



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

**MÁSTER EN GESTIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA EN EL SECTOR
ELÉCTRICO**

TESIS DE MÁSTER

ELECTRIFICACIÓN DE ZONAS RURALES AISLADAS

LUCÍA ARRAIZA BERMUDEZ- CAÑETE

MADRID, OCTUBRE 2008

Autorizada la entrega del proyecto al alumno:

Lucía Arraiza Bermúdez-Cañete

EL TUTOR DE LA TESIS

Damián Laloux Dallemagne

Fdo:

Fecha:

Vº Bº del Coordinador de Proyectos

Tomás Gómez San Román

Fdo:

Fecha:

RESUMEN

Actualmente existen mil seiscientos millones de personas en el mundo que carecen de acceso al suministro eléctrico. La mayoría de estas personas habitan en zonas rurales aisladas, en las cuales no resulta económicamente viable el desarrollo de proyectos para la electrificación debido a la dispersión geográfica, el difícil acceso a estas zonas, y la baja capacidad de pago de las personas que viven en ellas.

El problema fundamental que dificulta el desarrollo de la electrificación rural para este tipo de personas, reside en el hecho de que este tipo de suministros carece de un marco regulatorio específico que permita que se realice en condiciones adecuadamente establecidas, de forma que se garanticen los derechos y deberes de los agentes suministradores y de los consumidores en un marco equitativo.

En este contexto, el objetivo de esta tesis es analizar la situación de partida y los elementos principales que entran en juego a la hora de hacer posible el desarrollo de programas de electrificación en este tipo de entornos, para concluir con una propuesta básica de regulación que pueda servir de punto de partida a la hora de establecer programas de electrificación rural en las zonas rurales aisladas.

En primer lugar se ponen de manifiesto los beneficios derivados de proporcionar el acceso al suministro eléctrico en las zonas rurales aisladas, en la salud de las personas, en la educación, en el desarrollo de los procesos productivos de las comunidades, beneficios medio ambientales, así como el beneficio de poder facilitar la comunicación con el exterior de estas zonas aisladas.

A continuación se realiza un análisis de los parámetros que intervienen en el desarrollo de proyectos de electrificación en general, extrayendo para cada uno de ellos las condiciones particulares de su aplicación para proyectos de electrificación rural de zonas aisladas en particular.

Los puntos tratados en esta tesis son los siguientes:

- Los **agentes** intervinientes en el desarrollo de este tipo de proyectos y las funciones de cada uno. Así se analiza el papel de los Gobiernos, de los organismos que aportan fondos, de los Órganos Reguladores, de la iniciativa privada, de las comunidades, y por último el papel de las ONG's que operan en estas zonas.
- Los **Mecanismos de Financiación** que es necesario establecer en estos proyectos, dada su difícil viabilidad económica. La financiación de estos proyectos tendrá origen externo (Organismos de Cooperación y Organismos Multilaterales) o interno (fondos creados con cargo a aportaciones del estado).
- Los **subsidios**, que se demuestra resultan necesarios, y se analizan los tipos de subsidios que son de aplicación en función de la solución utilizada.
- Las **tarifas** que deberán ser satisfechas por los usuarios, tomando en consideración su capacidad de pago, el coste del suministro, el beneficio que obtendrán del servicio (concepto de Willingness to Pay), así como las tarifas existentes para los usuarios conectados a la red.
- La **calidad** que deberá tener tanto el servicio como el producto suministrado, siempre basándose en el principio de equidad, para lo que se deberán establecer estándares de cumplimiento obligatorio.
- El uso de **Energías Renovables** y sus beneficios.

Por último como resultado del análisis realizado, se realiza una propuesta básica de regulación, que incluye las conclusiones extraídas de cada uno de los apartados, y que pretende ser una guía útil y sencilla que podrá ser utilizada como punto de partida en la implantación de programas de electrificación rural en las zonas aisladas.

Memoria

Tesis de Master
ELECTRIFICACIÓN DE ZONAS RURALES
AISLADAS

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	OBJETIVOS DE LA TESIS	6
1.2.	METODOLOGÍA	8
2.	BENEFICIOS DE LA ELECTRIFICACIÓN DE ZONAS RURALES AISLADAS....	10
2.1.	USOS DE LA ELECTRICIDAD EN ÁMBITOS RURALES	10
2.2.	BENEFICIO SOCIAL.....	12
2.2.1.	Beneficios en la salud.....	12
2.2.2.	Beneficios en la educación	13
2.2.3.	Beneficios Productivos	14
2.2.4.	Beneficios medio ambientales.....	14
2.2.5.	Comunicación.....	15
2.2.6.	Acceso al suministro de agua potable	15
2.3.	MEDIDA DEL BENEFICIO	15
3.	AGENTES	17
3.1.	PAPEL DE LOS GOBIERNOS:	18
3.2.	PAPEL DE LOS ORGANISMOS QUE APORTAN FONDOS.....	19
3.3.	PAPEL DE LOS ÓRGANOS REGULADORES	20
3.4.	PAPEL DE LA INICIATIVA PRIVADA	24
3.5.	PAPEL DE LAS COMUNIDADES	27
3.6.	PAPEL DE LAS ONG'S	29
4.	MODELOS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL	30
5.	FINANCIACIÓN	35
5.1.	MECANISMOS DE FINANCIACIÓN	35
5.2.	SUBSIDIOS	37
5.2.1.	Electrificación mediante extensión de redes:	39
5.2.2.	Electrificación de zonas rurales aisladas (Off Grid):	41
5.2.3.	Financiación de los subsidios:.....	44
6.	TARIFAS	45
7.	CALIDAD.....	54
8.	ENERGÍAS RENOVABLES Y ELECTRIFICACIÓN RURAL	60
8.1.	VENTAJAS DEL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS PROYECTOS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL.....	62
8.2.	BARRERAS QUE PRESENTA LA IMPLANTACIÓN DE ESTE TIPO DE PROYECTOS.....	63
8.2.1.	Barreras de Información:.....	63
8.2.2.	Barreras Financieras	64
8.2.3.	Barreras Tecnológicas	64
8.2.4.	Barreras de Mercado de Suministros	64

