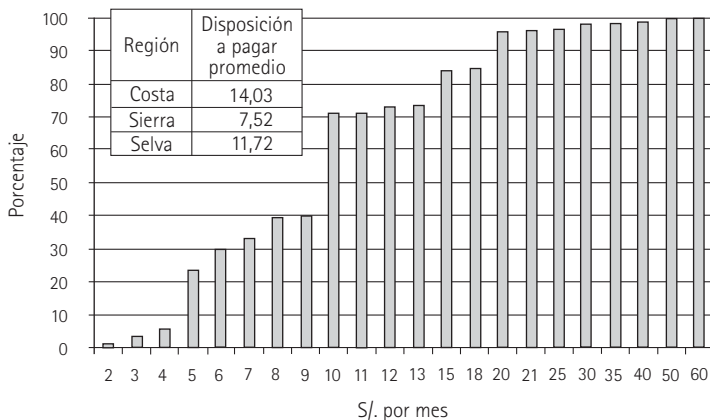
Ciertamente, lo anterior crea una veta por ser considerada por la DGER para desarrollar medidas que incrementen el coeficiente de electrificación rural. Como se aprecia, no se trata de un tema de insolvencia financiera sino de que los hogares no formaron parte o no fueron considerados en algún programa de electrificación rural.

5.2.1 Disponibilidad de pago por el servicio de electricidad

Del total de 289 hogares que no cuentan con electricidad de la muestra, solo 3 reportaron que no tenían ningún deseo de conectarse a la red eléctrica. El punto relevante surge en el grupo de aquellos que sí están dispuestos a contar con electricidad, y, más aún, cuánto están dispuestos a pagar por la misma. En el siguiente gráfico, se muestra la distribución acumulada de la disposición a pagar. Como se observa, el 95% de la muestra está dispuesta a pagar hasta 20 soles al mes por la electricidad.



Gráfico 5.6
Disposición a pagar por la electricidad (al mes)



Elaboración: CIUP.

Solo el último 5% está dispuesto a pagar valores más altos por el consumo de la misma. También debe notarse que el 71% está dispuesto a pagar como máximo 10 soles al mes por el servicio de electricidad. Es decir, la disposición a pagar es poco sensible aproximadamente hasta los 10 soles al mes, punto después del cual aumenta pero en menor cuantía proporcional a la cantidad de población que está dispuesta a pagar.

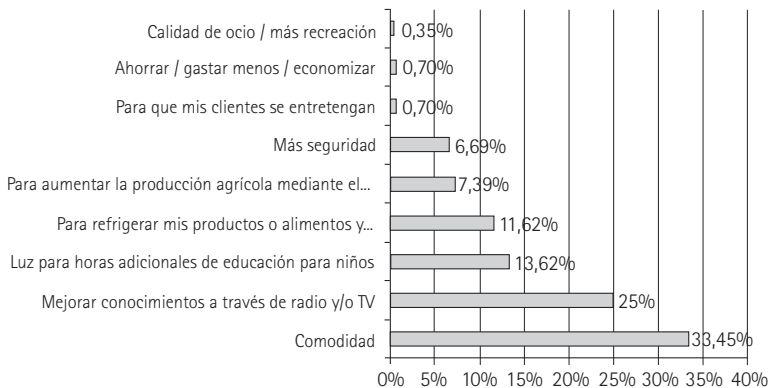
A nivel de regiones, los hogares no conectados de la Costa reportan una mayor disposición a pagar, de S/. 14,03 por mes, seguidos por aquellos de la Selva y de la Sierra, con S/. 11,72 y S/. 7,52 por mes, respectivamente. Ciertamente, estas cifras sugieren la posibilidad de cambio de hábitos de consumo y/o uso de nuevos servicios a la que se enfrentan los hogares debido a la instalación del servicio de electricidad.

En efecto, como se aprecia en el siguiente gráfico, el 33,45% de hogares sin conexión desea contar con electricidad por el motivo de comodidad, y un 25% para mejorar los conocimientos mediante los medios de co-



municación de radio y televisión. El enfoque de producción agrícola y de la mejora de la misma es la preocupación de un 7,39% de la muestra, mientras que un 0,7% la utilizaría con otros fines comerciales.

Gráfico 5.7
Motivos por los que se desea contar con electricidad



Elaboración: CIUP.

5.2.2 Cambio de hábitos de consumo o uso de nuevos servicios

Lo que revelan las preguntas sobre las percepciones es que, sin duda, de ser considerados dentro de un plan de electrificación, los hogares rurales verán cambios en sus modos de vida, sobre todo en aspectos de información (a través de radio y/o TV), lo que redundará en mayor comodidad y mejoras de los estándares de calidad de vida.

Al estar la encuesta orientada únicamente a hogares rurales, no se han identificado patrones de respuestas que apunten a inferir conclusiones sobre procesos de producción, pero sí de cambios de hábitos de consumo. Como se verá más adelante, la electrificación genera beneficios en iluminación y radio/TV, lo que indica que hay sustitución de fuentes de energía y sustitución de uso de aparatos. Aquellos hogares electri-



ficados utilizan televisores a colores, mientras que los no conectados, en la mayoría de los casos, se restringen a la radio y/o televisión en blanco y negro.

5.2.3 Perfiles de usuarios validados

Como se verá más adelante, los beneficios son calculados únicamente para las tres regiones naturales, esto debido a que la muestra considerada para el análisis permite una inferencia estadística a nivel regional. En ese sentido, del marco conceptual de la caracterización de los beneficios y perfiles de los beneficiarios de la electricidad, desarrollado desde el punto de vista teórico en la sección 3 del presente informe, solo se estiman los beneficios para aquellos hogares rurales de la Costa, Sierra y Selva que cuentan con una conexión a red eléctrica. Es decir, según el tipo de intervención 1, que, de acuerdo a los términos de referencia, se trata de instalación y ampliación del servicio de electricidad.

Por lo tanto, previamente al cálculo de los beneficios, la matriz de caracterización por utilizar quedaría de la siguiente manera:

Cuadro 5.6
Caracterización de los beneficios sociales de la electrificación rural

Tipo de intervención	Costa	Sierra	Selva
Instalación del servicio de electricidad	Iluminación Radio y TV Refrigeración Educación Salud Ingresos	Iluminación Radio y TV Refrigeración Educación Salud Ingresos	Iluminación Radio y TV Refrigeración Educación Salud Ingresos

Elaboración: CIUP.

Sin embargo, como se verá más adelante, por razones de significancia estadística no fue posible identificar beneficios en salud y refrigeración para las tres regiones, ni de ingresos para Sierra y Selva, por lo que la matriz de caracterización quedó de la siguiente manera:



Cuadro 5.7

Caracterización de los beneficios sociales de la electrificación rural

Tipo de intervención	Costa	Sierra	Selva
Instalación del servicio de electricidad	Iluminación Radio y TV Educación	Iluminación Radio y TV Educación	Iluminación Radio y TV Educación

Elaboración: CIUP.

5.3 Cálculo de los beneficios sociales de la electrificación rural en los hogares

Como fue explicado en la sección 4, la estimación de los beneficios directos e indirectos se hará utilizando: (i) la metodología del excedente del consumidor, para el caso de los beneficios de la electrificación para iluminación; (ii) la metodología de los costos evitados, para el caso de los beneficios de la electrificación para radio/televisión y refrigeración; y (iii) la metodología de evaluación de impacto *ex ante*, para los beneficios de la electrificación rural en educación, salud e ingresos².

5.3.1 Beneficios del uso de la electricidad en iluminación

Para el cálculo del excedente del consumidor (EC), se tomó en cuenta la demanda por iluminación de los hogares no electrificados que utilizaron alguna fuente de energía alternativa. En este caso puntual, se

2. En particular, no se ha encontrado evidencia mediante las encuestas que valide los beneficios esperados de la electrificación rural sobre la salud de la población. En el anexo 12, se detallan los resultados de la estadística descriptiva del módulo 900 de la Ehrue (2013), que contiene preguntas en relación con el estado de salud del jefe de hogar o del ama de casa del hogar entrevistado. Como se podrá apreciar, la mayoría de hogares no conectados reportan un mejor estado de salud (no tose, no tiene ojo rojo, no le pican los ojos o no ha acudido a un centro de salud por enfermedad) en relación con los hogares conectados. En ese sentido, estos resultados impiden testear la hipótesis general de que en hogares no conectados, debido a que requieren el uso de fuentes alternativas a la electricidad, por ejemplo de leña o velas, presentan niveles de salud adversos en comparación con aquellos hogares con conexión. Esto sugiere que, en futuros estudios, el levantamiento de información sobre el estado de salud de los miembros del hogar, deba ser complementado con exámenes médicos que determinen indicadores físicos de la salud de los mismos. Por ejemplo, durante la encuesta se debería poder obtener medida de peso y talla, capacidad pulmonar (a través del soplido de un dispositivo especial) o del nivel de emisiones tóxicas de las cocinas que utilizan leña o GLP u otro combustible. Complementar la encuesta con este tipo de pruebas toma, aproximadamente, 10-15 minutos adicionales a los 40-45 minutos que ya dura (de acuerdo a la prueba piloto realizada) el cuestionario.



eligieron las velas debido a su representatividad en el interior de la muestra (de 12,01% en la Costa, 30,64% en la Sierra y 19,51% en la Selva). Al ser este un caso puntual en la demanda por iluminación, los hogares electrificados (que no utilizan velas para la iluminación) son asumidos bajo un estado de la naturaleza en el cual una vez que contaron con acceso a electricidad, dejaron de utilizar las velas.

Para calcular la demanda por iluminación de ambos tipos de hogares, se trabajó con la unidad del Sistema Internacional de Medidas para medir los flujos luminosos: el lumen. Las unidades de conversión para las velas y los distintos tipos de focos se muestran en el siguiente cuadro³:

Cuadro 5.8
Generación de lúmenes por tipo de alumbrado

Tipo de alumbrado	Kilolumen/hora
Foco incandescente	
10 vatios	0,05
15 vatios	0,1
25 vatios	0,23
50 vatios	0,58
75 vatios	1,08
100 vatios	1,28
Foco fluorescente	
10 vatios (recto)	0,6
20 vatios (recto)	1,2
40 vatios (recto)	1,613
22 vatios (circular)	1,48
32 vatios (circular)	1,506
Vela	
0,5 kg	1,00

Fuente: Meier *et al.* (2010).

Los precios que usaron para los focos fueron obtenidos mediante el precio del kilovatio/hora y convertido a precio por kilolumen mediante los factores de conversión. Debido a que los precios varían de

3. Para el caso de los focos ahorradores, se tomó el lumen promedio de generación en función de los tipos de focos, de 10, 12, 18 20 y 25 vatios, los cuales generan 0,6, 1,2, 1,613, 1,48 y 1,506 kilolúmenes, respectivamente.



acuerdo a cada ubicación geográfica, fue necesario crear un factor de conversión que se adecue a cada uno de ellos. Este fue elaborado mediante el precio por kilovatio/hora que los hogares revelaron en la encuesta por el uso de la electricidad que se reporta en los recibos que fueron mostrados a los encuestadores.

Los precios fueron transformados a precio por kilolumen de iluminación mediante focos en función de los kilolúmenes que produce cada tipo de foco. Las cantidades usadas de kilolúmenes de iluminación mediante focos fueron obtenidas mediante la multiplicación de las horas usadas del tipo de foco en el hogar por el número de focos por los kilolúmenes que estos generan por hora, obteniéndose así los kilolúmenes demandados al mes. Por ejemplo para un foco 25 vatios se obtuvo que un kilovatio produce 230/25 kilolúmenes la hora. Dado que se cuenta con el precio de un kilovatio, para obtener el precio por kilolumen de los focos de 25 vatios es necesario multiplicar el precio por kilovatio por 25/230.

En cuanto a los precios de las velas, estos variaron según los departamentos y pesos en gramos de las mismas. Los precios también fueron calculados como precio por kilolumen de iluminación mediante velas. Para realizar esta labor, se multiplicó el precio en lista de la vela por 500 y se dividió entre el peso de la vela, con lo cual se obtuvo el precio por kilolumen en iluminación mediante velas⁴. Las cantidades usadas fueron reportadas como cantidad de velas usadas por mes. Dado que cada una de estas tiene un determinado peso, dividiendo estos entre 500 se obtuvieron los kilolúmenes por hora al mes provenientes del consumo de velas.

Para el cálculo del EC en sí mismo, se tomó el consumo promedio por hogar (donde se utilizó como ponderación el número de miembros por hogar) y con base en el mismo se tomaron distintas cohortes de caracterización. El motivo para tal caracterización parte de obtener los dos puntos de la demanda para consumidores que tengan características

4. El 500 se refiere a los 500 gramos que producen un kilolumen por hora. Por ejemplo, si se tiene una vela de 15 gramos que tiene un precio de 20 centavos y que produce 20/500 kilolúmenes por hora, entonces el precio de 1 kilolumen de esa vela será de $0,20 \cdot 500 / 20$ (precio en centavos $\cdot 500 /$ peso de la vela).



comunes (de acuerdo a la región –Costa, Sierra y Selva– y al nivel socioeconómico –más pobre y más rico–). En el cuadro 5.9 se muestran los principales resultados para una demanda exponencial⁵.

Cuadro 5.9
Cálculo de los beneficios sociales de la Iluminación

	Costa	Sierra	Selva
Supuestos			
Qv (velas)	1,5735	1,1328	1,3549
Qe	305,6688	202,5437	258,9823
Pv (velas)	7,9694	11,1391	8,6947
Pe	0,0108	0,0358	0,0123
Resultados			
Elasticidad	-0,7975	-0,9035	-0,8009
Áreas: B	12,5232	12,5779	11,7638
C	33,1530	43,0394	31,3770
D	0,0169	0,0406	0,0167
E	3,2729	7,2125	3,1759
Disposición a pagar	48,9661	62,8704	46,3334
Beneficio económico (o excedente del consumidor)	45,6762	55,6174	43,1408

Fuente: Ehrue (2013).

Adicionalmente, los resultados muestran que el EC es mayor en la Sierra que en la Costa y Selva, reflejando el hecho de que es precisamente en aquellas zonas geográficas alejadas en las que se encuentran los hogares no conectados, donde los beneficios de contar con la electricidad serán mayores.

5.3.2 Beneficios del uso de la electricidad en radio, televisión y refrigeración

5.3.2.1 Beneficios en radio y televisión (en color y en blanco y negro)

Para el cálculo de los beneficios de la electrificación en el uso de radio y televisión, se identificaron las alternativas al sistema eléctrico con-

5. En el caso del supuesto de demanda exponencial se siguió a Meier *et al.* (2003).



vencional a las que recurren los hogares rurales electrificados y no electrificados encuestados.

De acuerdo a la encuesta realizada, los hogares no conectados a una red eléctrica utilizan pilas mayoritariamente para linterna, radio y reloj (cuadro 5.10)⁶. Asimismo, el uso de batería de auto se da principalmente por hogares de la Costa en televisores (cuadro 5.11) y el generador eléctrico es mayoritariamente usado en la Selva y en menor magnitud en la Costa, para el uso de radio y televisión e iluminación (cuadro 5.12).

Cuadro 5.10
Cantidad de hogares no conectados que usan pilas, según región geográfica y aparatos usados

Región	Tipos de pilas				Usos			
	AAA	AA	M	G	Radio	Reloj	Linterna	Linterna
Costa	6	9	6	76	51	9	61	4
Sierra	1	9	7	87	81	4	65	4
Selva	11	1	1	73	40	7	65	4
Total	18	19	14	236	172	20	191	12

Fuente: Ehrue (2013).
Elaboración: CIUP.

Cuadro 5.11
Cantidad de hogares no conectados que usan batería de auto, según región geográfica y aparatos usados

Región	Equipo de música	Radio	TV	Total
Costa	1	2	12	15
Sierra			1	1
Selva				
Total	1	2	13	16

Fuente: Ehrue (2013).
Elaboración: CIUP.

6. De acuerdo a la supervisión del trabajo de campo, los encuestadores evidencian que el uso de radio en hogares rurales emplea usualmente pilas grandes y medianas.

**Cuadro 5.12****Cantidad de hogares no conectados que usan generador eléctrico, según región geográfica y aparatos usados**

Región	Iluminación	Radio	TV	Refrigeradora	DVD	Licuadora
Costa	7	1	6	1	1	
Sierra						
Selva	19	3	12			1
Total	26	4	18	1	1	1

Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.

Dado lo anterior, la aplicación de la metodología de los costos evitados se centró únicamente en el uso de pilas (medianas y grandes), batería de auto y generador eléctrico como fuentes alternativas a la energía eléctrica (proveniente de una red eléctrica).

De acuerdo a la información recogida en la encuesta, en el caso del uso de pilas grandes y medianas, la mayoría de hogares suele utilizar como mínimo 2 pilas grandes o medianas al mes. Luego, teniendo en cuenta que, de acuerdo a los supervisores del trabajo de campo, el paquete de pilas (marcas Rayovac y/o Panasonic) en zonas de compra (mercados y/o bodegas) tiene un costo aproximado de S/. 3 el paquete de 2 pilas, es decir, S/. 1,5 cada pila, se considerará un gasto mínimo en pilas (grandes y medianas) de S/. 3 al mes.

Para el caso de la batería de auto, se tuvo en consideración el gasto mensual en recarga, así como el costo de transporte incurrido al desplazarse a un lugar electrificado para realizar la recarga. En el caso del generador eléctrico, se calculó: (i) un factor de tiempo de utilización del equipo para cada hogar, toda vez que el equipo también es utilizado para iluminación (cuadro 5.12); (ii) el gasto en combustible (diésel o petróleo) mensual para su funcionamiento; y (iii) dado que más del 50% de los hogares utiliza un generador alquilado, sobre la base de la información recabada en la encuesta, se consideraron diferentes valores según la región geográfica (Costa: S/. 50, y Selva: S/. 32,43).



Dado lo anterior, una vez cuantificados los gastos mensuales incurridos por el uso de pilas, baterías de auto y generador eléctrico para el uso de radio y televisión, y descartados valores extremos, se arribó a los siguientes resultados:

Cuadro 5.13

Capacidad promedio de pago de hogares no conectados en fuentes de energía alternativas a la electricidad, según región y nivel socioeconómico (S/. por mes)

Región		
Costa	Sierra	Selva
12,715	7,133	12,232

Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.

Posteriormente, se calcula el gasto promedio en energía eléctrica de los hogares electrificados por el uso de radio, televisión en color y televisión en blanco y negro; para lo cual se calculó el consumo en energía utilizando dichos artefactos considerando los siguientes supuestos de potencia utilizados por Meier *et al.* (2010):

Cuadro 5.14

Potencias consideradas por artefacto

Artefacto	Potencia (vatios)
Radio	18
TV en blanco y negro	48
TV en color	75

Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.

Una vez realizada la transformación de la potencia en kilovatios (entre 1.000) de cada artefacto utilizado, multiplicado por el tiempo en horas de utilización por cada hogar conectado encuestado, se obtiene el gasto promedio por el consumo de energía eléctrica utilizada en radio y TV (en color y blanco/negro)⁷.

7. Visitar: <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Orientacion_Usuario/005.pdf>.

**Cuadro 5.15**

Gasto promedio en consumo de electricidad de hogares conectados para el uso de radio y TV (en color y blanco/negro), según región y nivel socioeconómico (S/. por mes)

Región		
Costa	Sierra	Selva
3,19	1,83	1,39

Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.

Por lo tanto, comparando los cuadros 5.13 y 5.15, se puede decir que los beneficios netos de un hogar no conectado que reemplace el uso de pilas y/o batería de auto y/o generador eléctrico por el uso de energía eléctrica, son los mostrados en el siguiente cuadro:

Cuadro 5.16

Beneficios netos de hogares no conectados en radio y TV, según región y nivel socioeconómico (S/. por mes)

Región		
Costa	Sierra	Selva
9,525	5,303	10,842

Nota: tipo de cambio: S/. 2,58 por dólar.

Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.

5.3.2.2 Beneficios en refrigeración

Como se ha podido apreciar en la sección 1 del presente informe, los hogares no electrificados reportan prácticamente un 0% del uso de refrigeradoras. De hecho, solo un hogar no electrificado de la localidad Las Mercedes, en el distrito y provincia de Sullana, en Piura, reportó la utilización de una refrigeradora por 3 horas diarias.

Si bien se trata de una única observación, y esta no sería representativa ni lo suficientemente informativa como para permitir generalizar



los resultados a nivel nacional ni regional (Costa, Sierra y Selva), ni a nivel socioeconómico, se aplicará la metodología de costos evitados sobre dicha observación. Sin embargo, dicho cálculo debe ser tomado con cautela, puesto que la casi nula cantidad de hogares no conectados en la encuesta que refrigeran (alimentos, por ejemplo) no refleja realmente a un grupo de hogares representativo que efectivamente demandan su uso.

Dado lo anterior, siguiendo la misma metodología del acápite 5.3.2.1, para el hogar no conectado, se consideró el tiempo mensual de uso del generador eléctrico. Asimismo, se calculó: (i) un factor de tiempo de utilización del equipo para el hogar, toda vez que el equipo también es utilizado para iluminación; (ii) el gasto en combustible (diésel o petróleo) mensual para su funcionamiento; y (iii) dado que más del 50% de los hogares utiliza un generador alquilado, sobre la base de la información recabada en la encuesta, se consideró el valor de S/. 50 por ser un hogar no conectado de la Costa. Como resultado, se obtiene un gasto evitado de S/. 85,00.

A pesar de lo anterior, debido a que únicamente se identificó un único hogar, no se considera factible aplicar la metodología de costos evitados para el cálculo de los beneficios esperados⁸.

5.3.3 Beneficios indirectos

En esta sección, se estiman los beneficios indirectos de la electrificación rural haciendo uso de dos metodologías: (i) *propensity score matching* (PMS) y (ii) variables instrumentales. Bajo ambos enfoques, se desea identificar qué efectos tiene el que un hogar rural cuente con una conexión a la red eléctrica sobre dos variables: (i) el tiempo de estudio en el hogar por parte de los hijos en edad escolar, y (ii) el

8. Como fue mencionado en la sección 2, pretender utilizar la metodología de excedente del consumidor, como fue el caso para la iluminación, es teóricamente incorrecto (Esmap 2003, IEG 2008, Meier et al. 2010), ya que la función de demanda no captura el grado de sustituibilidad que existe entre radio y TV, lo que hace necesario el uso de una función de demanda multivariable.



ingreso disponible por hogar (aproximado por el ahorro en gastos en energía del hogar)⁹.

Para ello, se requiere un modelo econométrico que cuente con una adecuada estrategia de identificación, que permita determinar que efectivamente el acceso a electricidad causa las variaciones en dichas variables que experimentan los hogares rurales conectados.

En ese sentido, la metodologías mencionadas en la sección anterior son métodos alternativos al diseño experimental y a otros enfoques cuasi experimentales para estimar el efecto del tratamiento (es decir, de la conexión eléctrica del hogar) cuando la asignación al mismo no es aleatoria (Rosebaum y Rubin 1983, 1985) y, también, cuando no se cuenta con una línea de base.

Cuadro 5.17
Distribución de la muestra bajo análisis

Región	Hogares		Total
	Conectados	No conectados	
Costa	52	96	148
Sierra	97	97	194
Selva	61	96	157
Total	210	289	499

Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.

Como fue mencionado en la sección introductoria, el análisis se hace sobre el tamaño de muestra estadísticamente necesario, es decir, sobre un total de 499 observaciones (148, 194 y 157 para la Costa, Sierra y Selva, respectivamente) luego de un proceso de validación y depuración (de algunas observaciones con variables sin información), que comprende 289 hogares no conectados y 210 hogares conectados, estos últimos entre los años 2000 y 2009, asumiendo tal período como

9. Como se menciona en la introducción de esta sección, no se encontró evidencia relevante para el caso del beneficio esperado en salud.



un tiempo suficiente para visualizar actualmente (al año 2013) los beneficios de la electricidad en hogares conectados y, de alguna manera, los beneficios esperados de los hogares no conectados ante una futura intervención (cuadros 5.17 y 5.18).

Cuadro 5.18
Resumen de estadística descriptiva de las principales variables

Variable	N°	Promedio	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Hogar conectado (=1; 0, dom)	499	0,4208417	0,4941896	0	1
Número de miembros del hogar	499	3,773547	1,714228	1	10
Edad del jefe de hogar	499	46,19238	15,66219	18	91
Jefe de hogar (=1; 0, dom)	499	0,8657315	0,3412827	0	1
Años de educación del jefe de hogar	499	6,221443	3,849915	0	16
Vivienda propia (=1; 0, dom)	499	0,8496994	0,3577244	0	1
Fuente de agua conectada a red (=1; 0, dom)	499	0,4488978	0,4978808	0	1
Sistema sanitario conectado a red (=1; 0, dom)	499	0,1142285	0,3184077	0	1
Techo de cemento, madera o calamina (=1; 0, dom)	499	0,5811623	0,4938638	0	1
Pare de cemento (=1; 0, dom)	499	0,0641283	0,2452271	0	1
Piso de madera o cemento (=1; 0, dom)	499	0,1843687	0,3881738	0	1
Horas de lectura/estudio diaria de hijos en edad escolar	268	4,027985	2,394626	0,5	10
Ingreso disponible al mes	499	424,0552	210,6346	39,3	993,4

Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.

En efecto, en el siguiente cuadro se observa que, por región, las diferencias entre las magnitudes de las variables sobre las que se quiere medir el impacto difieren significativamente, según el test de medias, entre hogares no conectados y no conectados, excepto para el caso de la Selva, en el que el ingreso disponible en hogares conectados no difiere estadísticamente del ingreso disponible para los hogares no conectados.



Cuadro 5.19
Estadística descriptiva de las variables de interés en relación con los potenciales impactos indirectos de la electrificación

Estado del hogar	Variable	Región		
		Costa	Sierra	Selva
No conectado	Horas lectura	2,70	3,42	4,12
	Ingreso disponible	473,73	353,28	393,26
Conectado	Horas lectura	4,48	4,68	4,89
	Ingreso disponible	588,29	403,45	399,65
t	Horas lectura	3,41*	2,55*	1,69***
	Ingreso disponible	3,25*	1,74***	0,20

* Estadísticamente significativo al 10%; ** estadísticamente significativo al 5%; *** estadísticamente significativo al 1%.

Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.

