

1998/3311  
4011  
26/12/98



**I L P E S**

Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social  
Naciones Unidas/CEPAL-Consejo Regional de Planificación

Latin American and Caribbean Institute for Economic and Social Planning  
United Nations/ECLAC-Regional Council for Planning

Institut Latino-Américain et des Caraïbes de Planification Economique et Sociale  
Nations Unies/CEPALC-Conseil Regional de Planification

---

**DIRECCION DE PROYECTOS Y PROGRAMACION DE INVERSIONES**

**GUIA PARA LA IDENTIFICACION, FORMULACION Y  
EVALUACION DE PROYECTOS DE  
ELECTRIFICACION RURAL**

THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS

**GUIA PARA LA IDENTIFICACION, FORMULACION Y  
EVALUACION DE PROYECTOS DE  
ELECTRIFICACION RURAL**

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
DIVISION OF THE PHYSICAL SCIENCES  
DEPARTMENT OF CHEMISTRY  
5708 SOUTH CAMPUS DRIVE  
CHICAGO, ILLINOIS 60637

# **I INTRODUCCION**

## **1.1.- Presentación**

Uno de los objetivos generales de una política de desarrollo, es lograr un crecimiento económico sostenido en el tiempo; para esto es indispensable destinar una cantidad significativa de recursos a la inversión.

La teoría sostenía, hace algunos decenios, que el crecimiento económico de un país se fundamentaba en el aumento de la inversión total; es decir, el crecimiento dependía del monto de recursos que se destinaba a inversión. Ello exigía grandes sacrificios a la comunidad al requerir aumentos importantes de ahorro, tanto interno como externo. Posteriores modelos económicos, más completos, explican que este crecimiento es la consecuencia de realizar proyectos rentables, de un incremento de la fuerza laboral empleada productivamente, y de una serie de factores difíciles de cuantificar o de identificar; por ejemplo, el desarrollo tecnológico.

La importancia de estos modelos recientes está en que permiten concluir que se puede acelerar el desarrollo económico de un país, mediante la asignación de los escasos recursos de inversión disponibles hacia los proyectos económica y socialmente más rentables.

Ahora bien, este desarrollo - entendido como el proceso de incrementar en forma constante y sostenida el nivel de vida de las personas - debe ser integral, es decir, debe incorporar todos los ámbitos y sectores de una nación, en pos de lograr una equitativa retribución de los esfuerzos de inversión y de sus beneficios.

Así, el desafío de lograr un desarrollo integral con equidad exige que se incorporen las áreas rurales al proceso de progreso socio-económico. Atrás han quedado las ideas de que sólo los fenómenos de urbanización e industrialización son motores del progreso social. Incluso este enfoque, tomado a partir de los años 40, llevó al crecimiento de las ciudades y el predominio cuantitativo de la población urbana, agudizando la brecha de los niveles de vida entre los sectores urbanos y rurales, al no existir una retribución del aporte realizado por la agricultura rural al proceso de crecimiento de las actividades industriales urbanas.

No obstante, la realidad actual exige - considerando la naturaleza y profundidad de los problemas que afectan al medio rural y el enorme potencial de progreso que éste ofrece - considerar el ámbito rural dentro de una efectiva estrategia de desarrollo.

Ello significa dotar a este sector de las herramientas y/o servicios básicos necesarios para que impulse su crecimiento, sin que sea necesario resignarse a actividades agropecuarias de menos envergadura que sólo permiten la subsistencia.

Uno de estos servicios básicos es naturalmente la disponibilidad de energía eléctrica, elemento indispensable para aumentar el nivel de vida de la población rural y satisfacer sus necesidades de alumbrado, entretención y del potencial desarrollo técnico en sus actividades. Además la utilización de la energía eléctrica reduce el deterioro al medio ambiente al sustituir el consumo de fuentes enérgicas naturales como la leña, al mismo tiempo que reduce la contaminación ya que la electricidad es un medio energético limpio, que no genera residuos ni contaminación al momento de su utilización.

## **1.2. Objetivos de la Guía**

En el contexto de la importancia que tiene el ocuparse del medio rural, específicamente a través de la dotación de energía eléctrica, es que este documento apunta a servir de apoyo para una buena preparación de los proyectos de electrificación rural.

### **1.2.1. Objetivo General**

De esta forma, el objetivo general de este documento es:

"Servir de guía para la identificación, preparación y evaluación de proyectos de electrificación rural a nivel local, señalando la importancia de cada paso e ilustrando su aplicación con ejemplos"

### **1.2.2. Objetivos específicos**

Dentro de este objetivo general podemos identificar los siguientes objetivos específicos:

- i.) "Dar a conocer la situación de la electrificación rural en latinoamérica y la importancia de evaluar este tipo de proyectos".

Para este fin, se entregan en el segundo capítulo de este documento, antecedentes generales relativos a:

- Ruralidad en Latinoamérica, causas, efectos y aspectos de inequidad.
- Necesidad de disponer de energía eléctrica en un marco de equidad.
- Formas de sustitución de la energía eléctrica en las zonas rurales.
- Importancia y necesidad de evaluar proyectos de electrificación.
- Cómo se determina el valor social de la electrificación.
- Ciclo de vida de proyectos de electrificación.

La intención de este capítulo es entregar un dimensionamiento general del problema en la región, aún cuando no se plantea abordarlo al mismo nivel o en forma centralizada, sino que a nivel de los municipios o localidades.

- ii.) "Ilustrar mecanismos de identificación de proyectos y detallar los parámetros relevantes para un diagnóstico claro que permita visualizar la magnitud del problema".

Para ello en el capítulo tercero se exponen primero los criterios a considerar y luego una serie de mecanismos para identificar zonas o sectores potenciales para la evaluación de proyectos de electrificación, de acuerdo a las políticas y organización que puedan darse en los distintos países. Del mismo modo, se dan pautas para realizar el diagnóstico caracterizando y diferenciando el área de estudio del área de influencia y describiendo los problemas derivados de la carencia del servicio y los mecanismos alternativos que puede utilizar la población para paliar la falta de energía eléctrica.

A partir de este capítulo se comienza a apuntar a la identificación y posterior solución de los problemas de comunidades de no más allá de 300 hogares.

- iii.) "Entregar herramientas prácticas para medir, lo mas exacto posible, el impacto de la carencia del servicio en la zona, generando además las alternativas que sean factibles en primera instancia."

Con este propósito en el capítulo cuarto se explica cómo medir la demanda actual y con proyecto, y cuál es la situación de la oferta. Se entregan también los aspectos relevantes de las alternativas más conocidas y utilizadas para proveer de electricidad en pequeña escala a zonas rurales, distinguiendo las soluciones a través de los sistemas centralizados de los descentralizados o de generación local. Además, se detallan las características geográficas, climáticas, ambientales, técnicas y otras de cada una de ellas que permiten un primer descarte de acuerdo a las características de la zona del proyecto.

- iv.) "Facilitar la identificación de costos y beneficios asociados a cada alternativa de proyecto seleccionada e ilustrar algunos criterios de selección regularmente utilizados".

El capítulo cinco entrega los items de costos de inversión y operación de cada alternativa planteada en el capítulo anterior y el mecanismo de medición de los beneficios a partir de las curvas de demanda, detallando bajo que supuestos es factible realizar tal medición.

Además, entrega criterios generales de rentabilidad o de costo para determinar primero si conviene ejecutar el proyecto y segundo con cual alternativa.

## II ANTECEDENTES GENERALES

Este capítulo describe en términos generales la situación de ruralidad de América Latina y como los proyectos de electrificación rural impactan en este sector, superando en parte la inequidad respecto del sector urbano. La intención es entregar un dimensionamiento general del problema, aún cuando no se plantea abordarlo a niveles centralizados, sino que a través de los municipios o localidades.

### 2.1.- Ruralidad y Sector Eléctrico en Latinoamérica y El Caribe

#### 2.1.1 Ruralidad y equidad en la Región

El enfoque dado al proceso de desarrollo socio- económico en los países de Latinoamérica a partir de la década de los años 40, dió paso a un nuevo estilo de crecimiento llamado " hacia adentro"<sup>1</sup>, en el cual se favoreció la concentración urbana y la industrialización, basando el desarrollo en la expansión de la producción orientada al mercado interno. Esto significó una serie de transformaciones en América Latina, entre las cuales se destaca la creciente concentración de la población en centros urbanos. En la mayoría de los países del área la población urbana aumentó en el transcurso de las últimas décadas a tasas que duplicaban el crecimiento anual de los espacios rurales, pasando de un 22% de población urbana en 1920 al 63% en el año 1980. El resultado fue de que de 13 millones de personas que vivían en localidades de más de 20.000 habitantes en los años 20, en 1980 superan los 163 millones<sup>2</sup>.

De esta forma, la persistencia de la concentración de la población en unos pocos centros que han alcanzado altas densidades demográficas está asociado al modelo denominado por FAO en 1988 como de "Impacto Urbano", esto es que el estilo de crecimiento ha originado un desigual desarrollo de los diversos sectores en las sociedades y espacios de la región, priorizando la localización de actividades económicas en uno o unos pocos puntos del espacio urbano, a través de la estrategia de transformación de los excedentes del sector agropecuario hacia el industrial.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup>CEPAL: "Las transformaciones rurales en América Latina" 1979

<sup>2</sup> Cepal: "Las transformaciones rurales en América Latina" 1979

<sup>3</sup>F. Jordán: " La Economía Campesina: crisis, reactivación y desarrollo" 1989

Uno de los tipos de población más afectados por estas transformaciones socio-económicas que ocurren en los países de la región en estos últimos años ha sido la población rural, la cual comprende los sectores con mayor postergación de las sociedades latinoamericanas, derivando en una creciente situación de inequidad para con esta población.

Los cambios del medio rural, se han reflejado principalmente en los siguientes aspectos:

i) Cambio en la estructura de la población económicamente activa.

Aunque el crecimiento promedio de la población rural ha venido disminuyendo durante las últimas tres décadas, su estructura por edad se ha modificado drásticamente como resultado de la disminución de la tasa de mortalidad infantil, con un incremento relativo mayor de los grupos más jóvenes de la población, generando un aumento significativo de la población económicamente activa disponible, para incorporarse al mercado de trabajo, lo que contrasta con la evolución de las oportunidades de obtenerlo.

Por otro lado, los grandes movimientos de la población rural hacia los centros urbanos, han provocado también modificaciones en la estructura ocupacional de la fuerza de trabajo, observándose una disminución en la importancia relativa de las ocupaciones agrícolas. Así es como, en 1950 el 54% de la fuerza de trabajo era agrícola, en los años ochenta ésta se ha reducido a menos del 30%. Cuatro grandes procesos son indicadores de los cambios en la estructura de empleo agrícola y rural:

- a) La transferencia masiva de fuerza de trabajo desde el sector agrícola a otros sectores de la economía;
- b) el cambio de la importancia relativa de los trabajadores por cuenta propia, así como de los asalariados;
- c) sustitución de los trabajadores permanentes por temporales y,
- d) el incremento de la importancia de las ocupaciones rurales no agrícolas.

ii) Diferencias en ocupación e ingreso.

El crecimiento de la fuerza de trabajo fue sensiblemente menor en las zonas rurales que en las urbanas, entre 1950 y 1975, a lo que se agrega que el ingreso de la población rural es considerablemente inferior al de la población urbana.

Así por ejemplo, los ingresos totales medios del 40% más pobre en las áreas rurales son quintuplicados por sus iguales de las zonas metropolitanas.

iii) Acceso a servicios básicos.

En el medio rural durante los últimos decenios no sólo se han reducido las expectativas de ocupación y salarios, sino que además los sistemas de seguridad social, de salud y educación presentan una contracción, lo que significa que el nivel de bienestar derivado del acceso a los servicios es menor que en el medio urbano. La obtención de un nivel similar de bienestar es mucho más costoso para el Estado, si se trata de un habitante rural.

En la educación, la postergación rural ha sido tradicional en la región. Los niveles de analfabetismo son mayores que en los centros urbanos. A esta situación se agrega que la eficiencia de la tarea docente se ve afectada por la deserción escolar muy temprana, la que alcanza muchas veces cifras superiores al 50%.

En relación a la salud, en los últimos 25 años todos los países de la región muestran avances importantes en esta materia, en cuanto al mejoramiento de las condiciones sanitarias y aumento de las prestaciones médicas. Pero este avance no se ha dado por igual en el medio urbano y rural. Si analizamos las medidas adoptadas en materia de salud y salubridad veremos que los logros en el medio rural están vinculados a acciones orientadas a la población en general, en cambio en el medio urbano las acciones se enmarcan en categorías específicas de la población (lactantes, madres, etc.). Respecto a la alimentación y nutrición, las áreas rurales presentaban mayores deficiencias de calorías que las zonas urbanas<sup>4</sup>.

Con respecto a la seguridad social, naturalmente la electrificación representa un elemento indispensable. No obstante, es considerable el déficit de electrificación existente hoy en la región, del que se entregan mayores estadísticas en el punto siguiente de este capítulo.

---

<sup>4</sup> CEPAL: "Las transformaciones rurales en América Latina" 1979

Se estima que el número de pobres rurales, pasaron de los 65 millones, detectados en 1970, a 79,5 millones de personas en 1990, de este total, 48 millones vivían en la indigencia<sup>5</sup>. Por otro lado, las tasas de pobreza rural duplican a las observadas en el sector urbano, alcanzando a un 57% y un 26% respectivamente.

Toda esta situación deja en claro que la población rural ha sido postergada y no ha contado con las mismas oportunidades que la de centros urbanos. Por tal motivo, y contemplando la importancia de la equidad en el desarrollo de las economías en la región, es que se debe otorgar una atención especial a las familias residentes en zonas rurales. La entrega de servicios básicos como la energía eléctrica es una forma de hacerlo.

---

<sup>5</sup>Feres y León: "Magnitud de la situación de pobreza en América Latina" 1990

## **2.1.2.- La Electrificación Rural en Latinoamérica y el Caribe**

### **2.1.2.1.- La Electrificación rural dentro de la evolución del sector eléctrico**

La llegada de la electricidad a los países de la región se vió motivada por el interés de las crecientes urbes de satisfacer sus necesidades de alumbrado y promoción del desarrollo industrial principalmente.

Esto implicó que se crearan una serie de compañías, la mayor parte de ellas con capitales provenientes de Europa y Norteamérica (Canadá y EE.UU) que entregaban servicios de alumbrado público en las zonas de mayor población y de abastecimiento de energía a empresas industriales importantes, principalmente en el sector de la extracción de recursos mineros.

De esta manera, se llegó a tener un importante número de empresas eléctricas, que con una mentalidad de negocio acudían a las ciudades más pujantes y de mayor potencial de desarrollo a otorgar los suministros demandados. Esta estructura de un incipiente sector eléctrico se fue ampliando con el tiempo, al pasar las distintas comunidades y municipios a crear otras unidades, a reorganizar las existentes y tratar de inyectarles recursos a fin de propagar su funcionalidad. Sin embargo, y dada la importancia que pasó a tener el abastecimiento energético para la creación y desarrollo de nuevas industrias y la creciente demanda de alumbrado público - ambas necesidades sin un responsable particular y único, y sin un precio claramente calculable (por la difícil cuantificación de sus beneficios) - el Estado, en la mayoría de los países, pasó a tener un protagonismo más fuerte en la creación y participación de las compañías eléctricas. Este protagonismo se debió principalmente a:

- la necesidad de estandarizar los aspectos técnicos de las instalaciones y tendidos a fin de permitir la interconexión futura.
- asumir un criterio de servicio público más que de negocio en la satisfacción de la demanda.
- la exigencia que iba imponiendo la comunidad, de asegurar el suministro en el futuro, cosa que requería de una planificación de largo plazo.

Esto derivó, junto con crear institucionalidad para reglamentar, planificar y fiscalizar el sector, en una permanente y creciente participación del Estado en la propiedad de las compañías de electricidad.

Esta acción permitió el desarrollo del sector con grandes proyectos de generación que siguieron orientándose hacia las zonas industriales y de mayor población, que era donde había una presión mayor de parte de la comunidad para que le fuera dado el servicio, y donde se obtenían los mayores retornos a las inversiones realizadas para tal efecto.