8.3.	TIPOS DE TECNOLOGÍAS RENOVABLES:.....	65
8.3.1.	La energía solar fotovoltaica.....	65
8.3.2.	La Energía Eólica	68
8.3.3.	Micro-Centrales Hidráulicas	69
9.	ENFOQUE DE GÉNERO	72
10.	PROPUESTA BÁSICA DE REGULACIÓN	73
10.1.	CONSIDERACIONES DE CARÁCTER GENERAL	73
10.2.	LA AGENCIA DE ELECTRIFICACIÓN PARA LAS ZRA	76
10.3.	PLAN NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN DE LAS ZRA	77
10.4.	RÉGIMEN ECONÓMICO	78
10.4.1.	Financiación de la electrificación rural de las ZRA.....	78
10.4.2.	Tarifas a aplicar a los consumidores en las ZRA	78
10.4.3.	Subsidios	79
10.5.	PROCEDIMIENTO DE LICITACIÓN	79
10.5.1.	Solicitud de Electrificación.....	80
10.5.2.	Proceso de validación de las solicitudes	80
10.5.3.	Establecimiento de prioridades	80
10.5.4.	Proceso de selección de la solución óptima.....	81
10.5.5.	Proceso de adjudicación.....	82
10.6.	AGENTES IMPLICADOS EN EL PROCESO DE ELECTRIFICACIÓN	84
10.6.1.	Ministerio responsable del suministro de energía eléctrica.....	84
10.6.2.	La agencia para la electrificación de las zonas rurales aisladas... ..	85
10.6.3.	El Organismo Regulador de la Energía Eléctrica	86
10.6.4.	Los Municipios y las Comunidades.....	87
10.6.5.	Los agentes participantes	88
10.6.6.	El Fideicomiso	89
10.6.7.	Los usuarios.....	89
10.7.	RÉGIMEN DE SANCIONES	90
10.8.	NORMAS TÉCNICAS.....	90
10.9.	CAPACITACIÓN	91
11.	CONCLUSIONES	92
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	
Niveles de Electrificación Rural y Urbana por regiones, año 2000	3
Tabla 2:	
Regulación y políticas para electrificación Off-Grid y extensión de redes.	33
Tabla 3:	
Recuperación de costes para un proyecto de electrificación rural mediante paneles fotovoltaicos.....	47
Tabla 4:	
Ingresos medios y gasto en energía de los hogares rurales.	48
Tabla 5:	
Diferentes estructuras tarifarias.....	50
Tabla 6:	
Ventajas e inconvenientes de las distintas tecnologías.....	61

1. INTRODUCCIÓN

La electricidad desempeña un papel muy importante en el ámbito social, económico y medio ambiental. El acceso al suministro eléctrico representa un elemento clave para la lucha contra la pobreza, para promover la salud, la educación y el bienestar de las personas.

Además, es necesario para promover la eficiencia de los procesos productivos y propiciar el desarrollo económico de las comunidades, evitando así la emigración de los entornos tradicionales.

Por otro lado el suministro de electricidad tiene un efecto directo en el medio ambiente, y en particular en las zonas rurales aisladas, tiene un efecto preventivo sobre la preservación del medio natural y, concretamente en la prevención de la deforestación.

Sin embargo, en el mundo actualmente existen 1.600 millones de personas que no tienen acceso al uso de la electricidad, normalmente son personas de muy bajo nivel económico, que viven en zonas rurales aisladas y por tanto alejadas de las redes de distribución de energía eléctrica.

No está previsto que en el medio plazo estas personas puedan tener acceso a la red eléctrica debido principalmente a que el suministro de electricidad a poblaciones rurales es una tarea que implica costes elevados, y sin embargo estas poblaciones se caracterizan precisamente por tener unos muy bajos niveles de ingresos.

El problema fundamental que dificulta el desarrollo de la electrificación rural para este tipo de personas reside en el hecho de que este tipo de suministros carece de un marco regulatorio específico que permita que se

realice en condiciones adecuadamente establecidas, de forma que se garanticen los derechos y deberes de los agentes suministradores y de los consumidores en un marco equitativo.

El acceso limitado a la energía y la dependencia de fuentes importadas de energía frenan el desarrollo económico de los países en los que aún existen zonas sin acceso a la energía, y tienen repercusiones negativas sobre el medio ambiente.

En término medio el 80% de las personas sin acceso eléctrico vive en zonas rurales.

En la siguiente tabla se recoge el grado de penetración de la electrificación en los países en vías de desarrollo, y en el resto del mundo. La tabla pone de manifiesto la necesidad de buscar soluciones de manera que las diferencias existentes entre países se hagan más pequeñas, y que el mayor porcentaje posible de la población pueda acceder a un servicio tan necesario para el desarrollo económico y social de las comunidades como es el suministro de electricidad, sin olvidar asimismo la importancia de los aspectos medioambientales.

Tabla 1: Niveles de Electrificación Rural y Urbana por regiones.

	Urbano (%)	Rural (%)	Nacional (%)
Países en vías de desarrollo	85,6	51,1	64,2
Oriente Medio	98,5	76,6	91,1
Asia Este/China	98,5	81,0	86,9
América Latina	98	52,4	86,6
Mundo	91,2	56,9	72,8
Sur Asia	68,2	30,1	40,8
África	63,1	16,9	34,3

Fuente: [KARE04]

Se define Zonas Rurales Aisladas como aquellas parte del territorio que por su dificultad de acceso o por razones económicas tienen muy difícil conexión a las redes de distribución, y que por estas causas han quedado excluidas de los procesos de electrificación mediante extensión de redes llevados a cabo en los diferentes países o áreas.

La falta de acceso al suministro eléctrico tiene considerables implicaciones en la sociedad rural, como se verá en el siguiente capítulo, tales como:

- El simple hecho de disponer de iluminación en hogares puede suponer un gran cambio en el estilo de vida de las familias, además de que supone un ahorro en los costes familiares, ya que la energía eléctrica resulta mucho más barata que otras formas de energía como la utilización de kerosenos para la iluminación, por ejemplo.
- El uso de electricidad supone reducir el aislamiento de las poblaciones, tanto del mundo desarrollado (a través de la

televisión u otros medios de comunicación), como de otras comunidades vecinas gracias a la instalación de sistemas de radio, por ejemplo.

- El acceso al suministro eléctrico tiene repercusiones muy positivas en la salud de las personas.
- Las implicaciones en la educación son también muy importantes.
- La posibilidad de acceder al suministro eléctrico facilita el modo de vida de las mujeres, por las tareas que las mismas desempeñan.

Hoy día existen alternativas viables basadas principalmente en lo que ha venido en llamarse Off-Grid, el uso de mini redes, y el uso de energías renovables que permiten estudiar soluciones alternativas a este problema, pero se plantean cuestiones en el plano económico, técnico, social, y regulatorio que están pendientes de resolver. Es importante matizar que los retos relativos al acceso a la energía no dependen sólo de cuestiones técnicas o tecnológicas, además cobran vital importancia las consideraciones políticas y estratégicas que serán por otro lado diferentes dependiendo del país que se analice.

De entre las alternativas existentes, se debe estudiar para las zonas rurales la aplicación de nuevas tecnologías más eficientes, así como el uso de las energías renovables, que además de ser respetuosas con el medio ambiente, pueden garantizar el uso de energías primarias autóctonas que garantizan la sostenibilidad medioambiental.

Hasta hace poco tiempo, la mayoría de los programas de electrificación rural llevados a cabo se han centrado en la extensión de redes existentes.

Sin embargo en esta tesis se prestará especial atención a la electrificación rural basada en soluciones fuera de red, comúnmente denominadas “Off-Grid”, o a las soluciones de tipo mini redes aisladas. Estas soluciones se aplican a las zonas que se encuentran realmente aisladas de las redes de distribución para las cuales las soluciones de tipo extensión de redes no son viables debido a dos factores principales: la baja densidad de demanda en combinación con la baja capacidad de pago.