Respecto de la metodología de *propensity score matching*, la estrategia de identificación consiste, en primer lugar, en estimar un modelo probit, en el que la variable dependiente que representa el estado de conexión del hogar (1 si cuenta con conexión; 0, de otro modo) se regresa sobre un número de variables explicativas, las que puedan influir, *ex ante* la intervención a través de un programa de electrificación, en la decisión de conexión por parte del hogar. Los coeficientes obtenidos en la regresión se utilizan para predecir la probabilidad de conexión de un hogar, a la cual se le denomina *propensity score*.

Seguidamente, estos *propensity scores* son usados, a través de algoritmos de estimación, para implementar diferentes emparejamientos (o *matchings*), para arribar a un conjunto de hogares conectados (tratados) y no conectados (controles) comparables, a partir de diferentes algoritmos. El impacto es obtenido midiendo la diferencia entre las variables de interés entre ambos grupos de hogares.

Entre los algoritmos más utilizados en la práctica y uno de los que produce mejores resultados (Rodríguez 2012) está el denominado



«*nearest neighbor matching*» (vecino más próximo), que consiste en la elección de una observación (en este caso, de un hogar rural) perteneciente al grupo de controles de dicha observación con el *propensity score* más próximo. Bajo este algoritmo, el *matching* puede ser sin reemplazo (es decir, uno a uno) o con reemplazo (es decir, que un elemento del grupo de control sea utilizado más de una vez).

El algoritmo de *radius matching* consiste en especificar una distancia máxima del *propensity score* (*caliper*) dentro de cuyo radio se busca el enlace. Es decir, no solo se utiliza la observación del grupo control más próxima dentro del radio sino todas las que existan en el grupo de comparación que estén dentro del radio, sin limitación de número, con lo que se asegura que sean similares.

Por otro lado, el algoritmo de *kernel matching* consiste en un estimador de *matching* no paramétrico que compara el resultado de cada observación tratada con un promedio ponderado de los resultados de todas las observaciones del grupo de control, utilizando las mayores ponderaciones para las observaciones con *propensity score* más parecido a la observación que se compara.

Ciertamente, todos estos algoritmos implican una elección entre sesgo y precisión, sin que exista una regla clara de cuál es el más indicado en concreto. En esencia, lo recomendable es observar el efecto a través de varios algoritmos y que los resultados sean similares y significativos estadísticamente, para todos ellos, para contar con estimaciones robustas (Khander *et al.* 2010).

Por su parte, el enfoque de variables instrumentales (IV) es utilizado de manera complementaria para validar los resultados obtenidos bajo la metodología del *propensity score matching*. Para el presente caso, en la práctica, la recepción o no del tratamiento (es decir, de conectar el hogar a una red de electricidad) está en manos de las personas (jefes de hogar), quienes podrían decidir recibirlo o no. En tal situación, las decisiones de los jefes de hogar influyen en la variable de



tratamiento *hconex*, por lo cual se le debe considerar como una variable endógena. De esta manera, no se cumplen los efectos identificadores del *average treatment effect* (ATE) –debido a la autoselección generada– por lo que ni la diferencia de medias ni la estimación por mínimos cuadrados ordinarios en las variables de interés son estimadores consistentes del ATE. La variable *hconex* podría no expresar plenamente el objetivo de la política, pues algunos hogares podrían decidir conectarse o no; es decir, *hconex* dependería de algunas variables no observables de preferencias, las cuales están capturadas en el término de error de la regresión.

Dado lo anterior, la metodología de IV consiste en encontrar instrumentos (variables observables exógenas) que influyen en la variable de participación, pero no en la variable de interés. Por lo tanto, es deseable al menos un instrumento que no esté o forme parte de las variables explicativas pero que satisfaga los requisitos precedentes. En el presente caso, las variables «distancia del hogar al mercado principal» (*distancia*), «tiempo de permanencia del hogar en la comunidad» (*p14*) y «estado de conexión de la localidad en la que radica el hogar» (*lconex*) son consideradas como las variables instrumento, toda vez que pueden influenciar en la decisión del jefe de hogar a conectarse o no a una red, pero no influyen directamente en las variables de interés.

La estimación IV es un proceso de dos pasos: en la primera etapa (*first stage*), se regresa la variable de tratamiento, *hconex*, en todas las variables explicativas, incluyendo los instrumentos. Luego, en una segunda etapa (*second stage*), el valor predicho de *hconex*, y no el real, es utilizado como regresor, junto con las variables explicativas frente a las variables de interés.

Se utiliza la variable «horas totales de estudio por parte de los hijos en edad escolar», *p803h1*, como una medida intermedia para aproximar el impacto que tiene sobre la educación el hecho de que un hogar se conecte a la red eléctrica. Es decir, la hipótesis por testear es que en



hogares con conexión los niños en edad escolar leen más horas que en hogares sin conexión.

Se utiliza la variable «ingreso disponible del hogar», *capaho*, utilizando como *proxy* el neto entre el gasto total mensual y el gasto en energía de cada hogar, para aproximar el impacto que tiene sobre la disponibilidad de ingreso (o ahorro) el hecho de que un hogar se conecte a la red eléctrica. Es decir, la hipótesis por testear es los jefes de hogares conectados disponen de más ahorro que los jefes de hogar en hogares sin conexión.

Los cuadros 5.20 a 5.25 muestran los resultados de los modelos de *propensity score matching*, así como las estimaciones en dos etapas de la metodología de variables instrumentales, sobre los hogares rurales encuestados de la Costa, Sierra y Selva, respectivamente.

Cuadro 5.20

Costa: efecto de la conexión usando *propensity score matching*, según algoritmos de estimación

Variable de interés	Algoritmo de <i>matching</i>	<i>Treatment effect</i>	Test t sobre el <i>treatment effect</i>	N° de observaciones	
				Conectados	No conectados
Horas de estudio	Nearest - Neighbor	0,478	0,613	52	13
	Stratification	2,276	5,573*	43	92
	Radius	-	-	-	-
	Kernel	1,231	1,503	52	83
	<i>direct</i> Nearest - Neighbor	0,652	1,136 +		70**
Ingreso disponible	Nearest - Neighbor	-18,179	0,249	52	25
	Stratification	76,379	1,647***	43	92
	Radius	111,692	0,948	7	8
	Kernel	5,51	0,135	52	83
	<i>direct</i> Nearest - Neighbor	107,95	54,429* +		147**

* Estadísticamente significativo al 10%; ** estadísticamente significativo al 5%; *** estadísticamente significativo al 1%; + errores estándar; ++ *matching* con el (uno solo) control más cercano.

Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.



Cuadro 5.21
Costa: efecto de la conexión usando variables instrumentales

Variables	1° etapa	2° etapa	1° etapa	2° etapa
	hconex	Horas de estudio	hconex	Ingreso disponible
p18	-0,125 (0,262)	0,0657 (0,18)	0,133 (0,124)	32,84*** (10,32)
p203	-0,016 (0,0356)	-0,0413* (0,0216)	0,0186 (0,0148)	0,077 (1,174)
sexojh	-0,354 (1,16)	0,113 (0,841)	-0,676 (0,562)	83,07* (44,93)
instruccion	0,118 (0,131)	-0,0521 (0,0766)	0,0506 (0,0553)	4,634 (4,875)
propiedad	1,507 (0,963)	0,232 (0,573)	0,824* (0,439)	79,21** (37,61)
agua	2,632** (1,315)	-0,772 (0,725)	1,099* (0,588)	-30,94 (53,05)
techo	3,248*** (1,204)	1,575** (0,77)	1,447*** (0,466)	-98,28* (51,73)
capaho	-0,00102 (0,00199)	0,00058 (0,00123)		
hconex		2,778*** (0,584)		93,93* (52,67)
distancia	-0,00203 (0,0152)		-0,00762 (0,00659)	
p14	0,0694 (0,051)		0,0603*** (0,0182)	
lconex	10 (2,695)		8,709 (1,658)	
Constante	-12,27 (2,695)	2,902 (2,101)	-11,61 (1,658)	193,2 (138,2)
Controles por distrito/provincia	Sí	Sí	Sí	Sí
N° de observaciones	70	70	147	147

Entre paréntesis, errores estándar; * estadísticamente significativo al 10%; ** estadísticamente significativo al 5%; *** estadísticamente significativo al 1%.

Fuente: Ehrue (2013).
 Elaboración: CIUP.



Para la región Costa, de acuerdo a los resultados del *propensity score matching*, en particular bajo el algoritmo de estratificación, en promedio, los hijos en edad escolar en hogares conectados leen 2,27 horas adicionales al día en relación con los hijos en edad escolar en hogares no conectados (cuadro 5.20). Una magnitud similar se obtiene bajo el enfoque de variables instrumentales, según el cual los hijos en edad escolar en hogares conectados leen 2,77 horas al día adicionales en relación con los hijos en edad escolar en hogares no conectados (cuadro 5.21).

Respecto del impacto en el ingreso disponible (aproximado por el ahorro en gastos del hogar), de acuerdo a los resultados del *propensity score matching*, en particular bajo los algoritmos de estratificación y *direct Nearest - Neighbor*, en promedio, la conexión en un hogar conectado tiene un efecto de S/. 76,3 y S/. 107,95 adicionales por mes de ingreso disponible, en relación con un hogar no conectado, respectivamente (cuadro 5.20). Por su parte, bajo el enfoque de variables instrumentales, el impacto es de S/. 92,93 adicionales (cuadro 5.21).

Para la región Sierra, de acuerdo a los resultados del *propensity score matching*, en particular bajo los algoritmos *Nearest - Neighbor* y *Kernel*, en promedio, los hijos en edad escolar en hogares conectados leen 1,43 y 1,6 horas adicionales al día en relación con los hijos en edad escolar en hogares no conectados (cuadro 5.22). Una magnitud no tan inferior se obtiene bajo el enfoque de variables instrumentales, según el cual los hijos en edad escolar en hogares conectados leen 1,04 horas al día adicionales en relación con los hijos en edad escolar en hogares no conectados (cuadro 5.23).

Respecto del impacto en el ingreso disponible (aproximado por el ahorro en gastos del hogar), de acuerdo a los resultados del *propensity score matching* y del enfoque de variables instrumentales, si bien se reportan efectos positivos en la variable de interés, estos no son estadísticamente significativos (cuadros 5.22 y 5.23).

**Cuadro 5.22****Sierra: efecto de la conexión usando *propensity score matching*, según algoritmos de estimación**

Variable de interés	Algoritmo de <i>matching</i>	<i>Treatment effect</i>	Test t sobre el <i>treatment effect</i>	N° de observaciones	
				Conectados	No conectados
Horas de estudio	Nearest - Neighbor	1,433	1,865**	95	21
	Stratification	-	-	95	95
	Radius	-	-	-	-
	Kernel	1,607	2,248*	95	95
	<i>direct</i> Nearest - Neighbor	1,282	0,657* +	107	
Ingreso disponible	Nearest - Neighbor	-13,708	0,259	95	41
	Stratification	4,463	0,146	95	41
	Radius	14,877	0,222	17	17
	Kernel	1,265	0,036	95	95
	<i>direct</i> Nearest - Neighbor	2,171	40,272	190	

* Estadísticamente significativo al 10%; ** estadísticamente significativo al 5%; *** estadísticamente significativo al 1%; + errores estándar; ++ *matching* con el (uno solo) control más cercano.

Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.

Para la región Selva, de acuerdo a los resultados del *propensity score matching*, en particular bajo el algoritmo *direct* Nearest - Neighbor, en promedio, los hijos en edad escolar en hogares conectados leen 1,89 horas adicionales al día en relación con los hijos en edad escolar en hogares no conectados (cuadro 5.24). Una magnitud no tan inferior se obtiene bajo el enfoque de variables instrumentales, según el cual los hijos en edad escolar en hogares conectados leen 1,26 horas al día adicionales en relación con los hijos en edad escolar en hogares no conectados (cuadro 5.25).

Respecto del impacto en el ingreso disponible (aproximado por el ahorro en gastos del hogar), de acuerdo a los resultados del *propensity score matching* y del enfoque de variables instrumentales, si bien se reportan efectos positivos en la variable de interés, estos no son estadísticamente significativos (cuadros 5.24 y 5.25).

**Cuadro 5.23****Sierra: efecto de la conexión usando variables instrumentales**

Variables	1° etapa	2° etapa	1° etapa	2° etapa
	hconex	p803h1	hconex	capaho
p18	-0,155 (0,199)	0,104 (0,133)		
p203	0,0422 (0,03)	0,00946 (0,0197)	0,0219 (0,0144)	-0,603 (1,005)
Sexojh	-4,865 (3,818)	1,696** (0,659)	(0,0494)	40,32 (38,58)
instruccion	-0,0597 (0,0696)	-0,0163 (0,0542)	(0,0436)	8,057* (4,255)
propiedad	0,203 (0,685)	1,589* (0,953)	(0,433)	6,336 (57,66)
piso	0,656 (0,71)	1,039** (0,508)	0,647 (0,634)	-31,46 (45,02)
capaho	0,00173 (0,00153)	-0,00119 (0,00107)		
hconex		1,044* (0,625)		52,82 (47,45)
distancia	-0,00328 (0,00678)		-0,00287 (0,00501)	
p14	0,0333 (0,0252)		-0,0111 (0,01)	
lconex	11,95 (5,885)		10,66 (2,486)	
agua			0,908** (0,381)	39,95 (42,65)
sanitario			0,917** (0,43)	-129,7*** (45,39)
techo			0,188 (0,332)	-5,37 (38,11)
pared			3,679 (1,758)	22,63 (129,2)
Constant	-7,842 (4,479)	2,863** (1,376)	-10,65 (2,486)	289,7*** (85,51)
Controles por distrito/provincia	Sí	Sí	Sí	Sí
N° de observaciones	107	107	190	190
Log likelihood		-231,88196		-1.300,8587

Entre paréntesis, errores estándar; * estadísticamente significativo al 10%; ** estadísticamente significativo al 5%; *** estadísticamente significativo al 1%.

Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.

**Cuadro 5.24**

Selva: efecto de la conexión usando *propensity score matching*, según algoritmos de estimación

Variable de interés	Algoritmo de <i>matching</i>	<i>Treatment effect</i>	Test t sobre el <i>treatment effect</i>	N° de observaciones	
				Conectados	No conectados
Horas de estudio	Nearest - Neighbor	0,895	1,106	61	14
	Stratification	0,63	1,119	53	73
	Radius	-	-	-	-
	Kernel	0,518	0,572	61	65
	<i>direct</i> Nearest - Neighbor	1,89	0,497* +		89
Ingreso disponible	Nearest - Neighbor	24,75	0,352	61	27
	Stratification	-3,63	0,091	53	73
	Radius	-109,73	1,638	12	12
	Kernel	11,116	-	61	65
	<i>direct</i> Nearest - Neighbor	53,38	40,957*		157

* Estadísticamente significativo al 10%; ** estadísticamente significativo al 5%; *** estadísticamente significativo al 1%; + errores estándar; ++ *matching* con el (uno solo) control más cercano.

Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.

De acuerdo a los resultados mostrados, ambas metodologías reportan que los impactos en la educación, medidos indirectamente a través de las horas de estudio de los hijos en edad escolar, son positivos. Sin embargo, únicamente se ha podido identificar un impacto positivo, estadísticamente significativo, en el ingreso disponible de los hogares conectados para la región de la Costa.

En resumen, la metodología utilizada permite el cálculo de los beneficios indirectos del uso de la electricidad en la educación para las tres regiones naturales; sin embargo, únicamente ha permitido el cálculo, con significancia estadística, del beneficio indirecto del uso de la electricidad en ingresos para la región Costa. En ese sentido, se considera pertinente rescatar del ejercicio únicamente los beneficios indirectos en educación y no los de ingresos, ya que estos últimos no son obtenidos para las regiones de Sierra y Selva¹⁰.

10. Esto teniendo en cuenta las limitaciones que enfrentó el estudio en materia metodológica (como fue mencionado al principio del acápite 4.2).

**Cuadro 5.25****Selva: efecto de la conexión usando variables instrumentales**

Variables	1° etapa	2° etapa	1° etapa	2° etapa
	hconex	p803h1	hconex	capaho
p203			0,0132 (0,0126)	-1,251 (1,005)
propiedad			0,261 80,643	57,73 (64,42)
sanitario			0,113 (0,627)	-52,61 (75,61)
hconex		1,269** (0,512)		86,43 (68,77)
distancia	0,0425** (0,0177)		0,0119 (0,0119)	
lconex	10,34 (4,941)		9,012 (2,065)	
p14	0,0208 (0,02)		0,0340** 80,015	
sexojh	0,244 (0,697)	1,514** (0,671)		
p18			0,0762 (0,121)	
Constante	-11,35 (4,941)	2,581*** (0,684)	-10,36 (2,065)	372,7*** (91,27)
Controles por distrito/provincia	NO	NO	SÍ	SÍ
N° de observaciones	89	89	157	157
Log likelihood		-210,34065		-1.070,2224

Entre paréntesis, errores estándar; * estadísticamente significativo al 10%; ** estadísticamente significativo al 5%; *** estadísticamente significativo al 1%.

Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.

5.4 Cálculo aproximado de los costos máximos de conexión

El cuadro 5.26 reporta un resumen de los beneficios directos (en iluminación y radio/televisión) e indirectos (educación e ingresos) calculados.



Para cuantificar el efecto indirecto sobre la educación, el cual está medido en horas, utilizan como insumo dos fuentes: (i) el estudio de Beltrán (2013), en el que se estimó que una hora diaria de dedicación al estudio por parte de niños en edad escolar entre 3 y 12 años reduce en 1,6 puntos porcentuales la probabilidad de retraso del año escolar; y (ii) el estudio de Alvarado y Llempén (2011), en el que se calcula el costo de un paquete educativo normado (por el Ministerio de Educación) para una escuela multigrado en S/. 1.800 por año para el año 2011¹¹.

En ese sentido, teniendo en cuenta que los beneficios de la electricidad en educación reportados para la Costa, Sierra y Selva son de 2,70, 1,04 y 1,26 horas adicionales de estudio, respectivamente, en hogares conectados en comparación con aquellos no conectados, los parámetros hallados por Beltrán (2013) y Alvarado y Llempén (2011) permitirían suponer que 1 hora de estudio adicional por parte de un niño en edad escolar de un hogar rural evitaría que el estado pierda S/. 25,60 (=1.800 x 0,016) al año por atraso escolar. Por lo tanto, al año, el impacto de la electrificación en un hogar es de S/. 69,12, S/. 26,60 y S/. 32,25, respectivamente.

En el siguiente cuadro, se resumen los resultados de los beneficios, y se comparan con los obtenidos por NRECA (1999).

Cuadro 5.26
Resumen de beneficios sociales calculados

Beneficios	CIUP (2013)			NRECA (1999)		
	Costa	Sierra	Selva	Costa	Sierra	Selva
Iluminación (S/. mensuales por hogar)	45,68	55,62	43,14	27,37	34,98	22,58
Radio/TV (S/. mensuales por hogar)	9,52	5,30	10,84	19,74	13,36	12,80
Educación (horas por día por hogar)	69,12	26,60	32,25			

Nota: las cifras de NRECA (1999) han sido convertidas a nuevos soles utilizando un tipo de cambio de S/. 2,65 por dólar.

Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.

11. En el mismo estudio, se hace una comparación con una institución educativa multigrado, 0287 Maceda, Cuñumbugue, Mariscal Cáceres, Región San Martín, cuyo costo observado es de S/. 1.867 por año para un paquete de aprendizaje normado.



Dado lo anterior, los cuadros siguientes reportan los cálculos de los costos máximos que podrían asumirse por conexión, a partir del cálculo del valor actual neto (VAN) del flujo de beneficios y su igualación a cero. Estos cálculos se realizan tanto para los beneficios directos como para los beneficios totales (directos más indirectos), para proyectos típicos de la Costa, Sierra y Selva. Se utilizan los parámetros definidos por el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), tales como el horizonte de evaluación de 20 años y la tasa de descuento de 9%. Asimismo, se consideran costos de operación y mantenimiento anuales de 2% de la inversión anualizada, y costos por concepto de compra anual de energía también del 2% de la inversión anualizada¹². Tanto los beneficios como los costos se suponen constantes durante el horizonte de evaluación.

Cuadro 5.27

Costa: costos máximos de conexión solo con beneficios directos

Beneficios directos		Año 0	Año 1-20
Beneficios	55,20		662,35
Iluminación (S/. por mes por hogar)	45,68		548,11
Radio y TV (S/. por mes por hogar)	9,52		114,24
Costos		5.813,79	25,48
Beneficios-costos			636,88
VAN	S/. 0		
Costo máximo por conexión	S/. 5.813,79	US\$ 2.193,88	

Elaboración: CIUP.

Cuadro 5.28

Costa: costos máximos de conexión con beneficios directos e indirectos

Beneficios		Año 0	Año 1-20
Total			731,47
Directos	55,20		662,35
Iluminación (S/. por hogar)	45,68		548,11
Radio y TV (S/. por mes por hogar)	9,52		114,24
Indirectos	69,12		69,12
Educación (S/. anuales por hogar)	69,12		69,12
Costos		6.420,48	28,13
Beneficios-costos			703,34
VAN	S/. 0		
Costo máximo por conexión	S/. 6.420,48	US\$ 2.422,82	

Elaboración: CIUP.

12. Estas proporciones fueron sugeridas por la DGER.

**Cuadro 5.29****Sierra: costos máximos de conexión solo con beneficios directos**

Beneficios directos		Año 0	Año 1-20
Beneficios	60,92		731,01
Iluminación (S/. por mes por hogar)	55,62		667,41
Radio y TV (S/. por mes por hogar)	5,30		63,60
Costos		6.420,39	28,12
Beneficios-costos			702,89
VAN	S/. 0		
Costo máximo por conexión	S/. 6.416,39	US\$ 2.421,28	

Elaboración: CIUP.

Cuadro 5.30**Sierra: costos máximos de conexión con beneficios directos e indirectos**

Beneficios directos		Año 0	Año 1-20
Total			757,61
Directos	60,92		731,01
Iluminación (S/. por mes por hogar)	55,62		667,41
Radio y TV (S/. por mes por hogar)	5,30		63,60
Indirectos	26,60		26,60
Educación (S/. anuales por hogar)	26,60		26,60
Costos		6.439,85	28,22
Beneficios-costos			729,39
VAN	S/. 0		
Costo máximo por conexión	S/. 6.439,85	US\$ 2.430,13	

Elaboración: CIUP.

Cuadro 5.31**Selva: costos máximos de conexión solo con beneficios directos**

Beneficios directos		Año 0	Año 1-20
Total	53,98		647,77
Iluminación (S/. por mes por hogar)	43,14		517,69
Radio y TV (S/. por mes por hogar)	10,84		130,08
Costos		5.685,77	24,91
Beneficios-costos			622,86
VAN	S/. 0		
Costo máximo por conexión	S/. 5.685,77	US\$ 2.145,57	

Elaboración: CIUP.

**Cuadro 5.32****Selva: costos máximos de conexión con beneficios directos e indirectos**

Beneficios		Año 0	Año 1-20
Total			680.02
Directos	53,98		647,77
Iluminación (S/. por mes por hogar)	43,14		517,69
Radio y TV (S/. por mes por hogar)	10,84		130,08
Indirectos			32,25
Educación (S/. anuales por hogar)	32,25		32,25
Costos		5.968,84	26,15
Beneficios-costos			653,87
VAN	S/, 0		
Costo máximo por conexión	S/. 5.968,84	US\$ 2.252,39	

Elaboración: CIUP.

Cuadro 5.33**Costos máximos por conexión calculados, según región y beneficios (en US\$)**

Región	Sólo beneficios directos	Beneficios directos e indirectos
Costa	2.193,88	2.422,82
Sierra	2.421,28	2.430,13
Selva	2.145,57	2.252,39

Elaboración: CIUP.



6. Conclusiones

De lo desarrollado en las secciones anteriores del presente informe, se arriba a las siguientes conclusiones:

- La diferencia central entre un proyecto privado y uno social radica en el valor de los beneficios y costos atribuibles a dichos proyectos; lo que determina que mientras en la evaluación privada el inversionista es el principal involucrado, para la evaluación social lo es toda la sociedad.
- La evaluación social toma en cuenta una serie de efectos: directos (por ejemplo, en un proyecto de electrificación rural, el nuevo producto del proyecto genera una demanda que antes no era atendida), indirectos (por ejemplo, en el mismo proyecto de electrificación rural, el efecto sobre el mercado de velas o querosene que se utilizaba para tener iluminación), externalidades (por ejemplo, se tienen los efectos sobre el mercado de instrumentos para realizar conexiones eléctricas tales como cables, tubos, entre otros), redistributivos (por ejemplo, los montos dados por el Gobierno Central a los encargados de ejecutar el programa en el ámbito de ejecución del mismo), intangibles (por ejemplo, el ahorro en tiempo producto de contar con luz eléctrica de manera inmediata, en lugar de tener que gastar tiempo en conseguir herramientas alternativas –como linternas de gas o querosene o velas– para iluminación del hogar). Por lo tanto, lo relevante es contabilizar y valorar estos efectos, lo que implicará valorar, a precios sociales, los recursos usados en el proyecto.



- Básicamente, los enfoques de medición de beneficios sociales son dos: (i) distributivo y (ii) eficiencia. Ambos se asemejan al analizar el impacto de los proyectos evaluando las variaciones en (la función de) el bienestar social; pero se diferencian en la forma de considerar los beneficios que el proyecto genera sobre los involucrados: mientras que el segundo asigna ponderaciones distintas a los individuos en la función de utilidad social, en el primero, los individuos tienen la misma importancia relativa en dicha función.
- Los postulados del enfoque de eficiencia, cuyo principal representante es Arnold Harberger, definen una metodología basada en conceptos económicos básicos como son la teoría de excedentes de consumo y de producción, que vinculadas con los **efectos de políticas o proyectos** permiten la medición de los impactos. Esta metodología es la base fundamental del enfoque de eficiencia y es usualmente empleada en la evaluación social de proyectos.
- En el enfoque distributivo, el principal objetivo es ponderar el bienestar en función del nivel de riqueza de los individuos cuyo bienestar cambia al implementar el programa. Así, los proyectos que benefician a un mayor número de personas con niveles de riqueza bajos tienden a registrar mayores niveles en el cambio del bienestar. Esta metodología es raramente utilizada debido a que requiere trabajar con la población objetivo del proyecto a nivel individual, lo cual genera que este enfoque sea inaplicable.
- En materia de electrificación rural, el desarrollo e implementación de proyectos en este campo genera cambios sustanciales y favorables en el bienestar de los hogares y las comunidades; y, además, pueden constituirse en prerequisites claves para el crecimiento económico, la mejora en el bienestar social y una mejor calidad de vida.
- Es posible clasificar el empleo de la electricidad rural en tres niveles de uso: (i) doméstico (por ejemplo, para la iluminación, uso de radio y televisión, cocinar, refrigerar y ventilar), (ii) comunitario (inmuniza-



ción, escuelas, etc.) y (iii) productivo (en actividad agrícola y no agrícola, iluminación de ambientes, etc.).