La evolución de la economía hacia los centros urbanos y el consecuente desamparo de las zonas rurales, que se planteó en el capítulo anterior, tuvo los mismos efectos en el crecimiento de las capacidades de generación eléctrica de los países, las cuales fueron dirigidas hacia las zonas de mayor concentración de población.

Sólo a partir de la década de los 60 los distintos países comienzan a incorporar el tema de la electrificación rural en sus estrategias de desarrollo y planes políticos. En el apartado 2.1 se describen en términos gruesos las acciones específicas que emprendieron Bolivia y Argentina en relación a la Electrificación Rural.

---

#### APARTADO 2.1

##### *Electrificación rural en Bolivia*

*El desigual servicio eléctrico en el país, la falta de control y las limitaciones en el suministro registrado hasta mediados de la década del sesenta, determinaron que el gobierno encarara un plan de ordenamiento del sector eléctrico que diera solución a los problemas anotados y permitiera la planificación de la entrega del servicio a la totalidad de la población. Por tal motivo se dispuso entre otros puntos la conformación del Instituto Nacional de Electrificación Rural, INER, entidad dependiente del Ministerio de Energía e Hidrocarburos, responsable de proveer electricidad al área rural aislada y pequeñas poblaciones. Con dichas disposiciones se dieron los primeros pasos para ejecutar un plan de electrificación del país.*

*En Santa Cruz se construyó una planta de generación con grupos diesel y a gas para cubrir la demanda de la ciudad y el área rural circunvecina; se organizó la Cooperativa Rural de Electrificación (CRE), que desarrolló un amplio programa de expansión en Santa Cruz. Esto determinó que esta zona fuera por muchos años la de mayor crecimiento del país: 24% anual en la década del 70. A mediados de la década del 70, se dió otro paso significativo en el desarrollo del sector eléctrico. La Empresa Nacional de Electricidad Sociedad Anónima (ENDE), cuyo mayor accionista era el Estado, procedió a interconectar los principales sistemas eléctricos del país en el Sur y Norte. Se ejecutó además un amplio programa de electrificación rural en siete departamentos del país. Todo ello con apoyo financiero del BID, Banco Mundial, USAID y otras entidades financieras internacionales.*

## *Electrificación Rural en Argentina*

*La electrificación rural empezó a ejecutarse, en forma masiva y ordenada, con la puesta en marcha del Plan Nacional de Electrificación Rural en el año 1969. Ese plan consistió en la disposición de un fondo prestable para realizar obras destinadas a suministrar energía eléctrica en predios rurales, que generalmente se localiza en la vivienda de los pobladores. Cuando comenzó el plan, existían en el país unos 500 mil establecimientos agropecuarios, de los cuales contaban con suministro de energía eléctrica solamente a alrededor de 10 mil, es decir, apenas el 2% estaba conectado a las líneas eléctricas de alimentación. Paralelamente, el esfuerzo privado era canalizado casi exclusivamente a través de cooperativas agropecuarias creadas para tal efecto. Finalizadas las tres etapas que abarcó el Plan Nacional, que contó con financiamiento conjunto mediante recursos provistos por el BID, el Banco de la Nación Argentina, la Secretaría de Energía y los propios usuarios, se continuó la electrificación, principalmente con financiación de la Secretaría de Energía aplicando recursos del Fondo Especial de Desarrollo Eléctrico del Interior (FEDEI), y en menor parte con recursos cooperativos y algunos fondos provinciales. En 1980, según el Censo Nacional de Población y Vivienda, el 44,4% de las viviendas rurales contaban con electricidad proveniente de una red de servicio público, lo que demuestra la efectividad del conjunto de los esfuerzos mencionados. En 1989, se estimaba que no menos del 55% de las viviendas rurales del país estaban electrificadas.*

*El uso principal que tiene la energía eléctrica en el ámbito rural es domiciliario, colaborando así al mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores. No obstante, se halla en franca expansión el uso para mejorar el volumen y calidad de la producción rural, mediante la tecnificación de tambos, aserraderos, secaderos, plantas de bombeo, riego por aspersión o goteo, etc. Mediante la aplicación de tipos constructivos económicos, como ser el retorno por tierra y los conductores de acero, se logrará extender rápidamente las líneas para cubrir gran parte de las zonas rurales aún sin servicio público de electricidad.*

*(Fuente: "25 Años Comisión de Integración Eléctrica Regional CIER Uruguay 1989)*

---

En las últimas décadas el sector eléctrico en la región ha experimentado un crecimiento importante. Las estadísticas señalan que a 1970 se tenía un 40% de la población con electricidad y que a fines de los 80 el nivel de cobertura de la electrificación alcanzaría al 70%. En el cuadro 2.1 se entregan niveles de cobertura total de algunos países de la región y en el cuadro 2.2 datos específicos de electrificación urbana y rural en Chile y Ecuador.

Las ventas de energía han subido significativamente, lo mismo que la capacidad de generación. Sin embargo, y tal como destacáramos anteriormente estos aumentos se han dirigido básicamente a los centros urbanos.

## CUADRO 2.1

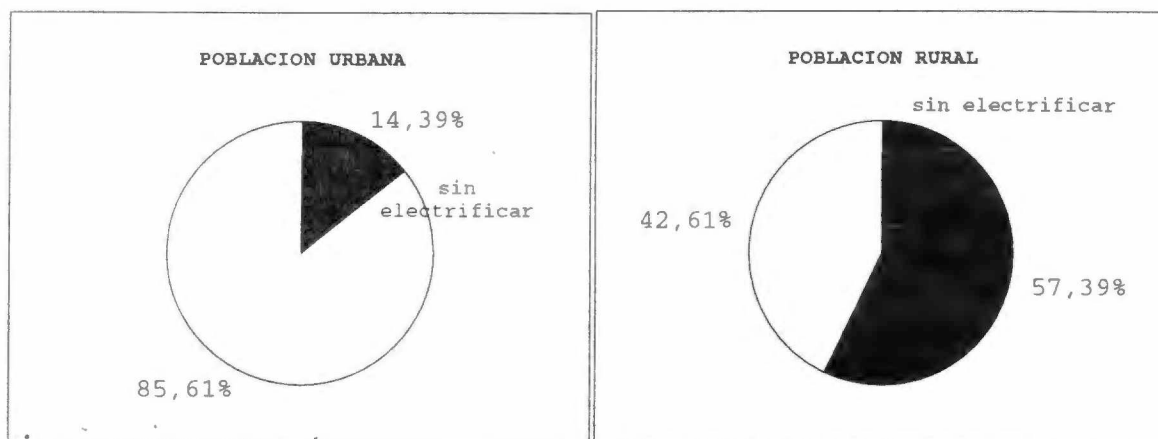
NIVELES DE ELECTRIFICACION ALCANZADOS POR LOS PAISES LATINOAMERICANOS QUE INTEGRAN LA CIER, AÑO 1987  
(Suministradores de Servicio Público)\*

PAIS	POBLACION TOTAL mlles habts.	CLIENTES SERV. PUB. mlles habts.	POB. SERV. SERV. PUB. mlles habts.	POBLAC. ELECTRIF. %	VIVIENDAS TOTALES mlles	VIV. ELECT. SER. PUB. mlles	% ELECTRIF.
Argentina.	31.497	8.676	28.500	90,5	8.700	8.150	93,7
Bolivia	6.735	398	2.070	30,7	1.200	370	30,8
Brasil	142.940	27.191	115.240	80,6	33.350	23.048	69,1
Colombia	29.192	4.275	17.426	59,7	6.198	5.130	82,8
Chile	12.536	2.258	9.728	77,6	2.709	2.101	77,6
Ecuador	9.923	1.160	6.341	63,9	1.941	1.296	66,8
Paraguay	3.922	321	1.320	33,8	754	254	33,7
Perú	20.727	1.613	8.065	38,9	4.145	1.613	38,9
Uruguay	2.976	920	2.583	86,8	1.000	870	87,0
Venezuela	18.272	2.985	15.174	83,0	3.206	2.662	83,0

## CUADRO 2.2

### ELECTRIFICACION URBANA Y RURAL - ECUADOR Y CHILE

#### ECUADOR

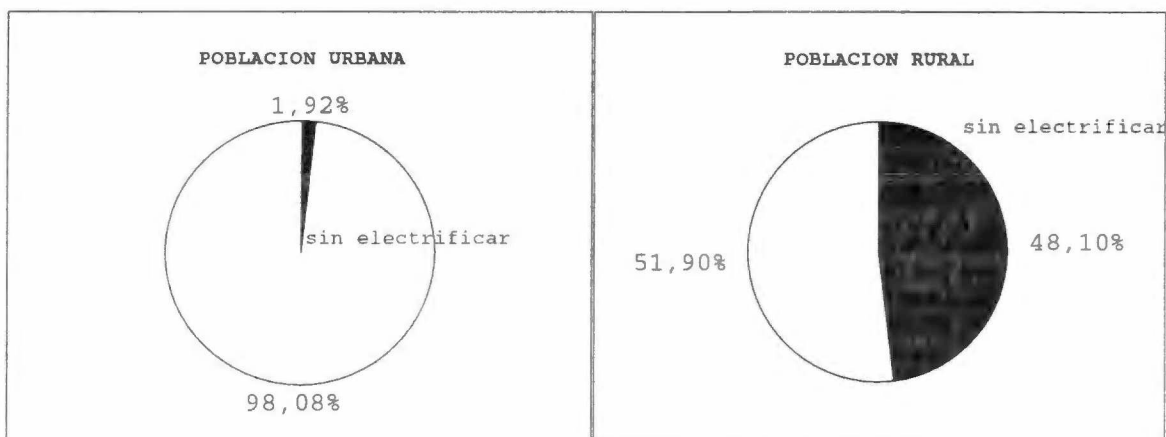


Pob. Urbana: 5.455.000  
 Pob. Electrificada : 4.670.000

Pob. Rural : 4.748.000  
 Pob. Electrificada 2.023.000

Fuente : Comision de Integración Eléctrica Regional- 25 Años - 1991

#### CHILE



Pob. Urbana : 11.114.715  
 Pob. Electrificada : 10.901.050

Población Rural : 2.117.088  
 Población Electrifi 1.098.767

Fuente: Comisión Nacional de Energía

Una característica de la población rural es un relativo bajo consumo de electricidad ya que cuenta con otras alternativas energéticas más económicas para necesidades como cocción o calefacción (la leña por ejemplo). Por otro lado, el hecho de que la mayoría de la población rural este en una situación de pobreza incide en que las cantidades a consumir de electricidad sean bajas respecto de los consumidores de zonas urbanas (en general menos de 100 kwh-mes). Pues bien, las ventas de energía con consumos bajo los 100 kwh-mes representan sólo entre un 5% y un 10% de las ventas totales consolidadas del sector en las últimas dos décadas.

Es necesario destacar que el crecimiento del sector no ha sido a un costo despreciable sino que por el contrario, ha arrastrado varios problemas que van de lo técnico -como la acumulación de los problemas derivados de la mala mantención de los sistemas eléctricos- a lo económico institucional como el hecho de que las tarifas en términos reales han decrecido. Esto último se ha producido basicamente por la alta inflación que afectó a la región en la década de los 80 y que ha influido en la falta de voluntad de los gobiernos de subir los precios de los servicios básicos (electricidad, agua potable) produciéndose un creciente desfinanciamiento de las compañías, que ha llevado a que el sector enfrente para los 90 una gran crisis financiera con una deuda externa histórica que representa un 10% de la deuda externa de la región.

Una forma de superar esta crisis es introduciendo modificaciones de peso en la estructura legal e institucional del sector, posibilitando distintos grados de participación del sector privado, a fin de inyectar nuevos recursos y aumentar los niveles de eficiencia en el manejo de las unidades de generación y sistemas de transmisión y distribución. Países como Argentina, Chile, Costa Rica, Jamaica y República Dominicana, entre otros, han dado pasos en este sentido previéndose por lo tanto un cambio en la estructura del sector en el futuro.

Esto debe ser tomado en cuenta, a fin de considerar dentro de las eventuales modificaciones institucionales y/o legales, el tema de la electrificación rural, para no aumentar las desigualdades en la población de la región.

Desde este punto de vista se debe fortalecer el papel de los municipios y del Estado en la forma de motivar la participación de privados en la inversión en zonas rurales.

### 2.1.2.2 Energía sustituta y la importancia de electrificar

Una forma de comprender la importancia que llega a tener para la población rural la posibilidad de contar con energía eléctrica es describiendo los efectos que esto ha tenido en las zonas rurales en que se ha implementado. Muchos estudios han detectado que esta gente, en una mirada retrospectiva, ve la llegada de la electricidad como un punto de cambio en sus vidas. Ellos sienten que este servicio les abre las puertas al mundo externo.

La iluminación es, generalmente, una de las primeras aplicaciones de la electricidad en aquellas localidades alejadas de centros urbanos. Esto significa un cambio radical ya que permite extender las actividades diarias de la gente a horas de la tarde y noche. Una de estas actividades es el aprendizaje y la lectura que incide de manera importante en la educación de los niños de estos lugares. De hecho, se ha detectado que la electrificación es uno de los servicios que favorece la disminución del analfabetismo en los pueblos y aldeas rurales.

Otra de las aplicaciones que puede incidir en el resultado anteriormente descrito es la introducción de la televisión. En realidad, el efecto de la televisión puede ser positivo como en el caso de la India, donde se utilizó la televisión como medio para hacer llegar a la población que vivía en áreas remotas un programa educativo y de prevención. Pero también existen antecedentes de que la televisión lleva a los jóvenes de estas zonas los llamados "embrujo de la ciudad" favoreciendo la migración, cosa que no es deseable. A pesar de esto, naturalmente la televisión es otra de las aplicaciones relevantes de la electricidad en las áreas rurales, tal como lo muestra el cuadro 2.3 donde se entrega el porcentaje de población rural de Costa Rica y Colombia que utiliza las distintas aplicaciones detectadas.

La utilización de las planchas eléctricas es otro uso con alto grado de aplicación y en general aquellos aparatos eléctricos de un relativo bajo consumo de energía. Efectivamente, tal como se destacara anteriormente, la población rural tendrá principalmente consumos eléctricos residenciales y estos posiblemente no serán intensivos en aparatos como lavadoras eléctricas, refrigeradores o cocinas eléctricas. Sin embargo, esto no significa que no pueda llegar a utilizarse en otras aplicaciones de carácter más industrial o comercial.

### Cuadro 2.3

#### Aplicaciones de Electricidad en Hogares Rurales de Costa Rica y Colombia

% de Hogares que usan la Aplicación

Aplicación	Costa Rica	Colombia
Luces (iluminación)	100	95
Planchas	57	73
Televisores	54	39
Radios	52	79
Refrigeradores	42	19
Licuadoras	39	32
Maquinas de Lavar	31	---
Hornos Eléctricos	21	91
Maquinas de Coser	3	26
Ventiladores	---	7

Tomado de encuestas a hogares, en "Rural Electrification in Costa Rica"

De Randy Girer y

"Rural Electrification in Colombia"

De Eduardo Velez

Extraído de "Electricity for a Developing World: New Directions"

Christopher Flavin.

Uno de los objetivos al electrificar es el entregar un servicio que permita promover actividades económicas alternativas.

"El real potencial de la electricidad no descansa en proveer agrado social sino en estimular, en su sentido más amplio, el desarrollo económico"<sup>6</sup>. Por lo tanto, se debe tener presente que existen varias actividades en los distintos sectores que se ven fortalecidos con la instalación de electricidad. Las aplicaciones específicas y el impacto que pueda tener la electricidad en el desarrollo de una localidad o región rural dependerá de las características de la población y del resto de inversiones de infraestructura que se emprendan. Lo importante es tener en cuenta que este es un servicio básico para poder implementar, promover y desarrollar actividades económicas que otorguen a la población rural igualdad de condiciones a la población urbana.

Algunas aplicaciones de la electricidad no tienen buenos sustitutos, como la iluminación de alta calidad, la televisión, la computación y las telecomunicaciones. No obstante, la gente que habita en pueblos y aldeas rurales busca la forma de satisfacer sus necesidades principales de iluminación, entretención y otras posibles de llevar a efecto con otras formas de energía como el kerosene, las velas, baterías u otras. A estas formas de energía que de una u otra forma sustituyen a la energía eléctrica se le denominará en adelante "energía sustituta".

Esta no es una forma de energía organizadamente implementada, sino que son los mecanismos más fáciles y económicos que encuentra la gente para alcanzar niveles básicos de vida ante la ausencia de servicio eléctrico.