La razón por la que la tesis se centra en este tipo de soluciones es que la mayoría de la población que aún no tiene acceso a la electricidad se sitúa en zonas aisladas, y en estos casos las únicas soluciones que pueden resultar económicamente viables son la electrificación “Off-Grid”, o la creación de mini redes locales independientes de las redes de distribución. Por otro lado se ha prestado por el momento muy poca atención a este tipo de electrificación, y existe un pobre desarrollo regulatorio para el establecimiento de este tipo de soluciones, por lo que se considera interesante centrarse en el desarrollo de las mismas.

Está muy extendida la idea de que el suministro eléctrico debe dejarse en manos de los agentes del mercado, que mediante el libre juego de las fuerzas del mercado atenderá de forma óptima las demandas requeridas. La experiencia demuestra que esta opción no es válida para las zonas rurales aisladas ya que las fuerzas del mercado deben ir acompañadas de una adecuada intervención de los poderes públicos para dar una eficaz solución al suministro de electricidad en estas zonas.

1.1. OBJETIVOS DE LA TESIS

Una vez introducido el problema existente y sus principales características, en este apartado se describen los objetivos de esta tesis.

Los objetivos de esta tesis son los siguientes:

- En primer lugar poner de manifiesto el problema existente.
- Realizar un análisis de los elementos que es necesario tener en cuenta a la hora de abordar un tema de esta índole.
- Proponer una guía de pautas a seguir y principios básicos a ser considerados en el desarrollo de programas de electrificación rural.
- Servir de base de partida en la elaboración de reglamentos o leyes de electrificación rural.

La tesis se centrará principalmente en los aspectos regulatorios relativos al desarrollo de cualquier programa de electrificación rural, aunque sin dejar de mencionar los aspectos técnicos, económicos y sociales en los que se encuadra el problema, de manera que se pueda establecer el marco en el cual se pretenden aplicar las herramientas regulatorias.

En relación con los aspectos técnicos, los temas que se consideran prioritarios son:

- El papel que las energías renovables pueden desempeñar en el suministro de energía en las zonas rurales aisladas.

- El concepto de Off Grid y Mini redes como solución aplicable para el acceso a la energía de las comunidades rurales aisladas.

Los aspectos económicos a tratar serán los siguientes:

- El concepto de asequibilidad. El problema más importante es la incapacidad económica de las personas que viven en zonas rurales aisladas para hacer frente al coste del suministro de energía, lo que requiere hacer propuestas que compatibilicen el acceso a la energía con la capacidad económica real de las personas. Y consecuentemente:
- Los subsidios, que son necesarios, pero que deben cumplir determinadas condiciones para evitar situaciones de distorsión de la realidad económica.

Los aspectos sociales también plantean cuestiones tales como:

- La necesidad de crear organizaciones de las comunidades rurales aisladas que se hagan cargo de la operación y mantenimiento de las instalaciones y de la recaudación del pago por el uso de la energía.
- Necesidad de programas de formación a las comunidades y concienciación de las mismas.

Finalmente están los aspectos regulatorios, en los que habría que estudiar:

- El papel del de los diferentes agentes, Administraciones públicas, municipalidades, empresas de gestión del servicio.

- El régimen económico de las diferentes actividades y agentes.
- Los derechos y obligaciones de los usuarios.
- El régimen de sanciones.

1.2. METODOLOGÍA

El trabajo se encuadra en el marco siguiente:

- Comunidades y ámbitos geográficos de menores ingresos y alejados de las redes energéticas de suministro.
- Población rural de las zonas aisladas.
- Países subdesarrollados o en vías de desarrollo.

Se estudiará el problema analizando los siguientes puntos de vista:

- Aspectos técnicos.
- Aspectos económicos.
- Aspectos sociales.
- Aspectos regulatorios.

La metodología seguida en la presente tesis ha consistido en:

Búsqueda de información:

- Experiencias en electrificación rural.
- Documentación relacionada con el tema.

Consulta a organizaciones conocedoras de la materia.

Análisis de la situación de partida:

- Situación actual en cuanto a nivel de acceso, regulación existente, programas que se están llevando a cabo actualmente.

Propuestas para la mejora:

- Realización de un análisis exhaustivo de la situación de partida, así como de las experiencias existentes.
- Realizar una guía con las mejores prácticas conteniendo los hitos más importantes y pasos a seguir en el tratamiento del problema.

2. BENEFICIOS DE LA ELECTRIFICACIÓN DE ZONAS RURALES AISLADAS

2.1. USOS DE LA ELECTRICIDAD EN ÁMBITOS RURALES

El uso más común de la electrificación es la iluminación, ya sea de hogares o en lugares públicos. La iluminación mediante electricidad resulta mucho más barata que otros métodos utilizados cuando no existe la electricidad tales como las lámparas de keroseno.

La iluminación de las vías públicas aumenta la seguridad de los ciudadanos y refuerza la convivencia social.

El siguiente uso más común de la electricidad es la televisión, y en menor proporción, la radio, puesto que la radio puede funcionar también mediante pilas convencionales. Tanto el uso de la televisión como el de la radio se consideran fundamentales puesto que permiten la comunicación con el mundo exterior a comunidades que se encuentran aisladas, y por otro lado ambos medios pueden desempeñar una función educativa importante.

Por lo general, la electricidad no se utiliza para cocinar. Esto es debido principalmente al coste, pero también a las costumbres de las personas que habitan las poblaciones rurales.

La resistencia a la adopción de la electricidad para cocinar es en parte económica y en parte social. Para cambiar esta situación es necesaria la educación de las comunidades.

Además de en los hogares, la electricidad puede utilizarse en lugares públicos, como por ejemplo hospitales o centros de salud. Este tipo de centros se beneficia de la electricidad por dos motivos: el hecho de tener iluminación distinta a la natural les permite abrir un mayor número de horas y en segundo lugar la electricidad les permite utilizar equipos que requieran de alimentación eléctrica para su funcionamiento.

Otra ventaja de contar con suministro eléctrico en clínicas o centros de salud es que permite preservar el frío necesario para las vacunas.

Por último otro nivel en el que resulta interesante el uso de la electricidad es su utilización para fines productivos, aunque por el momento es quizás el menos desarrollado. Para las pequeñas empresas, incluyendo negocios familiares puede ser muy beneficioso el tener acceso a la electricidad para sus negocios, puesto que aumenta las horas de apertura de los mismos y por tanto su productividad.

2.2. BENEFICIO SOCIAL

2.2.1. Beneficios en la salud.

Los beneficios más importantes para la salud que resultan del acceso a la electricidad se enuncian a continuación:

- Mejora de las instalaciones sanitarias
- Mejora en la salud de los hogares debido a la mayor limpieza del aire derivada del cese en el uso de combustibles contaminantes.
- Mayores conocimientos sobre la salud gracias a la información disponible en la televisión.
- Mejoras en la nutrición derivadas del mayor conocimiento así como del hecho de poder refrigerar los alimentos.