- De acuerdo a los diferentes usos que puede tener la electricidad (a nivel de hogar, comunidad o empresas rurales), es posible clasificar los beneficios de la misma en tres grandes áreas: (i) social (reducción de la incidencia de enfermedades respiratorias, mayor tiempo de estudio, mejora en rendimiento escolar, menor fertilidad, acceso a mayor información en medios, seguridad en lugares públicos), (ii) económica (aumento en la productividad de actividades en el campo, menor gasto en energía, mayor tiempo de operación de los negocios) y (iii) ambiental (menor consumo de combustible, menor polución y deforestación).
- La magnitud de los beneficios dependerá del tipo de tecnología específica de energía que sea considerado para la electrificación rural, y las características de la zona, comunidad o vivienda que se beneficie del proceso.
- Se identifican tres métodos para la evaluación de los beneficios de la electrificación: una primera metodología, a través de la cual se estima la demanda de electricidad utilizando los cambios en el excedente del consumidor para medir los beneficios; una segunda, mediante la cual se determinan los costos evitados (o la sustitución de costos) por la introducción de la electricidad; y una tercera metodología, que emplea las técnicas de evaluación de impacto para analizar la relación de causalidad entre el acceso (o consumo) de electricidad y resultados deseados, tales como la mejora en la salud familiar, en los ingresos, en los ahorros de energía, etc.
- En términos generales, los requerimientos metodológicos de los tres enfoques desarrollados tienen sus ventajas y desventajas. Por separado, cada uno permite arribar, de alguna manera, a un valor del beneficio social del consumo de electricidad, pero con riesgo de que este sea sobre- o subestimado.



- En particular, los enfoques de curva de demanda y de sustitución de costos tienen la limitación de no poder medir beneficios más intangibles, como las mejoras en la salud, en la educación o en la calidad de vida. Sin embargo, su complementación con el enfoque de evaluación de impacto se torna en una alternativa que, si bien es rigurosa econométricamente, permite cuantificar beneficios sociales de interés.
- Usualmente, se tipifican las intervenciones de electrificación rural en tres rubros: (i) instalación y ampliación del servicio de electricidad; (ii) mejoramiento del servicio de electricidad; y (iii) aprovechamiento de la electricidad para usuarios que cuentan con el servicio. De ellos, el más utilizado en el Perú ha sido el primero.
- De acuerdo a la literatura sobre electrificación rural revisada, los diferentes modelos de electrificación rural se pueden analizar desde diversos parámetros: fundamentalmente, según la tecnología utilizada y la propiedad; pero también con base en los tipos de suministro, de subsidio recibido (a la conexión o al consumo), el modo de introducción de competencia (vía parámetros tales como número de usuarios conectados, niveles tarifarios, mínimos subsidios), el reparto de riesgo entre los distintos agentes (proveedores, consumidores, Estado), el grado de desarrollo del mercado del sector. Estos criterios adquieren mayor importancia cuando se analizan los sistemas aislados (aquellos no conectados al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional – SEIN, debido a su lejanía), ya que en el caso de los sistemas interconectados (al SEIN), en particular, los aspectos de propiedad, responsabilidad en la gestión y roles de supervisión y fiscalización están claramente definidos.
- La tecnología de generación utilizada en el SEIN es básicamente hidráulica (48,9% de la potencia instalada y 62,9% de la energía producida a diciembre de 2009) y térmica (51,1% y 37,1%, respectivamente). Asimismo, en los sistemas eléctricos rurales, las redes son diseñadas y construidas con criterios técnicos para atender la demanda doméstica,



cuyas instalaciones están compuestas básicamente por: (i) líneas primarias, (ii) subestaciones de distribución y (iii) redes secundarias.

- Los sistemas rurales aislados (*off-grid*) generalmente están alejados de las redes interconectadas existentes, por lo que las soluciones de extensión de redes no son adecuadas en estos casos. Para este tipo de sistemas, resulta pertinente que la operación sea realizada por empresas pequeñas o de mediano tamaño, posiblemente locales, o por asociaciones compuestas por los propios consumidores. Asimismo, este tipo de sistemas –hidráulicos (en especial, minicentrales), fotovoltaicos, eólicos, con biogás e híbridos– se constituye en la solución más adecuada para la electrificación en zonas aisladas en las que la extensión de las redes no resulta económica o técnicamente viable debido, principalmente, a la dispersión de la población y al bajo consumo de energía de los consumidores de estas zonas.
- De acuerdo a la literatura revisada, se puede concluir que los beneficios sociales que genera cada intervención dependen del tipo de intervención y sobre qué grupo objetivo sea aplicada. En el caso de los sistemas rurales conectados al SEIN, estos tienden a generar mayor impacto en localidades que estén más cerca de una red eléctrica o tengan acceso a la electricidad que proviene de ella de manera permanente (o con el mínimo número de interrupciones). De ser este el caso, los beneficios sociales pueden ser observados, principalmente, a nivel de hogares, comunidades y empresas rurales que estén conectadas a una red eléctrica.
- Por otro lado, en el caso de los sistemas rurales aislados, se observa que estos tenderían a generar un mayor impacto, principalmente, en los hogares rurales; sin embargo, desde el punto de vista de viabilidad económica de su implementación, se requeriría necesariamente del apoyo del Estado para su financiación, al menos en los costos de instalación.
- Se proponen tres metodologías para el cálculo de los beneficios sociales de la electrificación rural. Para el cálculo de los beneficios directos



de la iluminación gracias a la electricidad, se utilizó el enfoque del excedente del consumidor, que consiste en suponer una función de demanda y encontrar el cambio en el excedente del consumidor por reemplazar fuentes de energía tradicionales (leña, carbón, bosta, por ejemplo) por una fuente de energía moderna, como la energía eléctrica.

- Por su parte, los beneficios directos de la radio, televisión y refrigeración gracias a la electricidad, fueron calculados utilizando el enfoque de sustitución de costos, que consiste en estimar los desembolsos o gastos que el hogar rural evita o deja de asumir al dejar de emplear fuentes tradicionales de energía (baterías de auto, por ejemplo) por tener electricidad.
- Por último, para el cálculo de los beneficios indirectos, como ingresos, salud y educación, se realizó una «evaluación de impacto cuasi experimental *ex ante*», que consiste en una comparación de observaciones para un mismo período de tiempo de hogares con y sin conexión a electricidad de localidades o centros poblados con y sin conexión antes de una futura intervención de electrificación rural. De esta manera, en realidad, lo que se calcula son los beneficios sociales esperados en determinado momento del tiempo antes de la implementación de un proyecto de electrificación rural.
- El enfoque del excedente del consumidor permitió obtener un beneficio mensual de la electricidad por su uso en iluminación de S/. 45,68, S/. 55,62, S/. 43,14 por hogar rural para la Costa, Sierra y Selva, respectivamente.
- El enfoque de costos evitados permitió calcular el beneficio de radio y televisión, en un monto de S/. 9,52, S/. 5,30 y S/. 10,84 por mes por hogar rural para la Costa, Sierra y Selva, respectivamente. Sin embargo, por razones de información, dicho enfoque no permitió el cálculo del beneficio de la refrigeración, ya que la Ehrue 2013, implementada para los fines del presente estudio, no recogió observaciones suficientes que permitan realizar el análisis.



- Los enfoques de *matching* y variables instrumentales estiman que, en promedio, en hogares rurales con electricidad los hijos en edad escolar leen o estudian 2,70, 1,05 y 1,26 horas más que en el caso de los hogares no conectados en la Costa, Sierra, Selva, respectivamente. Estas cifras en términos monetarios equivalen a beneficios anuales de S/. 69,12, S/. 26,60 y S/. 32,25, respectivamente.
- Por otra parte, luego de un análisis costo-beneficio, sobre la base de la simulación de un flujo a 20 años de los beneficios calculados, se arriba a costos máximos de conexión de US\$ 2.193,88, US\$ 2.421,28 y US\$ 2.145,57 para la Costa, Sierra y Selva, respectivamente, teniendo en consideración únicamente los beneficios directos. Cuando se consideran los beneficios directos e indirectos, se arriba a costos de conexión de US\$ 2.422,82, US\$ 2.430,13 y US\$ 2.252,39 para la Costa, Sierra y Selva, respectivamente.
- Algo importante por destacar es que los resultados obtenidos se basan en el tamaño de muestra estadísticamente necesario (579 hogares), y no en el tamaño de muestra determinado en los términos de referencia (TdR) de la consultoría (900 hogares). Aun así, se recomienda considerar los resultados con cautela, debido a que la conformación de los hogares de la muestra se ha basado en información de hogares en localidades que, de acuerdo al Ministerio de Energía y Minas (MEM), no tenían conexión pero que, sin embargo, en el momento de aplicar la encuesta, ya contaban con conexión eléctrica en algunos hogares.
- Sin perjuicio de lo anterior, se considera que la metodología propuesta es adecuada para cuantificar los beneficios sociales de la electrificación rural, toda vez que no solo calcula los beneficios directos (como la iluminación y radio-televisión) sino también beneficios indirectos como la educación (a través del mayor tiempo de estudio de los escolares). No obstante, se recomienda a la Dirección General de Electrificación Rural (DGER) la implementación de líneas de base para la futura medición de los impactos de sus futuras intervenciones, lo que, sin duda, permitirá aprovechar mejor las bondades de las metodologías propuestas.



Referencias

ADB

2010 *Asian Development Bank's Assistance for Rural Electrification in Bhutan: Does Electrification Improve the Quality of Rural Life? Impact Evaluation Study*. Manila: Asian Development Bank.

ALVARADO, B. y Z. LLEMPÉN

2011 *¿Cuánto invertir en el aprendizaje de un alumno de primaria?* Academy for Educational Development, Proyecto USAI-Perú-SUMA.

ANGRIST, J. D.; G. W. IMBENS y D. B. RUBIN

1996 «Identification of Causal Effects Using Instrumented Variables». En: *Journal of the American Statistical Association*, 91, pp. 444-55.

ARRAIZA, L.

2008 «Electrificación de zonas rurales aisladas». Tesis de Maestría en Gestión Técnica y Económica en el Sector Eléctrico, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad Pontificia Comillas, Madrid, España.

AUGURZKY, B. y C. M. SCHMIDT

2001 *The Evaluation of Community-Based Interventions: A Monte Carlo Study*. Discussion Paper Series N° 270. Institute for the Study of Labor (IZA).

BARKAT, A. *et al.*

2002 *Economic and Social Impact Evaluation Study of the Rural Electrification Program in Bangladesh*. Dhaka: Human Development Research Centre NRECA International Ltd. Partners with the Rural Electrification Board of Bangladesh and USAID for the Rural Power for Poverty Reduction (RPPR) Program.



BARNES, D. F. y H. P. BINSWANGER

1986 «Impact of Rural Electrification and Infrastructure on Agricultural Changes, 1966-1980». En: *Economic and Political Weekly*, 21(1), pp. 26-34.

BARNES, D. F.; H. PESKIN y K. FITZGERALD

2003 «The Benefits of Rural Electrification in India: Implications for Education, Household Lighting and Irrigation». Borrador preparado para South Asia Energy Infrastructure. Washington, D. C.: World Bank.

BECCHETTI, L. y M. CONSTANTINO

2008 «The Effects of Fair Trade on Affiliated Products: An Impact Analysis on Kenyan Farmers». En: *World Development*, 36(5), pp. 823-42.

BELHAJ, M.

2003 «Estimating the Benefits of Clean Air Contingent Valuation and Hedonic Price Methods». En: *International Journal of Global Environmental Issues*, Vol. 3, Nº 1, pp. 30-46.

BELTRÁN, A.

2013 «El tiempo de la familia es un recurso escaso: ¿cómo afecta su distribución el desempeño escolar?». En: *Apuntes*, 72 (en edición). Lima: Universidad del Pacífico.

BENSCH, G.; J. KLUVE y J. PETERS

2010 *Rural Electrification in Rwanda – An Impact Assessment Using Matching Techniques*. Ruhr Economic Papers 231. Ruhr-Universität Bochum (RUB), Department of Economics, diciembre.

BERG, Christian y Mirco GAUL

2011 *Tracing the Impacts of Rural Electrification in West Nile, Uganda: A Framework and Toolbox for Monitoring and Evaluation*. <<http://edoc.hu-berlin.de/series/nestor-materialien/245/PDF/245.pdf>>.

BHANDARI, O.

2006 *Socio-Economic Impacts of Rural Electrification in Bhutan*. Tailandia: Asian Institute of Technology School of Environment, Resources and Development. Mayo.



BONIFAZ, J. L. y R. URRUNAGA

- 2011 «Inversión en infraestructura hidráulica en el Perú». Estudio elaborado por el Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico (CIUP) por encargo de la Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional (AFIN). Lima, abril.
- 2008 *Beneficios económicos de la carretera Interoceánica*. Lima: Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico.

BONIFAZ, J. L.; J. FERNÁNDEZ-BACA y R. URRUNAGA

- 2005 «Sobrecostos para los peruanos por la falta de infraestructura. Estimación de los costos de transacción producto del déficit en infraestructura de servicios públicos». Estudio elaborado por el Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico (CIUP) por encargo de la Asociación de Empresas Privadas de Servicio Público (Adepsep), Lima.

BRAVO, S.

- 2001 *Metodología para la determinación de la capacidad de pago de la población rural por los sistemas solares domésticos. Informe final*. Proyecto PER/98/G31, Electrificación Rural a Base de Energía Fotovoltaica en el Perú, enero.

CABRAAL, R. A.; D. F. BARNES y S. G. AGARWAL

- 2005 «Productive Uses of Energy for Rural Development». En: *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 30, pp. 117-44.

CHAUDHURY, N. I.; J. S. HAMMER, M. KREMER, K. MURALIDHARAN y F. ROGERS

- 2003 *Missing in Action: Teacher and Health Worker Absence in Developing Countries*. <<http://econ.worldbank.org/external/default/main?theSitePK=477916&contentMDK=20661279&pagePK=64168182&piPK=64168060>>.

CHOYNOWSKI, P.

- 2002 *Measuring Willingness to Pay for Electricity*. ERD Technical Note Series N° 3, Economics and Research Department (ERD), Asian Development Bank. Julio.

COLLAZOS, J.

- 2005 *Manual de evaluación ambiental de proyectos*. Editorial de San Marcos.



COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL)

2004a *Evaluación social de inversiones públicas: enfoques alternativos y su aplicabilidad para Latinoamérica*. Naciones Unidas.

2004b *Metodología general para la identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública*. Naciones Unidas.

CUONG, N. V.

2008 «Is a Governmental Micro-Credit Program for the Poor Really Pro-Poor? Evidence from Vietnam». En: *The Developing Economies*, vol. 46(2), pp. 151-87.

DAMMERT, A.; F. MOLINELLI y R. GARCÍA

2008 *Regulación y supervisión del servicio eléctrico*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

DJEFLAT, Abdelkader

1985 *The Socio-Economic Impact of Rural Electrification in Algeria*. Ginebra: Technology and Employment Programme, International Labour Organisation.

DEFENSORÍA DEL PUEBLO (DP)

2010 *La electrificación rural en el Perú: derechos y desarrollo para todos*. Series Informes Defensoriales – Informe Defensorial N° 149. Lima, marzo.

ENERGY SECTOR MANAGEMENT ASSISTANT PROGRAM (ESMAP)

2010 *Peru: National Survey of Rural Household Energy Use*. Energy Sector Management Assistance Program (Esmap), Special Report 007/10. Washington, D. C.: World Bank.

2003 *Rural Electrification and Development in the Philippines: Measuring the Social and Economic Benefits*. Energy Sector Management Assistance Program (Esmap), Report 255/03. Washington, D. C.: World Bank.

2001 *Peru: Rural Electrification*. Washington, D. C.

FRONDEL, M y C. SCHMIDT

2001 «Evaluating Environmental Programs: The Perspective of Modern Evaluation Research». En: *Ecological Economics*, 55(4), pp. 515-26.



HARBERGER, A.

1971 «Postulates for Applied Welfare Economics». En: *Journal of Economic Literature*, vol. 9, N° 3, pp. 785-97.

HERRIN, A. N.

1983 *The Cagayan Valley Rural Electrification Project: An Impact Assessment*. Manila: Philippine Institute for Development Studies.

IEG

2008 *The Welfare Impact of Rural Electrification: A Reassessment of the Costs and Benefits*. Washington, D. C.: Independent Evaluation Group (IEG).

KHANDER, S. R.; D. F. BARNES y H. A. SAMAD

2009 *Welfare Impacts of Rural Electrification. A Case Study from Bangladesh*. Policy Research Working Paper 4859. Washington, D. C.: Agriculture and Rural Development Team, Development Research Group, The World Bank. Marzo.

KHANDER, S. R.; D. F. BARNES, H. A. SAMAD y N. HUU MINH

2008 *Welfare Impacts of Rural Electrification. Evidence from Vietnam*. Asia Sustainable and Alternative Energy Programme (Astae), The World Bank, Washington D. C., junio.

KHANDER, S. R.; H. A. SAMAD, R. ALI y D. F. BARNES

2012 *Who Benefits Most from Rural Electrification? Evidence in India*. Policy Research Working Paper 6095. Washington, D. C.: Agriculture and Rural Development Team, Development Research Group, The World Bank. Junio.

KHANDER, S.; K. GAYATRI y H. SAMAD

2010 *Handbook of Impact Evaluation. Quantitative Methods and Practices*. Washington, D. C.: The World Bank.

KONDO, T.; A. ORBETA, C. DINGCONG y C. INFANTADO

2008 *Impact of Microfinance on Rural Households in the Philippines*. Working Paper N° 4. Network of Networks on Impact Evaluation (Nonie).



KUMAR, S. y G. RAUNIYAR

2011 *Is Electrification Welfare Improving?: Non-Experimental Evidence from Rural Bhutan*. MPRA Paper N° 31842. Munich Personal RePEc Archive, Harvard University, Asian Development Bank. Febrero.

LAYARD, R. y S. GLAISTER

2005 *Cost Benefits Analysis*. 2a ed. Cambridge University Press.

LEVY, Paul y Stanley LEMESHOW

2008 *Sampling of Population: Methods and Applications*. 4ª ed. Nueva Jersey: Wiley, New Jersey.

LIM, C. P.

1984 *Technology and Employment Programme: The Socio-Economic Impact of Rural Electrification in Malaysia*. Ginebra: ILO.

LONDERO, E.

1987 *Beneficios y beneficiarios*. Banco Interamericano de Desarrollo.

MacKERNAN, S. M.

2002 «The Impact of Microcredit Programs on Self-Employment Profits: Do Non-Credit Program Aspects Matter?». En: *Review of Economics and Statistics*, vol. 84(1), p. 93-115.

MADON, Gérard y Mayling OEY-GARDINER

2002 «EnPoGen Study in Indonesia». En: *Energia News*, vol. 5, N° 3. Washington, D. C.: The World Bank.

MARIAM, H.

1992 «Rural Electrification in Ethiopia». En: RANGANATHAN, V. (ed.). *Rural Electrification in Africa*. Londres: Zed Books.

MASON, M.

1990 «Rural Electrification: A Review of World Bank and Usaid Financed Projects». Documento no publicado. Washington, D. C., abril.



MASSÉ, René y Mallika Rukminie SAMARANAYAKE

2002 «EnPoGen Study in Sri Lanka». En: *Energia News*, vol. 5, N° 3. Washington, D. C.: The World Bank.

MEIER, P.

2003 *Economic Analysis of Solar Home Systems: A Case Study for the Philippines*. Prepared for Asia Alternative Energy Program (Astae), Energy and Mining Sector Development Unit (Easeg), East Asia and Pacific Region, The World Bank, Washington, D. C., febrero.

2001 *Mini Hydropower for Rural Development: A New Market-Oriented Approach to Maximize Electrification Benefits—With Special Focus on Indonesia*. Berlín: Lit-Verlag.

MEIER, P.; V. TUNTIVATE, D. BARNES, S. BOGACH y D. FARCHY

2010 *Peru: National Survey of Rural Household Energy Use*. Energy and Poverty, Special Report. Washington, D. C.: Energy Sector Management Assistance Program, The World Bank. Agosto.

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS (MEF)

2011 *Guía simplificada para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de electrificación rural, a nivel de perfil*. Lima: Ministerio de Economía y Finanzas (MEF).

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (MEM)

2012 *Memoria Institucional 2006-2011*. Lima: Ministerio de Energía y Minas.

2006 *Electrificación rural a base de energía fotovoltaica en el Perú*. Proyecto PER/98/G31. Lima: Dirección Ejecutiva de Proyectos, DEP – MEM. Agosto.

NIEZ, A.

2010 *Comparative Study on Rural Electrification Policies in Emerging Economies. Keys to Successful Policies*. Information Paper, Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) – International Energy Agency (IEA). Marzo.

NRECA

1999 *Estrategia integral de electrificación rural*. NRECA International, Ltd. – SETA. Febrero.



1985 *The Next Greatest Thing*. Washington, D. C.: The National Rural Electric Cooperative Association (NRECA).

OSINERGMIN

2010 *Diagnóstico de la problemática de la electrificación rural en el Perú*. Documento de Trabajo N° 23-GFE. Lima: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

PADILLA, Alberto

2002 «Estratificación». Documento presentado en el 10º taller de Mecovi, «La práctica del muestreo para el diseño de encuestas de hogares». Buenos Aires: Mecovi.

PESKIN, H. M.

2006 *A Primer on Consumer Surplus and Demand: Common Questions and Answers*. Esmap Knowledge Exchange Series N° 5. Washington, D. C.: Energy and Water Department (EWD), World Bank. Mayo.

PETERS, J.

2009 *Evaluating Rural Electrification Projects: Methodological Approaches*. Ruhr Economic Papers 136. Ruhr-Universität Bochum (RUB), Department of Economics. Septiembre.

PETERS, J.; M. SIEVERT y C. VANCE

2009 *The Impact of Electricity Usage on Peri-Urban Manufacturing and Service Firms –Evidence from Ghana*. Working Paper prepared for Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) and Energy Sector Management Assistance Programme (Esmap), World Bank.

PETERS, J. y C. VANCE

2010 *Rural Electrification and Fertility – Evidence from Cote d'Ivoire*. Ruhr Economic Papers 191. Ruhr-Universität Bochum (RUB), Department of Economics. Agosto.

RAJAGOPALAN M.

1993 «The Social and Economic Impact of Rural Electrification in Koilkonda Mandal, Mahbubnagar District of Andhra Pradesh, India, with Special Reference to Employment». Tesis de Ph.D. AIT, Bangkok.



RAMASEDI, B. R.

1992 «Rural Electrification in Botswana». En: RANGANATHAN, V. (ed.). *Rural Electrification in Africa*. Londres: Zed Books.

RAVALLION, M.

2008a «Evaluating Anti-Poverty Programs». En: *Handbook of Development Economics*, vol. 4. Ámsterdam.

2008b *Evaluation in the Practice of Development*. Policy Research Working Papers, N° 4547.

RAVALLION, M. y Q. WODON

1998 *Evaluating a Targeted Social Program When Placement is Decentralised*. World Bank Policy Research Working Paper N° 1945.

REICHE, K.; B. TENENBAUM y C. TORRES DE MASTLE

2006 *Electrification and Regulation: Principles and a Model Law*. Energy and Mining Sector Board Discussion Paper, Paper N° 18. Washington, D. C.: The World Bank. Julio.

RODRÍGUEZ, M.

2012 *Técnicas de evaluación de impacto: propensity score matching y aplicaciones prácticas con Stata*. Documento N° 2/2012. Instituto de Estudios Fiscales.

ROSENBAUM, P. y D. RUBIN

1985 «Constructing a Control Group Using Multivariate Matched Sampling Methods that Incorporate the Propensity Score». En: *American Statistician*, 3, pp. 33-8.

1983 «The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects». En: *Biometrika*, 70(1), pp. 41-55.

SAMANTA, B. B. y A. K. SUNDERAMA

1983 *Socio-Economic Impact of Rural Electrification in India*. Energy in Developing Country Series. Washington, D. C.: Usaid y CERP.

SQUIRE, L. y H. R. VAN DER TAK

1977 *Análisis económico de proyectos*. Washington, D. C.: The World Bank.



TORERO, M.

2009 *Impact Evaluation Design for MCC Rural Electrification Interventions in El Salvador*. <<http://www.mcc.gov/documents/reports/eval-elsalvador-electricdesign.pdf>>.

URRUNAGA, R.

2010 «Relevancia de la infraestructura y análisis de los sobrecostos que genera su déficit». En: *Apuntes*, 65. Lima: Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico. Enero.

URRUNAGA, R. y C. APARICIO

2012 «Infraestructura y crecimiento económico en el Perú». En: Revista *Cepal*, 107. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Agosto.

VALENCIA, A; K. JUVASY y M. SEPPO

1990 *Electrification and Rural Development – Electrification Project in the Rural Areas of Cusco, Peru*. Helsinki: Finnish International Development Agency.

WALUBENGO, D. y A. ONYANGO

1992 *Energy Systems in Kenya: Focus on Rural Electrification*. Nairobi: Kengo Regional Wood Energy Programme for Africa.

WAMUKONYA, N. y M. DAVIS

2001 «Socio-Economic Impact of Rural Electrification in Namibia: Comparisons between Grid, Solar and Un-Electrified Households». En: *Energy for Sustainable Development*, vol. 5, Nº 3, pp. 5-13.

WEBB, Richard y Gilberto MONCADA (eds.)

1996 *¿Cómo estamos?: análisis de la Encuesta de Hogares*.

ZOMERS, A.

2001 «Rural Electrification». Tesis de Ph.D. University of Twente, Twente University Press.