Debe destacarse que las familias gastan una parte importante de su ingreso en esta energía sustituta, con la cual no reciben las mismas condiciones de calidad, eficiencia y seguridad que con la electricidad. Las diferencias de calidad pueden notarse claramente al pensar en la iluminación eléctrica y la que puede obtenerse de velas o lámparas a parafina. En cuanto a la eficiencia en la iluminación y en cualquier necesidad de fuerza motriz se tendrá que las luminarias y los motores eléctricos logran el mejor resultado al más bajo costo.

---

<sup>6</sup>Electricity for a Developing World : New Directions

La seguridad es otro factor importantísimo de destacar ya que los ejemplos de desastres provocados por el uso de fuego al interior de los hogares con el propósito de iluminarse y calefaccionarse son numerosos. Difícil será que la calefacción sea provista por energía eléctrica en caso que ésta este disponible en los hogares rurales, pero al reemplazar la iluminación con fuente eléctrica se reduce de gran forma el riesgo. Esto hace resaltar el hecho de que esta "energía sustituta" esta muy por debajo de satisfacer las necesidades al nivel que la energía eléctrica la satisface.

## **2.2.- Aspectos Generales de la evaluación de proyectos**

### **2.2.1.-Importancia de la buena identificación, preparación y evaluación de proyectos de electrificación rural.**

De acuerdo a lo expuesto en el punto 1 de este capítulo, la situación de la población rural es claramente deficitaria en términos de dotación de servicios básicos y con un grado de pobreza tal que deja ver claramente la falta de equidad de este sector respecto de la población urbana. Por otra parte, se analiza en el punto 2 la situación del desarrollo eléctrico en la región, su orientación hacia las grandes zonas de consumo y desarrollo industrial, y la importancia que reviste la dotación de energía eléctrica para las zonas alejadas de este desarrollo. Se anotó que la dotación del suministro a los hogares rurales tiene un valor por el cambio en la calidad de vida de la población y por la base que sienta para el desarrollo económico de la comunidad.

Según estas primeras conclusiones, parece fácil intuir que cualquier iniciativa de electrificar áreas rurales debiera ser llevada a cabo. Pero esto no necesariamente es así. Toda iniciativa sí debe ser tomada en cuenta, dado el diagnóstico realizado, pero debe estudiarse y analizarse con algún mecanismo que permita decidir si se ejecuta o no. Analicemos por lo tanto que razones nos llevan a detener un poco la idea de que debe hacerse todo lo que en principio nos parezca que reduce el déficit existente.

Desde siempre el hombre ha debido resolver el problema de procurarse los bienes y servicios que permitan satisfacer sus necesidades crecientes. Para procurarse estos bienes requiere de recursos, cuya principal característica es que son limitados respecto a las necesidades humanas. Esto significa que los recursos son escasos, es decir no existen en cantidades suficientes como para producir todos los bienes y servicios que el hombre y la sociedad desean. Por consiguiente se debe elegir la mejor forma de hacer uso de ellos y obtener el mayor bienestar posible. Lo anterior indica que no podemos sesgarnos sólo al déficit de electrificación que pueda presentar la población, sino que además debemos considerar que también esta población tiene otras necesidades, que pueden estar en el ámbito de la infraestructura, de la educación o de la salud.

Para todas estas necesidades existen recursos limitados y por lo tanto, no es directo que todo déficit deba satisfacerse ya que no alcanzaría para el total y tal vez quienes no alcanzaron a ser beneficiados tengan mayor necesidad que aquellos que si lo fueron. Por tanto, debemos buscar la forma de establecer un criterio que nos permita cubrir aquellas partes del déficit general que sean más importantes dada la limitación de recursos. Ahora bien, una interrogante básica que surge de lo anterior es como establecer ese criterio, o como determinar de una manera clara y objetiva la importancia de electrificar ciertas áreas por sobre otras, o de electrificar antes de entregar agua potable o antes de establecer centros de salud o de educación.

La teoría económica sostiene que el aumento en la disponibilidad de bienes y servicios -mayor nivel de satisfacción de las necesidades, como por ejemplo de electrificación- no solo es atribuible a la mayor cantidad de inversión que se realice, sino que también a la mejor calidad de esta inversión. Esto se traduce en la correcta asignación de los escasos recursos de inversión. En efecto, se puede demostrar que la contribución al crecimiento económico de incrementar al doble al monto de inversión de un país, equivale exactamente a la que se obtendría de incrementar, por ejemplo al doble la rentabilidad de las inversiones efectuadas con dicho monto (asumiendo que el nivel de riesgo asociado a las inversiones en ambos casos, es el mismo). De estos dos caminos para aumentar los niveles de vida de las personas aparece con un menor costo para las mismas el de aumentar la rentabilidad de las inversiones. El otro camino - aumentar la cantidad a invertir -puede ser muy dramático especialmente para los sectores más pobres, ya que para ello se deberá aumentar el ahorro interno y por consiguiente disminuir el consumo presente en este monto, cosa que para estos sectores significa dejar de satisfacer necesidades básicas.

Por tanto, los esfuerzos deben destinarse a incrementar la rentabilidad de las inversiones a realizar. Esta rentabilidad mide la proporción de la inversión que se obtendrá como excedente al ejecutar la misma. Esta medición no resulta trivial cuando se quiere medir el impacto de electrificar o de dotar de otros servicios como agua potable o de educación y salud. En este punto es donde la evaluación social de proyectos juega un rol preponderante ya que tiene por objetivo identificar y valorar la contribución de un determinado proyecto al desarrollo de un país.

La importancia de identificar y preparar los proyectos de electrificación rural radica fundamentalmente en el hecho de que en general, se puede tener más de una forma de resolver el déficit. Además, dado que debe medirse la contribución del proyecto a la satisfacción de este déficit, es fundamental establecer la o las zonas donde se planteará solucionar el problema.

Además se deberán recoger variables o parámetros específicos en cuanto a los aspectos geográficos, de población beneficiaria, de condiciones actuales e infraestructura y dotación de servicios u otras que permitan medir la rentabilidad social del proyecto.

Al tener más de una forma de superar el déficit debe determinarse también cuál es la mejor de acuerdo a costos, tecnología, duración, requerimientos de operación y otro que pueda establecer la política de desarrollo del país.

La realización de un estudio que analice los aspectos anteriormente descritos determina que al momento de evaluar la forma de superar el problema o déficit se tenga la convicción de que se ha identificado la o las mejores alternativas de proyecto.

Después de identificar y preparar se debe medir con exactitud y de acuerdo a las herramientas que nos entrega la teoría económica el impacto o beneficio que significa para la población el dotarla de energía eléctrica y compararlo con sus costos.

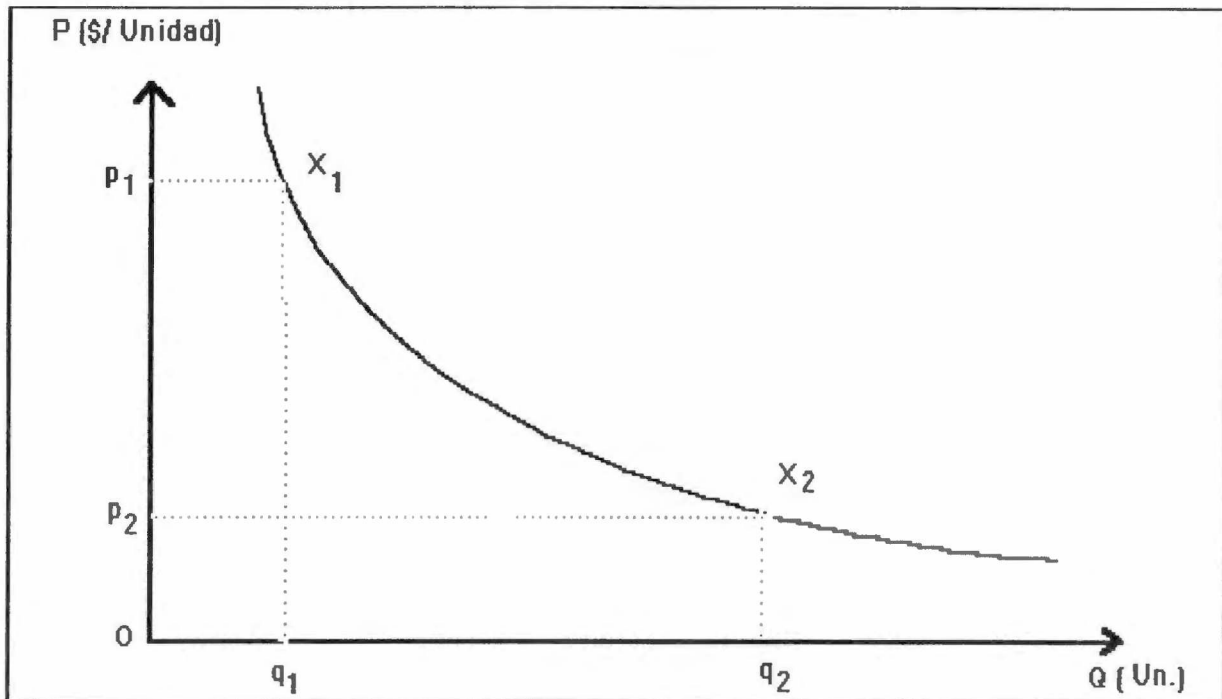
En el punto 2.1.2 se entregaron aspectos que nos permiten identificar beneficios de la electrificación rural, sin embargo su cuantificación es algo más compleja.

Antes destacamos que gran parte de los beneficios sociales están dados por el aumento en el bienestar de la comunidad por consumir energía eléctrica. Este aumento de bienestar se puede entender como el valor que la gente da a la posibilidad de consumir más y mejor energía y a un precio relativamente más bajo. El cómo medir esta valoración se expone brevemente en la figura 2.1.

Los beneficios por potencial desarrollo económico de la localidad o comunidad como un todo se consideran como externalidad debido a la incertidumbre respecto de su efectividad y dado que en general dependerá también de otros proyectos ( de infraestructura, educación, salud etc.).

FIGURA 2.1

BIENESTAR POR AUMENTO DE CONSUMO  
DE UN BIEN



La teoría económica nos indica que se puede valorar el bienestar de un individuo, producto del desplazamiento de su punto de consumo de un bien, cuantificando el área bajo la curva de demanda por ese bien desde el punto de consumo inicial, al punto de consumo final. De esta forma, el área bajo la curva representa los beneficios por dejar de utilizar recursos para la antigua cantidad consumida (área  $p_1 X_1 q_1 0$ ), y por aumentar el consumo del bien de  $q_1$  a  $q_2$ , que permite el hecho de que el precio unitario de este bien baje de  $p_1$  a  $p_2$ .

### **2.2.2.- Ciclo de Vida de los Proyectos**

En la justificación de la necesidad de identificar, preparar y evaluar proyectos de electrificación rural fuimos planteando etapas a ejecutar en distintos momentos y que determinaban las siguientes. Estas etapas se insertan en los llamados estados del ciclo de vida de los proyectos. Mas específicamente, el ciclo de vida de un proyecto es el proceso de transformación de las ideas de inversión. Esta transformación significa la utilización de recursos (humanos, materiales, financieros, etc.) que van agregando valor a las ideas de inversión, a medida que pasa de la identificación a la formulación, evaluación, ejecución del proyecto y luego, a su puesta en marcha. Si bien este proceso de transformación adquiere en la práctica matices distintos para cada proyecto o tipo de proyecto (por ejemplo, de electrificación) es posible observar que en todos los casos se dan algunas características que permiten efectuar una cierta generalización de este.

Una forma de describir el ciclo de vida de un proyecto es asimilando esta acción transformadora a una serie de procesos de producción en cada uno de los cuales el proyecto va revelando su potencialidad, lo que permite tomar decisiones sobre; profundizar el estudio, modificarlo, postergarlo, abandonarlo o ejecutarlo y ponerlo en operación. De esta forma se distinguen tres grandes estados sucesivos en este proceso de transformación. Estos estados son los siguientes:

Preinversión

Inversión y

Operación.

#### **Estado de Preinversión.**

En este estado se prepara y evalúa el proyecto de manera de obtener de él, el máximo excedente económico a lo largo de su vida útil, para lo cual se deben realizar estudios de mercado, técnicos, económicos y financieros. Estos estudios conviene abordarlos sucesivamente, en orden determinado por la cantidad y calidad de la información disponible, por la profundidad del análisis realizado y por el grado de confianza de los estudios mencionados.

Esto determina que se definan cuatro etapas dentro del estado de preinversión:

- \* Generación y análisis de la idea de proyecto
- \* Estudio a nivel de perfil
- \* Estudio de pre-factibilidad
- \* Estudio de factibilidad

La generación de una idea de proyecto surge por necesidades insatisfechas, por políticas generales o de desarrollo, por la existencia de otros proyectos en estudio o en ejecución ,etc. Este es el punto de partida y por lo tanto debemos plantear muy bien el problema; definir la necesidad que se pretende satisfacer o se trata de resolver, establecer su magnitud y señalar a quienes afectan las deficiencias detectadas. De tal análisis surgirá la especificación precisa del bien que se desea construir o el servicio que se pretende dar. Debemos además identificar las alternativas básicas de solución al problema, de acuerdo a los objetivos predeterminados.

Este primer análisis debiera ser suficiente para tomar la decisión de continuar el estudio y por tanto profundizar su análisis y contenido, o de rechazar la idea por parecer no factible.

En el caso de electrificación, la idea surge naturalmente de la necesidad insatisfecha y de un afán de lograr equidad entre la población rural y la urbana.

El estudio a nivel de perfil debe analizar todos los antecedentes que permitan formar juicio respecto de la conveniencia y factibilidad técnico-económica de llevar a cabo la idea del proyecto. La elaboración del perfil debe incluir un análisis preliminar de los aspectos de demanda, oferta, técnicos y de evaluación. Para su realización se utilizan cifras estimativas que incluyen, cuando corresponde, una aproximación gruesa a los costos y beneficios. En la medida que el acceso a una información más detallada no signifique mayores costos, será conveniente incluirla a este nivel de estudio.

La idea en esta etapa se ha transformado a una comparación de costos y beneficios que nos debe permitir decidir si continuamos incurriendo en los costos que significa ir aumentando la cantidad y calidad de la información con el fin de medir exactamente el aporte del proyecto a la comunidad y el nivel de recursos que requiere su ejecución.

En suma, el estudio del perfil permite basicamente adoptar tres decisiones alternativas:

- a) Profundizar el estudio, incurriendo en los costos de mejorar la información
- b) Ejecutar el proyecto con los antecedentes disponibles en esta etapa, ya que el grado de certidumbre es aceptable respecto del nivel de inversión y los niveles de rentabilidad obtenidos, y
- c) Abandonar definitivamente la idea, ya que el perfil demuestra que esta no es buena.

Si se ha optado por la decisión a), corresponde pasar al estudio de prefactibilidad en que deberemos examinar en detalle las alternativas consideradas más convenientes y en todos aquellos aspectos que en la etapa de perfil quedaron con alto grado de incertidumbre y que inciden en la factibilidad y rentabilidad de las eventuales alternativas.

El nivel de confianza respecto del nivel de inversión y la bondad del proyecto, bondad que ya había determinado el perfil (por eso se pasó a la prefactibilidad), nos indica si se ejecuta directamente el proyecto o debemos ser mas exactos con la información de costos y/o beneficios, y pasar al estudio de factibilidad. Este estudio aún podría llevarnos a la decisión de no ejecutar el proyecto en la medida que la rentabilidad obtenida en los estudios anteriores este en el límite de lo aceptable.

Este estudio debe reunir toda y la mejor información para tomar la decisión de ejecutar o no el proyecto y por tanto debe tener exactamente definido aspectos como tamaño, localización, tecnología, calendario de ejecución y fecha de puesta en marcha. En este nivel de estudio deben intervenir especialistas que culminan el proceso de aproximaciones sucesivas en la formulación y preparación del proyecto.

Para efecto de los proyectos a evaluar con esta guía, es requerible estudios sólo a nivel de perfil, ya que la información necesaria para minimizar la incertidumbre antes de la decisión de ejecutarlos, es relativamente sencilla y está disponible a bajo costo en los municipios, empresas y cooperativas eléctricas. No obstante esto, alguna alternativa específica de proyecto puede requerir un nivel mayor de información para la implementación.