Calidad del aire de los hogares:

El uso de combustibles sólidos tradicionales, pone a las familias en exposición de aire contaminado dentro de sus hogares, con los consiguientes riesgos para la salud. Existe además riesgo de fuego, y por otro lado el uso de este tipo de combustibles implica unas horas de recogida y transporte del mismo, que puede ser de unas ocho horas semanales, y generalmente es una tarea realizada por mujeres.

En principio, el hecho de tener acceso al suministro eléctrico debería hacer desaparecer los peligros anteriormente comentados, sin embargo, como ya se mencionaba al principio de este capítulo, por el momento no se está consiguiendo que en las zonas donde ya se dispone de suministro eléctrico dejen de cocinar según sus métodos tradicionales

por lo que siguen expuestos a la contaminación y los inconvenientes del uso de combustibles fósiles en la cocina.

Como se mencionaba antes, la solución para que cambien las formas de cocinar pasa por la educación.

Sí que supone una mejora en la contaminación del aire de los hogares la utilización de electricidad en la iluminación en lugar de lámparas de keroseno. Es de resaltar que la utilización de combustibles tradicionales dentro de los hogares es una de las principales causas de la mortalidad infantil y de las enfermedades pulmonares por inhalación de anhídrido carbónico.

Reducción de la natalidad.

El acceso a los medios de comunicación derivado del acceso a la electricidad permite que la población adquiera conocimientos en temas relacionados con la salud en general, y, en particular, en temas relacionados con el control de la natalidad.

2.2.2. Beneficios en la educación

Los beneficios más importantes para la educación que resultan del acceso a la electricidad se enuncian a continuación:

- Mejora de la calidad de las instalaciones escolares mediante el uso de equipos que funcionan con alimentación eléctrica, particularmente los equipos informáticos. Hoy día existe una gran demanda de formación para la utilización de los ordenadores.

- Aumento del tiempo para el estudio, gracias a la iluminación en los hogares, o en las escuelas.

Por lo general en las zonas rurales aisladas, las escuelas carecen del equipamiento básico necesario, incluso del mobiliario adecuado o los libros. Poco puede hacer la electricidad en este sentido.

Sin embargo, puede ayudar por ejemplo a que los profesores que vienen de fuera estén dispuestos a aceptar puestos de trabajo en las zonas rurales, si se dispone de suministro eléctrico. Esto conllevaría a que el nivel educativo en las zonas con suministro eléctrico fuera más elevado que en las zonas que no disponen del mismo. Por otro lado el acceso al suministro eléctrico en los hogares permite que los tiempos de estudio se alarguen.

2.2.3. Beneficios Productivos

En general, la experiencia que existe hasta el momento pone de evidencia que el impacto del acceso a la electricidad en usos productivos es muy pequeño.

Sin embargo el suministro eléctrico puede favorecer mucho los negocios de pequeñas empresas o familiares. La principal ventaja es que permite el uso de maquinaria o equipamiento que necesite de la electricidad para funcionar, y en segundo lugar que aumenta considerablemente las horas de trabajo, y por tanto la productividad.

2.2.4. Beneficios medio ambientales

La electrificación rural se lleva a cabo en general, o al menos esa es la propuesta de esta tesis, mediante formas de energía no contaminantes

como son las energías renovables. Por tanto este es uno de los beneficios importantes de la electrificación rural, sustituir otras formas de producción de energía tales como el keroseno o los generadores diesel por formas limpias con la consecuente reducción de emisión de CO₂ y por tanto de impacto en el medio ambiente.

2.2.5. Comunicación

La electricidad permite instalar equipos de radio-telefonía y el acceso a Internet facilitando la comunicación con otras comunidades y con los centros de salud regionales. Esta posibilidad de comunicarse con el mundo exterior es altamente apreciada por las personas que viven en zonas rurales aisladas que hoy día están incomunicadas.

2.2.6. Acceso al suministro de agua potable

El suministro eléctrico es muy interesante para el bombeo y depuración del agua en aquellas comunidades con dificultad de acceso a los combustibles fósiles tradicionales.

2.3. MEDIDA DEL BENEFICIO

El acceso al suministro eléctrico disminuye el coste de la energía para el usuario, resultando esta disminución del coste en un aumento del beneficio de consumidor, que es la diferencia entre lo que los consumidores están dispuestos a pagar y lo que realmente pagan.

El cálculo del precio que lo consumidores están dispuestos a pagar, comúnmente denominado WTP (Willingness to Pay), es algo muy

complicado y que depende de variables que no son fácilmente medibles.

Este parámetro se calcula tomando en consideración, entre otros factores, el coste del keroseno utilizado para la iluminación en los casos en los que se carece de suministro de electricidad, además hay que tomar en consideración el valor que el consumidor otorga a otros beneficios que obtiene como consecuencia del uso de la energía en aspectos relativos a la salud, a la educación, la comunicación, etc.

En la mayoría de los casos la conclusión es que el WTP es mayor que los costes de la electricidad con lo que se puede afirmar que, desde el punto de vista exclusivamente económico la electrificación de las comunidades rurales aisladas es racional. Aparte de esta conclusión la electricidad se considera además como un elemento imprescindible para erradicar la pobreza, mejorar el bienestar de los ciudadanos y promover el desarrollo de los pueblos.

3. AGENTES

Es muy importante dejar claro el papel que desempeña cada agente involucrado a la hora de poner en marcha un proyecto de electrificación rural, y es también de suma importancia la coordinación entre dichos agentes.

Como principales agentes participantes se enumeran los siguientes:

- Los **Gobiernos** de cada país, que tienen un papel fundamental ya que sin la voluntad de los Gobiernos difícilmente se podrían llevar a cabo proyectos de este tipo.
- Los **Órganos Reguladores** de cada país, así como Agencias Reguladoras y otras entidades que en un momento dado puedan llevar a cabo tareas regulatorias, ya sea por delegación de las mismas por parte del Órgano Regulador Nacional, o por contratación externa por parte del mismo de determinadas tareas, como se explicará más adelante.
- Los **organismos que canalizan los fondos** de cooperación al desarrollo, necesarios para asegurar la viabilidad económica de los proyectos.
- La **iniciativa privada** que resulta imprescindible para acometer la ingente tarea de la electrificación de las comunidades que hoy carecen de suministro eléctrico.
- Las **comunidades** o cooperativas locales, cuyas necesidades van a ser satisfechas, que deben tomar una participación activa en la

expresión de estas necesidades y en garantizar la sostenibilidad de los proyectos.

- Las **ONG's** cuya tarea de apoyo a las comunidades resulta imprescindible en muchos casos teniendo en cuenta la falta de recursos y de formación adecuada.