Anexos

Anexo 1 **Métodos de valoración medioambiental**

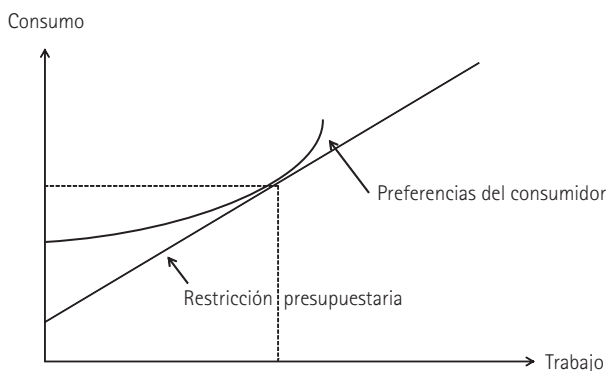
El logro de una valoración adecuada de los beneficios sociales generados por un proyecto pasa por utilizar los precios sociales o precios sombra, los cuales reflejan la escasez relativa de los bienes y corrigen distorsiones como externalidades, impuestos y subsidios, cuotas, precios mínimos y máximos, monopolios o monopsonios. Es a través de los precios sociales que se busca valorar aquellos bienes o servicios que no cuentan con un mercado específico y que generan cambios en el bienestar, si bien no cuentan con un valor privado. Así, la electrificación rural genera beneficios que deben ser contabilizados y monetizados, como el ahorro en tiempo, mejora en el nivel educativo, etc.

Para los bienes que no cuentan con un mercado formal, privado, existen metodologías de fijación de precios que determinarán su valor de manera objetiva, como el «valor del tiempo», o subjetiva, como lo son las de «precios hedónicos» y la «valoración contingente» (Bonifaz 2000). Entre los métodos de «valoración contingente» se tiene el de «preferencias reveladas» y el de «preferencias declaradas».



Valor del tiempo

De acuerdo con la metodología objetiva, el valor social del tiempo se aproxima al salario real gracias al modelo de maximización de bienestar del consumidor. En dicho modelo, se considera que la persona escoge los niveles de ocio y consumo que maximizan su satisfacción, cuantificada a través de la función de utilidad. Sin embargo, la persona presenta dos restricciones que debe considerar al desarrollar esta elección; primero, el consumo se encuentra limitado por el nivel de ingresos, el cual representa la retribución por el trabajo; segundo, el trabajo y el ocio comparten el limitado número de horas en el día, por lo que los agentes deberán realizar un *trade-off* entre ocio y consumo. En ese sentido, una reducción en los tiempos de viaje de una persona implica una expansión en sus posibilidades de consumo, ya que el tiempo ahorrado puede ser dedicado a realizar más trabajo o, en todo caso, a disfrutar de más ocio (Gwilliam 1997). Gráficamente, este modelo se puede representar de la siguiente forma:



Fuente: Bonifaz (2000).

El valor del tiempo se determinará mediante la elección del usuario de rutas de transporte rápidas y costosas, o lentas y baratas, por lo que la sensibilidad ante un cambio entre costo y tiempo determinará el valor de este último.



Matemáticamente, el enfoque tradicional (Cervini y Ramírez 2008, Jara-Díaz 2000) muestra que el consumidor realiza el siguiente proceso de maximización:

$$\text{Max } U = U(L, G) \quad (1)$$

Donde L representa el tiempo de ocio; G , el ingreso dedicado al consumo; y U , el nivel de utilidad de la persona. Tal como se mencionó anteriormente, el tiempo de ocio y los bienes de consumo representan bienes sustitutos en la función de utilidad. Uno de los supuestos detrás de esta función de utilidad radica en que el trabajo en sí mismo no genera utilidad a las personas, por lo que no se modifican los patrones de ocio y consumo.

Tal como se mencionó anteriormente, la persona deberá ajustar su consumo a dos restricciones, una de tiempo y otra de ingresos:

Restricción de tiempo:

$$T = L + W \quad (2)$$

donde T es el tiempo total disponible de la persona y W es el tiempo que utiliza para trabajar.

Restricción de ingresos:

$$G = wW \quad (3)$$

donde w es el salario de la persona.

Si se despeja W en (2) y se reemplaza en (3), obtenemos una sola restricción para la función de utilidad:

$$w(T - L) - G = 0 \quad (4)$$

Si se resuelve la siguiente función lagrangeana:

$$\text{Max } U^* = U(L, G) + \lambda[w(T - L) - G] \quad (5)$$



donde λ representa el multiplicador de Lagrange de la restricción, se obtendrán las siguientes condiciones de primer orden:

$$\frac{\partial U}{\partial L} = \lambda w \quad y \quad \frac{\partial U}{\partial G} = \lambda \quad (6)$$

Dado que en el máximo cualquier cambio mínimo en la cantidad de ocio y consumo no genera cambios en la utilidad, se tiene que:

$$dU = \frac{\partial U}{\partial L} dL + \frac{\partial U}{\partial G} dG = 0 \quad (7)$$

Entonces, si reemplazamos las condiciones de primer orden, se tendrá que:

$$-\frac{dG}{dL} = \frac{\frac{\partial U}{\partial L}}{\frac{\partial U}{\partial G}} = \frac{\lambda w}{\lambda} = w \quad (8)$$

Para maximizar la utilidad del consumidor, la tasa marginal de sustitución entre ocio y consumo deberá ser igual al salario. Si tomamos que el tiempo de ocio de una persona es dedicado para el consumo de bienes, el costo de no trabajar y, por ende, no generar ingresos adicionales, representará un costo de oportunidad adicional para el consumo. A partir de esta idea, se desprende que el valor del tiempo deberá ser igual al salario independientemente de las actividades que se realicen (Becker 1965).

- Tiempo de trabajo en la función de utilidad

Johnson (1966) incluye al tiempo de trabajo directamente en la función de utilidad, por lo que se rompe el supuesto presentado anteriormente en el cual el trabajo no modifica los patrones de ocio y consumo. Por lo tanto, se tendrá que maximizar la siguiente función:

$$\text{Max } U = U(L, W, G) \quad (9)$$



Dado que se está considerando el tiempo de trabajo directamente en las funciones de utilidad, se tendrá que aplicar las restricciones (2) y (3) directamente, sin poder utilizar la simplificación de la ecuación (4):

$$U^* = U(L, W, G) + \lambda(wW - G) + \mu(T - L - W) \quad (10)$$

De la maximación, se obtienen las siguientes condiciones de primer orden:

$$\frac{\partial U}{\partial G} = \lambda, \quad \frac{\partial U}{\partial L} = \mu \quad y \quad \frac{\partial U}{\partial W} = \mu - \lambda w \quad (11)$$

Reemplazando, se tiene:

$$\frac{dG}{dL} = \frac{\mu}{\lambda} = \frac{\frac{\partial U}{\partial W} + \lambda w}{\lambda} = w + \frac{\partial U}{\partial W} \frac{1}{\lambda} = \mu - \lambda w \quad (12)$$

Como se puede observar a partir de las ecuaciones en (11), λ y μ representan la utilidad marginal del ingreso y ocio, respectivamente; mientras que $\frac{\partial U}{\partial W}$ denota la desutilidad¹ marginal del trabajo. Si se define al valor social del tiempo como aquello a lo que se está dispuesto a renunciar de ingreso por una hora de ocio, tendremos la ecuación (12), que representa la tasa marginal de sustitución de ocio por dinero. En ese sentido, en este modelo en el cual se incluye al tiempo de trabajo como un factor que afecta directamente la función de utilidad, se tendrá que el valor del tiempo es igual al salario más el valor subjetivo del trabajo. De acuerdo con Johnson (1966), este valor subjetivo también representa el valor del ocio, el cual a su vez representa el valor de tiempo dedicado para viajar, ya que cualquier reducción en el tiempo puede destinarse al trabajo o al ocio. Adicionalmente, se puede observar que si no se considerara la existencia de una desutilidad por trabajar, se alcanzaría el mismo resultado que en el modelo anterior.

1. No se puede considerar que la utilidad del trabajo sea siempre negativa, ya que muchas personas encuentran satisfacción en la realización de su trabajo por sí mismo.



- Tiempo en la función de utilidad

Oort (1969) indica que si el viaje es desagradable para el agente, una reducción en el tiempo del mismo no solo significa una posibilidad de expandir sus posibilidades de ocio y consumo, sino que incrementa su bienestar directamente. Reemplazando las ecuaciones en (11) y reordenando, se obtiene:

$$\frac{\partial U}{\partial L} = w \frac{\partial U}{\partial G} + \frac{\partial U}{\partial W} \quad (13)$$

En ese sentido, los dos modelos presentados anteriormente serían simplificaciones en las cuales el efecto marginal sobre la utilidad de un cambio en el tiempo es nulo (Johnson 1966) y el efecto del trabajo también lo es (Becker 1965).

Los enfoques mostrados anteriormente reflejan que indiscutiblemente el tiempo tiene un valor para los agentes, ya sea como tiempo de trabajo que produce bienes que generan beneficio para la sociedad, o porque representa un valor en sí mismo; por ello, cualquier proyecto de transporte que reduzca el tiempo significará un incremento en el bienestar de las personas (Belli *et al.* 2001). Sin embargo, es necesario considerar que dado que se está trabajando con funciones de utilidad de diversos individuos, no será adecuado agregarlas de manera general adoptando cantidades únicas para calcular el valor social del tiempo, dado que las preferencias de los individuos dependerán de sus propias características específicas. En ese sentido, se pueden calcular los valores del tiempo para diferentes categorías según propósito, modo, tipo, región geográfica y nivel socioeconómico de los individuos. La evidencia empírica demuestra la necesidad de esta desagregación, ya que diversos estudios elaborados para Chile sugieren que existen diferencias importantes en el valor del tiempo para diferentes culturas (Gwilliam 1987).

Con base en el análisis del modelo de ocio y consumo, la literatura utiliza la siguiente fórmula para estimar el valor social del tiempo en función de la valoración de un usuario promedio por tipo de vehículo:



$$VST_i = \alpha_1 w_1 + \alpha_2 w_2 \quad (14)$$

Donde:

- VST_i representa el valor social del tiempo del usuario promedio del vehículo i .
- w_1 es el valor del tiempo de trabajo calculado como el ingreso promedio por hora con prestaciones sociales e impuestos.
- w_2 es el valor del tiempo de ocio calculado como el ingreso promedio por hora sin prestaciones sociales ni impuestos.
- α_1 y α_2 son los porcentajes de viajes de trabajo y ocio, respectivamente.

Se considera que el valor social del tiempo de trabajo incluye prestaciones sociales e impuestos, ya que el valor social del trabajo se basa en los bienes que se producen y generan bienestar a la sociedad, por lo que para el empleador el costo de producirlos incluye todos los costos relacionados con la contratación de la mano de obra. En contraste, el valor del tiempo de ocio no toma en cuenta estas consideraciones, dado que el valor de este para la persona es el sueldo neto que la misma percibe (Cervini y Ramírez 2008).

Valoración contingente

Por otro lado, las metodologías de valoración contingente han permitido hallar una valoración subjetiva de los bienes que utiliza el proyecto que no tienen mercado, que permite rescatar de mejor manera las diferencias en las preferencias de los individuos. Actualmente, se cuenta con dos enfoques que se encuentran en función de la actitud de los individuos respecto a sus preferencias: preferencias reveladas (RP) y preferencias declaradas (SP).

- Preferencias reveladas

El análisis de preferencias reveladas estima el valor del bien sobre la base del comportamiento observado del individuo; es decir, se estudian las elecciones realizadas; por ejemplo, en la elección entre un bien X y un bien Y,



cada uno con determinadas características. A pesar de ser considerado, conceptualmente, como el modo más realista de realizar este tipo de estudios, este análisis muestra información incierta acerca de las elecciones de los individuos, ya que si bien se tiene información acerca de la alternativa del bien elegido, no se tiene información de la alternativa rechazada (Gwilliam 1997). Por otro lado, en cuanto al desarrollo econométrico, las variables explicativas del modelo tienden a presentar altos niveles de multicolinealidad debido a las fuerzas de mercado, tecnología o problemas de selección de muestra (Hensher 2001).

- Preferencias declaradas

El análisis de preferencias declaradas supera el problema presentado por el análisis de preferencias reveladas, ya que brinda al individuo, a través de una encuesta, diversas alternativas de transporte para escoger; adicionalmente, las entrevistas son realizadas en un ambiente relacionado, por ejemplo, durante la compra del bien. Estas características permiten obtener una amplia gama de resultados sobre el *trade-off* entre distintas alternativas de bienes. Aunque muchas veces el análisis de preferencias declaradas fue complementado con el de preferencias reveladas, resultados de distintas investigaciones indican que los valores calculados a partir de esta última metodología tienden a ser mayores que aquellos obtenidos mediante la primera (Gwilliam 1997).

Adicionalmente, la estructura de las encuestas realizadas para estudios de preferencias declaradas ha ido simplificándose, pasando de alrededor de 16 comparaciones a entre 9 y 12; ello genera una menor resistencia del entrevistado a las preguntas, lo cual permite obtener data más confiable. Del mismo modo, la aplicación de cuestionarios en lugar de tarjetas ha ido incrementándose a lo largo del tiempo. Cabe destacar que los estudios basados en preguntas utilizando tarjetas generalmente presentan valores del tiempo mayores que los que usan cuestionarios, ya sean manuales o electrónicos. Se presume que la diferencia en estos valores se debe a la mayor claridad con la que las tarjetas pueden mostrar las alternativas de elección de los participantes.



Precios hedónicos

Los precios hedónicos parten de la premisa de que las características de los bienes que componen un bien reflejan el precio del mismo. Así, el precio del bien bajo análisis puede ser descompuesto en función de sus atributos y, por tanto, se puede buscar la forma de asignar un precio a cada uno de estos, cuando se estima la ecuación de precios hedónicos. Básicamente, se consideran las características estructurales de los bienes, las características ambientales y de localización. Así, el precio de un bien se puede expresar de la siguiente manera:

$$p_i = f(x_1, x_2, x_3)$$

Donde p_i es el precio del bien y x_1 , x_2 , x_3 son los factores estructurales, ambientales y de localización, respectivamente. La importancia o disposición a pagar de un determinado factor o atributo en el precio del bien puede determinarse como la derivada parcial del mismo sobre el precio:

$$\frac{\partial p_i}{\partial x_{2i}}$$

Metodología de la eficacia

Los últimos estudios medioambientales en términos de valoración económica se han enfocado en la evaluación de programas de conservación ambiental basados en el análisis tanto de la eficacia ecológica como de la eficiencia, es decir, el análisis de los costos (directos e indirectos) de la intervención o proyecto evaluado.

No obstante, al considerar la **eficiencia económica** (entendida como los beneficios por soles invertidos en un proyecto), no se puede dejar de lado el tema relacionado con la **eficacia económica**. Esto se debe a que si bien el análisis de costos de un proyecto tiene sus propias complicaciones, estos se llegan a determinar finalmente. La determinación del valor del efecto ecológico de un proyecto es también un gran problema.



En tal sentido, la valoración económica medioambiental se puede estudiar a través del enfoque de la eficacia de los proyectos. Las metodologías de análisis medioambiental que persiguen este objetivo se basan en la construcción de un escenario contrafactual en el que no existe ningún tipo de proyecto², lo que da lugar a la pregunta fundamental de la metodología: qué harían los agentes económicos en la ausencia de una política.

Existen diferentes propuestas para medir la eficacia de un proyecto medioambiental. Khaz-Zoom (1980) propone analizar un proyecto considerando los efectos «rebote»³. No obstante, otros autores como Lovins (1988) sostienen que dicho efecto podría ser muy pequeño. Desde esa perspectiva, Joskow y Marron (1992) proponen evaluar la eficacia de un proyecto en torno a los ahorros que resultan producto de las políticas, en lugar de focalizarse en los eventos *ex post* producto de ellas.

La metodología anterior se puede aplicar a través de un modelo econométrico, considerado la evaluación de los ahorros que produce un proyecto de energía:

$$Y_{it} = \beta^T X_{it} - d_i \cdot p_t + \varepsilon_{it}$$

$$\text{Con } \varepsilon_{it} = v_i + \eta_{it} \text{ y } E(v_i) = 0, E(\eta_{it}) = 0, E(v_i \eta_{it}) = 0 \forall i, t.$$

Donde:

Y_{it} refleja la demanda del servicio de energía por un hogar «*i*» en el tiempo «*t*»;

X_{it} refleja las características observables de un hogar (por ejemplo, el tamaño del hogar);

d_i refleja el efecto precio en la demanda del servicio de energía por un hogar;

ε_{it} refleja el error; y

2. Este tipo de metodologías se han aplicado en otras ramas económicas y han sido trabajadas por Heckman, LaLonde y Smith (1999) y Schmidt (1999).

3. Khaz-Zoom (1980) sostiene esta metodología y la aplica en proyectos de políticas de energía eléctrica.



v_i captura las características no observables del hogar (por ejemplo, el grado de conciencia ambiental de la familia).

Si bien el modelo no considera la posibilidad de que los consumidores elijan o no participar en el programa, se encuentra que el rechazo al programa se dará con mayor frecuencia ante consumidores con una baja **conciencia medioambiental** (alto v_i) y con un bajo efecto precio en la demanda (bajo d_i). Por tanto, v_i y d_i se encuentran correlacionados **negativamente**. En contraste, un bajo v_i y un alto d_i caracterizarán a hogares que son más propensos a participar de un programa como este. Es decir, si bien no existe *a priori* la posibilidad de que los hogares elijan participar o no en el programa, ellos se autoseleccionan.

En tal sentido, una política o proyecto puede ser estimado a través del método de la eficacia con un nivel de confianza, mas no con certeza: en toda instancia se requiere de la construcción de un escenario contrafactual razonable, con el propósito de contrastar dicho escenario con la situación real.

Por tanto, el modelo se modifica considerando una variable que toma el valor de 1 con el estado asociado a recibir la intervención del proyecto por parte del hogar; y toma el valor de 0 con el estado asociado a no recibir la intervención.

Este planteamiento del problema permite que se pueda comparar qué pasaría con el consumo del servicio por parte del hogar i , si se acoge al proyecto o no. El consumo del servicio después del período de instauración del programa se captura a través de Y_{it} , si el hogar no se acoge al proyecto; mientras que si el hogar sí se acoge al proyecto, se captura a través de $Y_{it} - \Delta_i^4$; de esta manera, se define el **impacto causal del proyecto**.

Considerando que los efectos de Y_{it} y de $Y_{it} - \Delta_i$ no pueden ser observados para un mismo hogar de forma simultánea, el resultado observado refleja

4. Donde Δ_i es la unidad del efecto del proyecto.



el escenario que efectivamente ocurre, mientras que el resultado no observado refleja el escenario contrafactual.

En tal sentido, el parámetro de evaluación de los efectos del programa es llamado el efecto **promedio del tratamiento sobre los agentes tratados**, que resume los cambios en el comportamiento de la población de los hogares que se acogen al programa. El parámetro se define de la siguiente manera:

$$M_{X=k} = E(Y_t - \Delta | X = k, D = 1) - E(Y_t | X = k, D = 1)$$

Donde k denota al número de miembros del hogar.

La aplicación ideal de la metodología de la eficacia se da con una asignación aleatoria de los hogares que se encuentran en observación, lo que otorga mejores resultados para los problemas de identificación y de autoselección.



Referencias

BECKER, G.

1965 «A Theory of the Allocation of Time». En: *The Economic Journal*, vol. 75, N° 299, pp. 493-517.

BELLI, P.; J. ANDERSON, H. BARNUM, J. DIXON y J. P. TAN

2001 *Economic Analysis of Investment Operations: Analytical Tools and Practical Applications*. Washington, D. C.: The World Bank.

BONIFAZ, J. L.

2000 *Cálculo de precios sociales: el valor social del tiempo*. Lima: Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico.

CERVINI, H. y L. RAMÍREZ

2008 «Valor social del tiempo en México». En: *Análisis Económico*, vol. XXIII, N° 54, pp. 175-202.

GWILLIAM, K.

1997 *The Value of Time in Economic Evaluation of Transport Projects: Lessons from Recent Research*. Infrastructure Notes N° OT-5. Washington, D. C.: The World Bank.

HECKMAN, J. J.; R. J. LaLONDE y J. A. SMITH

1999 «The Economics and Econometrics of Active Labor Market Programs». En: ASHENFELTER, Orley y David CARD (eds.). *Handbook of Labor Economics*, Vol. III. Ámsterdam: North-Holland.

HENSHER, D.

2001 «Measurement of the Valuation of Travel Time Savings». En: *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 35, N° 1, pp. 71-98. (Essays in Honour of Michael Beesley).

JARA-DÍAZ, S. R.

2000 «Allocation and Valuation of Travel Time Savings». En: HENSHER, D. y K. BUTTON (eds.). *Handbook of Transport Modelling*. Oxford: Pergamon Press, pp. 303-19.



JOHNSON, M.

1966 «Travel Time and the Price of Leisure». En: *Western Economic Journal*, 4, pp. 135-45.

JOSKOW, P. L. y D. B. MARRON

1992 «What Does a Megawatt Really Cost? Evidence from Utility Conservation Programs». En: *The Energy Journal*, 13(4), pp. 41-75.

KHAZ-ZOOM, J. Daniel

1980 «Economic Implications of Mandated Efficiency in Standards for Household Appliances». En: *The Energy Journal*, 1(1), pp. 21-40.

LOVINS, A. B.

1988 «Energy Saving Resulting from the Adoption of More Efficient Appliances: Another View». En: *The Energy Journal*, 9(2), pp. 155-62.

OORT, C. J.

1969 «The Evaluation of Traveling Time». En: *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 3, pp. 279-86.

SCHMIDT, C. M.

1999 *Knowing What Works – The Case for Rigorous Program Evaluation*. IZA-Discussion Paper N° 77. Bonn: Institute for the Study of Labor.



Anexo 2

Métodos de estimación de beneficios en el sector de infraestructuras de uso público a partir del ahorro en sobrecostos

Sobrecostos por el déficit de infraestructura: consideraciones metodológicas

En gran medida, los sobrecostos se identifican con los costos de transacción. Como se sabe, el concepto de costos de transacción se refiere a todos los gastos involucrados en la adquisición o uso de determinado bien o servicio, diferentes del precio de adquisición¹. Anteriormente, el análisis neoclásico asumía que las transacciones en el mercado se realizaban sin costo alguno; es decir, que las decisiones de los agentes económicos solo dependían de los precios relativos. Sin embargo, a partir del trabajo de Coase, se reconoce que las decisiones económicas de los agentes dependen de manera importante de los costos de transacción involucrados en la operación. Si estos costos de transacción son altos, la operación puede no realizarse.

El hecho de que el servicio sea deficiente, es decir, de una productividad menor que la brindada por una tecnología eficiente, hace que se pierda tiempo y dinero; por ello, los costos de transacción son también llamados «costos de oportunidad». Dicho de otro modo, se termina teniendo una menor productividad y, por ende, el gasto es mayor.

En otras palabras, si la infraestructura fuera la adecuada, el usuario lograría ahorros anuales equivalentes al exceso de gasto o sobrecosto anual que le produce el uso de la misma². Estos ahorros corresponden a los beneficios directos anuales que generaría mejorar o renovar la infraestructura³. Por estos

1. Según Coase (1937).

2. Esto no significa que el déficit de infraestructura sea el único causante de los sobrecostos. De hecho, pueden existir problemas de competencia en las cadenas logísticas y problemas de gestión de los operadores de las infraestructuras, entre otros, que generen importantes sobrecostos. Es posible, por lo tanto, que varios de los sobrecostos que se listan más adelante puedan deberse a diversos problemas; sin embargo, este documento se dedica exclusivamente a la estimación de las magnitudes de estos sobrecostos que se explican por los problemas de infraestructura.

3. Debe quedar claro que estos ahorros anuales no constituyen los beneficios totales de mejorar o renovar la infraestructura, pues estos últimos también deben incluir los beneficios indirectos, los que normalmente se



motivos, un componente importante de los beneficios que se generan con la adquisición de mejor tecnología lo constituyen estos costos de transacción.

El mayor gasto en el que incurren los agentes que carecen del servicio público brindado mediante una infraestructura con la tecnología y la escala óptima, abasteciéndose en su lugar de sustitutos más caros y menos eficientes⁴, puede ser aproximado por la siguiente expresión del costo de transacción (CT):

$$(1) CT = Q_{actual} \times (P_{sustituto} - P_{servicio})$$

Por otro lado, producto de la búsqueda de un sustituto para la falta de infraestructura, el usuario puede incurrir en una pérdida de eficiencia social, pues al utilizar la infraestructura ineficiente su consumo sería menor que lo que podría alcanzar en caso de acceder a una infraestructura adecuada en términos tecnológicos y de escala de producción. Esto produce potencialmente una pérdida de eficiencia social, pues se termina produciendo y consumiendo una menor cantidad que la del equilibrio eficiente a un precio mayor que el correspondiente a tal equilibrio.

Esta pérdida de eficiencia social o reducción del bienestar de los agentes económicos se puede calcular a partir de la siguiente expresión⁵:

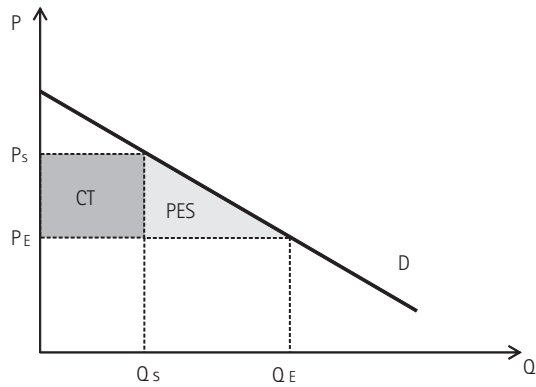
$$(2) PES = \frac{1}{2} \times (Q_{potencial} - Q_{actual}) \times (P_{sustituto} - P_{servicio})$$

Ambos componentes de los sobrecostos se muestran en el siguiente gráfico, donde P_E y Q_E designan el precio y la cantidad eficientes o potenciales del bien o servicio, y P_S y Q_S denotan el precio y la cantidad consumida de un sustituto cercano a dicho servicio.

aproximan mediante la metodología del excedente del productor sobre la zona de influencia de la infraestructura desarrollada.

4. Precisamente por no brindarse en las condiciones adecuadas (por ejemplo, la provisión de agua mediante camiones cisterna en lugar de vía conexiones domiciliarias).

5. Esta expresión supone que la curva de demanda es una recta, lo que determina un triángulo de pérdida de eficiencia social y por ello la estimación de la misma como el área de un triángulo.