### **Estado de Inversión.**

Este estado corresponde al desembolso de los recursos disponibles para invertir en el proyecto. Estos desembolsos se destinan a las etapas de :

- \* Diseño o programación de las actividades
- \* Ejecución del proyecto

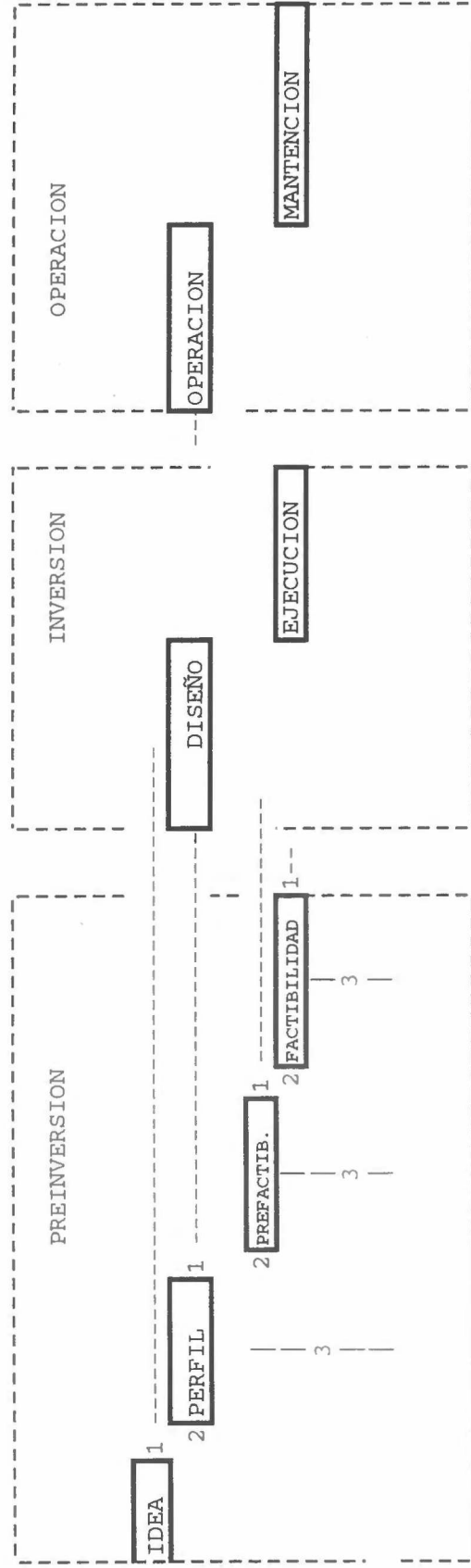
### **Estado de Operación.**

Este sucede desde que se pone en marcha el proyecto y comienza a generar los costos y beneficios calculados, se distinguen básicamente las etapas de :

- \* Puesta en marcha
- \* Operación plena

En este caso, de electrificación rural, se considerará en el marco de esta guía, proyectos de dotación de energía eléctrica a comunidades rurales de no más allá de 300 hogares, de modo que la envergadura de los proyectos no amerita incurrir en mayores costos en los estudios de preinversión que los asociados al perfil correspondiente, como se explicitó anteriormente. Además, uno de los objetivos de esta guía es entregar los antecedentes necesarios que permitan elaborar tal perfil con un grado de certidumbre aceptable en la determinación de beneficios y más que aceptable en la determinación de costos de inversión y operación de cada alternativa. De modo que, salvo excepciones justificadas, el estudio a nivel de perfil nos permitiría decidir directamente si ejecutar o no el proyecto.

**CUADRO 2.5**  
**CICLO DE VIDA DE LOS PROYECTOS**



- 1 : aprueba idea y ejecuta PREFACTIB.
- 2 : aprueba etapa y pasa a siguiente
- 3 : reprueba etapa y rechaza idea

### III. IDENTIFICACION DEL PROYECTO

Este capítulo estudia las formas de abordar el problema general expuesto en el capítulo anterior. Se describen mecanismos para identificar proyectos específicos con coberturas limitadas que pueden manejarse a nivel local.

#### 3.1 Criterios para la identificación de proyectos de electrificación rural.

A pesar de que esta guía está orientada para manejar el problema de la electrificación rural a nivel de las comunidades, la idea global se puede generar desde niveles provinciales o regionales e incluso desde un programa o estrategia centralizada que defina los mecanismos para identificar proyectos de electrificación rural.

Generalmente estas definiciones están basadas en un análisis multicriterio, es decir se analizan diversos criterios, se les otorga un peso relativo y se toma una decisión en base a la suma ponderada de ellos.

Algunos de los criterios que pueden darse para establecer población beneficiaria de proyectos de electrificación son:

**\* Cantidad y concentración de la población.**

Ciertamente, ante la necesidad de cubrir un déficit con recursos escasos, el hecho de cubrir el mayor número de personas al menor costo, deja ver que las comunidades con mayor población y más concentradas pueden ser priorizadas frente a las que presentan en menor proporción estas características. Esto, porque efectivamente el costo unitario de instalación por hogar, de cualquier alternativa de abastecimiento eléctrico, crece con la distancia.

Una situación extrema que permite ejemplificar este punto, es el nivel de electrificación en los centros urbanos, el que en la mayor parte de la región está por sobre el 70%. Estas urbes presentan características de alta población y alta concentración de la misma, por lo que las economías de escala en proyectos de electrificación son considerables.

Por ejemplo, en una ciudad se puede llegar a tener hasta 500 conexiones en un tramo de un kilómetro de tendido eléctrico ( a razón de 25 conexiones por cada 100 metros y a ambos lados).

Sin embargo, las localidades rurales se caracterizan por las largas distancias entre cada hogar, especialmente en el campo donde la mayor parte de los terrenos son destinados al cultivo. Esto significa que en un kilómetro de extensión no sea posible considerar más allá de 30 o 40 conexiones. De hecho el programa de electrificación que se ha implementado en Chile, exige una cantidad de conexiones en el intervalo [ 5, 35] por kilómetro de línea de baja tensión para ser considerado como beneficiario.

**\* Nivel de pobreza.**

De acuerdo a lo expuesto en el capítulo segundo, la población rural presenta además de una situación de inequidad respecto de la población urbana, un cuadro de pobreza que acrecienta aún más la necesidad de considerar esta variable para una efectiva focalización de los recursos.

Dentro del ámbito rural, existen grupos con más necesidades que otros y esto lleva de todas maneras a la necesidad de medir con algún mecanismo el nivel de pobreza de las comunidades sin energía eléctrica, a fin de priorizar aquellas familias de menores recursos.

Un ejemplo de la utilización de este criterio se puede recoger del Apartado 2.1. Las encuestas de caracterización socioeconómica que se realizan en algunos países para identificar beneficiarios de programas sociales, permiten listar los hogares pobres en orden de mayor a menor nivel de pobreza dentro de un estrato previamente definido como pobre.

**\* Actividades socioeconómicas.**

También se mencionó en el capítulo segundo, el hecho de que la población rural por mucho tiempo se ha visto restringida a la actividad agrícola, lo que limita las expectativas de desarrollo en gran forma. Más aún, para las localidades sin energía eléctrica la actividad agrícola puede ser insuficiente para alcanzar un grado de bienestar mínimo, ya que sin la electricidad no se pueden tecnificar ciertos procesos de la agricultura.

De esta forma, resulta importante también considerar la actividad socioeconómica de la población, especificando si es agrícola o de otro sector, el nivel de tecnificación y las expectativas de desarrollo de esta actividad.

Se puede considerar como ejemplo, el caso de una localidad rural ubicada en una zona costera y que su actividad principal está relacionada con la pesca artesanal. Se podría pensar a priori que la dotación de electricidad en este lugar no alteraría de gran forma el nivel de actividad o los ingresos que la población percibe por la misma. Sin embargo, claro está que los productos que obtienen los pescadores un día determinado deberán venderlo el mismo día, dado que su característica de perecible imposibilita su almacenamiento simple por un período mayor. De esta forma se puede atender que aún cuando la electricidad pueda tener muy poco impacto en la producción misma, como en este caso, es considerable el impacto que tiene en las posibilidades de comercialización. Esto por cuanto se puede almacenar producto en una cámara de frío que sólo es posible si la localidad posee energía eléctrica (aún cuando pueden darse otras formas de alimentar un sistema de congelamiento o conservación en frío, pero que resultan más costosas).

\* **Nivel de aislamiento.**

La posibilidad de contar con energía eléctrica en una determinada localidad abre las puertas hacia todo el medio externo y el resto de la población a través de la posibilidad de implementar sistemas de telecomunicaciones. Este factor tiene un mayor peso dependiendo del grado de aislamiento de la localidad. Para aquellas localidades más aisladas tendrá un mayor impacto la dotación de energía eléctrica y podrá ser foco de atracción de mayor población. Estas personas seguramente sentirán un mayor grado de integración al resto de la población nacional.

Aparte de estos criterios, pueden haber otros como; estructura de la población, índice de emigración, antigüedad de la localidad, etc. que también pueden considerarse para el diseño o elección de un mecanismo de identificación.

### **3.2.- Mecanismos de identificación.**

El mecanismo de identificación más directo es la propia demanda de la comunidad, la que debe tener los conductos adecuados para hacerse escuchar y considerar en los niveles de decisión correspondientes, llaméense estos Municipios, Distrito, Zona o Región, a la hora de asignar los recursos. Un problema claro que se presenta con la exclusiva consideración de este mecanismo, es el de objetivizar y medir en igualdad de condiciones las variadas demandas de más de una localidad que dependan de una misma autoridad administrativa encargada de asignar los recursos.

Por esto último resulta conveniente combinar la identificación a nivel local (demanda de la comunidad) con algún mecanismo de índole regional o nacional que permita priorizar comunidades beneficiarias.

Estos mecanismos, que procesan de alguna forma los criterios anteriormente analizados, otorgándoles distintos grados de importancia, permiten establecer un cuadro, mapa o indicadores que posibilitan plantear escalas de prioridades de la población que sufre la falta del servicio. Antes de diseñar algún mecanismo específico, conviene revisar lo que está disponible hoy en día, considerarlo como complemento, modificarlo o aplicarlo directamente. La idea es no complejizar este paso, verificando si ya no se ha realizado antes este esfuerzo para algún otro fin similar.

#### **\* Estrategias o Programas Nacionales de Electrificación.**

Más que un mecanismo, un primer paso obligado para realizar la identificación de proyectos, es situarse en el contexto de la política o estrategia que cada país tiene para enfrentar la problemática de la electrificación rural. La mayor parte de los países de la región cuentan con alguna institución gubernamental encargada del tema de la energía ( Comisión Nacional de Energía en Chile, Secretaría de Energía en Argentina por ejemplo) y aún más algunas naciones cuentan con entidades dedicadas al tema de la electrificación rural (Instituto Nacional de Electrificación Rural, INER, en Bolivia).

De estas reparticiones y/o de otras surgen políticas generales para el sector de estudio, estrategias de desarrollo, e incluso programas específicos de electrificación.

Generalmente, estos últimos tienen incluídos algunos de los criterios antes mencionados en sus términos y pautas para otorgar el servicio a las localidades.

En el programa de conexión de localidades rurales a los sistemas abastecedores centrales en Chile se establece, entre otros requisitos, que:

- deben existir entre 5 y 35 conexiones por kilómetro de línea (criterio de concentración de la población).
- los beneficiarios deben pertenecer en su mayoría en los estratos socioeconómicos más pobres, (criterio de nivel de pobreza).

Naturalmente que estos lineamientos sectoriales dan el marco general sobre el cual se podrán identificar proyectos de electrificación rural.

\* **Encuestas.**

Estos instrumentos de recolección de información, que puede tener diversos fines, suelen ser muy útiles para detectar áreas o población con déficits de servicios de infraestructura y en situación de desventaja respecto de la mayoría de la población. No es recomendable diseñar ni realizar encuestas específicamente para el propósito de identificar proyectos de electrificación a nivel nacional ya que resultaría bastante costoso y escaparía a las intenciones de esta guía, que pretende abordar el problema desde la perspectiva local.

Lo que si debe hacerse es un análisis crítico de los instrumentos que ya existen y que en general recogen información diversa de la población para rescatar de allí la que resulte relevante para este fin.

Un ejemplo de instrumentos de este tipo es la ficha CAS en Chile, de la que se da mayor detalle en Apartado 2.1.

## APARTADO 2.1

### *La Ficha CAS*

*La Ficha CAS es un instrumento de caracterización socioeconómica del hogar, que se utiliza para identificar a la población en extrema pobreza, con el fin de focalizar los beneficios de la red social y de los programas sociales dirigidos a las personas. Esta Ficha está destinada a elegir como beneficiarios a los más pobres y se aplica y maneja a nivel municipal.*

*Existen dos versiones de la ficha, la CAS-1 y CAS-2. La CAS-1 recoge información sobre 14 ítemes, los cuales entregan alguna manifestación de pobreza. Incluye puntos relacionados con características de la vivienda, infraestructura sanitaria, equipamiento del hogar, hacinamiento, promiscuidad, combustible utilizado, alfabetismo y años de escolaridad del jefe de hogar y su cónyuge, actividad o trabajo del responsable de la mantención del hogar, y localización de la vivienda según región y carácter urbano o rural de la localidad. Los diversos ítemes se combinan en un índice sintético que se conoce con el nombre de puntaje CAS ("índice"). Este valor es el que determina el acceso o no a un subsidio o programa específico. Esto determina cinco clasificaciones de la población pobre, en orden de menor a mayor riqueza; cas1, cas2, cas3, cas4, cas5.*

*La aplicación de la ficha CAS-1 reveló ciertos problemas, lo que llevó a realizar estudios destinados a reorientar la ficha, cuyo resultado fue la CAS-2. Esta está en aplicación desde Junio de 1987 y se diferencia de la ficha CAS-1 en los siguientes puntos: agrega ítemes relacionados al monto y origen del ingreso familiar; redefine ítemes ya incluidos en la CAS-1 superando contradicciones y ambigüedades existentes en ésta; define de modo preciso la vivienda como unidad para ser encuestada e incorpora la variable familia, lo que permite posteriormente la identificación de familias allegadas, expresa la situación socioeconómica de la familia en un puntaje continuo; modifica la ponderación de los ítemes, estableciendo ponderaciones diferenciadas para áreas urbanas y rurales; y por último, las ponderaciones son menos "visibles" para el usuario en la versión CAS-2, dificultando una manipulación de la información.*

*En el caso del Programa de electrificación rural en Chile, el criterio de nivel de pobreza se mide con esta ficha. Se exige que la población beneficiaria se encuentre dentro de los tres puntajes mas bajos de la ficha ( cas1, cas2 o cas3) para asegurar la buena focalización de los subsidios que se otorgan vía este programa.*

*( Fuente: "La Ficha CAS como instrumento de asignación de subsidios" MIDEPLAN CHILE 1990)*

---

\* **Selección de información de grandes bases de datos**

Con el alto desarrollo de la informática en los últimos años han surgido diversas herramientas computacionales que permiten un mejor aprovechamiento de las grandes bases de datos con que se cuenta en las administraciones nacionales para fines de orientación de políticas y medición de la evolución de indicadores generales. Las características de estas bases de datos es su gran volumen. De ellas se obtiene finalmente información agregada tales como indicadores, tablas, cuadros que de alguna forma subutilizan los datos obtenidos a niveles desagregados. Estas herramientas son programas computacionales que justamente permiten darle una buena utilización a los datos contenidos en estas grandes bases con fines específicos a nivel provincial, comunal, etc.

La idea detrás de este mecanismo es el aprovechamiento de datos recolectados en todo el país, evitando el costo de recolectar, los mismos datos a nivel local para el fin específico de identificar proyectos.

Un ejemplo de estos programas es el DATER II creado en el Instituto de Planificación Física de Cuba, que permite el manejo de información física, económica, social que necesariamente debe tener una referencia a una estructura territorial, ya sea a nivel de país, provincia, municipio o asentamiento poblacional.

Otro ejemplo que es utilizable de mejor forma para el propósito de los proyectos a tratar en esta guía y que permite recuperar datos recogidos en los censos para fines específicos y áreas más pequeñas es el REDATAM, del que se entrega mayor detalle en el apartado 3.3 .