El papel que desempeña o debiera desempeñar cada uno se resume a continuación:

3.1. PAPEL DE LOS GOBIERNOS:

Los estados, como principales responsables del desarrollo de los países, deberían declarar de necesidad nacional y utilidad pública la electrificación de las zonas rurales aisladas, contemplando dicha necesidad en sus estrategias y políticas.

Por tanto el gobierno recogerá en su planificación energética las zonas rurales aisladas que serán objeto de suministro por medio de sistemas energéticos autóctonos, respetuosos con el medio ambiente y técnicamente apropiados en cada caso.

Está en manos de los gobiernos el desarrollar marcos reguladores adecuados que contemplen normas y principios específicos para los programas de electrificación rural, dado que el marco en el que se desarrollan dichos proyectos es muy diferente al de los proyectos convencionales en los que los usuarios se encuentran conectados a la red, y por tanto la regulación debe adaptar dichas diferencias y se debe adecuar a las características diferenciadas de estos proyectos.

El Estado potenciará el acceso a la energía de las zonas rurales aisladas mediante el desarrollo de una regulación específica coordinada con la reglamentación de la electrificación rural mediante extensión de redes.

Las políticas gubernamentales deben ser tales que establezcan el ámbito en el que se deben desarrollar los servicios energéticos y al mismo tiempo establecer qué organizaciones están involucradas en la planificación e implementación de dichos servicios. El Estado coordinará las intervenciones de todos los agentes participantes de acuerdo a sus prioridades y de forma que las acciones resulten de máxima eficacia, impulsando en todo lo posible la cooperación internacional.

El gobierno debe promover la inversión ya sea privada o no, mediante incentivos, subsidios, u otros mecanismos así como estimular la participación en la política para la electrificación rural.

La política energética desarrollada por los gobiernos debe ser desarrollada en paralelo con las políticas desarrolladas para otros sectores tales como el agua, la educación, la salud, etc.

3.2. PAPEL DE LOS ORGANISMOS QUE APORTAN FONDOS

Teniendo en cuenta el gran volumen de financiación requerido para realizar las inversiones necesarias para financiar el proceso de electrificación de las zonas rurales aisladas, se considera conveniente acudir a los fondos de cooperación internacional al desarrollo para poder afrontar con éxito este proceso.

Es razonable pensar que las agencias de cooperación incluirán en sus planes estratégicos fondos destinados a la financiación de esta actividad, siempre que exista un marco normativo adecuado que permita garantizar la eficiente aplicación de estos fondos.

De hecho, existe la constancia de que actualmente diferentes agencias de cooperación desarrollan proyectos de suministro de electricidad en zonas rurales aisladas, pero estas acciones se llevan de forma descoordinada y al margen de la regulación existente para esta actividad.

Por esta razón, es conveniente que la regulación del suministro de electricidad a las zonas rurales aisladas contemple el tratamiento adecuado del procedimiento de utilización de los fondos procedentes del mundo de la cooperación internacional.

La reglamentación para las zonas rurales aisladas debería recoger:

- Corresponde al estado coordinar las intervenciones de cooperación de acuerdo a sus prioridades y de forma que las acciones resulten de máxima eficacia. Establecer un marco claro de reglamentación del uso de los fondos de la cooperación internacional que fije las condiciones, prioridades, y el régimen económico correspondiente.

3.3. PAPEL DE LOS ÓRGANOS REGULADORES

Se puede definir la Regulación como el control por parte del gobierno de algún negocio. El diseño de marcos regulatorios para la electrificación rural es una

tarea difícil debido a que se trata de un “negocio” que puede ser desarrollado por muy diferentes tipos de empresas, como pueden ser empresas públicas, privadas o las propias comunidades, todas con diferentes objetivos y por tanto diferentes incentivos al desarrollo del negocio. Este hecho implica que la regulación pueda diferir según el tipo de empresa que esté siendo regulada.

Asimismo la electrificación se puede llevar a cabo mediante el uso de muy diferentes tecnologías, lo que también implica un tratamiento regulatorio distinto en cada caso.

Existen ciertas funciones regulatorias que son universales, tales como establecer las tarifas y establecer estándares de calidad. Sin embargo, los alcances regulatorios estándar pueden no aplicar o no funcionar para ciertas nuevas formas de electrificación.

En el diseño de sistemas regulatorios aplicables a las diferentes formas de electrificación, se debe tener en cuenta las características económicas, institucionales, y técnicas de las empresas reguladas.

Las funciones típicas a llevar a cabo por cualquier órgano regulador son las siguientes:

- Recogida de información.
- Establecimiento de reglas.
- Monitorización e implementación de las reglas.
- Supervisión del cumplimiento de las reglas.

Las tareas principales asociadas a estas funciones son el establecimiento de tarifas máximas y de niveles mínimos de calidad en la prestación del servicio.

Sin embargo, en la elaboración de un marco regulatorio para la electrificación rural, es necesario que las tareas tradicionales se desarrollen de formas no tradicionales. Para ello, se requiere en muchos casos que las tareas

tradicionales sean llevadas a cabo por entidades diferentes al Órgano Regulador Nacional.

A este respecto, es importante mencionar aquí una característica diferencial en el establecimiento de marcos legales para la electrificación rural, que deben incluir un principio que en [REIC06] se enuncia como sigue:

El regulador nacional debe permitir (o requerir) que algunas de las tareas regulatorias se deleguen o subcontraten ya sea temporal o definitivamente a otras entidades. Dichas entidades pueden ser gubernamentales o no gubernamentales.

Esta delegación de tareas es especialmente deseable cuando existe en la zona donde se desarrollará el proyecto de electrificación rural una Agencia de Electrificación Rural. Estas agencias en la mayoría de los países proporcionan los fondos para los subsidios a la electrificación rural, que se tratarán en un apartado más adelante.

La ventaja de la delegación de tareas es que en general el organismo al que se delega tiene un mayor conocimiento que el regulador de los aspectos técnicos operativos del proveedor del servicio, además de una mejor apreciación de los costos implicados. Otra ventaja muy importante es que se evita el riesgo de sobre regulación, o duplicidad. Sin embargo es necesaria una adecuada coordinación entre la agencia de electrificación y el regulador.

Existen varios tipos de delegación: esta puede ser completa y permanente, parcial y temporal, o directamente mediante subcontratación.

En la delegación completa y permanente se le otorga al organismo de electrificación rural la tarea de establecer las tarifas y los requerimientos de calidad. Sin embargo suele existir el miedo por parte de los reguladores nacionales de delegar completamente sus tareas.

La delegación también puede ser parcial y temporal. En este tipo de delegación se asignan ciertas tareas a un organismo de electrificación rural durante un periodo específico de tiempo o hasta que un hito se cumpla, por ejemplo, hacer efectivo un número de conexiones. Esta delegación no tiene el riesgo de la delegación completa puesto que no es irrevocable. El regulador mantiene su autoridad legal, sin que por otro lado esto signifique que el regulador deba revisar cada una de las decisiones tomadas por el organismo al que ha sido delegada la función regulatoria.