Fuente: CIUP (2005).

Referencias

COASE, R.

1937 «The Nature of the Firm». En: *Economica*, vol. 4.

Anexo 3 Características generales de intervenciones tipo (i) en obras de electrificación rural

Nombre y tipo de intervención	Región, departamento, provincia y distrito	Objetivo	Número de beneficiarios	Actividades	Calificación eléctrica
Instalación de electrificación rural del distrito de Condurri.	Región Puno, departamento Puno, provincia del Collao, distrito de Condurri.	La electrificación de 23 localidades ubicadas en el distrito de Condurri. La obra permitirá el desarrollo socioeconómico y agroindustrial de la zona.	La obra beneficia a 535 abonados domésticos y 49 cargas especiales.	La obra está conformada por las siguientes instalaciones: líneas primarias, redes primarias y subestaciones de distribución.	<ul style="list-style-type: none"> - Localidades del tipo II: demanda máxima por lote promedio 200 W/lote. - Cargas de uso general: las cuales pueden ser colegios, escuelas, centros de salud, locales comunales, iglesias; se ha asignado una calificación de 1.000 W/lote. - Para cargas de servicio particular, el factor de simultaneidad utilizado es de 0,5. - Para cargas de uso general, el factor de simultaneidad utilizado es de 1,0.
Electrificación de nueve localidades del valle del río Ene, distrito de Río Tambo, provincia de Saetipo, departamento de Junín (i) y (ii).	(i) y (ii) Región Junín, departamento Junín, provincia Saetipo y distrito de Río Tambo.	(i) y (ii) El suministro de energía eléctrica en forma permanente y confiable a 9 localidades ubicadas en el distrito de Río Tambo. El suministro de energía eléctrica es desde las estructuras en 22,9/132,2 kV del Sistema Eléctrico Rural San Francisco II y III etapa.	(i) y (ii) La obra beneficia a 357 abonados.	(i) La infraestructura proyectada se basa en la instalación de redes secundarias y conexiones domiciliarias. (ii) La infraestructura proyectada se basa en la instalación de líneas primarias, redes primarias, redes secundarias y conexiones domiciliarias.	(i) y (ii) Localidad tipo III: 400 W/Lote, con un factor de simultaneidad de 0,50.
Instalación del sistema de electrificación rural (SER) en las comunidades del distrito de Vinchos, en el departamento de Ayacucho.	Región de Ayacucho, departamento de Ayacucho, provincia de Huamanga, distrito de Vinchos y comunidades de Rosaspata, Cochapampa, Millipo, San Juan de Lihuacucho, Ichupata, Waripercoca, Unión Paqcha, Nuevo Progreso, Casacañcha, Suanilla, Putacca e Inghuasi.	La dotación de suministro eléctrico a 12 localidades rurales.	La obra atiende a 3.970 habitantes y 924 abonados.	Los alcances de la obra comprenden la ubicación de estructuras de líneas primarias, redes primarias y secundarias, suministro, montaje y transporte de equipos y materiales de 41,93 km de línea primaria, redes de distribución primaria y secundaria para 12 localidades.	



Nombre y tipo de intervención	Región, departamento, provincia y distrito	Objetivo	Número de beneficiarios	Actividades	Calificación eléctrica
Pequeño sistema eléctrico (PSE) Acari - Chala II, etapas (i) y (ii).	Región de Arequipa, provincia de Caraveli, departamento de Arequipa. Localidades: Yauca, Chala, Lomas, Jaqui, Atiquipa, Santa Rosa, Agua Salada y Chaviña.	La construcción de líneas primarias de 22,99 kW: (i) Yauca-Chala y (ii) Yauca-Jaqui.	La obra permite el desarrollo socioeconómico beneficiando a 5.904 habitantes y 738 abonados.	La ejecución de las obras comprende la construcción de líneas primarias, redes primarias y subestaciones de distribución.	
Ejecución de las redes secundarias de las localidades que conforman el PSE Anta - Limatambo II, etapas (i) y (ii).	(i) Departamento Cusco, provincia de Anta.	(i) y (ii) La creación de infraestructura eléctrica necesaria para el mejoramiento del nivel de vida de los pobladores.		(i) La ejecución de redes eléctricas de distribución secundaria y conexiones domiciliarias. (ii) La ejecución de líneas primarias, redes primarias y subestaciones de distribución.	(i) Localidades del tipo II. Servicio particular: 400 W/lotte, y cargas especiales: variable.
PSE Andahuaylas - eje Huacacana - Chincheros II etapa.	Departamento de Apurímac; provincias de Andahuaylas y Chincheros; distritos de Talavera, Anco-Huallo, Chicheros, Huacacana, Ocobamba, Ongoy y Ramacancha.	El suministro de energía eléctrica en forma permanente y confiable a 42 localidades ubicadas en las provincias de Chincheros y Andahuaylas.	La obra beneficia a 5.904 habitantes y 738 abonados totales.	Ejecución de líneas y redes primarias.	- Localidades tipo I: 250 W/lotte - Localidades tipo II: 200 W/lotte - Factor de simultaneidad para las cargas particulares o de uso doméstico es de 0,5. - Para el alumbrado público se ha considerado el uso de lámpara de vapor de sodio de 50 W; adicionalmente, se han considerado las pérdidas en los equipos auxiliares de 9,50 W.



Nombre y tipo de intervención	Región, departamento, provincia y distrito	Objetivo	Número de beneficiarios	Actividades	Calificación eléctrica
PSE Ilimo III, etapas (i) y (ii).	(i) y (ii) Departamento de Lambayeque, provincia de Ferreñafe y Lambayeque, distritos de Mochumi e Incahuasi.	(i) Brindar servicio eléctrico a las localidades de las provincias de Ferreñafe y Lambayeque. (ii) La dotación de energía eléctrica a 7 localidades denominadas: Alto Puchaca, El Palto, Puchaca Medio, ubicadas en el distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe; y Huaca de Toro, La Pava, San Carlos y Sialupe Baca del distrito de Mochumi, provincia de Lambayeque.	(ii) Se beneficia a 237 lotes pertenecientes a las 7 localidades.	(i) La ejecución de las redes de distribución secundaria, acometidas domiciliarias y alumbrado público. (ii) La ejecución de las líneas, redes primarias y redes secundarias.	- Localidades tipo A: la carga instalada inicial base esta referida al uso de artefactos y la iluminación. Potencia Instalada: viviendas con 4 habitaciones promedio 350 W/lote. Consumo anual de energía: 272,26 kWh/mes. - Localidades tipo C: la carga instalada inicial base está referida al uso de artefactos y la iluminación. Potencia instalada: viviendas con 4 habitaciones promedio 300 W/lote. Consumo anual de energía: 233,37 kWh/mes.
PSE Lonya Grande II, etapas (i) y (ii).	Departamentos de Cajamarca y Amazonas, provincias de Crotta, Cutervo y Luya, y distritos de Chimbán, Pion, Cujillo y Camporredondo.	(i) y (ii) La ejecución de las líneas primarias, redes primarias y redes secundarias para dotar de energía eléctrica en forma continua y confiable a 12 localidades ubicadas en los distritos de Chimbán, Pion, Cujillo y Camporredondo.	(ii) El proyecto beneficiará a 1.658 habitantes con 300 abonados domésticos y 37 cargas de uso general.	(ii) Se beneficia a 237 lotes pertenecientes a las 7 localidades.	

Nombre y tipo de intervención	Región, departamento, provincia y distrito	Objetivo	Número de beneficiarios	Actividades	Calificación eléctrica
PSE de Luanahuán III, etapas (i) y (ii).	(i) Departamento de Lima, provincia de Yauyos, distritos de Hongos, Catahuasi, Yauyos y Zúñiga.			(i) Comprende la construcción de redes de distribución secundaria, conexiones domiciliarias, alumbrado público y sistemas puestos a tierra.	(i) - Localidad tipo III: 400 W/lote, con un factor de simultaneidad de 0,50. - Para las cargas especiales se asignó de 800 a 400 W por lote con f.s. = 1,0. - Para el alumbrado público se han considerado el uso de lámparas de vapor de sodio de 70 W; adicionalmente, se han considerado las pérdidas en los equipos auxiliares de 11,60 W; por lo tanto, el nivel de iluminación prometido considerado es de 3 LUX.
PSE Motupe I, etapas (i) y (ii).	(ii) Departamento de Lima, entre la zona noroeste de la provincia de Cañete y la zona sur de la provincia de Yauyos. (i) Departamento de Lambayeque, provincias de Ferreñafe y Lambayeque.	(ii) La electrificación de 26 localidades del departamento de Lima. (i) y (ii) La provisión del servicio de energía eléctrica en forma continua y confiable.	(i) y (ii) El proyecto permitirá el desarrollo socio-económico y agroindustrial de la zona del proyecto beneficiando a 3.848 habitantes y 876 abonados totales	(ii) La obra se basa en la instalación de líneas primarias, redes primarias y subestaciones de distribución. (i) Comprende la construcción de redes de distribución secundaria, conexiones domiciliarias y redes de servicio particular. (ii) Comprende la ejecución de líneas primarias y redes de distribución primaria.	(i) y (ii) - Localidades tipo I: calificación de 500 W/lote - Localidades tipo II y III: calificación de 400 W/lote. - Cargas de uso general: salud, posta médica y colegio (1000 W/lote); escuelas, locales comunales, oficinas comunales, capillas e iglesias (500 W/lote); y centros de educación inicial o Promoei (300 W/lote). - Para el alumbrado público se ha considerado el uso de lámparas de vapor de sodio de 50 W; adicionalmente, se han considerado las pérdidas en los equipos auxiliares de 10,0 W. - El factor de simultaneidad para las cargas particulares o de uso doméstico es 0,5.



Nombre y tipo de intervención	Región, departamento, provincia y distrito	Objetivo	Número de beneficiarios	Actividades	Calificación eléctrica
Electrificación rural (grupo 4-5), ubicadas en el departamento de San Martín (PSE Moyobamba, I etapa).	Departamento de San Martín, provincias de Lamas y Moyobamba.	Proveer a los pobladores de las localidades en el área de influencia del proyecto con el servicio de energía eléctrica en forma continua y confiable, ofreciendo nuevas oportunidades de desarrollo a la zona del proyecto.	El proyecto permite el desarrollo socioeconómico y agroindustrial, beneficiando a 10.058 habitantes y 2.219 a bordo totales.	Instalación de líneas primarias, redes de distribución primaria y secundaria, subestaciones de distribución	
PSE Muyu Kusu II, etapas (i) y (ii).	(i) y (ii) Departamento de Amazonas, provincia de Bagua, distritos de Imaza y Aramango.	(i) La dotación de energía eléctrica en forma permanente y confiable a las localidades, mediante red secundaria 440/220V sistema monofásico con neutro corrido y rigidamente puesto a tierra. (ii) La dotación de energía eléctrica en forma permanente y confiable a 15 localidades, mediante línea primaria monofásica.		(i) La ejecución de redes secundarias, que incluyen redes de servicio particular, alumbrado público y conexiones domiciliarias. (ii) La ejecución de líneas y redes primarias.	(i) - Localidades tipo II: 349 W/lote. - Localidades tipo III: 273 W/lote.
PSE Pisac Huancarani Paucartambo (i) y (ii).	(i) Departamento de Cusco, provincia de Paucartambo, distritos de Paucartambo, Huancarani, Coquepata, Challa-bamba y Caycay.	(i) Crear la infraestructura eléctrica necesaria para el mejoramiento del nivel de vida de los pobladores, fomentando el desarrollo socioeconómico de la región.		(i) La ejecución de las redes de distribución secundaria y conexiones domiciliarias.	(i) - Localidad tipo III: 400 W/lote, con un factor de simultaneidad de 0,50.



Nombre y tipo de intervención	Región, departamento, provincia y distrito	Objetivo	Número de beneficiarios	Actividades	Calificación eléctrica
	(ii) Departamento de Cusco, provincias de Calca y Paucartambo, distritos de San Salva-pata, Paucartambo, Ccatca y Challabamba.	(ii) La electrificación de 75 localidades de los distritos de las provincias de Calca y Paucartambo.		(ii) La ejecución de líneas primarias, redes primarias y subestaciones de distribución. Concretamente, el diseño y construcción de dos líneas primarias troncales trifásicas en 22,9 kW desde las subestaciones de Pisac y Paucartambo, respectivamente, además de ramales trifásicos y bifásicos que llegan a todas las localidades beneficiadas.	
PSE San Ignacio, I etapas (i) y (ii).	(i) y (ii) Departamento de Cajamarca, provincia de San Ignacio y distritos de San José de Lourdes, San Ignacio y Chirinos.	(i) y (ii) La dotación de energía eléctrica en forma con-fiable y permanente a 15 localidades de las provincias de San Ignacio.		(i) La obra comprende la ejecución de las líneas y redes primarias aéreas con conductores de aleación de aluminio, trifásicas y monofásicas, que suministrarán energía a las redes secundarias de cada una de las localidades beneficiarias. (ii) La obra comprende la ejecución de las redes secundarias trifásicas y monofásicas en 380/220 V y 440/220 V, conexiones domiciliarias e instalación de alumbrado público.	



Nombre y tipo de intervención	Región, departamento, provincia y distrito	Objetivo	Número de beneficiarios	Actividades	Calificación eléctrica
PSE Santo Domingo – Chalamco III, etapas (i) y (ii).	(i) y (ii) Departamento de Piura, provincias de Ayabaca, Huancabamba y Morropón, distritos de Frías, Lagunas, Lalaquiz, Santa Catalina Mossa y Yamango.	(i) y (ii) El objetivo de la obra es suministrar de energía eléctrica a 36 localidades ubicadas en las provincias de Ayabaca, Huancabamba y Morropón.	(i) y (ii) La obra permite el desarrollo socioeconómico y agroindustrial de la zona de proyección beneficiando a 5.521 habitantes y 1.227 aborígenes totales.	(i) La obra comprende la construcción de las redes secundarias de 36 localidades en 440/220 V y 220 V, así como redes de servicio particular y conexiones domiciliarias.	(i) y (ii) - Localidades tipo I, capitales, distritales rurales, centros poblados urbano-rurales y localidades que presentan una configuración urbana definida: 500 W/lote con factor de simultaneidad 0,50. - Localidades tipo II: localidades rurales que no presentan una configuración urbana definida (la mayoría de localidades rurales): 400 W/lote, con factor de simultaneidad 0,50. - Cargas de uso general: las cuales pueden ser institutos, centros de salud y postas médicas (1000 W/lote, con factor de simultaneidad de 1,00); colegios (escuelas secundarias) y municipales (800 W/lote con factor de simultaneidad de 1,00); locales de tenencia de gobernanación, local comunal, iglesia, escuela primaria, centro de alfabetización y TV comunal (500 W/lote con factor de simultaneidad 1,00); y capillas, escuela inicial o Pronoei, comedor popular y club de madres, teléfono comunal y radio comunal (300 W/lote con factor de simultaneidad 1,00). - Para el alumbrado público, se ha considerado el uso de lámparas de vapor de sodio de 50 W; adicionalmente, se han considerado las pérdidas en los equipos auxiliares de 10,0 W.
				(ii) La obra comprende la construcción de 62,996 km de línea primaria, en 13,2 kV 1φ y redes de distribución primaria para 36 localidades.	



Nombre y tipo de intervención	Región, departamento, provincia y distrito	Objetivo	Número de beneficiarios	Actividades	Calificación eléctrica
PSE Yauyos II etapa.	Departamento de Lima, provincia de Yauyos.	La ejecución de las obras tiene por finalidad proveer electricidad de manera continua y eficiente durante las 24 horas del día, y así lograr mejorar el nivel de vida de los habitantes de toda la zona comprendida dentro del ámbito de la obra.	Se beneficia un total de 35 localidades del PSE Yauyos II Etapa y 15 localidades del PSE Luján III Etapa.	La obra se basa en la implementación de líneas primarias, redes primarias y redes secundarias.	
SER Casma Quito II Etapa (I) y (II)	(I) y (II) Departamento de Ancash, provincia de Casma, Huaraz y Yungay, distritos de Buena Vista Alta, Casma, Yautan, Cochabamba, Quillo y Shupluy.	(I) y (II) El suministro eléctrico para electrificar las 46 localidades.	(I) y (II) El objetivo central es dotar de suministro eléctrico a 46 localidades rurales, para atender a 4410 habitantes y 905 abonados.	(I) Los alcances de la obra comprenden la ejecución de redes secundarias.	(i) y (ii) - Localidades tipo I, 500 W/lote - Localidades tipo II, 400 W/lote - Cargas de uso general: colegio secundario (tipo I: 1.000, tipo II: 600), escuela primaria (tipo I: 600, tipo II: 400), inicial (tipo I: 300, tipo II: 200), posta médica (tipo I: 1.100, tipo II: 800), iglesia/capilla (tipo I: 500, tipo II: 400), institutos (tipo I: 1.400), municipalidad (tipo I: 900), local PNP (tipo I: 800), tenencia de gobernanación (tipo I: 600, tipo II: 500), local comunal (tipo I: 600, tipo II: 500), comedor popular (tipo I: 400, tipo II: 300). - Para el alumbrado público, se ha considerado el uso de lámparas de vapor de sodio de 50 W; adicionalmente, se han considerado las pérdidas en los equipos auxiliares de 10,0 W; por lo tanto, la potencia asignada a cada punto de iluminación es de 0,06 kW.
(ii) Los alcances de la obra comprenden la instalación de líneas primarias.					



Nombre y tipo de intervención	Región, departamento, provincia y distrito	Objetivo	Número de beneficiarios	Actividades	Calificación eléctrica
SER Huánuco Eje Dos de Mayo III, etapas (i) y (ii).	Región, departamento, provincia y distrito Huánuco, provincias de Dos de Mayo, Huamalíes, Huánuco, Lauricocha y Yarowilca.	(i) y (ii) La electrificación de 66 localidades ubicadas en las provincias de Dos de Mayo, Huamalíes, Huánuco, Lauricocha y Yarowilca del departamento de Huánuco, con energía proveniente del SER Huánuco Eje Dos de Mayo y II Etapa.	(i) y (ii) La obra beneficia a 2.993 abonados.	(i) Los alcances de la obra comprenden la ejecución de redes secundarias. (ii) La ejecución de líneas primarias, redes primarias y subestaciones de distribución.	(i) y (ii) - Doméstica: 400 W por conexión con 0,5 de factor de simultaneidad. - Servicio particular: 400 W por vivienda. - Comerciales, uso general y especiales: 500 W. - Para el alumbrado público se ha considerado el uso de lámparas de vapor de sodio de 50 W; adicionalmente, se han considerado las pérdidas en los equipos auxiliares de 10,0 W; por lo tanto, la potencia asignada a cada punto de iluminación es de 0,06 kW.
	(i) y (ii) Departamentos de La Libertad y Ancash, provincias de Santiago de Chuco y Pallasca, distritos de Chuco y Pallasca, distritos de Chuco de Chuco, Quiruvilca, Conchucos, Pallasca y Cabana.	(i) y (ii) Provisión de energía eléctrica en forma permanente a 34 localidades.	(i) y (ii) La obra beneficia a 605 usuarios, 3.025 población beneficiada.	(i) La ejecución de redes secundarias y conexiones domiciliarias. (ii) La ejecución de líneas y redes primarias.	(i) - Doméstica: 400 W por conexión con 0,5 de factor de simultaneidad.
SER Pomabamba III, etapas (i) y (ii).	(i) y (ii) Departamento de Ancash, provincias de Mariscal Luzuriaga y Pomabamba, distritos de Huayllán, Lucma, Piscobamba, Parobamba, Pomabamba, Quinua-bamba.	(i) y (ii) Provisión de energía eléctrica en forma permanente a 30 localidades.	(i) y (ii) La obra beneficia a 896 usuarios, 4.480 habitantes.	(i) La ejecución de redes secundarias de servicio particular, alumbrado público y conexiones domiciliarias. (ii) La ejecución de líneas primarias y subestaciones de distribución.	(i) y (ii) - Doméstica: 400 W por conexión con 0,5 de factor de simultaneidad. - Comerciales, uso general y especiales: 500 W. - Cargas especiales: colegio (0,6), instituto (1,4), CEI (0,2), escuela (0,4), Pronoei (0,2), local comunal (0,5), comedor p. (0,3), iglesia (0,4), capilla (0,4), pto. salud (0,8), pol. nacional (0,8), tenencia gob. (0,5), casa magisterial (0,6). - El factor de simultaneidad utilizado para las cargas particulares o de uso doméstico es 0,5. - El factor de simultaneidad utilizado para las cargas de uso general, comercial y productivo es 1.

**Anexo 4****Población y hogares beneficiados por el Plan Nacional de Electrificación Rural (2007-2011)**

N°	Departamento	N° de obra	Localidades	Población beneficiada A	Promedio de miembros del hogar en zonas rurales B	Estimado de hogares beneficiados A/B
Costa						283.438
1	Tumbes	10	46	9.394	3,7	2.560
2	Piura	69	705	270.362	4,1	65.463
3	Lambayeque	132	613	209.938	4,4	47.283
4	La Libertad	65	716	206.539	4,2	48.712
5	Áncash	55	672	139.612	4,3	32.393
6	Lima	14	62	22.070	3,6	6.199
7	Ica	4	80	7.709	3,8	2.018
8	Arequipa	254	318	207.167	3,5	59.875
9	Moquegua	38	53	10.726	3,0	3.575
10	Tacna	195	258	44.236	2,9	15.360
Sierra						372.532
1	Cajamarca	60	1.448	359.929	4,4	81.065
2	Huánuco	45	927	206.846	4,4	46.692
3	Pasco	9	199	34.576	4,0	8.709
4	Junín	35	768	204.240	3,7	55.956
5	Huancavelica	36	375	53.704	4,1	13.163
6	Apurímac	26	141	25.978	3,8	6.818
7	Ayacucho	34	884	186.945	3,9	48.557
8	Cusco	47	653	107.246	3,9	27.359
9	Puno	75	1.236	275.375	3,3	84.21
Selva						94.503
1	Amazonas	37	261	67.054	4,4	15.274
2	Loreto	37	240	162.229	5,3	30.667
3	Madre de Dios	6	40	22.288	3,8	5.804
4	San Martín	39	377	138.938	4,4	31.940
5	Ucayali	11	152	53.115	4,9	10.818
Total		1.333	11.224	3.026.216		750.473

Fuente: MEM.
Elaboración propia.



Anexo 5

Cálculo del total de hogares rurales sin conexión en el Perú, según el coeficiente de electrificación rural del MEM

Total de hogares por ámbito de residencia en el Perú

	Ámbito de residencia		Total
	Urbano	Rural	
Costa Norte	935.852	147.306	1.083.158
Costa Centro	454.355	56.212	510.567
Costa Sur	149.752	23.676	173.428
Total Costa rural		227.194	
Sierra Norte	136.568	326.078	462.646
Sierra Centro	453.882	505.433	959.315
Sierra Sur	653.371	468.640	1.122.011
Total Sierra rural		1.300.151	
Selva	522.320	382.452	904.772

Fuente: Enaho 2011.

Elaboración propia.

Distribución porcentual de los hogares rurales en cada región natural y estimación de los hogares rurales sin conexión

Región natural	Hogares	Distribución porcentual de los hogares rurales por región	Estimación del total de hogares sin conexión
Costa	227.194	12%	122.578
Sierra	1.300.151	68%	701.469
Selva	382.452	20%	206.344
Total	1.909.797	100%	1.030.391

* Según la Enaho 2011, el total de hogares en zonas rurales fue de 2.513.149. Asumiendo que el coeficiente de electrificación rural por personas al 2011 (59%) es igual al de hogares, se calcula en 1.030.391 el total de hogares en zonas rurales del Perú sin electrificación (41% x 2.513.149).

Fuente: Enaho 2011.

Elaboración propia.

**Anexo 6****Muestra de departamentos y provincias propuestos por el MEM para la realización de la encuesta**

Región/ zona	Norte	Centro	Sur
Costa	Piura: Paita, Sullana, Talara y Sechura Tamaño de muestra: 32	Ica: Ica, Chincha, Palpa y Pisco Tamaño de muestra: 32	Arequipa: Caravelí Tamaño de muestra: 32
Sierra	Cajamarca: Cajabamba, Celendín, Cutervo, Chota, Contumazá, Hualgayoc, San Marcos, San Miguel, San Pablo y Santa Cruz Muestra: 187	Huánuco: Dos de Mayo, Huacaybamba, Huamalíes, Pachitea, Lauricocha y Yarawilca Huancavelica: Acobamba, Angaraes, Castrovirreyna, Churcampa, Huaytará y Tayacaja Muestra: 141	Apurímac: Abancay, Andahuaylas, Antabamba, Aymaraes, Cotabambas y Grau Cusco: Acomayo, Anta, Calca, Canas, Canchis, Chumbivilcas, Espinar, Paruro, Paucartambo, Quispicanchis y Urubamba Puno: Azángaro, Carabaya, Chucuito, El Collao, Huáncane, Lampa, Moho, San Román y Yunguyo Muestra: 292
Selva	San Martín: Bellavista, El Dorado, Lamas, Mariscal Cáceres, Picota, Rioja Loreto: Alto Amazonas, Loreto, Mariscal Castilla, Ucayali y Datem del Marañón Muestra: 71	Pasco: Oxapampa Junín: Satipo Muestra: 81	Ucayalí: Atalaya, Padre Abad y Purús Muestra: 32

Fuente: MEM.