---

***Apartado 3.3.***

***REDATAM: MANEJO Y ANALISIS DE GRANDES BASES DE DATOS***

*Los Censos nacionales representan la empresa de mayor envergadura que acomete un país en materia de recolección de información. Ellos constituyen la única fuente que, con alguna periodicidad y para todo el universo del país recoge datos sobre variadas características demográficas y socioeconómicas de la población.*

*La información publicada -informes, cuadros, tabulados-, con frecuencia solo incluyen resultados demasiado generales y con escasa desagregación. Esta información si bien sirve el propósito de proveer un panorama general, presta poca utilidad a usuarios más exigentes que la requieren para la toma de decisiones a nivel de áreas geográficas menores (provincias, municipios, comunidades, etc.) y para la investigación más elaborada de temas específicos.*

*Por su parte, las modalidades tradicionales de almacenamiento de grandes masas de datos básicos (a nivel micro, con cada registro representando a un individuo u hogar) en cintas magnéticas, conllevan la necesidad de usar grandes computadores y personal especializado para procesar demandas específicas, no previstas, de usuarios. Si bien, en teoría, no existen limitaciones técnicas para satisfacer dichas demandas (los datos, la tecnología y los deseos existen), en la práctica, la ausencia de una estructura institucional flexible sumada a limitaciones de recursos materiales y humanos, no permiten atender y dar la misma prioridad a todos los posibles requerimientos de una manera simultánea y oportuna. Estos factores hacen que, cuando en definitiva se atienden estas demandas, ellas implican grandes demoras y altos costos, que para el caso específico de preparar los proyectos de este tipo no se justifican.*

*Para superar este problema, a mediados de los años 80 el Centro Latinoamericano de Demografía (CELADE) desarrolló un programa que permite acortar la brecha entre usuarios de información y productores de datos, REDATAM.*

*REDATAM (Recuperación de DATos censales para Areas pequeñas por Microcomputador) permite a productores poner a disposición de usuarios los datos básicos de censos y grandes encuestas, permitiéndoles rescatar la información que les sea necesaria para sus análisis de una manera rápida, simple e independiente a través de un microcomputador.*

*Su diseño considera la existencia de menús, instrucciones y ayuda en cada paso del programa; ello simplifica la tarea y minimiza la necesidad de usar manuales. Por tanto, el sistema es interactivo y amigable, y permite que sea operado por usuarios que no son programadores o expertos en computación. El propósito principal de REDATAM es organizar y mantener voluminosos archivos estadísticos dentro de la capacidad limitada de un microcomputador.*

*( Fuente : Efectos Demográficos de grandes proyectos de Desarrollo: Instrumentos de Análisis. CELADE - CEDEM - UNFPA , Costa Rica 1990)*

---

## **IV. DIAGNÓSTICO**

En esta parte, y una vez descritos los problemas del tipo de población identificada a nivel general, se debe realizar un diagnóstico con información detallada de la zona que habita, la cual permita en una etapa posterior, generar alternativas claras de solución. Para este fin se establecen un área de estudio, dentro de la cual se define el área de influencia del proyecto.

### **4.1. Definición del Area de estudio.**

El aspecto más importante del diagnóstico, es una clara descripción del problema que se intenta solucionar. En este caso, la falta del servicio eléctrico presenta un problema que puede resultar bastante claro. Sin embargo, y de acuerdo a los criterios analizados en el capítulo anterior, esta falta puede tener distintos impactos dependiendo de las condiciones de la población y del territorio que esta habita.

La definición de ésta área es básica para conocer los límites sobre los cuales realizar el diagnóstico de la población potencialmente beneficiaria en el contexto de la zona en que habitan y realizan sus actividades principales.

Dado que, en general, en el sector eléctrico se tiene una fase de transmisión que distribuye la energía generada en alguna central (de mediana o gran escala), el primer punto referencia para definir el área de estudio lo constituye al red de transmisión y distribución eléctrica que exista en la región o provincia. Además se deben considerar como referencia los límites de carácter político administrativo y/o de accidentes geográficos.

#### **\* La red de transmisión y distribución.**

La extensión de estas redes depende de la capacidad de generación de la o las centrales respectivas y los consumos de la población ya conectada a ellas. Las empresas o cooperativas que operan y administran los sistemas cuentan con la información necesaria para establecer si es posible la definición de algún área que ubicandose dentro del ámbito territorial de la red sufra la falta del suministro eléctrico.

Esta situación es posible ya sea porque el área como tal ha sido poblada con posterioridad a la instalación de alguna red relativamente cercana, porque la población no tiene los ingresos suficientes para conectarse o debido a la distancia o a accidentes geográficos, cualquiera de ellos que hacen en definitiva económicamente no rentable para las empresas o cooperativas entregar el servicio eléctrico.

\* **Límites político administrativos.**

Esto corresponde al criterio generalmente estilizado para definir un área de estudio ya que implica contar con un responsable claramente identificable (municipio, distrito, región o alguna otra). Esto facilita toda la recolección de información, la cual puede ser encontrada en tal administración, desde las características de la población, servicios e infraestructura con que cuenta y los recursos que pueden ser considerados.

\* **Límites por accidentes geográficos.**

No obstante se puede tener una primera definición de acuerdo al criterio anteriormente descrito, este puede ser muy amplio para fines de establecer condiciones semejantes del área a estudiar. Para una definición más acabada del área de estudio es conveniente considerar la existencia de; ríos, montes o montañas, carreteras de alta velocidad o algún otro límite natural o artificial que pueda encerrar una zona poblada, o sin que necesariamente la encierre establezca características similares para la población aledaña, como por ejemplo la actividad económica que queda condicionada por las condiciones del terreno que de alguna forma lo determinan los ríos, lagos y montañas que existan en la región.

#### **4.2. Caracterización del área de estudio.**

Definida el área de estudio es necesario recoger de ella las características relevantes para fines de dimensionar el problema de la población que la habita y la posible segmentación de ella de acuerdo a la identificación realizada. Las características importantes para este fin son:

- número total de localidades o asentamientos (o grupos de más de dos hogares relativamente concentrados) que se pueden identificar en el área
- cantidad de aquellos que no cuentan con el servicio de energía eléctrica
- características del suministro eléctrico en aquellos que cuentan con energía eléctrica
- grado de concentración de estos grupos y números de hogares de cada uno de ellos
- características geográficas generales de la zona; existencia de montañas, cerros, ríos u otros accidentes geográficos, condiciones climáticas y ambientales; dotación de infraestructura vial
- distancias a sistemas de transmisión y/o planta generadora
- características de organización administrativa del área

#### **4.3. Area de influencia del proyecto.**

Definida el área estudio, debe enmarcarse la zona dentro de esta área sobre la cual se dimensionará el proyecto. Esta zona queda definida principalmente por aquella en la cual habite preponderantemente población identificada como potencial beneficiaria y no cuente con el servicio eléctrico. Si esta fuera la situación de toda la población del área de estudio se selecciona aquel subconjunto que esté mayormente concentrado y que sea más factible de implementar según la información recogida del área de estudio. Si existen localidades dentro de esta área claramente identificables y alguna de ellas tiene una cantidad de población significativamente mayor que el resto en una superficie asimilable a algún centro medianamente urbano, significará una clara forma de definir el área de influencia. También lo serán la disponibilidad de recursos económicos y técnicos de la población y de recursos naturales y el potencial aprovechamiento de condiciones climáticas de las localidades.

Definida el área de influencia, que puede llegar a ser la misma de estudio, se requiere conocer las características de ella para el fin de generar alternativas de proyecto y evaluarlas. Estas características se esquematizan en el cuadro 4.1 y se detallan a continuación.

CUADRO 4.1

INFORMACION PARA CARACTERIZACION DEL AREA DE INFLUENCIA

VARIABLES	INFORMACION ESPECIFICA
GEOGRAFICA	Localización Superficie total considerada Superficie boscosa u otros accidentes Distancia a localidades más próximas con electricidad Distancia a líneas de transmisión y/o distribución eléctrica Características generales de recursos hídricos Condiciones climáticas en período mínimo de 1 año Uso del suelo
SOCIO- CULTURAL	Población Número de Viviendas Capacidad técnica de la población Servicios básicos existentes Formas de organización local Tasa de crecimiento poblacional
ECONOMICO- DOMESTICAS	Actividades económicas principales Niveles de Ingreso Familiar Tipos de Vivienda

El área de influencia queda caracterizada por estos datos que son relevantes para generar alternativas de electrificación rural. Las características geográficas de la localidad permiten dimensionar el proyecto y establecer límites para el análisis de oferta. En efecto, la localización y superficie total del área permite dimensionar la extensión de los tendidos de cables, los datos relacionados con las distancias a localidades más próximas con electricidad y a líneas de transmisión y distribución eléctrica, deciden si son o no viables alternativas de conexión a ellas.

La disponibilidad de recursos naturales, uso del suelo y condiciones climáticas permiten analizar alternativas de generación tal como se explicita más adelante en el capítulo de preparación.

Las características socio culturales permiten establecer especificaciones y restricciones del proyecto. Esto por cuanto, conociendo la cantidad total de habitantes, la velocidad con que estos aumentan o disminuyen y el número de viviendas en que habitan así como los servicios básicos con que cuentan (colegio, consultorio, teléfono público, otros) , se puede establecer qué cantidad de empalmes o conexiones son requeridos y de que capacidad cada uno. Sin embargo, esa proyección puede verse restringida por los ingresos que tengan las familias y que determine, por ejemplo, que no puedan plantearse alternativas de costos operacionales muy altos, ya que la población difícilmente puede absorberlos. Otra situación que puede darse es que las características de capacidad técnica de las personas que componen la población - por ejemplo población preponderante en mujeres y ancianos (situación que suele ser común en algunas zonas rurales) - haga riesgosa algún método que requiera de algún nivel de preparación y/o capacitación o de esfuerzo físico. Del mismo modo puede significar una restricción (o ventaja) la estructura organizativa de la comunidad, si esta no tiene instancias de organización se verá complejizada toda la labor de implementación, capacitación y aprovechamiento de cooperación entre los vecinos.

Las características económico domésticas permiten complementar la información anterior y servir de pauta para el análisis de potenciales desarrollo de actividades económicas adicionales a las que ejecutan las personas en la actualidad. Los datos acerca de los tipos de viviendas existentes son muy importantes para consideraciones de seguridad en las alternativas de electrificación.

#### **4.4. Análisis de demanda**

Es muy importante para la elaboración de un buen diagnóstico, a determinación de la demanda del servicio eléctrico, que presenta carencia o déficit, y cuáles son sus expectativas de crecimiento. En este caso, el servicio eléctrico no existe, sin embargo, la necesidad se satisface con "energía sustituta", por lo que corresponde analizar esta demanda.

##### **4.4.1. Demanda de energía sustituta y proyección.**

Esto corresponde a la determinación, en términos de necesidades, de la situación actual de la comunidad.

En el capítulo segundo se mostró que el uso más frecuente de la energía eléctrica en las localidades rurales en que se ha instalado la electricidad es a nivel doméstico y corresponde a la iluminación y el funcionamiento de aparatos como; planchas, lavadoras, radios y televisores. Estos constituyen usos que son satisfechos en la situación actual - especialmente la iluminación - con medios pocos seguros, ineficientes, costosos y contaminantes. El conjunto de estos medios, es lo que se denomina, para efectos de esta guía; "energía sustituta" y no es más que todos los elementos que la población rural carente de electricidad utiliza para sustituirla. Los tipos de energía sustituta que se dan generalmente, su utilización y problemas se pueden apreciar en el cuadro 4.2.

De los elementos que utiliza la población para proveerse de energía-asimilable a la eléctrica - se requiere conocer; cuáles se utilizan, en qué cantidad. La cuantificación monetaria será abordada en la evaluación del proyecto, de esta forma, se tendrá el dato exacto de la cantidad de energía sustituta demandada. Además, para evaluar esta situación en el tiempo, se necesita tener una idea de si esta cantidad crecerá, se mantendrá o disminuirá en el futuro, y debido a qué factores se producen los cambios.

El factor que más incide en el aumento de consumo de este tipo de energía en las localidades rurales, es el cambio en el número de su población, específicamente en el número de familias.

CUADRO 4.2.

ENERGIA SUSTITUTA: TIPOS , UTILIZACION Y PROBLEMAS

TIPO (Fuentes Energéticas Alternativas)	UTILIZACION	PROBLEMAS
KEROSENE Y/O LENA	Para iluminación en lámparas a kerosene y/o en fogones que también sirven para fines de calefacción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Altamente inseguro por el alto riesgo de incendio asociado a su uso</li> <li>* Contaminante ya que es producto de un proceso de combustión que arroja gases y partículas al aire.</li> <li>* Para el caso particular de la leña, su uso implica un deterioro al medio ambiente ya que degrada los bosques producto de la tala.</li> </ul>
CARBON	Para funcionamiento de Planchas	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Riesgo por la probabilidad de sufrir quemaduras.</li> <li>* Poco eficiente, ya que pierde mucho calor</li> <li>* De difícil manipulación, ya que debe cargarse el carbón caliente</li> </ul>
VELAS	Iluminación	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Poco eficientes, tienen muy poca capacidad lumínica</li> <li>* Riesgosas</li> <li>* Sucias</li> </ul>
PILAS	Funcionamiento de lámparas, radio receptores o radio transmisores	<ul style="list-style-type: none"> <li>* De bajo rendimiento, cada unidad dura poco</li> <li>* Relativamente costosas, en la medida que en general los aparatos funcionan con más de una.</li> </ul>
BATERIAS	Funcionamiento de motores, aparatos de radio y televisión y otros como ventiladores	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Bajo rendimiento, duración limitada</li> <li>* Voluminosas y pesadas, lo que dificulta su traslado</li> <li>* Costosas, en general no están fácilmente al alcance de la gente</li> <li>* Dificultad para la recarga</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

En efecto, la formación o llegada de una nueva familia al lugar, implicará un aumento en el consumo total de "KWH sustitutos" de la comunidad.

Otros factores como el ingreso o la actividad económica, en general no inciden en esta demanda, ya que estas localidades además de ser rurales tienen un importante grado de pobreza, por lo que la familia ante un pequeño cambio en su nivel de ingreso, seguramente consumirá más de aquellos bienes y servicios que son de mayor necesidad. Si el cambio del ingreso es muy significativo la familia emigrará o se proveerá por sí sola de energía eléctrica.

No obstante lo anterior, el consumo a nivel de la comunidad completa puede resultar más alto que la agregación de los consumos familiares, en la medida que se incorporen las potenciales actividades de desarrollo de la comunidad.

#### **4.4.2. Demanda de energía eléctrica**

Esto corresponde a la determinación de las necesidades en la situación con proyecto, es decir, asumiendo que la localidad cuenta con abastecimiento eléctrico.

Se trata por tanto, de encontrar el potencial consumo de energía eléctrica en la zona. Para esto, lo que resulta más fácil y menos costoso es asimilar el consumo a alguna localidad con características socio económicas similares dentro o fuera de la zona identificada. Los criterios para seleccionar una localidad representativa a la cual se le pueda asimilar un consumo son principalmente; los niveles de ingreso familiares y la actividad productiva preponderante en la comunidad. Estas características deben ser similares para suponer que la localidad beneficiada con el proyecto consumirá más o menos la misma cantidad de KWH, dado un precio equivalente y observable de la misma. Además, la localidad de comparación escogida deberá tener a lo menos un año de antigüedad con la disponibilidad de energía eléctrica, período en el cual se logra una estabilidad en el consumo mensual promedio, y la gente ya ha agregado a su vida cotidiana aparatos domésticos eléctricos que antes no tenía..

El tener energía eléctrica significará para las familias, incorporar estos mismos aparatos, y la forma de obtener el potencial consumo considera este aspecto.

Teniendo en cuenta las mismas consideraciones que en la determinación de la demanda de la situación actual, se tendrá que después del primer año la demanda crece sólo si crece el número de familias de la localidad.

#### 4.5. Análisis de oferta

La oferta corresponde a la disponibilidad de energía en la zona del proyecto. Para el caso de la situación actual, es decir, para la energía sustituta, ésta está constituida por los centros de abastecimiento de provisiones regulares de estas localidades.

Estos centros no dependen fuertemente de la venta de los elementos energéticos alternativos incluídos en la energía sustituta, sino mas bién del total de provisiones que requiere la población, incluído los alimentos.