Por último se puede dar la subcontratación como método de delegación. Se trata de contratar externamente algún tipo de tareas a otras entidades gubernamentales o no gubernamentales, consultores, etc. Ejemplos de tareas que suelen o pueden ser subcontratadas son la revisión de tarifas, las tareas de monitorización, o tareas de asesoramiento.

Para los tres casos anteriormente mencionados, es necesario que la ley del país sea tal que permita que se lleve a cabo tal delegación. Por otro lado, aunque se ha hablado de delegación a organismos de electrificación rural, estos organismos podrían ser organizaciones locales o gobiernos municipales, entre otros.

Es importante recalcar que las decisiones regulatorias deben ser siempre consistentes con las decisiones políticas. En el caso de electrificación rural, las tareas llevadas a cabo por los agentes reguladores deben ir acompañadas de dos decisiones políticas fundamentales: el establecimiento de hitos de conexión, y los niveles de subsidios.

3.4. PAPEL DE LA INICIATIVA PRIVADA

Dada la finalidad principal que tiene la electricidad como contribución a la erradicación de la pobreza en las zonas rurales aisladas, normalmente deprimidas a nivel económico, y dada la magnitud del problema, se considera necesaria la participación de la iniciativa privada.

La liberalización del sector eléctrico llevada a cabo en la mayoría de los países ha tenido como consecuencia la privatización de las empresas de distribución de energía eléctrica. Estas compañías no contemplan entre sus objetivos y estrategias la electrificación rural de las zonas aisladas, debido a que los beneficios derivados del desarrollo de la electrificación en estas zonas difícilmente cubren los costes implicados. Los clientes de este tipo de zonas son clientes que se podrían considerar “de alto riesgo” debido a que tienen bajos consumos y poco potencial para aumentar los mismos y una capacidad limitada de pago.

Es por ello necesario que los estados fomenten la participación de estas empresas mediante incentivos y obligaciones. Con la liberalización del mercado, el estado, en lugar de exigir que las empresas de servicio público proporcionen los servicios de energía en zonas rurales, debe diseñar incentivos para atraer la inversión del sector privado. Sin un organismo controlado por el estado para proporcionar estos servicios, se debe pensar en términos de estimular el mercado para reaccionar a las señales de precios, así como determinar el nivel de auspicio gubernamental necesario para financiar proyectos de electrificación de las zonas rurales aisladas.

En algunos casos, esto significa abrir la puerta a la competencia entre proveedores, u otorgar concesiones para suministrar en territorios específicos, basando las mismas en un nivel de inversión acordado de antemano para servir a la población dentro de la zona de concesión.

El problema de los altos costes derivados de extender la red a las zonas aisladas se alivia en cierta medida con la promoción de soluciones de tipo descentralizado para estas zonas, como son las soluciones “Off- Grid” tratadas en esta tesis, que representan soluciones mucho más económicas.

Aunque la participación de la iniciativa privada es no sólo deseable, sino necesaria, trae consigo al mismo tiempo la necesidad de una regulación adecuada aplicable a estas empresas, de manera que no se distorsione en modo alguno el mercado, no se dé lugar al ejercicio del poder de mercado ni a abuso por parte de estas empresas de los consumidores.

La regulación es también necesaria para proteger a los inversores. Esta realidad aplica tanto si los inversores son empresas privadas como si son las propias comunidades. Si una compañía o una comunidad va a realizar una inversión, necesitará conocer de antemano cuáles son sus derechos y obligaciones una vez realizada la inversión. Necesitará conocer los precios que podrá cargar a los usuarios, para poder estimar los ingresos que percibirá, así como los estándares de calidad que deberá cumplir, para poder estimar los costes esperados. Los inversores necesitarán conocer al mismo tiempo la duración del periodo en el que podrán tener derecho a suministrar el servicio. Un adecuado marco regulatorio deberá por tanto incluir esta información. Dicho marco debe garantizar la rentabilidad y continuidad a las inversiones privadas eficientemente realizadas.

Los sistemas concesionales:

Dentro de las diferentes alternativas para atraer la participación privada tiene singular importancia el sistema concesional.

Los sistemas basados en concesiones de servicios de electricidad en zonas rurales aisladas son un modelo apropiado para un suministro eficiente y

continuo. El régimen concesional es atractivo para grandes empresas privadas, empresas locales, cooperativas y otras formas de organización de la propia comunidad beneficiaria.

El modelo concesional facilita la creación de mercados de suficiente dimensión como para garantizar la sostenibilidad comercial y extender y asegurar el suministro al mayor número de consumidores posible.

Al objeto de facilitar la implantación de sistemas concesionales se deberían establecer legislativa y reglamentariamente los siguientes aspectos:

- El gobierno fijará las condiciones adecuadas que incentiven la inversión privada.
- Serán objeto de promoción de la inversión privada los estudios, la implantación, la operación y el mantenimiento de los proyectos de electrificación desarrollados en el marco de la regulación.
- Se desarrollará un régimen concesional en zonas rurales aisladas, cuyo procedimiento administrativo sea simple, eficaz y rápido.
- Los titulares de las concesiones podrán ser beneficiarios de los incentivos económicos, fiscales, tarifarios y subsidios que se establezcan.
- El marco regulatorio asegurará incentivos adecuados para mantener la calidad y continuidad del servicio concesional, además de las correspondientes condiciones económicas razonables para los clientes.

La utilización de procedimientos concesionales mediante licitaciones garantiza la competencia, y consecuentemente, asegura una mejor asignación de los recursos.

En aquellos casos en que los proyectos estén subsidiados, la concesión puede estar asociada al importe del subsidio y a la calidad de servicio ofertado.

Las condiciones de garantía competencial quedarán recogidas en los siguientes términos en el desarrollo regulatorio:

- Dado el carácter concesional de los proyectos se cuidará la publicidad y transparencia de los procesos. Todos los procesos concesionales y de otorgamiento de los beneficios correspondientes serán objeto de coordinación por la Administración Central y/o los organismos regionales y locales que la regulación establezca.
- La concesión se establecerá mediante licitaciones que garanticen la competencia.
- El régimen de concesiones en zonas rurales aisladas estará basado en procedimientos administrativos que favorezcan que el proceso de licitación sea simple, eficaz y rápido.

3.5. PAPEL DE LAS COMUNIDADES

La participación activa de la sociedad civil en el análisis, diagnóstico, evaluación de soluciones, seguimiento, exigencia de compromisos, valoración de resultados y de problemas relevantes, es un derecho irrenunciable de cualquier sociedad.

En la electrificación de las zonas rurales aisladas, esta participación es crítica en todas las fases del proyecto, especialmente en la gestión del mantenimiento, que garantiza la sostenibilidad del abastecimiento.

La eficacia de la participación debe basarse en la información y el conocimiento de las nuevas tecnologías, su uso, su gestión y mantenimiento adecuados.