**Anexo 8****Cantidad de centros poblados elegibles para la realización de la encuesta por distrito según estado de conexión**

N°	Departamento	Provincia	Distrito	CCPP sin electrificación	CCPP electrificados según proyectos DGER 2006-2008**
1	Apurímac	Abancay	Abancay	42	1
2	Apurímac	Abancay	Curahuasi	107	2
3	Apurímac	Abancay	Lambrama	51	0
4	Arequipa	Caravelí	Acarí	11	0
5	Arequipa	Caravelí	Lomas	7	0
6	Arequipa	Caravelí	Bella Unión	39	0
7	Cajamarca	San Marcos	Eduardo Villanueva	4	0
8	Cajamarca	San Marcos	Ichocán	14	0
9	Cajamarca	San Marcos	Pedro Gálvez	44	0
10	Cajamarca	San Miguel	Catilluc	12	12
11	Cusco	Paucartambo	Caicay	9	0
12	Cusco	Paucartambo	Challabamba	174	0
13	Cusco	Paucartambo	Colquepata	44	15
14	Cusco	Paucartambo	Paucartambo	126	0
15	Huancavelica	Tayacaja	Acraquia	14	0
16	Huancavelica	Tayacaja	Ahuaycha	19	0
17	Huancavelica	Tayacaja	Salcabamba	43	16
18	Huánuco	Huamalíes	Jacas Grande	157	10
19	Huánuco	Huamalíes	Llata	132	10
20	Huánuco	Huamalíes	Punchao	14	5
21	Huánuco	Yarowilca	Aparicio Pomares	74	0
22	Huánuco	Yarowilca	Chavinillo	76	0
23	Huánuco	Yarowilca	Choras	39	0
24	Ica	Pisco	Huáncano	29	0
25	Ica	Pisco	Humay	18	0
26	Ica	Pisco	Independencia	16	0
27	Junín	Satipo	Mazamari	89	8
28	Junín	Satipo	Río Negro	164	36



N°	Departamento	Provincia	Distrito	CCPP sin electrificación	CCPP electrificados según proyectos DGER 2006-2008**
29	Junín	Satipo	Satipo	141	26
30	Loreto	Mariscal Ramón Castilla	Pebas	62	0
31	Loreto	Mariscal Ramón Castilla	Ramón Castilla	86	0
32	Loreto	Mariscal Ramón Castilla	Yavarí	54	7
33	Pasco	Oxapampa	Oxapampa	52	27
34	Pasco	Oxapampa	Palcazu	78	0
35	Pasco	Oxapampa	Puerto Bermúdez	140	11
36	Piura	Sullana	Lancones	116	0
37	Piura	Sullana	Marcavelica	61	0
38	Piura	Sullana	Sullana	25	4
39	Puno	Huancané	Cojata	52	0
40	Puno	Huancané	Huancané	54	22
41	Puno	Huancané	Huatasani	40	0
42	San Martín	Rioja	Nueva Cajamarca	17	10
43	San Martín	Rioja	Pardo Miguel	26	14
44	San Martín	Rioja	Rioja	14	0
45	Ucayalí	Coronel Portillo	Yarinacocha	56	12
46	Ucayalí	Padre Abad	Curimana	19	0
47	Ucayalí	Padre Abad	Irazola	53	0
48	Ucayalí	Padre Abad	Padre Abad	86	0
Total				2.813	248

* Cantidad de centros poblados en los que el Programa de Electrificación Rural piensa intervenir que tienen de 100 viviendas a menos.

** Cantidad aproximada según el número de centros poblados registrados en la base de datos de proyectos culminados por el Programa de Electrificación Rural. Si bien los distritos están identificados y asociados a cada proyecto, no ocurre lo mismo con algunos centros poblados en los que no se precisa el distrito al que pertenecen.



Anexo 9

Encuesta de Hogares Rurales sobre Usos de Energía 2013

UBICACIÓN GEOGRÁFICA				UBICACIÓN MUESTRAL						
1. PROVINCIA				4. ZONA N°		7. TOTAL DE HOGARES QUE OCUPAN LA VIVIENDA				
2. DISTRITO				5. MANZANA N°						
3. CASERÍO				6. VIVIENDA N°		8. HOGAR N°				
9. DIRECCION DE LA VIVIENDA										
Nombre de la calle, Av., Jr., carretera, etc.				N°	INT.	PISO	MZ.			
							LOTE			
							km			
							TELÉFONO			
10. EL CASERÍO ESTA CONECTADO A LA RED ELÉCTRICA				1. SÍ		2. NO				
				11. Año de conexión:						
12. NOMBRES Y APELLIDOS DEL INFORMANTE										
13. LENGUA MATERNA DEL INFORMANTE										
14. TIEMPO DE RESIDENCIA EN LA COMUNIDAD										
15. ENTREVISTA Y SUPERVISIÓN										
VISITA	ENCUESTADORA					SUPERVISORA LOCAL				
	FECHA	HORA		PRÓXIMA VISITA		RESULTADO DE LA VISITA (*)	FECHA	HORA		RESULTADO DE LA VISITA (*)
			DE	A	FECHA			HORA		
Primera										
Segunda										
Tercera										
16. RESULTADO FINAL DE LA ENCUESTA				(*) CÓDIGOS DE RESULTADO						
				1. COMPLETA		4. AUSENTE		7. OTRO		
FECHA				2. INCOMPLETA		5. VIVIENDA DESOCUPADA		_____		
RESULTADO				3. RECHAZO		6. NO SE INICIÓ LA ENTREVISTA		_____		
								(Especifique)		
17. FUNCIONARIOS DE LA ENCUESTA										
CARGO		NOMBRES Y APELLIDOS								
ENCUESTADOR (A):										
SUPERVISORA LOCAL:										
18. TOTAL DE PERSONAS REGISTRADAS EN EL CAPÍTULO 200										



100. CARACTERÍSTICAS DEL HOGAR

101.- Estado de conexión del hogar:

1. Conectado a red eléctrica (con medidor)
Año de conexión _____
2. No conectado a red eléctrica

Infraestructura básica

102.- La casa/vivienda que su hogar ocupa es:

1. Alquilada:
2. Propia, totalmente pagada
3. Propia, comprada vía crédito hipotecario
4. Cedita por el trabajo
5. Cedita por otra institución
6. Cedita por la comunidad
7. Otro _____

103.- El sistema sanitario de esta casa/vivienda está conectado a:

1. Red pública dentro de la casa/vivienda
2. Red pública fuera de la casa/vivienda pero dentro del edificio
3. Pozo (tratado)
4. Letrina o pozo ciego
5. Río, arroyo o canal
6. Otro _____

104.- La fuente de agua para beber y preparar sus alimentos en casa proviene de:

1. Red pública dentro de la casa/vivienda
2. Red pública fuera de la casa/vivienda pero dentro del edificio.
(Si marcó una de estas dos opciones, pase a la 106)
3. Pilón de uso público
4. Cisterna u otro similar
5. Pozo
6. Ríos, canales construidos o similares
7. Otro _____
(Si marcó una de estas opciones, pase a la 105)

105.- ¿Cuánto tiempo tarda en llegar a la fuente de agua de donde su hogar habitualmente se abastece de agua?

(registre la cantidad de tiempo en minutos/hora)

106.- El material predominante del piso es:

1. Madera
2. Cemento
3. Piedra
4. Tierra
5. Otro _____

107.- El material predominante de las paredes es:

1. Cemento
2. Piedra
3. Madera
4. Adobe
5. Otro _____

108.- El material predominante del techo es:

1. Cemento
2. Madera
3. Calamina
4. Paja, palma
5. Quincha
6. Adobe
7. Otro _____

200. CARACTERÍSTICAS DE LOS MIEMBROS DEL HOGAR

Por favor, bríndenos alguna información general de todos los miembros individuales del hogar*:

N° Orden	201. Nombres de la personas que viven permanentemente en este hogar (llene primero esta columna y controle con la pregunta 17)	202. ¿Cuál es su relación de parentesco con el jefe del hogar? 1. Jefe del hogar 2. Espos(a) 3. Hijo (a) 4. Hermano/a 5. Yerno/huera 6. Nieto (a) 7. Padres/suegros 8. Otros 9. Trabajador(a) del hogar 10. Pensionista 11. Otros no parientes	203. Edad o si es menor de un año	204. Sexo 1. Hombre 2. Mujer	205. ¿Cuál es el nivel de instrucción que posee? 1. Sin nivel 2. Inicial 3. Primaria incompleta 4. Primaria completa 5. Secundaria incompleta 6. Secundaria completa 7. Técnica incompleta 8. Técnica completa 9. Univ. incompleta 10. Universitaria completa 11. Postgrado	206. ¿Sabe leer y escribir? 1. Si 2. No	207. Trabaja actualmente 1. Si 2. No	208. ¿Cuál es la principal actividad económica a la que se dedica? 1. Agricultura 2. Ganadería 3. Minería 4. Construcción 5. Comercio 6. Transporte 7. Pesca 8. Empleado público 9. Servicios 10. Tejido 11. Costura 12. Carpintería 13. Cerámica 14. Artesanías 15. Otros	209. ¿Cuál es el rango de ingresos mensuales que obtiene por la actividad económica principal que realiza? 1. Menos de 500 soles 2. Más de 500 y menos de 1.000 soles 3. Más de 1.000 a 1.000 soles 4. Más de 2.000 soles 5. 2.000 soles	210. ¿Cuál es la secundaria actividad económica a la que se dedica? 1. Agricultura 2. Ganadería 3. Minería 4. Construcción 5. Comercio 6. Transporte 7. Pesca 8. Empleado público 9. Servicios 10. Tejido 11. Costura 12. Carpintería 13. Cerámica 14. Artesanías 15. No tiene actividad secundaria Pase a la pregunta 300	211. ¿Cuál es el rango de ingresos mensuales que obtiene por la actividad económica secundaria que realiza? 1. Menos de 500 soles 2. De 500 y menos de 1.000 soles 3. De 1.000 a 2.000 soles 4. De 2.000 soles a más	
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

OBSERVACIONES											



Informante N°		300. ESTIMACIÓN DE INGRESOS MENSUALES DEL HOGAR				
Fuente de ingreso		¿Obtiene el hogar ingresos por estas fuentes?				
		301. ¿Es aplicable para este hogar? 1. Si 2. No	302. Ingreso bruto mensual	303. Los ingresos por esta fuente están relacionados con la disponibilidad de electricidad en el hogar 1. Si 2. No	304. Los ingresos por esta fuente están relacionados con la disponibilidad de electricidad en el área fuera del hogar 1. Si 2. No Pase a la siguiente fuente de ingresos	305. Relación de la fuente de ingreso con la electricidad: 1. Es nueva para el hogar y surgió a partir de la conexión con la electricidad 2. No es nueva, pero mejoró con la electricidad 3. Otros
1.	Agricultura					
2.	Trabajo asalariado: agricultura					
3.	Trabajo asalariado: no agrícola					
4.	Ganadería					
5.	Aves de corral					
6.	Árboles / viveros					
7.	Alquileres					
8.	Frutas y vegetales					
9.	Piscicultura					
10.	Venta de agua					
11.	Negocios/tiendas					
12.	Alquiler de implementos agrícolas					
13.	Empleo asalariado					
14.	Transporte					
15.	Fabricación de artículos					
16.	Industrias					
17.	Remesas					
18.	Pensiones					
19.	Otros (¿cuál?)					



400 USO / CONSUMO DE FUENTES DE ENERGÍA

401.- ¿En el último mes ha usado GLP (gas de balón) en su hogar?

1. Sí 2. No (Pase a la 414)

402.- ¿El balón que compra, de cuántos kilogramos es?

- de 10 kg, ¿cuántos días le dura?: _____
¿Cuánto pagó por el balón? _____
- de 5 kg, ¿cuántos días le dura?: _____
¿Cuánto pagó por el balón? _____
- otros _____ kg, ¿cuántos días le dura? _____
¿Cuánto pagó por el balón? _____

403.- ¿Cómo compra el GLP?

- En un establecimiento de venta de balones de GLP (Pase a la 405)
- En una tienda (Pase a la 405)
- Camionetas repartidoras (Pase a la 404)

404.- ¿Con qué frecuencia la camioneta repartidora pasa por su localidad?

- Diaria
- Semanal
- Quincenal
- Mensual

405 ¿Utiliza el vale de descuento del FISE?

- Sí (Pase a la siguiente pregunta)
- No (Pase a la 408)

406 ¿Dónde hace el canje del vale?

- En un establecimiento cercano a su localidad
- En un establecimiento distinto de su localidad, capital de distrito
- En un establecimiento distinto de su localidad, capital de la provincia

407. ¿Cuánto gasta en trasladarse hacia el establecimiento de canje?

408.- Uso de GLP para iluminación

Tipo	Cantidad	Días/Bal.
A. Lámpara a gas		
B. Otros:		

409.- Uso de GLP para cocción de alimentos

Tipo	Cantidad	Días/Bal.
A. Cocina		
B. Otros:		

410.- Calefacción

Tipo	Cantidad	Días/Bal.
A. Estufas		
B. Otros:		

411.- Uso de GLP para calentamiento de agua, con fines de aseo

Tipo	Cantidad	Días/Bal.
A. Terma		
B. Cocina		
Otros:		

412.- Otros usos del GLP

Tipo	Cantidad	Días/Bal.

413.- Costo del GLP (llenado por supervisor):

Costo en \$/.	Unidades
A.	10 kg
B.	5 kg

Observaciones: _____

414.- ¿Usa leña? 1. Sí 2. No (Pase a la 424)

415.- Adquisición periódica de la leña:

	1. ¿Cuánto de leña usa?					2. ¿Cuánto tiempo le dura?		
A. Comprada	kg	A	R	O		D	S	M
B. Recolectada	kg	A	R	O		D	S	M
C. Otra	kg	A	R	O		D	S	M

D: días; S: semanas; M: meses; kg: kilogramos;
A: atados R: rajas; O: otros

416.- La recolección de leña requiere _____ horas hombre.

417.- ¿Con qué frecuencia?

1. Diaria 2. Semanal 3. Quincenal 4. Otra _____

418.- Uso de leña para cocción de alimentos

418. A ¿Cuánta leña usa?
kg A R O
418. B ¿Cuánto tiempo le dura?
kg A R O
418. C Frecuencia de uso
D/S D/M

D: días; S: semanas; M: meses; kg: kilogramos; A: atados;
R: rajas; O: otros; D/S: días por semana; D/M: días por mes



419.- La cocina a leña es:

1. Tradicional
2. Mejorada

420.- ¿Hace cuánto tiempo la tiene? _____

421.- Uso de leña para calentamiento de agua, con fines de aseo.

421 A. ¿Cuánta leña usa?				
kg	A	R	O	
421 B. ¿Cuánto tiempo le dura?				
kg	A	R	O	
421 C. Frecuencia de uso				
D/S		D/M		

D: días; S: semanas; M: meses; kg: kilogramos; A: atados; R: rajas; O: otros; D/S: días por semana; D/M: días por mes

422.- Otros usos:

A. ¿Cuánta leña usa?				
kg	A	R	O	
B. ¿Cuánto tiempo le dura?				
kg	A	R	O	
C. Frecuencia de uso				
D/S		D/M		

D: días; S: semanas; M: meses; kg: kilogramos; A: atados; R: rajas; O: otros; D/S: días por semana; D/M: días por mes

423.- Costo de la leña (llenado por supervisor)

Costo en \$/	Unidades

Observaciones: _____

424.- ¿Usa carbón vegetal?

1. Sí 2. No (Pase a la 433)

425.- ¿Cuánto carbón compra?

A. Cantidad comprada			B. Tiempo que le dura		
kg	O		D	S	M

D: días; S: semanas; M: meses; kg: kilogramos; O: otros

426.- En caso de recolectar carbón vegetal, la recolección, requiere _____ horas hombre.
 (sí no recolecta, pase a la 428)

427.- ¿Con qué frecuencia?

1. Día 2. Semana 3. Quincena 4. Otro _____

428.- Uso de carbón vegetal en cocción de alimentos

A. ¿Cuánto carbón usa?		
kg	O	
B. ¿Cuánto tiempo le dura?		
D	S	M
C. Frecuencia de uso		
D/S		D/M

D: días; S: semanas; M: meses; kg: kilogramos; O: otros; D/S: días por semana; D/M: días por mes

429.- La cocina a carbón es:

1. Tradicional
2. Mejorada

430.- ¿Hace cuánto tiempo la tiene? _____

431.- Uso de carbón vegetal en calentamiento de agua, con fines de aseo

A. ¿Cuánto carbón usa?		
kg	O	
B. ¿Cuánto tiempo le dura?		
D	S	M
C. Frecuencia de uso		
D/S		D/M

D: días; S: semanas; M: meses; kg: kilogramos; O: otros; D/S: días por semana; D/M: días por mes

432.- Costo del carbón vegetal (llenado por el supervisor)

Costo en \$/	Unidades

Observaciones: _____

433.- ¿Usa carbón mineral?

1. Sí 2. No (Pase a la 405)

434.- ¿Cuánto carbón compra?

Cantidad comprada			Tiempo que le dura		
kg	O		D	S	M

D: días; S: semanas; M: meses; kg: kilogramos; O: otros

435.- En caso de recolectar carbón vegetal, la recolección requiere _____ horas hombre. (Si no aplica, pase a la siguiente)

436.- ¿Con qué frecuencia?

1. Día 2. Semana 3. Quincena 4. Otro _____



437.- Uso de carbón mineral en cocción de alimentos

A. ¿Cuánto carbón usa?			
	kg	O	
B. ¿Cuánto tiempo le dura?			
	D	S	M
C. Frecuencia de uso			
	D/S	D/M	

D: días; S: semanas; M: meses; kg: kilogramos;
O: otros; D/S: días por semana; D/M: días por mes

438.- La cocina a carbón es:

1. Tradicional
2. Mejorada

439.- ¿Hace cuánto tiempo la tiene? _____

440.- Uso de carbón mineral en calentamiento de agua, con fines de aseo

A. ¿Cuánto carbón usa?			
	kg	O	
B. ¿Cuánto tiempo le dura?			
	D	S	M
C. Frecuencia de uso			
	D/S	D/M	

D: días; S: semanas; M: meses; kg: kilogramos;
O: otros; D/S: días por semana; D/M: días por mes

441.- Costo del carbón vegetal (llenado por el supervisor)

Costo en \$/.	Unidades

Observaciones: _____

442.- ¿En el último mes utilizó panel solar en el hogar?

1. Sí 2. No Pase a la 452

Uso de panel solar en iluminación

¿Usa en su hogar alguna de las siguientes lámparas de luz, con sistema solar térmico?	A 1. Sí 2. No	B ¿Cuántos?	C. Total de horas y minutos utilizados en un día (24 horas)	
			H	M
443. Focos de 50 vatios o menos				
444. Focos de 100 vatios				
445. Tubos fluorescentes				
446. Focos ahorradores				
447. Otro:				

448.- Uso de panel solar en aparatos eléctricos

Usa su hogar los siguientes equipos eléctricos	Total de horas y minutos utilizados en un día (24 horas)	
	H	M
A. Radio		
B. TV		
C. Refrigeradora		
D. Otro ¿Cuál?		

449.- ¿En el último mes utilizó terma solar para calentamiento de agua, con fines de aseo?

A. Cantidad de veces	B. Frecuencia 1. Diario 2. Mensual	C. Capacidad de almacenamiento	
		L	G

L: litros; G: galones

450.- Costo de implementación _____ nuevos soles

451.- Año de instalación _____

Observaciones: _____

452.- Uso de velas. ¿En el último mes utilizó velas en el hogar?

1. Sí 2. No Pase a la 458

453.- Cantidad de velas utilizadas en el último mes _____

454.- Precio de cada vela: \$/. _____

455.- Gasto promedio mensual en velas \$/. _____

456.- Suma de todas las horas para velas utilizadas en las últimas 24 horas: _____

457.- Su hogar utiliza las velas para los siguientes propósitos: (Puede marcar más de una respuesta)

1. Uso general en el hogar
2. Uso en el negocio (en el hogar)
3. Otro

458.- Uso de pilas. ¿En el último mes utilizó pilas en el hogar?

1. Sí 2. No Pase a la 461

459.- ¿Qué tipo de pilas

Tipo de pila	Cantidad de pilas	Precio de cada pila (\$/.)	Gasto total en pilas (\$/.)
A. Muy pequeña AAA			
B. Pequeña AA			
C. Mediana			
D. Grandes			

460.- ¿Utilizan el hogar pilas para los siguientes propósitos?

Aparato	Tiempo de uso	
	Horas	Minutos
A. Radio		
B. Reloj		
C. linterna		
D. Otros		



461.- Uso de baterías de auto. En el mes pasado, ¿utilizó su hogar una batería de auto para proveerse de electricidad?

1. Sí 2. No. Pase a la pregunta 464

462.- Uso de baterías

Cantidad de baterías	Voltaje (6 V, 8 V, 12 V, 24 V, otro)	¿Cuánto tiempo duró? (estimar en días de uso)	Costo de batería	¿Cuánto gastó en la 1ª vez de recargo de la batería?	Gasto promedio mensual en recargar la batería	Costo de transporte (ida y vuelta) para recargar la batería

463.- ¿Qué artefactos o para qué fines utiliza más esta batería? Enumerar en orden de importancia o mayor uso.

- 1.- Iluminación ()
- 2.- Cocina ()
- 3.- Aparatos eléctricos ()
- A. ¿Cuál? _____ B. ¿Cuánto tiempo dura?
- 4.- Otros _____ () c. _____

464.- ¿Usa bosta? 1. Sí 2.No (Pasa a la 473)

465.- Adquisición periódica de la bosta:

A. ¿Cuánta bosta usa?					
	kg	A	R	O	
B. ¿Cuánto tiempo le dura?					
	D	S	M		

D: días; S: semanas; M: meses; kg: kilogramos; A: atados; R: rajas; O: otros

466.- En caso de recolectar bosta, la recolección, requiere _____ horas hombre (Si no recolecta, pase a la 468)

467.- ¿Con qué frecuencia?

1. Día 2. Semana 3. Quincena 4. Otro _____

468.- Uso de bosta en cocción de alimentos

A. ¿Cuánto de bosta usa?					
	kg	A	R	O	
B. ¿Cuánto tiempo le dura?					
	kg	A	R	O	
C. Frecuencia de uso					
	D/S	D/M			

D: días; S: semanas; M: meses; kg: kilogramos; O: otros; D/S: días por semanasemana; D/M: días por mes

469.- La cocina a bosta es:

1. Tradicional
2. Mejorada

470.- ¿Hace cuánto tiempo la tiene? _____

471.- Uso de bosta en calentamiento de agua, con fines de aseo.

A. ¿Cuánto de bosta usa?					
	kg	A	R	O	
B. ¿Cuánto tiempo le dura?					
	kg	A	R	O	
C. Frecuencia de uso					
	D/S	D/M			

D: días; S: semanas; M: meses; kg: kilogramos; O: otros; D/S: días por semana; D/M: días por mes

472.- Costo de la bosta (llenado por el supervisor)

Costo en \$/.	Unidades

473.- Uso de generador de electricidad. En el mes pasado, ¿utilizó su hogar un generador de electricidad? 1. Sí 2. No (Pase a la 483)

474.- Uso de generador eléctrico en iluminación

¿Usa en su hogar alguna de las siguientes lámparas de luz, con sistema solar térmico?	A 1. Sí 2. No	B ¿Cuántos?	C. Total de horas y minutos utilizados en un día (24 horas)	
			H	M
475. Focos de 50 vatios o menos				
476. Focos de 100 vatios				
477. Tubos fluorescentes				
478. Focos ahorradores				
479. Otro:				

480.- Uso de generador de electricidad en aparatos eléctricos

Usa su hogar los siguientes equipos eléctricos	Total de horas y minutos utilizados en un día (24 horas)	
	H	M
A. Radio		
B. TV		
C. Refrigeradora		
D. Otro ¿Cuál?		

481.- El generador de electricidad que utilizó es:

1. Propio, costo total (incluyendo todos sus componentes) \$/. _____ A. ¿Cuándo lo compró? _____
2. Alquilado, renta mensual \$/. _____
3. Prestado por otro hogar, empresa o comunidad

482.- ¿Qué tipo de combustible usa el generador eléctrico?

	Cantidad		Precio	Frecuencia de compra
	Cantidad	Unidad 1. Litro 2. Galón		
A. Diésel				1. Día 2. Semana 3. Mes
B. Gasolina				



483.- Otros. ¿Otra fuente de energía en el hogar?

Fuente energética	Uso	Cant.	Unid.	¿Cuánto tiempo le dura?			Frecuencia de uso	
				D	S	M	D/s	D/M

484.- ¿Dónde compra o consigue esa fuente de energía?

485.- ¿Cuánto le cuesta dicha fuente energía?

S/: _____

Observaciones:

500. ENERGÍA ELÉCTRICA UTILIZADA
(para hogares con conexión/conectados)

501.- N° de suministro / medidor _____

502.- Opción tarifaria: _____

503.- Consumo mensual: S/. _____

504.- ¿Cuántos hogares están conectados al mismo medidor? _____

505.- Normalmente, ¿cuántas horas por día cuenta con electricidad en su hogar? _____

506.- Normalmente, ¿cuántos días por mes cuenta con electricidad en su hogar? _____

507.- Durante los últimos 12 meses, ¿cuántos meses ha contado con el servicio de electricidad en su hogar?

508.- ¿A quién le paga su hogar por el servicio de electricidad que recibe?

1. Directamente a la compañía proveedora del servicio
2. Pago al vecino o familiar
3. La electricidad está incluida en la renta
4. Otros. ¿Cuál?
5. No paga

509.- Según la tarifa contratada, ¿cuál es el precio por kWh usado (cantidad de unidades mostrada en el recibo) S/_____ por mes

510.- Si el hogar paga directamente a la compañía distribuidora, solicitar ver las últimas tres boletas o recibos:

	Fecha de la última lectura			kWh consumo	Costo S/.
	Día	Mes	Año		
A. Recibo 1					
B. Recibo 2					
C. Recibo 3					

511.- Si la persona no puede mostrar el último recibo de luz, preguntar: ¿cuál es el pago promedio por un mes (30 días) por el servicio de electricidad?

- A. Incluye pago por instalación: S/. _____
- B. No incluye pago por instalación: S/. _____

512.- En caso de falla del servicio, ¿qué reemplazo utiliza?