Para el caso de la energía eléctrica, en el área de influencia específica, esta oferta no existe, no obstante puede existir en el área de estudio.

De tal forma es importante recoger información acerca de si existen localidades dentro del área de estudio que cuenten con energía eléctrica. En el caso de que no existan se puede concluir que la oferta no existe. En caso de que si haya alguna, se debe analizar si esta proviene de generación local a través de algún sistema descentralizado (generadores, microcentrales, etc), o de la conexión a algún sistema abastecedor centralizado formado por centrales de envergadura y una red de distribución.

En el primer caso - de generación local - se debe establecer si el sistema generador opera a plena capacidad o si existe capacidad ociosa aprovechable por el proyecto. De esta forma se puede considerar una oferta aprovechable.

En el otro caso - de conexión a un sistema abastecedor - se puede considerar una oferta infinita, que no requiere de incrementos, ya que el consumo de las localidades rurales, que son materia de esta guía, es comparativamente insignificante frente a los niveles de energía y potencia que se transmiten en estos sistemas. Esto por cuanto estos sistemas diseñan sus capacidades para centros de consumo urbanos e industriales y el margen de respaldo es suficiente para satisfacer estos consumos marginales de las zonas rurales.

En resumen, existen dos situaciones probables; la oferta no existe y lo que debe por tanto analizarse es su creación; y la oferta existe, ya sea por capacidad ociosa de un sistema de generación local cercano, o por la eventual conexión a un sistema eléctrico centralizado.

Este análisis, conduce de manera muy fácil a la generación de alternativas de solución para la localidad que sufre la falta del servicio eléctrico

## **V. PREPARACION DEL PROYECTO**

En este capítulo, se señala como plantear alternativas de solución al problema detectado en el diagnóstico, y como clasificarlas de acuerdo a su factibilidad técnica según las características de la localidad.

### **5.1. Generación de alternativas**

Las alternativas de solución, tal como se desprende del análisis de oferta realizado en el capítulo anterior, se pueden agrupar en dos tipos:

- i) Conexión a algún sistema generador:
  - Sistema generador local cercano
  - Sistema generador centralizado
- ii) Generación local de energía:
  - Generadores Convencionales en base a combustibles.
  - Generadores fotovoltaicos.
  - Generadores eólicos.
  - Microcentrales hidroeléctricas.

#### **5.1.1. Conexión a sistema generador.**

Analizada y verificada la existencia de capacidad para la demanda actual y futura, se debe analizar la factibilidad de hacerla llegar a la localidad en estudio.

En este análisis se debe tener en cuenta la distancia entre la fuente generadora y la localidad, para considerar posteriormente los costos y las pérdidas que se dan por transmisión de energía eléctrica. Esta distancia debe ser medida en kilómetros lineales, considerando los accidentes que pueda tener el terreno (cerros, ríos, bosques, etc) y que puede implicar que sea mayor que la distancia lineal entre ambos puntos.

También debe tenerse en cuenta, sobre todo en el caso de que la conexión se haga a un sistema de generación local cercano, que la capacidad de energía y potencia debe cubrir las necesidades actuales de la población con el déficit, su crecimiento y las pérdidas contempladas en la extensión de la red.

La limitante viene dada por la capacidad de potencia del sistema cercano. La cantidad de Kw ociosos que puedan existir debe ser mayor que la potencia requerida en la localidad en horas de punta. Este requerimiento se puede considerar entre 3 y 5 Kw por vivienda, a lo que deben agregarse las pérdidas .

### **5.1.2. Generación Local de Energía**

Los sistemas centralizados de escala nacional o regional no suelen abarcar todas las zonas rurales que carecen de energía eléctrica. Además existen localidades rurales insertas en regiones donde a pesar de que se cuenta con un sistema abastecedor de gran escala, su distancia a este sistema o su baja densidad de demanda eléctrica haga poco factible, desde el punto de vista económico, la extensión de las redes para la conexión al sistema.

Para superar este problema se tiene como alternativa la generación de energía eléctrica a nivel local, es decir, que en la propia localidad se produzca la energía y potencia necesarias para satisfacer su demanda, con algún método que permita el manejo y operación en la zona misma.

El método más ampliamente utilizado ha sido el de grupos generadores, sin embargo, en el último tiempo se han incorporado como alternativa métodos denominados "no convencionales" que permiten generar electricidad a partir de recursos energéticos naturales como el sol, el viento y los cauces fluviales entre otros.

Muchos de estos métodos se han vuelto competitivos fundamentalmente por dos aspectos:

- un fuerte desarrollo en la investigación de las tecnologías correspondientes, y
- una creciente disminución de los costos involucrados en los elementos constitutivos de estas tecnologías.

Además, para que estos métodos sean considerados con el fin de electrificar una localidad rural específica deberá cumplir con que; primero, haya una disponibilidad del recurso energético suficiente en calidad y cantidad en la región, y segundo, la conversión de la energía de estas fuentes a electricidad debe ser llevada a cabo con técnicas simples en su ejecución, operación y mantención. Deben tener además el mayor grado factible de integración local y un aceptable grado de confiabilidad.

En atención a lo anterior es que se consideran principalmente las alternativas tecnológicas anotadas; generación fotovoltaica, generación cólica y micro centrales hidroeléctricas, además de los convencionales grupos generadores.

#### • **Grupos Generadores Convencionales**

Este es uno de los métodos mas utilizados para dotar a la población de energía eléctrica dado su probado éxito y su relativa facilidad de implementación.

En efecto, este método, que consiste básicamente en la generación eléctrica a partir de la energía mecánica, se utiliza un motor a combustión que mueve un generador. Esto implica la necesidad de alimentar constantemente el sistema con algún combustible apropiado al motor, el que para el caso de potencias de menor escala (de 50 a 500 kw) generalmente utiliza diesel o gas. Los motores de mayor capacidad, utilizados en las centrales termoeléctricas utilizan como combustible petroleo o carbón. Por lo tanto, instalado ya el sistema, el factor determinante para el suministro eléctrico de la población es el abastecimiento permanente del combustible. Por este motivo, es que en aquellas localidades rurales con malos accesos para el transporte del combustible, con la frecuencia que es requerida para mantener un abastecimiento eléctrico aceptable, se haga poco factible su implementación a pesar de que resulta de fácil manejo y operación. No obstante, en las localidades donde es utilizado, generalmente se racionaliza su uso, operándolos sólo en horarios de consumo estrictamente necesario (especialmente a partir del crepúsculo y parte de la noche), y con una capacidad limitada suficiente sólo para necesidades mas urgentes de la población, especialmente el alumbrado. Esto por cuanto, el costo que significa el abastecer permanentemente el sistema con combustible para su funcionamiento es relativamente alto, y la eficiencia de la conversión es más bien baja.

El otro factor a tener en cuenta en estos sistemas es su natural contaminación, producto de la combustión que se lleva a efecto para el funcionamiento del motor.

Este sistema contempla una inversión relativamente alta y costos operacionales significativos, además de la correspondiente mantención y reposición de las partes y piezas que van sufriendo desgaste. Sin embargo, es un método seguro y confiable y de fácil manejo que ha significado que sea el más ampliamente utilizado en las zonas rurales que no pueden ser abastecidos mediante la conexión a sistemas centralizados.

#### • **Generación Fotovoltaica.**

Esta alternativa consiste en un ordenamiento en serie y/o paralelo, de celdas solares hechas de silicio u otro material semiconductor similar, encapsuladas en un material transparente que convierten la energía solar incidente en electricidad.

Este conjunto de celdas encapsuladas constituyen el panel fotovoltaico, que en general presenta la ventaja de no tener que ajustarse a un tamaño mínimo o máximo ya que las economías de escala que pueden darse son mínimas.

El sistema es muy confiable ya que las celdas solares son elementos en estado sólido que no tienen partes movimiento, y por tanto tienen muy baja probabilidad de desperfecto. Esto por cuanto la luz solar interactúa sólo con los electrones en la celda y no altera el material con que ésta está construida, por lo que las celdas pueden durar indefinidamente. Esto representa una gran ventaja, ya que en general los sistemas generadores tradicionales tienen partes en movimiento, que necesitan ser reemplazadas cada cierto período.

La vida útil de un sistema fotovoltaico está limitado sólo por el equipamiento e instalación de soporte y protección, el que puede durar entre 20 y 30 años.

La única mantención requerida es la remoción de polvo y suciedad con limpieza superficial y chorros de agua en las bases de los paneles, sobre todo en zonas con poca frecuencia de lluvias. El otro tipo de mantención es el reemplazo de las baterías de almacenamiento que son parte del sistema.

Las principales características, que hacen atractivos los sistemas fotovoltaicos para generación de electricidad en localidades rurales son:

- modularidad del sistema, que redundando en una flexibilidad en la instalación y una reducción de las pérdidas y costos de líneas de transmisión y distribución,
- el hecho de que pueda recibir la energía solar no necesariamente en forma directa, por lo que es un recurso aprovechable en la mayor parte de las zonas de la región, que reciben radiación solar gran parte del año,
- la simplicidad de construcción de los sistemas y un bajo nivel de mantenimiento requerido para su operación, y
- los beneficios para los usuarios en términos de operación sin ruido, confiabilidad y no contaminación por la no emisión de gases tóxicos ni humos.

Estos sistemas pueden ser mejorados a través de un "concentrador óptico" que actúa como lente de aumento, incrementando la cantidad de luz solar que llega al panel de 10 a 1000 veces. Esto requiere adicionalmente un sistema de tracción mecánico que mantenga el dispositivo con un ángulo óptimo al sol todo el día.

Esto, sin embargo, también representa un mayor nivel de mantenimiento para el sistema de enfoque automático y tiene la restricción de que debe recibir la radiación solar directa, por lo que a diferencia del sistema común se vuelve inapropiado en días brumosos, con radiación solar difusa.

#### · **Microcentrales Hidroeléctricas**

Uno de los recursos energéticos más abundantes en la región es el hidroeléctrico, es decir, la generación de energía eléctrica a partir de corrientes de agua, generalmente de cauces fluviales.

Esta tecnología de conversión de energía hidráulica a electricidad tiene mucho tiempo de desarrollo y se basa en el aprovechamiento de la fuerza de las corrientes en turbinas hidráulicas conectadas a generadores que la transforman en energía eléctrica.

Las centrales hidroeléctricas tienen un alto costo de construcción, por lo que su utilización se hecho factible, desde el punto de vista económico, sólo para grandes capacidades de producción (sobre los 20 ó 30 MW).

Sin embargo, el largo tiempo de desarrollo que ha tenido este método de aprovechamiento energético, el avance tecnológico correspondiente, y la reducción de costos (principalmente de materiales y de estudios de diseño y preingeniería), hacen posible que esta modalidad también se pueda considerar para demandas menores y por tanto para corrientes fluviales de menores caudales, que son relativamente abundante en muchas zonas rurales de la región.

En efecto, la introducción de las turbinas estandarizadas y toda la preingeniería ya desarrollada y fácilmente accesible, unido a la simplificación de las construcciones e instalaciones han hecho que se hayan implementado con éxito en algunas áreas rurales de la región mini o microcentrales hidroeléctricas con capacidades de generación moderada que permiten el suministro a un poblado o asentamiento relativamente pequeño.

Estas microcentrales, en general son del tipo filode agua (run of river) y lo que hacen es desviar parte de los caudales de los ríos para alimentar las turbinas y posteriormente devolver esas aguas a su cauce natural. Este factor los hace convenientes también desde el punto de vista medioambiental, ya que a diferencia de algunas grandes centrales no requieren almacenar el agua en embalses artificiales, que pueden romper o deteriorar algún ecosistema.

Este mecanismo de generación eléctrica es de todas maneras de un relativo alto nivel de inversión, sin embargo sus costos de operación son significativamente mas bajos en comparación a la generación térmica convencional, por ejemplo. Además el suministro es confiable desde el punto de vista de la seguridad y de la continuidad del abastecimiento salvo situaciones de sequía. Las microcentrales tienen una larga vida útil y su eficiencia es aceptable para los niveles de producción que se tratan en este documento.

#### • **Generación eólica**

Otro de los sistemas no convencionales que han surgido en el último tiempo como alternativa de solución para la electrificación de zonas rurales, es la generación por medio del aprovechamiento de la fuerza del viento.

En general , este recurso ha tenido algún nivel de utilización, pero sólo por medio de molinos de viento para el bombeo de agua. Además estos son casos aislados dentro de algunas regiones o zonas con abundante recurso. Esto indudablemente no optimiza el aprovechamiento del mismo.

Se sabe que la velocidad del viento varía según la altura donde se registra y la energía lo hace en una función cúbica a las variaciones de velocidad. Las leyes empíricas para la exploración de las velocidades a otras alturas sobre el nivel del suelo, obtenidas en un lugar, no son válidas para otro lugar. Es importante conocer el comportamiento vertical del viento, ya que si bien, viento y energía aumentan con la altura, aumentan también los costos de instalación y mantenimiento de las máquinas que aprovechan el recurso.

Estos aumentos no son proporcionales, por lo que se requiere de estudios de preinversión que mida con exactitud el recurso viento en toda la zona, ya que la medición en un lugar específico puede ser completamente distinto a otro punto ubicado a menos de un kilómetro de distancia. De esta forma, sólo teniendo un acabado mapa eólico de la zona se podrá tener la ubicación correcta de la o las turbinas.

La naturaleza intermitente de la energía eólica requiere en algunas oportunidades la provisión de sistemas de energía auxiliares o de respaldo y de adecuadas baterías de almacenamiento.

Las principales ventajas de los sistemas eólicos son que producen un mínimo impacto ambiental y que utiliza un recurso inagotable que no tiene un costo (precio)directo. Esto lo hace una muy buena alternativa para electrificar áreas rurales, que presentan una buena incidencia de vientos de una magnitud importante, ya que en la medida que el recurso sea abundante se puede evitar el costo del estudio de medición eólica y localización de turbinas, logrando con esto reducir significativamente la inversión. Lo anterior sumado a los bajos costos de operación y mantención hacen de la generación eólica una alternativa factible de analizar en la preparación y evaluación de un proyecto de electrificación rural.

Es interesante hacer notar que en algunas ocasiones las granjas eólicas han impactado en forma negativa al medio ambiente al convertirse en trampas mortales para las aves.

Además de estas tecnologías, existen otras que permiten la producción de energía eléctrica a partir de otras fuentes energéticas naturales como; el calor interno de la tierra ( geotermia), los gases de desechos orgánicos(biomasa), que podrán ser utilizados en el futuro para electrificar áreas rurales alejadas de los sistemas abastecedores o que no cuentan con los recursos energéticos necesarios para las alternativas anotadas. Esto en la medida de que sus costos de producción unitario vayan disminuyendo tal como se proyecta de acuerdo al cuadro 5.1 ( Costos de electricidad y proyecciones a nivel internacional obtenidas mediante energías no convencionales).

**CUADRO 5.1**

TECNOLOGIA	1980	1988	2000	2030
EOLICA	35	9	5	3
GEOTERMIA	4	4	4	3
FOTOVOLTAICA	369	33	11	4
SOLAR-TERMICA	58	13	8	5
BIOMASA*	5	5	--	--
ELECTRICIDAD CONVENCIONAL	8	13	--	--

Costos de Electricidad y Proyecciones, a Nivel Internacional, obtenidas mediante energías no convencionales.

\* BIOMASA: Incluye leña.

\*\* Precios calculados para localidades rurales.

Fuente: Worldwatch Institute: The potencial of renewable energy: An interlaboratory White paper. SERI, Colorado, U.S.A. 1990.

### 4.3.3 Preselección de Alternativas.

De las cinco alternativas descritas en el punto anterior puede haber algunas que antes de cualquier consideración de costos sean descartables por otros factores que son imprescindibles para su desarrollo.

En el siguiente cuadro se puede apreciar para las técnicas descritas los factores que son requisitos. ( Cuadro 5.2).

En efecto, el análisis de las características geográficas, climáticas y ambientales de la zonas rurales carentes de servicio eléctrico, así como las propias de los sistemas alternativos de generación permitirán establecer aquellas factibles de implementar en la zona específica.