En particular, la participación activa de los grupos sociales organizados puede ser una condición necesaria para dar respuesta a los problemas de abastecimiento en las zonas rurales aisladas en los países donde existan este tipo de organizaciones.

La participación activa de las comunidades afectadas debería quedar reflejada de forma explícita en la normativa legal, en los siguientes términos:

- Una parte de los recursos destinados a la electrificación de las zonas rurales aisladas será dedicado a la educación y capacitación de los consumidores, que incluirá programas de formación sobre los usos productivos de la electricidad.
- Los fondos para capacitación y “alfabetización” energética serán presupuestados por la Administración Central y/o Regional y/o Local.
- Deberá cuidarse la incorporación de un enfoque de género en el diseño e implementación de los proyectos, como se verá más adelante.

- Las comunidades serán el centro de la planificación, de la implementación y de la integración con otros aspectos del desarrollo.
- Las comunidades participarán en el análisis, evaluación de soluciones, seguimiento de los proyectos y cumplimiento de los compromisos adquiridos.
- El estado potenciará el cooperativismo como forma organizativa adecuada para el desarrollo eléctrico de las zonas rurales aisladas.

3.6. PAPEL DE LAS ONG'S

Las ONG's actualmente desarrollan un papel muy importante en el desarrollo de las comunidades rurales aisladas a las que sirven de apoyo para resolver los problemas que tienen planteados como consecuencia de su aislamiento, escasa formación y falta de recursos.

En el caso del suministro de electricidad su colaboración puede resultar muy valiosa para canalizar la expresión de las necesidades, la búsqueda de soluciones óptimas y adecuadas a las características específicas de cada lugar, y fundamentalmente para estructurar la organización de personas que garantice la sostenibilidad del proyecto.

4. MODELOS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL

Hasta el momento, la mayoría de los procesos de electrificación rural que se han implantado han seguido el modelo de extensión de redes, consistente en la ampliación de las redes de distribución de las empresas concesionarias, de manera que se abarque una extensión mayor de territorio, y por tanto un mayor número de clientes con posibilidad de acceso al suministro.

Sin embargo, esta solución no resulta viable económicamente para las zonas realmente alejadas de las redes de distribución existente, por lo que existe la necesidad de analizar nuevos modelos que permitan la electrificación de todas las zonas.

Las razones que han llevado a la aparición de estos nuevos modelos son, entre otras:

- La necesidad de encontrar soluciones de menor coste.
- La necesidad de incentivar a las empresas distribuidoras que inicialmente no tenían entre sus objetivos el suministro de electricidad fuera de las zonas concesionadas, donde llegaban con sus redes.
- La aparición de tecnologías más baratas, y más adecuadas para dar servicio a hogares aislados.

Los diferentes modelos de electrificación rural se pueden analizar desde dos parámetros fundamentales, que son la tecnología utilizada y la propiedad, aunque existen también otros parámetros según los cuales se podría establecer la clasificación de diferentes modelos de electrificación, tales como el modelo de suministro, el tipo de subsidio recibido (a la conexión o al consumo), el modo de introducción de competencia (por proyectos, yardstick), los parámetros según los que se establece la competencia (número de usuarios conectados, niveles tarifarios, mínimos subsidios), reparto de riesgo entre los distintos agentes (suministradores, consumidores, estado), estado de desarrollo del mercado, o estructura financiera.

A continuación se presentan los distintos modelos aplicables en función de la tecnología utilizada y la propiedad.

En cuanto a la propiedad las opciones son las siguientes:

- **Propiedad privada.** Dentro de que la propiedad sea privada, esta puede ser de pequeñas empresas descentralizadas (comercializadoras con pequeñas redes) o grandes empresas centralizadas (concesión a empresas privadas para extender las redes).
- **Propiedad comunitaria.** Se puede tratar de Cooperativas u otras organizaciones comunitarias.
- **Propiedad pública.** Pequeñas compañías municipales (descentralizadas), o grandes compañías públicas (centralizadas).

En cuanto al tipo de tecnología tenemos:

- **Extensión de redes.** Consistente en la conexión a las red de distribución nacional interconectada como medio para acceder al mercado nacional de energía.

- **Micro redes conectadas a la red.** Pequeñas redes de electrificación en zonas rurales aisladas alimentadas por pequeñas centrales o generadores de energía renovable que se conectan a la red para verter sus excedentes.

- **Soluciones “Off Grid”:**
 - **Micro redes aisladas.** Redes aisladas para el suministro de energía a pequeñas comunidades aisladas, alimentadas por pequeñas centrales o generadores de energía renovable, no conectadas a la red.
 - **Suministros individuales “Off Grid”.** Suministro individual a los hogares o instalaciones comunitarias, normalmente mediante paneles fotovoltaicos.

En la tabla siguiente se recogen de forma matricial las diferentes alternativas existentes, clasificadas por el modelo de propiedad y la tecnología utilizada:

Tabla 2: Regulación y políticas para electrificación Off-Grid y extensión de redes.

		Expansión de la red	Pueblos conectados Mini red	Pueblos aislados Mini red	Sistema de único usuario	
		No Aisladas	←----->		Aisladas	
FORMAS DE PROPIEDAD	Privada (lucrativas)	Pequeñas, descentralizados	Comercializadores con pequeñas red (India)	Mini red hydro, venden a consumidores locales y a la red principal (China, Nicaragua) Antiguamente mini redes aisladas, actualmente conectadas a la red (Cambodia)	Mini red diesel e hidro (Cambodia, Ethiopia)	SSR (Honduras, Indonesia, Kenya, Sri Lanka) FV/Eólico/bombeo agua por medio motor diesel (Brasil, Chile, México) Eólico residencial o hydro (Argentina, Mongolia, Nepal)
		Grandes, centralizados	Concesión a empresa privada para extender la red (Argentina, Chile, Guatemala, Uganda)	Concesión de tecnología neutral	de lectricificación (Senegal)	Concesiones redes aisladas (Argentina) SSR (Bangladesh, Bolivia, Marruecos, Sud Africa)
	No Gubernamentales	Cooperativas	Cooperativa financia la expansión de la red (Bangladesh, Costa Rica, Estados Unidos)		Cooperativa multiservicio mediante diesel e hidro con microred (Bangladesh, Bolivia, Filipinas)	Cooperativas agrícolas que utilizan diesel (Bolivia)
		Otras organizaciones comunitarias	Pequeños "portales comunitarios" (Bolivia)		Mini redes comunitarias (Brasil, Cambodia, Honduras, Indonesia, Nicaragua, Sri Lanka)	Grupos diesel o renovables para energizar escuelas, clinicas, centros comunitarios (Argentina) Estaciones de baterias fotovoltaicas (Nicaragua)
	Públicas	Pequeñas, descentralizados	Pequeñas compañías publicas expanden la red (Brasil, Colombia)		Mini redes municipales de diesel e hidro (Bolivia)	
		Grandes, centralizados	Compañías públicas expanden la red y venden en el mercado minorista (Botswana, Mozambique, Tailandia, Túnez)		Mini redes publicas aisladas diesel con subsidios de combustible (Cambodia, Nicaragua)	SSR (México)

Fuente: [REIC06]

Como ya se mencionaba al comienzo de este documento, esta tesis se centrará exclusivamente en el uso de los modelos "Off-Grid" y Micro redes aisladas. En relación con la propiedad el análisis realizado en esta tesis es válido para los diferentes modelos de propiedad mencionados.