1. Velas
2. Querosene
3. Petromax
4. Lámpara de gas
5. Batería de auto/moto
6. Generador
7. Otro: _____

Usos de la energía eléctrica:

513.- Iluminación

Tipo de lámpara	Cant.	Uso diario		Frecuencia	
A. Incandescente (25 W)		M	H	D/S	D/M
B. Incandescente (50 W)		M	H	D/S	D/M
C. Incandescente (75 W)		M	H	D/S	D/M
D. Incandescente (100 W)		M	H	D/S	D/M
E. Fluorescente (20 W)		M	H	D/S	D/M
G. Fluorescente (36 W)		M	H	D/S	D/M
H. Fluorescente (40 W)		M	H	D/S	D/M
I. Ahorradores		M	H	D/S	D/M
J. Otros		M	H	D/S	D/M
		M	H	D/S	D/M
		M	H	D/S	D/M

514.- Cocción de alimentos

Tipo	Cant.	Uso diario		Frecuencia	
A. Cocina 2 hornillas		M	H	D/S	D/M
B. Cocina 4 hornillas		M	H	D/S	D/M
C. Cocina 1 hornilla		M	H	D/S	D/M
D. Olla arrocera		M	H	D/S	D/M
F. Hervidor		M	H	D/S	D/M
G. Otros		M	H	D/S	D/M
		M	H	D/S	D/M

515.- Ventilación

Tipo	Cant.	Uso diario		Frecuencia	
A. Ventiladores		Min	Hrs	D/S	D/M
B. Otros		Min	Hrs	D/S	D/M



516.- Calefacción

Tipo	Cant.	Uso diario		Frecuencia	
		Min	Hrs	D/S	D/M
Estufas					
Otros		Min	Hrs	D/S	D/M

517.- Bombeo de agua

Tipo	Cant.	Uso diario		Frecuencia	
		Min	Hrs	D/S	D/M
Electrobomba					
Otros		Min	Hrs	D/S	D/M

518.- Refrigeración de alimentos

Tipo	Cant.	Uso diario		Frecuencia	
		Min	Hrs	D/S	D/M
Congeladora mediana					
Congeladora grande					
Refrigeradora peq.					
Refrigeradora med.					
Refrigeradora gran					
Exhibidores grandes					
Exhibidores pequeños					
Otros		Min	Hrs	D/S	D/M

519.- Calentamiento del agua

Tipo	Cant.	Uso diario		Frecuencia	
		Min	Hrs	D/S	D/M
Terma eléctrica 20 l					
Terma eléctrica 50 l					
Terma eléctrica 80 l					
Ducha eléctrica					
Otros		Min	Hrs	D/S	D/M

520.- Otros electrodomésticos

Tipo	Cant.	Uso diario		Frecuencia	
		Min	Hrs	D/S	D/M
TV color					
TV blanco y negro					
Equipo de sonido					
Minicomponente					
Radio					
Computadora					
DVD					
Lavadora					
Plancha					
Licuadaora					
Otros					

600. PERCEPCIÓN SOBRE LA ELECTRICIDAD (HOGARES SIN CONEXIÓN A RED ELÉCTRICA)

601.- Estado de conexión del hogar

- Hogar conectado a red eléctrica (Pase a la pregunta 700)
- No conectado a red eléctrica.

602. ¿Su centro poblado tiene electricidad?

- Si
- No **Pase a la pregunta 604**

603. ¿Por qué no hay electricidad en su hogar? (múltiples respuestas posibles) No leer las respuestas.

- El hogar no forma/no formó parte de un Plan de Electrificación Rural
- Desconozco sobre Plan de Electrificación Rural
- Se ha pagado, pero aún no conectado
- El cableado está terminado, pero aún no conectado
- Se ha pagado una cuota de inscripción hace mucho tiempo, pero aún no conectado
- Falta de cooperación/acuerdo entre los vecinos
- Insolvencia financiera para el pago de equipos eléctricos
- Posibles problemas para conectarse
- Me genera molestias el pago regular de factura
- No estoy dispuesto a utilizar la electricidad
- No hay necesidad
- Otros _____ (especificar)

604.- ¿Ud. desea contar con electricidad?

- Si
- No **Pase a la pregunta 701**

605.- ¿Por qué desea contar con electricidad?

(Puede marcar más de una alternativa). No leer las respuestas.

- Para aumentar la producción agrícola mediante el riego
- Avicultura
- Para refrigerar mis productos o alimentos y mejorar los negocios
- Para que mis clientes se entretengan
- Mejorar conocimientos a través de radio y/o TV
- Comodidad
- Luz para horas adicionales de educación para niños
- Más seguridad
- Calidad de ocio / más recreación
- Otros (especificar) _____

606.- ¿Usted sabe cuánto dinero se requiere para obtener una conexión de electricidad?

- Si
- No **Pase a la 608**

607.- ¿Cuánto dinero?

- Un único pago: S/. _____ [membrecía, materiales, etc.]
- Pago mensual, aproximado: S/. _____

608.- ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por mes por electricidad?

- S/. _____

**700. GASTOS DEL HOGAR**

Ahora nos gustaría preguntarle acerca del gasto de su hogar en el último año. Voy a leer los artículos y, a continuación, para los artículos aplicables, usted me proporcionará cifras aproximadas (por favor consultar con otros miembros de su familia, si es necesario).

Rubros	Monto	Frecuencia
		1. Diaria 2. Semanal 3. Quincenal 4. Mensual 5. Anual 6. Otra [especificar]
701 Alimentación		
702 Transporte		
703 Vivienda (alquiler, hipoteca, letra)		
704 Salud		
705 Educación (pensión colegio, universidad, academia, etc.)		
706 Ropa y vestido		
707 A. Servicios del hogar: luz		
707 B. Servicios del hogar: agua		
707 C. Servicios del hogar: teléfono		
708 Diversión y entretenimiento		
709 Otro 1. ¿Cuál?		
710 Otro 2. ¿Cuál?		

800. USO DEL TIEMPO

Actividad	Padre (...horas)	Madre (...horas)	Hijo en edad escolar 1 (...horas)	Hijo en edad escolar 2 (...horas)
801. Dormir (de un día para otro)				
802. Preparación de alimentos				
803. Estudiar / leer en época escolar				
804. Ver televisión				
805. Oír radio				
806. Trabajar				
807. Resto de actividades				



Código de persona informante	
------------------------------	--

900. GASTOS DEL HOGAR

Preguntas por realizar de preferencia al ama de casa, si estuviera. Si no lo está, al jefe de hogar.

ESTADO GENERAL

901. Usted en estos momentos se encuentra... 1. Sano 2. Enfermo

TOS

902. ¿Usualmente tose usted? (Excluir aclaramiento de la garganta) 1. Sí 2. No (Pase a 905)

903. ¿Ha tenido tos por 3 meses consecutivos o más durante el año? 1. Sí 2. No

904. ¿Desde hace cuántos años tiene esa tos? _____ años

OTRAS PREGUNTAS

905. ¿Tiene visión nublada o borrosa? 1. Sí 2. No

906. ¿Tiene o ha tenido ojo rojo? 1. Sí 2. No

907. ¿Le «pican» o le han picado los ojos como para frotarse constantemente? 1. Sí 2. No

908. ¿Tiene o ha tenido mucha lagaña durante el día? 1. Sí 2. No

HOSPITALIZACIÓN

909. Durante el 2012, ¿acudió usted a un centro de salud por enfermedad? 1. Sí 2. No

910. ¿Cuántas veces acudió al centro de salud durante el 2012? _____

911. ¿Necesitó ser hospitalizado? 1. Sí (Pase a la siguiente) 2. No (Fin de la encuesta)

912. ¿Por qué motivo lo hospitalizaron? (Puede marcar más de una alternativa)

A. Neumonía:

B. Deshidratación:

C. Diarrea aguda:

D. Asma bronquial:

E. Accidente:

F. Parto:

G. Alergias a medicamentos:

H. Infección urinaria:

I. Tuberculosis:

J. Hipertensión:

K. Diabetes:

L. Otros (especificar) _____

Anexo 10: Detalle de preguntas y beneficios por ser estimados según preguntas de la encuesta

Objetivo	Beneficio		Preguntas especializadas de la encuesta	Descripción
	Directo	Indirecto		
1	Iluminación	Educación	<p>Módulo 300: Costumbres / Hábitos del hogar</p> <p>Módulo 500: Uso / Consumo de Fuentes de Energía</p> <p>Módulo 700: Percepción sobre la electricidad</p> <p>Módulo 800: Gastos del hogar</p>	<p>La metodología por utilizar será la de estimación de la demanda o de excedente del consumidor. Para lo cual se asumirá una función de demanda (ya sea lineal y/o no exponencial). Para ello es necesario tener «dos puntos de paso». El primero, que refleje el consumo de energía (mediante una fuente distinta de la electricidad) y el precio asociado a dicho consumo; y el segundo, el consumo de energía con electricidad y el precio asociado a este consumo.</p> <p>Las preguntas específicas señaladas permitirán la aproximación de los puntos de paso mencionados (Choynowski 2003; Nera 1999; IEG 2008).</p>
2	Radio y TV		<p>305.- La fuente de iluminación del hogar es:</p> <p>501.1.- Iluminación a base de GLP</p> <p>505.1.- Iluminación a base de panel solar</p> <p>506.- Iluminación a base de velas</p> <p>507.1.- Iluminación a base de pilas</p> <p>508.2.- Iluminación a base de baterías de auto</p> <p>510.1.- Iluminación a base de generador de electricidad</p> <p>511.- Iluminación a base de otras fuentes</p> <p>604.1.- Iluminación a base de electricidad</p> <p>708.- Disposición a pagar al mes por la electricidad</p> <p>801.7.- Gasto en luz</p> <p>307.- En su hogar cuenta con los siguientes aparatos</p> <p>505.2.- Radio y TV por panel solar</p> <p>507.- Radio y TV a través de pilas</p> <p>508.- Radio y TV a través de batería de auto</p> <p>510.2.- Radio y TV por generador de electricidad</p> <p>604.6.- Refrigeración a base de electricidad</p>	<p>La metodología por utilizar será la estimación de «costos evitables» de los usuarios cuando utilizan alternativas a fuente de energía eléctrica.</p> <p>Las preguntas específicas señaladas permitirán aproximar los cálculos. (Bravo 2001; Nera 1999; Meier 2003; IEG 2008).</p>
3	Refrigeración		<p>307.- En su hogar cuenta con los siguientes aparatos</p> <p>510.2.- Refrigeración a base de generador de electricidad</p> <p>604.6.- Refrigeración a base de electricidad</p> <p>Módulo 300: Costumbres / Hábitos del hogar</p> <p>Módulo 500: Uso / Consumo de Fuentes de Energía</p> <p>Módulo 600: Energía eléctrica del hogar</p>	<p>La metodología por utilizar será la estimación de «costos evitables».</p> <p>Las preguntas específicas señaladas permitirán aproximar los cálculos. (Bravo 2001; Nera 1999; Meier 2003; IEG 2008).</p>



Objetivo	Beneficio		Preguntas especializadas de la encuesta	Descripción
	Directo	Indirecto		
4		Educación	208.- Rango de ingresos mensuales de actividad primaria 210.- Rango de ingresos mensuales de actividad secundaria 402.- Ingreso bruto mensual 403.- Ingresos relacionados con electricidad dentro del hogar 404.- Ingresos relacionados con electricidad fuera del hogar 405.- Relación (nueva-mejor) de la fuente de ingresos con conexión a electricidad 801.1 a 801.10 - Gastos por rubros (alimentación, transporte, vivienda, salud, etc.)	La respuesta a las preguntas específicas permitirán generar los siguientes indicadores: (a) Ingreso per cápita del centro poblado; (b) porcentaje de la población debajo de línea de pobreza; (c) generación/mejora de ingresos; tanto para hogares con conexión como para hogares sin conexión y poder realizar una comparación entre ellos (Bensch <i>et al.</i> 2010; IEG 2008; Khander <i>et al.</i> 2008, 2009 y 2012; Kumar y Rauniyar 2011; Peters 2009; Peters y Vance 2010).
	Ingresos		205.- Nivel de instrucción por cada miembro del hogar 205.1.- ¿Sabe leer y escribir? 903.- Tiempo destinado a estudiar/leer 904.- Tiempo destinado a ver TV 905.- Tiempo destinado a oír radio	Las respuestas a las preguntas específicas permitirán generar los siguientes indicadores: (a) nivel de estudios; (b) tiempo destinado a la lectural al estudio; (c) uso de radio y televisión; (d) nivel de analfabetismo; tanto para hogares con conexión como para hogares sin conexión y poder realizar una comparación entre ellos (Bensch <i>et al.</i> 2010; IEG 2008; Khander <i>et al.</i> 2008, 2009 y 2012; Kumar y Rauniyar 2011; Peters 2009; Peters y Vance 2010).
5		Educación	102.- Infraestructura básica 301.- Cocción de alimentos 302 a 304.- Recolección de leña, bosta, carbón 306.- Fuente de calefacción 801.4.- Gasto en salud 1000.1 a 1000.12.- Estado general de salud	Las respuestas a las preguntas específicas permitirán generar los siguientes indicadores: (a) prevalencia de contaminación de aire en el hogar (polución intradomiciliaria); (b) estado de salud (número de visitas al médico); (c) gastos en salud; tanto para hogares con conexión como para hogares sin conexión y poder realizar una comparación entre ellos (Bensch <i>et al.</i> 2010; IEG 2008; Khander <i>et al.</i> 2008, 2009 y 2012; Kumar y Rauniyar 2011; Peters 2009; Peters y Vance 2010).
		Salud		

Nota: en particular, aquellas preguntas de los módulos 100 y 200, se constituyen en variables de control; es decir, variables que permiten homogeneizar subgrupos de tipos de hogares según características (físicas del hogar, por ejemplo) de las unidades de observación. Asimismo, en conjunto, todas las preguntas permitirán establecer las características iniciales de los hogares sin conexión y su comparación con los hogares con conexión para que el IMEM cuente con una línea de base 2013, que le permita en el futuro hacer evaluaciones de impacto *ex post*.



Anexo 11

Informe de ejecución de encuestas

I. Ficha técnica de la encuesta de hogares rurales sobre el uso de energía

1. Objetivos

Calcular los beneficios económicos de la electrificación en los hogares rurales del Perú.

2. Cobertura

La encuesta tiene carácter nacional y se ejecutó en centros poblados electrificados y en centros poblados no electrificados de 100 viviendas a menos, en los siguientes departamentos y provincias del Perú.

Región natural	Costa	Sierra	Selva
Provincia (Departamento)	<ul style="list-style-type: none">• Sullana (Piura)• Pisco (Ica)• Caravelí (Arequipa)	<ul style="list-style-type: none">• San Marcos y San Miguel (Cajamarca)• Yarowilca y Huamalíes (Huánuco)• Tayacaja (Huancavelica)• Abancay (Apurímac)• Paucartambo (Cusco)• Huancané (Puno)	<ul style="list-style-type: none">• Rioja (San Martín)• Mariscal Ramón Castilla (Loreto)• Satipo (Junín)• Oxapampa (Pasco)• Padre Abad y Yarinacocha (Ucayali)

La información de los centros poblados fue proporcionada por el Ministerio de Energía y Minas.



3. Período de ejecución prevista

Del día lunes 4 de febrero al sábado 2 de marzo de 2013.

4. Temas investigados

- Características del hogar (Módulo 100)
 - Conexión de la vivienda
 - Propiedad del hogar familiar
 - Acceso a servicios básicos
 - Material de piso, techo y paredes
- Características de los miembros del hogar (Módulo 200)
 - Relación de parentesco
 - Edad
 - Sexo
 - Alfabetismo
 - Situación laboral
 - Ingreso y rama a la que se dedica la persona en actividad principal y secundaria
- Estimación de ingresos mensuales del hogar (Módulo 300)
 - Fuente de ingresos
 - Relación de la fuente de ingresos con el acceso a la electricidad
- Uso y consumo de fuentes de energía (Módulo 400)
 - Uso y consumo de GLP
 - Uso y consumo leña
 - Uso y consumo de carbón mineral
 - Uso y consumo de carbón vegetal
 - Uso y consumo de energía por panel solar
 - Uso y consumo de velas
 - Uso y consumo de pilas
 - Uso y consumo de baterías
 - Uso y consumo de bosta
 - Uso y consumo energía por generador de electricidad



- Energía eléctrica utilizada (Módulo 500)
 - Consumo mensual y de los últimos meses registrados en los recibos
 - Uso de la energía eléctrica en iluminación
 - Uso de la energía eléctrica en cocción de alimentos
 - Uso de la energía eléctrica en ventilación
 - Uso de la energía eléctrica en calefacción
 - Uso de la energía eléctrica en bombeo de agua
 - Uso de la energía eléctrica en refrigeración de alimentos
 - Uso de la energía eléctrica en calentamiento de agua
 - Uso de la energía eléctrica en electrodomésticos

- Percepción sobre la electricidad para hogares sin conexión a la red eléctrica (Módulo 600)
 - Razones de no conexión
 - Disposición a conectar el hogar familiar a la red eléctrica
 - Disposición de pago por la electricidad

- Gastos del hogar (Módulo 700)
 - Gastos por alimentación, transporte, vivienda, salud, educación. Ropa y vestido, servicios del hogar, diversión y entretenimiento y otros.

- Uso del tiempo (Módulo 800)
 - Uso del tiempo del padre, la madre e hijos en edad escolar para dormir, preparar alimentos, estudiar y leer, ver televisión, oír radio, trabajar y otras actividades.

- Salud (Módulo 900)
 - Estado general de la salud y percepción
 - Presencia de tos
 - Problemas de visión y problemas visuales
 - Hospitalización y sus causas

5. Período de referencia

- Características del hogar (Módulo 100)
 - Mismo día de la entrevista



- Características de los miembros del hogar (Módulo 200)
Mismo día de la entrevista
- Estimación de ingresos mensuales del hogar (Módulo 300)
Últimos 30 días de realizada la entrevista
- Uso y consumo de fuentes de energía (Módulo 400)
Últimos 30 días de realizada la entrevista
- Energía eléctrica utilizada (Módulo 500)
Últimos 3 meses de realizada la entrevista
- Percepción sobre la electricidad para hogares sin conexión a la red eléctrica (Módulo 600)
Mismo día de la entrevista
- Gastos del hogar (Módulo 700)
Últimos 12 meses de realizada la entrevista
- Uso del tiempo (Módulo 800)
Últimos 30 días de realizada la entrevista
- Salud (Módulo 900)
Últimos 12 meses de realizada la entrevista

6. Población objetivo

Viviendas particulares y sus ocupantes, ubicadas en los centros poblados de zonas rurales, electrificados y no electrificados, de los 14 departamentos y provincias en donde se realizó la encuesta.

7. Diseño y marco muestral

Marco muestral:

El marco muestral para la selección de la muestra fue la relación de centros poblados en zonas rurales del Perú, con y sin electrificación. Esta fuente de información fue provista por el Ministerio de Energía y Minas.



La selección de los departamentos y las provincias fue realizada por el Ministerio de Energía y Minas sobre la base del ámbito de intervención del Programa de Electrificación Rural. Estas provincias y distritos se presentan en el siguiente cuadro.

Región / zona	Norte	Centro	Sur
Costa	Piura: Paita, Sullana, Talara y Sechura	Ica: Ica, Chincha, Palpa y Pisco	Arequipa: Caravelí
Sierra	Cajamarca: Cajabamba, Celendín, Cutervo, Chota, Contumazá, Hualgayoc, San Marcos, San Miguel, San Pablo y Santa Cruz	Huánuco: Dos de Mayo, Huacaybamba, Huamalíes, Pachitea, Lauricocha y Yarrowilca Huancavelica: Acobamba, Angaraes, Castrovirreyna, Churcampa, Huaytará y Tayacaja	Apurímac: Abancay, Andahuaylas, Antabamba, Aymaraes, Cotabambas y Grau Cusco: Acomayo, Anta, Calca, Canas, Canchis, Chumbivilcas, Espinar, Paruro, Paucartambo, Quispicanchis y Urubamba Puno: Azángaro, Carabaya, Chucuito, El Collao, Huancané, Lampa, Moho, San Román y Yunguyo
Selva	San Martín: Bellavista, El Dorado, Lamas, Mariscal Cáceres, Picota, Rioja Loreto: Alto Amazonas, Loreto, Mariscal Castilla, Ucayalí y Datem del Marañón	Pasco: Oxapampa Junín: Satipo	Ucayalí: Atalaya, Padre Abad y Purús

Fuente y elaboración: Ministerio de Energía y Minas.



Con esta base, la selección de las provincias en cada departamento se realizó de la siguiente manera:

- Se seleccionó aleatoriamente una de las provincias en cada departamento
- En los departamentos en donde solo hubo una provincia señalada, como Junín, Pasco y Arequipa, se seleccionó automáticamente esa única provincia. Algo similar ocurrió en los departamentos fronterizos, en donde se seleccionó automáticamente la provincia ubicada en la zona de frontera.
- En cada provincia se seleccionó aleatoriamente un distrito y luego se seleccionaron dos distritos colindantes. En las provincias de frontera se seleccionó automáticamente al distrito que se encontrara en zona de frontera.
- En cada distrito los centros poblados fueron seleccionados mediante un muestreo aleatorio simple

Tipo de muestra

La muestra es del tipo probabilística en tres etapas: a nivel de provincia, distrito y centro poblado.

El nivel de confianza de los resultados muestrales, es del 95% con un margen de error de 10%.

Tamaño de muestra

1.015 unidades de investigación.

Nivel de inferencia

Dentro del ámbito de intervención del Programa de Electrificación Rural.



- Por región natural: Costa, Sierra y Selva
- Nacional

8. Unidad de investigación

La unidad de investigación está constituida por los hogares cuyos miembros residen permanentemente en los centros poblados seleccionados.

9. Informantes

Jefes del hogar o cónyuges

10. Características de la encuesta

- **Método de entrevista**
Directa
- **Personal de campo**
33 personas en total: 26 encuestadores y 7 supervisores
- **Carga de trabajo estimada por día**
8 entrevistas por día

II. Informe de campo y procesamiento de información recolectada

1. El trabajo de campo para la encuesta ha sido realizado del día 4 de febrero al sábado 2 de marzo de 2013.
2. La distribución departamental de los 1.015 hogares entrevistados se muestra en el siguiente cuadro.



N°	Provincia	Fichas en hogares electrificados	Fichas en hogares no electrificados	Total
1	Apurímac	6	17	23
2	Arequipa	36	36	72
3	Cajamarca	26	99	125
4	Cusco	28	27	55
5	Huancavelica	17	18	35
6	Huánuco	24	40	64
7	Ica	15	18	33
8	Junín	33	48	81
9	Loreto	0	100	100
10	Pasco	17	10	27
11	Piura	76	94	170
12	Puno	21	75	96
13	San Martín	25	43	68
14	Ucayali	12	54	66
	Total	336	679	1.015

- Las 679 fichas en hogares no electrificados representan el 75,4% de las 900 fichas que conforman la muestra planificada. Con ello se cumple la meta establecida por el Ministerio de Energía y Minas.
- La distribución por región natural y por estado de conexión de los hogares es como se muestra a continuación:

Electrificación	Costa	Sierra	Selva	Total
Hogares electrificados	127	122	87	336
Hogares no electrificados	148	276	255	679
Total	275	398	342	1.015



Ocurrencias de campo

5. En general, ha existido dificultad en encontrar centros poblados sin conexión, aunque en menor medida en la región de la Selva.
6. Sin embargo, uno de los principales problemas ha sido de tipo climático, el cual ha retrasado el trabajo de campo en algunos departamentos como Puno, Huancavelica, Loreto y Huánuco.
7. Otro problema ha sido el hecho de que la encuesta se ha ejecutado en el período de las fiestas de carnaval. Esto dificultó la realización de la encuesta en tanto las personas no se encuentran en sus viviendas o no atienden al encuestador por encontrarse en las celebraciones. En este último caso, se decide no ejecutar la encuesta hasta que la fiesta haya concluido o hasta que la disposición de las personas sea la adecuada, con el propósito de no introducir errores no muestrales por este hecho.
8. En el caso específico de la región de la Selva, las grandes distancias tienen la complicación de la poca frecuencia de transporte.
9. En cuanto a la identificación de los centros poblados sin electrificación, hubo casos en los que se encontró que el centro poblado sí contaba con electricidad. Esto se encuentra indicado en el presente informe.

Digitalización de la información y procesamiento

6. La digitación de la información de los cuestionarios se realizó casi en simultáneo con la ejecución de la encuesta.
7. Las fichas de las encuestas que iban llegando de provincias, y que ya habían sido revisadas por el supervisor correspondiente, fueron revisadas nuevamente. Se procedió a la crítica de las mismas y a su digitación.



8. Una primera parte de la base de datos digitada fue entregada al CIUP para una primera revisión y un procesamiento inicial.
9. Con relación al procesamiento de la base de datos que se ha venido realizando en el *software* Stata, este se ha realizado en dos etapas. En la primera se ha trabajado con una primera base de datos, parcial, construida con las fichas recolectadas durante la primera semana de trabajo de campo. Con esta base se han construido los programas (Do Files) para procesar la base de datos final.
10. La base de datos final fue entregada al CIUP el día lunes 4 de marzo

Centros poblados que participaron en la encuesta

11. En el siguiente cuadro se presenta la información por departamento de los 96 centros poblados visitados, del estatus de electrificación del mismo, el número de fichas de la encuesta recolectadas en con conexión y sin conexión.
12. En la variable «estatus de conexión» se han considerado tres tipos: (i) centro poblado no electrificado, (ii) centro poblado electrificado y (iii) centro poblado electrificado pero que la lista brindada por el MEM indicaba que no lo estaba.