Así se tendrá que aquellas zonas demasiado aisladas con escasas o malas rutas de acceso no será factible considerar los grupos generadores convencionales por la imposibilidad de alimentarlo constantemente con el combustible requerido. Si la zona en estudio es demasiado lluviosa o con poca incidencia de las rayos del sol será poco factible estudiar simplemente generadores fotovoltaicos pero tal vez sea muy factible el instalar microcentrales hidroeléctricas por la gran cantidad de cauces fluviales y los desniveles existentes, sin embargo, es poco probable pensar en implementar generadores eólicos, ya que la existencia de cerros y montañas impide generalmente el paso de los vientos que es el recurso imprescindible para este tipo de alternativa.

La extensión de redes será siempre la alternativa más factible de implementar en la medida que exista un sistema centralizado en las proximidades de la zona en estudio.

Posteriormente un análisis de los costos de inversión y operación entre las alternativas que hayan sido preseleccionadas permitirá definir la mas conveniente para la situación particular que se este estudiando.

## CUADRO 5.2

### Factores no Económicos Necesarios para El Desarrollo

#### De Alternativas de Electrificación

Alternativa	Condiciones Geograficas	Climáticas	Ambientales	Técnica u Otras
<b>GENERADOR CONVENCIONALES CON COMBUSTIBLES</b>	Facilidad de acceso periódico para carga de combustible		Buena forma de eliminar o reducir contaminación acustica y/o ambiental	Suministro de repuestos y habilidades para la mantención
<b>GENERADOR FOTOVOLTAICO</b>	Zonas no boscosas o con accidentes que impidan la llegada directa del sol.	Incidencia solar en la mayor parte del día y del año. Cielos claros.		
<b>GENERADOR EOLICO</b>		Incidencia de vientos de envergadura en forma relativamente constante en el año.		Factibilidad de implementar otras formas de abastecimiento de respaldo para superar problema de la intermitancia.
<b>MICROCEN-TRALES HIDRO ELECTRICAS</b>	Existencias de ríos y cauces con una importante historia hidrográfica.			Suministro de repuestos y habilidades para la mantención
<b>EXTENSION DE REDES</b>	Zonas sin muchos accidentes geográficos que puedan dificultar el tendido eléctrico.			Distancia entre conexiones en baja tensión no más allá de 500 m. por las pérdidas

## **VI. EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE PROYECTO.**

Este capítulo está orientado a exponer las consideraciones económicas que deben tomarse en cuenta, una vez analizadas las consideraciones técnicas, que permitieron dejar las alternativas mas convenientes, para decidir cual será finalmente implementada. Se entregan pautas e ítems para la cuantificación de costos y beneficios.

El capítulo anterior permite dejar descartadas las alternativas de electrificación que no sean adecuadas para la zona en estudio. Para aquellas que hayan superado ese filtro, se deben incorporar los factores económicos, que permitan decidir, de acuerdo a algún criterio preestablecido, la que resulte más conveniente.

### **6.1.- Costos de las alternativas de proyectos.**

Al describir las alternativas de electrificación se estableció que cada cual tiene elementos distintos que la componen y por lo tanto costos distintos de adquisición, implementación y operación. Estos costos suelen ser el primer factor de consideración económico dadas las restricciones presupuestarias que siempre hay para la inversión, la que respecto a la operación generalmente es bastante más alta. Este tipo de consideraciones así como la necesidad de medir la posibilidad de éxito de las alternativas en el tiempo hace que resulte conveniente separar los costos de inversión de los de operación.

#### **6.1.1. Costos de inversión de las alternativas de proyectos.**

Estos costos corresponden a todos aquellos en los cuales debe incurrirse una vez en el tiempo, generalmente al inicio del proyecto y corresponde a la adquisición de los elementos y la contratación de servicios necesarios para implementar la solución correspondiente.

Por esto se detallan a continuación los principales ítems de inversión para cada una de las alternativas antes de descritas.

- **Extensión de redes**

En este caso el sistema generador ya existe y lo que debe realizarse es alcanzar el punto óptimo de conexión, para transmitir la energía hasta la localidad y posteriormente distribuirla a la población.

**Inversión**

<p><b>Sistema de Transmisión</b>, que va del punto de conexión al sistema centralizado hasta el punto predefinido para la distribución correspondiente. Generalmente esta transmisión es en alta tensión (12000 o 23000 Volts).</p>
<p>- Postes de alta tensión, para soportar el cableado respectivo.</p>
<p>- Líneas de alta tensión, considerando transmisión trifásica.</p>
<p><b>Sistema de transformación</b>, recinto donde llegan las líneas de alta tensión y se transforma a baja tensión para distribuir a los hogares (110 o 220 Volts).</p>
<p>- Recinto para instalaciones</p>
<p>- Subestaciones, transformadores para bajar la tensión (algunas de las siguientes).</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Subestaciones 1.5 kva</li><li>- Subestaciones 3.0 kva</li><li>- Subestaciones 5.0 kva</li><li>- Subestaciones 10 kva</li><li>- Subestaciones 15 kva</li></ul>
<p><b>Sistema de Distribución</b>, es en líneas generales el mismo que para cualquier alternativa que separe la generación de la distribución en los hogares.</p>
<p>- Postes para baja tensión, para el tendido de cables</p>
<p>- Líneas de baja tensión, según la distancia y el número de hogares</p>
<p>- Empalmes e instalaciones interiores, considera medidores, fusibles e interruptores.</p>

- **Grupos generadores convencionales**

Para esta alternativa se requiere de una instalación donde resida el grupo motor generador y una red de distribución de electricidad en alta y/o baja tensión hacia los hogares.

**Inversión**

<b>Terreno, que debe considerar;</b>
- Recinto para instalación de equipos i) casa de máquinas (debe ir separado del siguiente por el ruido) ii) sala de comandos iii) sitio de instalación de equipos
- Estacionamiento de vehículos y zona de descarga
- Oficina y recinto de guardia
- Taller de conservación mecánica, eléctrica
- Bodega
<b>Equipos Principales:</b> que posibiliten la conversión de energía mecánica en energía eléctrica.
- Estanques de almacenamiento de combustibles
- Bombas para recibir y transferir el combustible
- Centrifugadora de combustible (purificadora)
- Motor
- Generador
- Transformador de poder, necesario cuando los consumos están muy dispersos (más de 800 m.) por la caída del voltaje.

<b>Equipos Secundarios y Red de Distribución</b>
- Malla de tierra
-Patio de alta tensión, cuando existen transformadores de voltaje
- Sistema de válvulas
- Tableros de interruptores de protección
- Cableado de alta tensión
- Cableado de baja tensión
- Postes
- Empalmes, considera las instalaciones en los hogares, fusibles, medidores, interruptores y otros.

- **Generadores Fotovoltaicos.**

Este sistema a diferencia del anterior implica la instalación de un sistema generador en cada hogar, por lo que se detallan los items de inversión para un hogar tipo. Para tener el costo total debe multiplicarse por el total de hogares u otros puntos de conexión (escuelas, consultorios, etc.) existentes en la localidad.

**Inversión**

<b>Sistema captador conversor</b> , encargado de recibir los rayos solares para convertir a electricidad
- Panel Fotovoltaico, con un número de celdas de acuerdo a la potencia que sea requerida
- Estructura soportante, generalmente de madera, ubicable en el techo de la casa o en un sistema de postes.

<p><b>Sistema de Acumulación</b>, para la energía producida que no es consumida directamente pueda ser almacenada y utilizada en períodos de baja insolación.</p>
<p>- Batería, almacena la energía producida</p>
<p>- Regulador, evita la sobrecarga a la descarga de la batería.</p>
<p><b>Sistema de Distribución</b>, para permitir el paso de la corriente al interior del hogar.</p>
<p>- Fusible, para cortar el paso de corriente en caso de falla o cortocircuito</p>
<p>- Cableado, para corriente continua, debe distinguir polaridades</p>
<p>- Inversores, para convertir la corriente continua en corriente alterna</p>

- **Microcentrales hidroeléctricas**

Este método también consiste en un sistema generador único y una red de distribución de la energía producida. La diferencia es que la inversión que se contempla es bastante intensiva en ingeniería y obras civiles aparte de los equipos necesarios.

**Inversión**

<p><b>Preinversión</b>, Corresponde a los antecedentes que deben recolectarse para asegurar la seguridad de abastecimiento del recurso hídrico, y la cuantificación y especificaciones de las obras civiles correspondientes.<sup>1</sup></p>
<p>- Estudios hidrológicos, antecedentes del cauce fluvial aprovechable.</p>
<p>- Diseños de Ingeniería, cálculo de requerimientos de material, especificaciones de equipos y movimientos de tierra.</p>

---

<sup>1</sup> De acuerdo al nivel de estudio planteado para este tipo de proyectos, se contempla para esta alternativa recoger estos antecedentes y no efectuarlos, salvo los diseños específicos para las obras contempladas. (Los antecedentes hidrográficos pueden ser obtenidos de las instituciones de riego de la región o el país.)

<b>Obras Civiles</b>	Construcción e instalaciones necesarias para desviar el cauce y aprovechar la energía.
	- Captación, bocatoma que desvía parte del caudal hacia el estanque de carga
	- Desarenador, obra para decantar las impurezas gruesas que arrastra la corriente
	- Instalaciones para casa de máquinas, generalmente bajo el nivel normal de superficie.
	- Construcción de oficinas y caseta de guardia
<b>Equipos Principales.</b>	Para el aprovechamiento del recurso hídrico y la conversión correspondiente.
	- Tubería de carga, tubería de conducción desde el estanque de carga hasta el inyector, incluye accesorios y válvulas de control de flujo y seguridad.
	- Estanque de carga, desde el que sea alimenta a la tubería de carga
	- Turbina, que recoge la energía hídrica y la convierte en mecánica
	- Generador, que convierte la energía mecánica en eléctrica
	- Panel de control eléctrico, para regular el sistema
<b>Sistema de Distribución:</b>	
	- Postes para líneas de baja tensión
	- Líneas de baja tensión
	- Empalmes, instalaciones interiores, medidor, fusibles e interruptores.

- **Generadores eólicos**

Este método aprovecha la fuerza del viento para transformarlo en electricidad y a pesar de que puede diseñarse como un método de solución por hogar, se hace más factible como solución a través de una central coloelectrica y la distribución correspondiente. Esto porque el recurso cólico puede ser distinto en cada punto y por tanto en alguno puede ser más abundante.

**Inversión**

<b>Aerogenerador</b> , es el sistema de captación de la energía cólica y de conversión a energía eléctrica.
- Rotor eólico, sistema de aspas que recoge la energía del viento
- Sistema de orientación, encargado de direccionar el rotor en el sentido de mayor aprovechamiento eólico.
- Sistema de protección, para evitar daños por vientos de alta velocidad
- Torre soportante, estructura (generalmente de madera) que permite ubicar el rotor a la altura óptima para aprovechar los vientos.
<b>Sistema de Almacenamiento</b> , acumuladores que permiten almacenar la energía que se caracteriza por un comportamiento intermitente.
- Baterías, banco de baterías adecuado para almacenar la energía producida
- Unidad de Control, componente electrónico, que regula la carga entregada a las baterías.
<b>Sistema de distribución</b>
- Cableado
- Postes
- Empalmes

### **6.1.2 Costos de Operación**

Comprenden los desembolsos recurrentes que deben efectuarse para mantener en funcionamiento la alternativa de electrificación seleccionada. Cada una de las alternativas detalladas tienen costos operacionales específicos que en magnitud pueden tener diferencias significativas. Esto también debe ser tomado en cuenta en la selección de la alternativa, ya que es la propia comunidad beneficiaria que deberá encargarse de absorberlo.

Los ítems de costos operacionales para cada alternativa se detallan a continuación.

#### **\* Extensión de redes**

Los costos de esta alternativa corresponde al pago de las cuentas por consumo de energía y potencia, las que pueden ser mensuales, semestrales, anuales o alguna otra forma que se acuerde con la empresa o cooperativa encargada de la distribución.

- costos por compra de energía
- costos por compra de potencia
- mantenimiento de redes
- lectura de medidores y facturación

#### **\* Grupos generadores convencionales**

Esta alternativa es la que tiene costos operacionales más altos, ya que debe alimentarse constantemente del combustible requerido, el cual debe ser transportado desde algún centro proveedor hasta la localidad para su almacenamiento. La capacidad de almacenamiento debe ser dimensionada de acuerdo a la frecuencia con la cual puede ser alimentada la central, considerando los riesgos por dificultades en camino de acceso, cambios climáticos y eventual escasez del combustible.

- Transporte y compra de combustible
- Mantenimiento periódico
- gastos administrativos de personal

\* **Generador fotovoltaico**

Este sistema tal como se explicitó en su definición, prácticamente no tiene costos operacionales, ya que se basa en el aprovechamiento de un recurso renovable que no tiene costos de adquisición. La única preocupación operacional es la correcta mantención del sistema de acumulación y transmisión, que en todo caso es común para todas las alternativas.

\* **Microcentrales hidroeléctricas**

Esta alternativa aprovecha un recurso, que aún cuando se ha tornado escaso, no sufre mayor consumo en el tipo de microcentrales que se ha planteado para efectos de esta energía, ya que desvía el agua necesaria del caudal y posteriormente la devuelve a su cauce para el aprovechamiento de regantes u otros. Por esta razón es que el costo operacional resulta también insignificante, sin embargo el número de instalaciones y equipos involucrados en la generación y el desgaste que sufren hace necesario considerar costo de mantención relativamente significativos que permitan hacer frente a los reemplazos de partes y piezas.

- mantención y reemplazo de partes y piezas

\* **Generador eólico**

Este tipo de generador también aprovecha un recurso renovable y de cero costo, por lo que tampoco se consideran costos operacionales directos. El costo de mantención también es relativamente bajo y corresponde al necesario para el buen funcionamiento del sistema de transmisión.

- mantención y reemplazo de partes y piezas

## 6.2.- Beneficios del proyecto

### 6.2.1 Beneficios directos cuantificables.

Estos beneficios corresponden a los que recibe cada familia directamente por el hecho de contar con el servicio para uso residencial. Es decir, la cuantificación corresponderá a la valoración que le dan las personas a : cambiar una iluminación a velas o lámparas a kerosene por bombillas eléctricas, poder utilizar aparatos como planchas, televisores, radios y otros por un período de tiempo que no esté limitado por la duración de pilas o baterías. En resumen el beneficio corresponde a la mayor disponibilidad por consumir más electricidad y para disfrutar de un servicio más seguro y de mejor calidad.

Tal como se explicó en la segunda parte del segundo capítulo, la teoría económica permite cuantificar el beneficio por el aumento de consumo de un bien mediante el área bajo, la curva de demanda de ese bien.

La curva de demanda de energía eléctrica es de la forma:

$$Q = aP^e$$

donde:

Q: Consumo de energía eléctrica (KWH/mes)

a: Constante que representa otras variables distintas del precio de la energía eléctrica.

P: Precio de la energía eléctrica

e: Elasticidad precio<sup>1</sup>

Sin embargo, en este caso no se puede tener un aumento de consumo de energía eléctrica, sino que el paso de consumir energía sustituta a energía eléctrica, por lo que no necesariamente se tiene una curva. Para superar este problema y dado que para construir la curva se necesitan de al menos dos puntos, se establece el siguiente supuesto metodológico: "El consumo de energía sustituta en la situación actual representa un punto en la curva de demanda de energía eléctrica".

---

<sup>1</sup>La elasticidad precio mide como cambia el consumo de un bien ante cambios en el precio de este. Su representación gráfica corresponde a la inclinación de la curva. Cuanto mas inclinada, menor sensibilidad del consumo ante variaciones de precio, menor elasticidad.

Esto quiere decir que se asumirá que la curva, en al menos la zona correspondiente a este punto, será única para energía eléctrica y sustituta.

El segundo supuesto metodológico es que con solo dos puntos se puede construir la curva, es decir asumir una inclinación, curvatura o pendiente igual en toda la extensión de ella.

Esto último significa tomar el factor "e" previamente definido con un valor constante y con ello poder establecer las siguientes ecuaciones:

Sean :

$P_0$  = Precio unitario de energía sustituta

$Q_0$  = Consumo total de energía sustituta de la localidad

$P_1$  = Precio unitario de energía eléctrica

$Q_1$  = Consumo total de energía eléctrica de la localidad.

El par  $(P_0, Q_0)$  define la situación sin proyecto, y  $(P_1, Q_1)$  la situación con él.