N°	Departamento	Provincia	Distrito	Centro poblado	Estatutos de conexión	Hogares con conexión	Hogares sin conexión	Total
1	Apurímac	Abancay	Abancay	Atunpata	Electrificado	6	0	6
2	Apurímac	Abancay	Abancay	Quisapata	No electrificado	0	16	16
3	Apurímac	Abancay	Abancay	Wiracochapata	No electrificado	0	1	1
4	Arequipa	Caravelí	Acarí	Lucasi	No electrificado	0	13	13
5	Arequipa	Caravelí	Acarí	Santa Teresa	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	6	0	6
6	Arequipa	Caravelí	Atico	Chorrillos	No electrificado	0	6	6
7	Arequipa	Caravelí	Bella Unión	San Isidro	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	13	7	20
8	Arequipa	Caravelí	Lomas	Costa Azul	Electrificado	2	4	3
9	Arequipa	Caravelí	Lomas	Santa Sarita	Electrificado	7	3	10
10	Arequipa	Caravelí	Yauca	Alto Tupac	Electrificado	4	1	5
11	Arequipa	Caravelí	Yauca	Yauca	Electrificado	4	2	6
12	Cajamarca	San Marcos	Ichocán	Illuca	No electrificado	0	18	18
13	Cajamarca	San Marcos	Ichocán	Llanupacha	No electrificado	0	1	1
14	Cajamarca	San Marcos	Ichocán	Paucamarca	No electrificado	0	6	6
15	Cajamarca	San Marcos	Ichocán	Paucamayo	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	5	8	13
16	Cajamarca	San Marcos	Ichocán	Poroprito	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	0	32	32
17	Cajamarca	San Marcos	Pedro Gálvez	Catagon	No electrificado	0	11	11
18	Cajamarca	San Marcos	Pedro Gálvez	Pomabamba	No electrificado	0	9	9
19	Cajamarca	San Marcos	Pedro Gálvez	Rancho Grande	No electrificado	0	10	10
20	Cajamarca	San Miguel	Catilluc	Catilluc	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	16	0	16



N°	Departamento	Provincia	Distrito	Centro poblado	Estatutos de conexión	Hogares con conexión	Hogares sin conexión	Total
21	Cajamarca	San Miguel	Catilluc	Catilluc Bajo	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	5	4	9
22	Cusco	Paucartambo	Caicay	Ccollataro	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	27	0	27
23	Cusco	Paucartambo	Paucartambo	Phuyucalla	No electrificado	1	27	28
24	Huancavelica	Tayacaja	Acraquia	Mucuro	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	4	2	6
25	Huancavelica	Tayacaja	Acraquia	Pamuri	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	6	3	9
26	Huancavelica	Tayacaja	Acraquia	San Cristóbal	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	2	3	5
27	Huancavelica	Tayacaja	Acraquia	Tutanya	No electrificado	0	7	7
28	Huancavelica	Tayacaja	Salcabamba	Caimo	Electrificado	3	1	4
29	Huancavelica	Tayacaja	Salcabamba	García Pampa	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	2	2	4
30	Huánuco	Huamaliés	Jacas Grande	Nuevas Flores	Electrificado	19	0	19
31	Huánuco	Huamaliés	Llata	Buena Vista	Electrificado	0	23	23
32	Huánuco	Huamaliés	Llata	Libertad	Electrificado	5	0	5
33	Huánuco	Huamaliés	Llata	Porvenir Ocshash	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	0	7	7
34	Huánuco	Huamaliés	Llata	Porvenir Sacuatuna	No electrificado	0	10	10
35	Ica	Chincha	Chincha Baja	Salinas	Electrificado	0	1	1
36	Ica	Chincha	Chincha Baja	Valencia	Electrificado	0	8	8
37	Ica	Chincha	Chincha Baja	Vilma León	Electrificado	7	2	9
38	Ica	Pisco	Independencia	Cabeza De Toro Lateral 6	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	8	1	9

N°	Departamento	Provincia	Distrito	Centro poblado	Estatutos de conexión	Hogares con conexión	Hogares sin conexión	Total
39	Ica	Pisco	Independencia	Nuevo Huánuco	No electrificado	0	6	6
40	Junín	Satipo	Mazamari	Los Angeles de Edén Alto	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	0	1	1
41	Junín	Satipo	Mazamari	Materiato	No electrificado	0	1	1
42	Junín	Satipo	Mazamari	Mirador de Cañete	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	0	9	9
43	Junín	Satipo	Mazamari	San Vicente de Cañete	No electrificado	0	24	24
44	Junín	Satipo	Río Negro	Bajo Huahuari	Electrificado	3	0	3
45	Junín	Satipo	Río Negro	Centro Hauhuari	Electrificado	15	0	15
46	Junín	Satipo	Río Negro	Santa Rosa de Panakíari	No electrificado	0	12	12
47	Junín	Satipo	Satipo	Alto Capiro	Electrificado	15	1	16
48	Loreto	M. Ramón Castilla	M. Ramón Castilla	Bufo Cocha	No electrificado	0	25	25
49	Loreto	M. Ramón Castilla	M. Ramón Castilla	Nueva Palestina	No electrificado	0	11	11
50	Loreto	M. Ramón Castilla	Yavari	Fujimori	No electrificado	0	16	16
51	Loreto	M. Ramón Castilla	Yavari	Rondinha Izona	No electrificado	0	18	18
52	Loreto	M. Ramón Castilla	Yavari	Santa Rosa	No electrificado	0	30	30
53	Pasco	Oxapampa	Oxapampa	Acuzazu	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	7	2	9
54	Pasco	Oxapampa	Oxapampa	El Abra	Electrificado	9	0	9
55	Pasco	Oxapampa	Oxapampa	Quillazu	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	1	8	9
56	Piura	Sullana	Lancones	Cortezo	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	4	8	12
57	Piura	Sullana	Lancones	Pampas Quemadas	No electrificado	0	15	15
58	Piura	Sullana	Lancones	Sausal	No electrificado	0	22	22



N°	Departamento	Provincia	Distrito	Centro poblado	Estatutos de conexión	Hogares con conexión	Hogares sin conexión	Total
59	Piura	Sullana	Sullana	Cieneguillo Norte	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	5	1	6
60	Piura	Sullana	Sullana	Las Lomas	Electrificado	33	3	36
61	Piura	Sullana	Sullana	Las Mercedes	No electrificado	0	33	33
62	Piura	Sullana	Sullana	San Juan de los Ranchos	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	4	0	4
63	Piura	Sullana	Sullana	Santa Rosa	Electrificado	28	4	32
64	Piura	Sullana	Sullana	Tres Puercas	No electrificado	2	8	10
65	Puno	Huancané	Cojata	Tomapiura	No electrificado	0	8	8
66	Puno	Huancané	Cojata	Villapampa	No electrificado	0	5	5
67	Puno	Huancané	Huancané	Bellapampa	No electrificado	0	4	4
68	Puno	Huancané	Huancané	Chacacruz	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	11	1	12
69	Puno	Huancané	Huancané	Milliraya	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	0	14	14
70	Puno	Huancané	Huancané	Taurauta	Electrificado	7	0	7
71	Puno	Huancané	Huatasani	Catarani	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	0	2	2
72	Puno	Huancané	Huatasani	Ccanco	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	1	3	4
73	Puno	Huancané	Huatasani	Curupampa	No electrificado	0	15	15
74	Puno	Huancané	Huatasani	Huatapata	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	2	6	8
75	Puno	Huancané	Huatasani	Llínquipata	No electrificado	0	2	2
76	Puno	Huancané	Huatasani	San Calvario Pongoni	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	0	2	2

N°	Departamento	Provincia	Distrito	Centro poblado	Estatutos de conexión	Hogares con conexión	Hogares sin conexión	Total
77	Puno	Huancané	Huatasani	Tintapata	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	0	13	13
78	San Martín	Rioja	Nueva Cajamarca	Angaiza	Electrificado	2	3	5
79	San Martín	Rioja	Nueva Cajamarca	La Primavera	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	0	20	20
80	San Martín	Rioja	Nueva Cajamarca	Palestina	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	9	1	10
81	San Martín	Rioja	Nueva Cajamarca	Vista Alegre	Electrificado	3	2	5
82	San Martín	Rioja	Pardo Miguel	El Afluyente	No electrificado	0	14	14
83	San Martín	Rioja	Pardo Miguel	San Juan Del Mayo	Electrificado	11	3	14
84	Ucayali	Coronel Portillo	Yarinacocha	11 De Agosto	Electrificado	0	2	2
85	Ucayali	Coronel Portillo	Yarinacocha	AA. HH. La Capiroana	No electrificado	0	4	4
86	Ucayali	Coronel Portillo	Yarinacocha	AA. HH. Monterrico	No electrificado	0	4	4
87	Ucayali	Coronel Portillo	Yarinacocha	José Olaya	Electrificado	0	4	4
88	Ucayali	Coronel Portillo	Yarinacocha	Las Damas de Milagro	No electrificado	0	1	1
89	Ucayali	Coronel Portillo	Yarinacocha	San Francisco	Electrificado	4	1	5
90	Ucayali	Coronel Portillo	Yarinacocha	San José	Electrificado	2	0	2
91	Ucayali	Coronel Portillo	Yarinacocha	San Juan	Electrificado	4	2	6
92	Ucayali	Coronel Portillo	Yarinacocha	San Lorenzo	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	0	2	2
93	Ucayali	Coronel Portillo	Yarinacocha	Santa Rosa	Electrificado pero la lista indicaba que era no electrificado	2	1	3
94	Ucayali	Padre Abad	Curimana	Arenal Grande	No electrificado	0	2	2
95	Ucayali	Padre Abad	Curimana	Arenaillo	No electrificado	0	12	12
96	Ucayali	Padre Abad	Curimana	Sol Naciente	No electrificado	0	19	19
Total						336	679	1.015



Anexo 12

Estadística descriptiva del módulo 900 de la Ehrue (2013) sobre el estado de salud del jefe de hogar (o del ama de casa)

Pregunta	Estado del hogar		Total	Estado del hogar (%)	
	No conectado	Conectado		No conectado	Conectado
En este momento, se encuentra:					
Sano	227	140	367	78,55	66,99
Enfermo	62	69	131	21,45	33,01
Total	289	209	498	100,00	100,00
¿Usualmente tose usted?					
Sí	55	32	87	19,37	15,31
No	229	177	406	80,63	84,69
Total	284	209	493	100,00	100,00
¿Tiene visión nublada o borrosa?					
Sí	117	84	201	40,77	40,19
No	170	125	295	59,23	59,81
Total	287	209	496	100,00	100,00
¿Tiene o ha tenido ojo rojo?					
Sí	108	69	177	37,50	33,66
No	180	136	316	62,50	66,34
Total	288	205	493	100,00	100,00
¿Le pican o le han picado los ojos como para frotarse constantemente?					
Sí	99	89	188	34,98	43,20
No	184	117	301	65,02	56,80
Total	283	206	489	100,00	100,00
¿Tiene o ha tenido mucha legaña durante el día?					
Sí	50	36	86	17,61	17,82
No	234	166	400	82,39	82,18
Total	284	202	486	100,00	100,00
¿Durante el 2012, acudió Ud. a un centro de salud por enfermedad?					
Sí	142	114	256	49,13	54,55
No	147	95	242	50,87	45,45
Total	289	209	498	100,00	100,00

Fuente: Ehrue (2013).

Elaboración: CIUP.



Documentos de trabajo

- 1 Velarde, Julio y Martha Rodríguez, *Lineamientos para un programa de estabilización de ajuste drástico*, Lima: CIUP-Consortio de Investigación Económica, 1992, 34 pp.
- 2 Velarde, Julio y Martha Rodríguez, *El programa económico de agosto de 1990: evaluación del primer año*, Lima: CIUP-Consortio de Investigación Económica, 1992, 42 pp.
- 3 Portocarrero S., Felipe, *Religión, familia, riqueza y muerte en la élite económica. Perú 1900-1950*, Lima: CIUP-Consortio de Investigación Económica, 1992, 88 pp.
- 4 Velarde, Julio y Martha Rodríguez, *Los problemas del orden y la velocidad de la liberalización de los mercados*, Lima: CIUP-Consortio de Investigación Económica, 1992, 60 pp.
- 5 Velarde, Julio y Martha Rodríguez, *De la desinflación a la hiperestanflación. Perú 1985-1990*, Lima: CIUP-Consortio de Investigación Económica, 1992, 71 pp.
- 6 Portocarrero S., Felipe y Luis Torrejón, *Las inversiones en valores nacionales de la élite económica. Perú: 1916-1932*, Lima: CIUP-Consortio de Investigación Económica, 1992, 57 pp.
- 7 Arias Quincot, César, *La Perestroika y el fin de la Unión Soviética*, Lima: CIUP, 1992, 111 pp.
- 8 Schwalb, María Matilde, *Relaciones de negociación entre las empresas multinacionales y los gobiernos anfitriones: el caso peruano*, Lima: CIUP, 1993, 58 pp.
- 9 Revilla, Julio, *Frenesí de préstamos y cese de pagos de la deuda externa: el caso del Perú en el siglo XIX*, Lima: CIUP, 1993, 126 pp.
- 10 Morón, Eduardo, *La experiencia de banca libre en el Perú: 1860-1879*, Lima: CIUP, 1993, 48 pp.



- 11 Cayo, Percy, *Las primeras relaciones internacionales Perú-Ecuador*, Lima: CIUP, 1993, 72 pp.
- 12 Urrunaga, Roberto y Alberto Huarote, *Opciones, futuros y su implementación en la Bolsa de Valores de Lima*, Lima: CIUP–Consortio de Investigación Económica, 1993, 86 pp.
- 13 Sardón, José Luis, *Estado, política y gobierno*, Lima: CIUP, 1994, 128 pp.
- 14 Gómez, Rosario, *La comercialización del mango fresco en el mercado norteamericano*, Lima: CIUP, 1994, 118 pp.
- 15 Malarín, Héctor y Paul Remy, *La contaminación de aguas superficiales en el Perú: una aproximación económico-jurídica*, Lima: CIUP, 1994, 88 pp.
- 16 Malarín, Héctor y Elsa Galarza, *Lineamientos para el manejo eficiente de los recursos en el sector pesquero industrial peruano*, Lima: CIUP, 1994, 92 pp.
- 17 Yamada, Gustavo, *Estrategias de desarrollo, asistencia financiera oficial e inversión privada directa: la experiencia japonesa*, Lima: CIUP, 1994, 118 pp.
- 18 Velarde, Julio y Martha Rodríguez, *El programa de estabilización peruano: evaluación del período 1991–1993*, Lima: CIUP–Consortio de Investigación Económica, 1994, 44 pp.
- 19 Portocarrero S., Felipe y María Elena Romero, *Política social en el Perú 1990–1994: una agenda para la investigación*, Lima: CIUP–SASE–CIID, 1994, 136 pp.
- 20 Schuldt, Jürgen, *La enfermedad holandesa y otros virus de la economía peruana*, Lima: CIUP, 1994, 84 pp.
- 21 Gómez, Rosario y Erick Hurtado, *Relaciones contractuales en la agro-exportación: el caso del mango fresco*, Lima: CIUP, 1995, 100 pp.
- 22 Seminario, Bruno, *Reformas estructurales y política de estabilización*, Lima: CIUP–Consortio de Investigación Económica, 1995, 153 pp.
- 23 L. Dóriga, Enrique, *Cuba 1995: vivencias personales*, Lima: CIUP, 1996, 94 pp.
- 24 Parodi, Carlos, *Financiamiento universitario: teoría y propuesta de reforma para el Perú*, Lima: CIUP, 1996, 138 pp.
- 25 Araoz, Mercedes y Roberto Urrunaga, *Finanzas municipales: ineficiencias y excesiva dependencia del gobierno central*, Lima: CIUP–Consortio de Investigación Económica, 1996, 217 pp.



- 26 Yamada, Gustavo y José Luis Ruiz, *Pobreza y reformas estructurales. Perú 1991-1994*, Lima: CIUP-Consorcio de Investigación Económica, 1996, 116 pp.
- 27 Gómez Rosario; Roberto Urrunaga y Roberto Bel, *Evaluación de la estructura tributaria nacional: 1990-1994*, Lima: CIUP, 1997, 140 pp.
- 28 Rivas-Llosa, Roddy, *Los bonos Brady*, Lima: Universidad del Pacífico, 1997, 158 pp.
- 29 Galarza, Elsa (ed.), *Informe anual de la economía peruana: 1996*, Lima: CIUP, 1997, 116 pp.
- 30 Cortez, Rafael y César Calvo, *Nutrición infantil en el Perú: un análisis empírico basado en la Encuesta Nacional de Niveles de Vida 1994*, Lima: CIUP, 1997, 80 pp.
- 31 Yamada, Gustavo y Miguel Jaramillo, *Información en el mercado laboral: teoría y políticas*, Lima: CIUP, 1998, 104 pp.
- 32 Seminario, Bruno y Arlette Beltrán, *Crecimiento económico en el Perú 1896-1995: nuevas evidencias estadísticas*, Lima: CIUP, 1998, 330 pp.
- 33 Cortez, Rafael, *Equidad y calidad de los servicios de salud: el caso de los CLAS*, Lima: CIUP, 1998, 98 pp.
- 34 Cortez, Rafael, *Programas de bienestar e ingresos en los hogares de las madres trabajadoras*, Lima: CIUP, 1999, 78 pp.
- 35 Zegarra, Luis Felipe, *Causas y consecuencias económicas de la corrupción. Un análisis teórico y empírico*, Lima: CIUP, 1999, 71 pp.
- 36 Velarde, Julio y Martha Rodríguez, *Efectos de la crisis financiera internacional en la economía peruana 1997-1998: lecciones e implicancias de política económica*, Lima: CIUP-CIES, 2001, 74 pp.
- 37 Bonifaz, José Luis; Roberto Urrunaga y Jessica Vásquez, *Financiamiento de la infraestructura en el Perú: concesión de carreteras*, Lima: CIUP, 2001, 155 pp.
- 38 Cortez, Rafael, *El gasto social y sus efectos en la nutrición infantil*, Lima: CIUP, 2001, 92 pp.
- 39 Cáceres, Rubén, *Caminos al desarrollo: el modelo de integración transversal*, Lima: CIUP, 2001, 164 pp.
- 40 Espejo, Ricardo, *Teología en la universidad: ¿rezagos arqueológicos? Una propuesta desde la experiencia de la Universidad del Pacífico*, Lima: CIUP, 2001, 162 pp.



- 41 Cortez, Rafael y Gastón Yalonetzky, *Fecundidad y estado marital en el Perú. ¿Influyen sobre la calidad de vida del niño?*, Lima: CIUP, 2002, 106 pp.
- 42 Caravedo, Baltazar, *Cambio de sentido: una perspectiva para el desarrollo sostenible*, Lima: CIUP, LIDES, 2002, 118 pp.
- 43 Zegarra, Luis Felipe, *La economía de la corrupción: hacia una comprensión de las causas de la corrupción y las estrategias para combatirla*, Lima: CIUP, 2002, 108 pp.
- 44 Araoz, Mercedes y Sandra van Ginhoven, *Preparación de los países andinos para integrar las redes de tecnologías de la información: el caso del Perú*, Lima: CIUP, 2002, 112 pp.
- 45 Araoz, Mercedes; Carlos Casas y Silvia Noriega, *Atracción de la inversión extranjera directa en el Perú*, Lima: CIUP, 2002, 108 pp.
- 46 Araoz, Mercedes; Carlos Carrillo y Sandra van Ginhoven, *Indicadores de competitividad para los países andinos: el caso del Perú*, Lima: CIUP, 2002, 105 pp.
- 47 Galarza, Elsa; Rosario Gómez y Luis Ángel Gonzales, *Ruta hacia el desarrollo sostenible del Perú*, Lima: CIUP, 2002, 108 pp.
- 48 Bonifaz, José Luis; Roberto Urrunaga y Jennifer Wakeham, *Financiamiento privado e impuestos: el caso de las redes viales en el Perú*, Lima: CIUP, 2002, 95 pp.
- 49 Morón, Eduardo; Carlos Casas y Eliana Carranza, *Indicadores líderes para la economía peruana*, Lima: CIUP, 2002, 68 pp.
- 50 Tarazona, Silvia y Elena Maisch, *El tránsito de la pérdida del empleo a la empleabilidad*, Lima: CIUP, 2002, 66 pp.
- 51 Naranjo, Martín; Emilio Osambela y Melissa Zumaeta, *Provisiones bancarias dinámicas: evaluación de su viabilidad para el caso peruano*, Lima: CIUP, 2002, 60 pp.
- 52 Vásquez, Enrique y Gerardo Injoque, *Competitividad con rostro humano: el caso del ecoturismo en Loreto*, Lima: CIUP, 2003, 94 pp.
- 53 Galarza, Elsa; Rosario Gómez y Luis Ángel Gonzales, *Implementación de tecnologías limpias en el Perú: el uso de GLP en taxis*, Lima: CIUP, 2003, 106 pp.
- 54 Morón, Eduardo; Claudia Gonzales del Valle y Tamiko Hasegawa, *Transparencia presupuestaria en el Perú y América Latina: el divorcio entre lo formal y lo percibido*, Lima: CIUP, DFID, 2003, 80 pp.



- 55 Tong, Jesús, *Evaluación de inversiones en mercados emergentes*, Lima: CIUP, 2003, 78 pp.
- 56 Tong, Jesús y Enrique Díaz, *Titulización de activos en el Perú*, Lima: CIUP, 2003, 138 pp.
- 57 Morón, Eduardo y Rudy Loo-Kung, *Sistema de alerta temprana de fragilidad financiera*, Lima: CIUP, 2003, 76 pp.
- 58 Schwalb, María Matilde y Emilio García, *Evolución del compromiso social de las empresas: historia y enfoques*, Lima: CIUP, 2003, 100 pp.
- 59 Pairazamán, Roberto, *El crédito de consumo en el Perú*, Lima: CIUP, 2003, 58 pp.
- 60 Alvarado, Betty; Brenda Rivera, Janet Porras y Allan Vigil, *Transferencias intergubernamentales en las finanzas municipales del Perú*, Lima: CIUP, CIES, USAID, 2003, 154 pp.
- 61 Cortez, Rafael, *Hábitos de vida, salud y productividad: una visión de responsabilidad social corporativa en las empresas peruanas*, Lima: CIUP, USAID, Perú 2021, 2003, 106 pp.
- 62 Mateu, Pedro y Jean Vilca, *Modelo de medición de impacto sobre el bienestar objetivo y subjetivo. Un análisis de caso del Proyecto de Reducción y Alivio a la Pobreza (PRA)*, Lima: CIUP, USAID, 2004, 98 pp.
- 63 Yamada, Gustavo, *Economía laboral en el Perú: avances recientes y agenda pendiente*, Lima: CIUP, 2004, 92 pp.
- 64 Schwalb, María Matilde y Emilio García, *Beneficios de la responsabilidad social empresarial y las inversiones socialmente responsables*, Lima: CIUP, 2004, 70 pp.
- 65 Rodríguez, Martha; Bruno Seminario, Carmen Astorne y Oswaldo Molina, *Efectos macroeconómicos del Acuerdo de Libre Comercio con los Estados Unidos*, Lima: CIUP, 2004, 83 pp.
- 66 Schwalb, María Matilde y Emilio García, *Instrumentos y normas para evaluar y medir la responsabilidad social empresarial*, Lima: CIUP, 2004, 105 pp.
- 67 Portocarrero, Gonzalo y Milagros Saenz, *La mentalidad de los empresarios peruanos: una aproximación a su estudio*, Lima: CIUP, Minga Perú, 2005, 59 pp.
- 68 Galarza, Elsa y Rosario Gómez, *Valorización económica de servicios ambientales: el caso de Pachacamac, Lurín*, Lima: CIUP, Grupo GEA, 2005, 85 pp.



- 69 Portocarrero S., Felipe; Hanny Cueva y Andrea Portugal, *La Iglesia Católica como proveedora de servicios sociales: mitos y realidades*, Lima: CIUP, 2005, 101 pp.
- 70 Cáceres, Rubén, *Instituciones, derecho y costos de transacción. El análisis económico del derecho en una sociedad no estructurada*, Lima: CIUP, 2005, 171 pp.
- 71 Yamada, Gustavo, *Horas de trabajo: determinantes y dinámica en el Perú urbano*, Lima: CIUP, CIES, 2005, 102 pp.
- 72 Ritter Burga, Patricia, *Beneficios potenciales y fallas comunes en la descentralización: una aproximación para América Latina*, Lima: CIUP, 2006, 126 pp.
- 73 Mindreau Montero, Manuel, *Seguridad e integración sub-regional andino-brasileña: perspectivas de política exterior para el Perú*, Lima: CIUP, 2006, 96 pp.
- 74 Galarza, Elsa y Úrsula Fernández-Baca, *La competitividad del cluster forestal de la madera: una aproximación*, Lima: CIUP, 2006, 144 pp.
- 75 Portocarrero S., Felipe; Bruno Tarazona y Luis Camacho, *Situación de la responsabilidad social empresarial en la micro, pequeña y mediana empresa en el Perú*, Lima: CIUP, 2006, 94 pp.
- 76 Franco Concha, Pedro, *Manual de diagnóstico. Indicadores CGS de responsabilidad social empresarial*, Lima: CIUP, 2006, 112 pp.
- 77 Morón, Eduardo y Cynthia Sanborn, *Los desafíos del policymaking en el Perú: actores, instituciones y reglas de juego*, Lima: CIUP, 2007, 112 pp.
- 78 Yamada, Gustavo, *Retornos a la educación superior en el mercado laboral: ¿vale la pena el esfuerzo?*, Lima: CIUP, CIES, 2007, 98 pp.
- 79 Yamada, Gustavo (editor), *Análisis económico aplicado a la demografía, la educación y la política fiscal*, Lima: CIUP, 2007, 192 pp.
- 80 Seinfeld, Janice, *Avanzando hacia el aseguramiento universal: ¿cómo lograr proteger la salud de personas de ingresos medio bajo y bajo?*, Lima: CIUP, CIES, 2007, 117 pp.
- 81 Bonifaz, José Luis; Roberto Urrunaga y Carmen Astorne, *Estimación de los beneficios económicos de la carretera Interoceánica*, Lima: CIUP, 2008, 158 pp.
- 82 Yamada, Gustavo, *Reinserción laboral adecuada: dificultades e implicancias de política*, Lima: CIUP, CIES, 2008, 102 pp.



- 83 Camacho, Luis Antonio y Cynthia A. Sanborn, *Desempeño del Estado y sostenibilidad democrática en el Perú*, Lima: CIUP, CIES, 2008, 134 pp.
- 84 Monge, Álvaro; Enrique Vásquez y Diego Winkelried, *¿Es el gasto público en programas sociales regresivo en el Perú?*, Lima: CIUP, CIES, 2009, 112 pp.
- 85 Beltrán, Arlette y Karlos La Serna, *¿Cuán relevante es la educación escolar en el desempeño universitario?*, Lima: CIUP, 2010, 146 pp.
- 86 Yamada, Gustavo, *Migración interna en el Perú*, Lima: Universidad del Pacífico, 2010, 117 pp.
- 87 Yamada, Gustavo y Ricardo Montero, *Corrupción e inequidad en los servicios públicos en el Perú*, Lima: Universidad del Pacífico, CIES, 2011, 81 pp.
- 88 Schuldt, Jürgen, *Trasfondo estructural y sociopolítico de la crisis estadounidense. Visión panorámica y perspectivas*, Lima: Universidad del Pacífico, 2011, 201 pp.
- 89 García Vega, Emilio, *¿Qué hace especiales a las empresas?: la ventaja competitiva a inicios del siglo XXI*, Lima: Universidad del Pacífico, 2011, 179 pp.
- 90 Zevallos Urquieta, Héctor y Fernando González Vigil, *Efecto plataforma de la CAN en las exportaciones manufactureras del Perú y de Colombia a los Estados Unidos y la Unión Europea*, Lima: Universidad del Pacífico, 2011, 101 pp.