Para poder contar con los datos de la situación con proyecto deberá encuestarse a una o más familias de la localidad de acuerdo a los grupos socioeconómicos que puedan haberse identificado, y tomar datos de consumo de energía sustituta, es decir, cuánto de velas, pilas, batería, kerosene, leña, carbón o algún otro tipo de energético utilizan para iluminación, entretenimiento u otro uso residencial y cuánto dinero gastan en ello.

Un problema que se representa en esta fase es el de expresar la cantidad de energía sustituta que consume la población en una misma unidad de medida, ya que todas las fuentes energéticas alternativas son distintas y por lo tanto, su consumo se expresa en distintas unidades (n° de velas, lts. de kerosene, tiempo de batería, etc.).

Para superar esta traba, y dado que finalmente se pretende reemplazar esta energía por energía eléctrica y contra esa situación medir, resulta conveniente utilizar como unidad de medida el "kilowatt-hora" (KWH). Por lo tanto, se deben convertir las unidades de la energía sustituta a KWH, de acuerdo a los factores que se entregan en la tabla 6.1.

Para considerar el precio unitario se divide el total de gasto de la familia en los elementos que utiliza por el total de Kwh resultante al convertir el consumo de totales elementos.

**TABLA 6.1.**

**FACTORES DE CONVERSION DE ENERGIA SUSTITUTA**

ELEMENTO ENERGETICO	SUPUESTOS DE CÁLCULO	FACTOR DE CONVERSIÓN
VELA	-Capacidad lumínica de 18 watts. -Duración de 2.5 horas.	$F_{\text{vela}} = 0,045 \text{ kwh/vela}$
LAMPARA A KEROSENE	-Lamparas consumen 0,5 lts cada 4 horas, capacidad lumínica de 100 watts.	$F_{\text{kerosene}} = 0,8 \text{ kwh/lit keros.}$
GRUPOS ELECTROGENOS A:  BENCINA:  DIESEL:	-Equipo de 3 KVA con 1,2 lts/hr de requerimiento. -Equipo de 10 KVA con 2,25 lts/hr de requerimiento	$F_{\text{bencina}} = 1,211 \text{ kwh/ lit.}$  $F_{\text{diesel}} = 1,995 \text{ kwh/ lit.}$
PILAS	- Pilas alcalinas - Aparato de 3 watts. con 4 pilas - Duración 5 horas	$F_{\text{pilas}} = 0,056 \text{ kwh/pila}$
BATERIAS	- Bateria 12 voltios, 16 amperes hora	$F_{\text{Bateria}} = 0,192 \text{ kwh/bat}$

Un ejemplo de este ejercicio práctico se entrega a continuación.

---

### **Ejemplo 6.1.**

*Supongamos que se ha identificado una localidad de acuerdo a un mecanismo seleccionado, y que se tiene la información general de esa localidad según se detalla en la tabla 3.1. Tenemos por tanto, el número de familias del área de influencia que sufre la falta de energía eléctrica. Si las características socioeconómicas de estas familias son similares y su composición en número de integrantes también, podemos obtener datos de una de ellas y asimilarlos al resto de la comunidad.*

*Supongamos que esta familia suple la falta de energía fundamentalmente con velas, lámparas a parafina, plancha a carbón y pilas que le permitan operar un aparato de radio. De acuerdo a lo que el jefe de familia detalla las cantidades mensuales que consumen de estos elementos son :*

- 20 velas
- 10 litros de kerosene
- 2 kilogramos de carbón
- 4 pilas de tamaño grande

*Con el costo unitario de cada elemento podremos tener el gasto mensual total de la familia en ellos. Podemos agregar un factor para suponer un mayor consumo de estos elementos en ciertos períodos del año (en invierno) o simplemente multiplicar por el número de meses del año y el número de familias de la localidad para tener la cantidad y el costo anual de ella en energía sustituta. Con el dato de la tasa de crecimiento poblacional podemos proyectar este consumo en un horizonte de tiempo preestablecido. El factor que podrá variar año a año será justamente el número de familias.*

---

Los puntos de conexión en la situación final o con proyecto se toman de acuerdo a lo expuesto en el análisis de demanda de energía eléctrica por medio de alguna localidad que ya cuenta con el suministro y que tenga características similares a la estudiada, según se planteó en el análisis de demanda, en el capítulo anterior.

De esta forma con los cuatro puntos ya obtenidos tendremos el siguiente sistema a resolver.

$$\begin{aligned} Q_0 &= Q P_0^e \\ Q_1 &= Q P_1^e \end{aligned}$$

Que resolviendolo determina

$$a = \frac{Q_0}{P_0^e}$$

$$e = \frac{\ln(Q_0/Q_1)}{\ln(P_0/P_1)}$$

Así, el beneficio medido será, como se planteó anteriormente, el área bajo la curva definida con los valores de a y e determinados entre los puntos (P<sub>0</sub>, Q<sub>0</sub>) y (P<sub>1</sub>, Q<sub>1</sub>) que se cuantifica mediante la siguiente fórmula:

$$\text{BENEFICIO SOCIAL} = P_0 * Q_0 + e * \left[ \frac{Q_1^{(1+e)/e} - Q_0^{(1+e)/e}}{(1+e) * a^{1/e}} \right] \quad \text{si } e = -1$$

$$\text{BENEFICIO SOCIAL} = P_0 * Q_0 + (\ln Q_1 - \ln Q_0) \quad \text{si } e = -1$$

Esto se puede ver representado en la figura 6.1 de la página siguiente.

Aparte de estos beneficios se pueden dar otros de más difícil valoración, los beneficios indirectos.

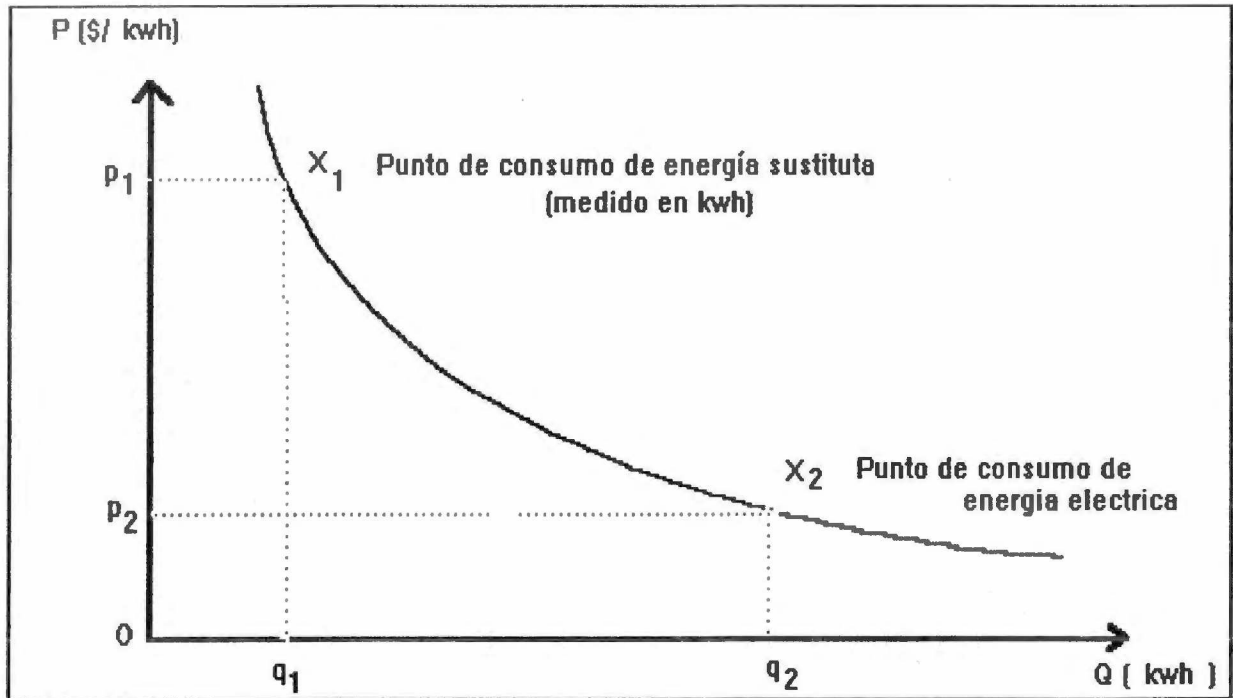
### 6.2.2 Beneficios Indirectos

Estos beneficios se traducen generalmente en un aumento de expectativas de desarrollo para la población en su conjunto, por la posibilidad de realizar proyectos colectivos de actividades que no pueden realizarse sin que existan condiciones básicas, entre ellas la de contar con energía eléctrica. Esto representa un beneficio a nivel de toda la comunidad, adicional al que recibe cada integrante de ella a nivel doméstico. La dificultad en el dimensionamiento de este beneficio radica en que no puede medirse claramente y depende de otras consideraciones sean estas de infraestructura, para contar con todos los elementos básicos de desarrollo de cierta actividad, o de mercado, que permita que tal actividad signifique retornos para la comunidad. Una forma de dimensionar la importancia de estos problemas, es describiendo actividades de algunos sectores económicos, que la población podría llegar a desarrollar de contar con energía eléctrica.

FIGURA 6.1

CURVA DE DEMANDA POR ENERGIA ELECTRICA

$$Q = aP^e \quad a, e : \text{constantes}$$



$X_1 (p_1 q_1)$ : situación actual : punto de curva de demanda de energía sustituta  
= punto de curva de demanda de energía eléctrica

$X_2 (p_2 q_2)$ : situación con proyecto: punto de curva de demanda de energía eléctrica

El punto de consumo inicial, de energía sustituta, presenta una baja cantidad de kwh a un precio unitario alto, fundamentalmente porque los elementos energéticos alternativos tienen una producción en términos de kwh, muy bajo (ver tabla con factores de conversión). En cambio, la situación con proyecto, consumo de energía eléctrica tiene una cantidad de kwh mayor, a un precio unitario más bajo.

## **Agricultura**

Dado que esta es la mayor actividad que se da en los sectores rurales, las mejoras que se puedan obtener por el hecho de contar con energía eléctrica tiene un gran impacto en la población. Estas mejoras, considerando que se analizan capacidades de abastecimiento eléctrico moderadas, apuntan generalmente a tecnificar ciertos procesos como la irrigación. Esta se efectúa generalmente por simple escurrimiento desde canales o cauces fluviales. Esto sin embargo, produce mucha pérdida del recurso hídrico y se torna un problema insalvable en períodos de sequía, con el consiguiente riesgo de perder las cosechas. Las técnicas que superan estos inconvenientes se basan en la utilización de bombas que permiten dosificar el agua y extraerla de pozos o norias.

Evidentemente estas bombas pueden ser alimentadas con otras fuentes energéticas, sin embargo, la más eficiente es la eléctrica y en la medida que esté siempre disponible representa un beneficio importante para los agricultores.

Otro beneficio importante en esta actividad lo constituye la posibilidad de almacenar productos agrícolas, lo que puede llegar a tener un importante impacto en la economía de estos hogares. Esto porque en ciertas épocas, a los habitantes de estas zonas les puede resultar muy costoso abastecerse de ciertos productos, no sólo por su precio sino también por la dificultad de llegar a los lugares de abastecimiento dada su situación de ruralidad.

## **Ganadería**

En algunas zonas rurales se da también la crianza de animales y el aprovechamiento de sus productos especialmente la leche de vaca y cabra, y la lana de ovejas.

El aumento en los índices de productividad de los procesos de ordeña y esquila producto de su tecnificación son probados y constituyen también un impacto importante en la población. Esta tecnificación requiere entre otras cosas de un abastecimiento energético eficiente, seguro y confiable.

### **Microempresas hogareñas de servicios:**

La posibilidad de que las personas que permanecen en sus hogares puedan tener actividades que les permitan obtener un ingreso, es otro beneficio claro producto de la instalación de energía eléctrica. Esto porque a partir de los aparatos eléctricos domésticos que puedan adquirir estas personas pueden ofrecer servicios de lavado, costura, planchado y algunos otros. Incluso se pueden generar servicios de soldadura, pequeños talleres mecánicos y servicio de motores.

### **Transporte y telecomunicaciones.**

La energía eléctrica es indispensable para implantar sistemas de telecomunicaciones. desde la radio transmisión a la telefonía rural. También es importante ante eventuales tramos ferroviarios.

Es importante dejar en claro que estas son actividades que no dependen en forma exclusiva de la dotación de energía eléctrica ni se darán sólo por este hecho, pero si su disponibilidad es una base para que puedan desarrollarse. De esta forma no constituyen problemas directos de la falta de electricidad.

### **6.3. Selección de alternativas**

Descritos y cuantificados beneficios y costos, se deben sopesar de acuerdo a algún criterio preestablecido para seleccionar la alternativa que será implementada.

Algunos de estos criterios son:

- Seleccionar la más rentable socialmente.
- Seleccionar la de costo mínimo.

### **6.3.1. Mayor rentabilidad social**

Esto lleva a comparar los beneficios de la alternativa con los costos respectivos (de inversión y operación) y compararlos en el horizonte de evaluación establecido.

Para esto se deben calcular los flujos operacionales en cada año y descontarlos a la tasa relevante para el país.

Con esto obtenemos los indicadores sociales; Valor Actualizado de los Beneficios Netos, VAN, y Tasa Interna de Retorno, TIR.

Esta forma de selección de la alternativa, es muy útil para cuando se tienen alternativas que no entregan el mismo nivel de servicio, ya sea por escasez relativa de algunos recursos (eólicos, roles) o por restricciones presupuestarias para el financiamiento de la operación (generador convencional). También cuando se tiene una cartera de proyectos similares postulando a fondos limitados, a fin de priorizar por aquellos más rentables.

Es útil además considerar otros indicadores de costos, como el Costo de Instalación de cada Kw, y el de Generación para cada Kwh. La incidencia de las variables de población y concentración en los costos se pueden dimensionar con indicadores de Costo por empalme o conexión.

### **6.3.2. Mínimo costo.**

Esta corresponde a considerar exclusivamente la alternativa que signifique el mínimo desembolso, ya sea al inicio o considerando los desembolsos en toda la vida útil del proyecto. Esta modalidad implica que la decisión de ejecutar el proyecto ya ha sido tomada y que también de alguna forma se ha definido el nivel de servicio esperado. Por esto, es conveniente considerar los costos de inversión y los de cada período del proyecto descontados a la tasa de descuento relevante y obtener el Costo Anual Equivalente, CAE.

The first part of the report deals with the general situation in the country. It is noted that the economy is still in a state of depression, and that the government is struggling to maintain its financial stability. The report also discusses the social conditions, which are described as being very poor, with a large portion of the population living in poverty.

In the second part of the report, the author discusses the political situation. It is noted that the government is facing a number of challenges, and that there is a growing sense of dissatisfaction among the people. The report also discusses the role of the military, which is described as being a major force in the country.

The third part of the report deals with the economic situation. It is noted that the government is struggling to maintain its financial stability, and that there is a growing sense of economic crisis. The report also discusses the role of the private sector, which is described as being a major force in the economy.

The fourth part of the report discusses the social situation. It is noted that the population is growing rapidly, and that there is a growing sense of social inequality. The report also discusses the role of the education system, which is described as being a major force in the society.

The fifth part of the report discusses the international situation. It is noted that the country is facing a number of challenges, and that there is a growing sense of international isolation. The report also discusses the role of the United Nations, which is described as being a major force in the world.

Page 10

The sixth part of the report discusses the future of the country. It is noted that the country is facing a number of challenges, and that there is a growing sense of uncertainty. The report also discusses the role of the government, which is described as being a major force in the country.

The seventh part of the report discusses the role of the military. It is noted that the military is a major force in the country, and that it is playing a key role in the government's efforts to maintain stability. The report also discusses the role of the private sector, which is described as being a major force in the economy.

The eighth part of the report discusses the role of the education system. It is noted that the education system is a major force in the society, and that it is playing a key role in the government's efforts to improve the quality of life. The report also discusses the role of the United Nations, which is described as being a major force in the world.

The ninth part of the report discusses the role of the United Nations. It is noted that the United Nations is a major force in the world, and that it is playing a key role in the government's efforts to improve the quality of life. The report also discusses the role of the private sector, which is described as being a major force in the economy.

The tenth part of the report discusses the role of the private sector. It is noted that the private sector is a major force in the economy, and that it is playing a key role in the government's efforts to improve the quality of life. The report also discusses the role of the United Nations, which is described as being a major force in the world.