Las características que definen los modelos “Off-Grid” es que se encuentran instalados cerca de los usuarios pero generalmente alejados de las redes interconectadas existentes, por lo que las soluciones de extensión de redes no son adecuadas en estos casos.

Las tecnologías “Off-Grid” requieren adecuar los modelos de negocio en cuanto a enfoques de operación, mantenimiento, atención al cliente, y métodos de cobro.

Para este tipo de sistemas, es más adecuado que la operación sea realizada por empresas pequeñas o de mediano tamaño, posiblemente locales, o por asociaciones compuestas por los propios consumidores. Este tipo de modelos descentralizados requieren modelos institucionales descentralizados y adaptados a las características particulares de la población objetivo.

5. FINANCIACIÓN

5.1. MECANISMOS DE FINANCIACIÓN

La financiación constituye seguramente el principal problema a resolver para conseguir un adecuado y eficaz desarrollo de la electrificación en las zonas rurales aisladas. Facilitar la inversión inicial y adecuar la capacidad de pago de las comunidades al suministro serán los problemas fundamentales a resolver: ambos suelen estar fuertemente condicionados por la escasez de recursos disponibles para la financiación de esta actividad y de la cuantía y temporalidad de los ingresos en estas comunidades.

Tarea prioritaria será la implementación de modelos imaginativos de financiación que incluyan a los organismos multilaterales, las agencias de cooperación, la financiación privada convencional, los microcréditos, los mecanismos de desarrollo limpio (MDL's) y cualquier sistema que permita el apoyo financiero a las diferentes iniciativas y la correcta periodificación de los costes.

El origen de los recursos de financiación puede ser:

- Financiación Externa:
 - Organismos de Cooperación que suministran fondos no reembolsables.

- Organismos Multilaterales (Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo, etc.) que suministran fondos, total o parcialmente reembolsables.
- Financiación Interna: Fondos creados con cargo a aportaciones del estado procedentes del presupuesto público.
- Subsidios cruzados: Obtenidos a partir de sobrecargos y/o tasas sobre los consumos eléctricos del conjunto de los consumidores nacionales.
- Microcréditos: El desarrollo de estos mecanismos puede ser muy adecuado a las características de estos proyectos.

Para facilitar la financiación de este tipo de proyectos, en la correspondiente regulación se deberán recoger los siguientes aspectos:

- Los presupuestos generales del estado establecerán condiciones de financiamiento especiales dedicadas al fomento de inversiones en instalaciones eléctricas en zonas rurales aisladas.
- Se considerarán como posibles fuentes de financiación las procedentes de Organismos Multilaterales, Instituciones Financieras, Agencias de Cooperación Internacional y ONG's, favoreciendo y facilitando al máximo las condiciones contables y fiscales.
- Se promoverán los convenios de financiación con administraciones regionales y locales.
- Los subsidios podrán tener origen en aspectos fiscales, tarifarios, o en el propio régimen concesional.

- Los materiales y equipos podrán ser objeto de donación, y por tanto, de exención de cualquier tipo de aranceles e impuestos.
- La reglamentación específica establecerá las normas de operación comercial y contabilización.

5.2. SUBSIDIOS

Existe un gran debate a nivel internacional sobre la conveniencia de utilizar subsidios en la electrificación rural.

Por una parte, instituciones de tendencia neoliberal son partidarias de restringir al máximo la utilización de los subsidios, promoviendo que en los casos en los que el Willingness to Pay sea superior al coste del suministro no se subsidie la actividad, y se aplique el criterio de facturación por el coste del suministro. Esta forma de pensar está avalada por su racionalidad económica, ya que el subsidio puede introducir distorsiones en el funcionamiento del mercado debidas a la diferencia entre el coste del producto y el coste satisfecho, y, en opinión de estas instituciones la eliminación del uso de subsidios da lugar a una utilización óptima de los recursos y maximiza el beneficio social.

Por otra parte, existen otras corrientes de pensamiento que basan su discurso en criterios de equidad afirmando que no existe ninguna razón para que una persona que vive en zonas no suministradas por la red eléctrica deba satisfacer por el suministro de electricidad un importe superior al satisfecho por las personas que tienen acceso a la red interconectada nacional.

Sin intentar enjuiciar las ventajas e inconvenientes de cada una de estas dos alternativas, en esta tesis se ha elegido la segunda alternativa con el convencimiento de que tratándose de un suministro básico de carácter

esencial, necesario para alcanzar el bienestar de las personas y promover el desarrollo de los pueblos, debe prevalecer el criterio de equidad.

Los subsidios resultan por tanto necesarios para llevar a cabo la electrificación rural de las zonas rurales aisladas, debido a la baja capacidad de pago de los futuros usuarios del servicio en estas zonas, y a los altos costes que representa la electrificación de este tipo de zonas, lo que implica que este tipo de proyectos no son económicamente viables para las empresas. Por tanto, es necesario el establecimiento de mecanismos que permitan que estas empresas cubran sus costes, ya que de otro modo no tendrán incentivo alguno para acometer este tipo de electrificación.

Sin embargo, también debe tomarse en consideración que existen ciertos riesgos en la provisión de subsidios que no se deben dejar de lado: entre ellos existen los riesgos de corrupción, de que los subsidios no lleguen a quien deben llegar, o que no sean empleados para el fin para el que han sido diseñados.

Una vez aceptada la conveniencia de la utilización de subsidios, se considera necesario estudiar cuál es el tipo de subsidio más adecuado para la electrificación de las zonas rurales aisladas teniendo en cuenta las características específicas de estos suministros respecto al coste de la inversión y al coste de la operación y mantenimiento.

Llegado este punto, es necesario hacer una diferenciación entre el modelo de subsidios a utilizar en el caso de electrificación por extensión de redes y el que debe ser utilizado para el suministro de zonas rurales mediante soluciones de tipo "Off-Grid".

5.2.1. Electrificación mediante extensión de redes:

Aunque los mecanismos de electrificación rural mediante extensión de redes no son el objeto de esta tesis, se considera interesante introducir las formas de subsidio que aplican en estos casos.

En el caso de extensión de redes habitualmente se utilizan dos vías para canalizar los subsidios necesarios para adecuar las tarifas que debe satisfacer el usuario al coste total del suministro.

Subsidios a la inversión:

La primera vía consiste en aplicar fondos públicos para la financiación de las inversiones necesarias para la extensión de las redes, fundamentalmente en aquellas áreas rurales que de otra forma no podrían ser atendidas a costes razonables. Así se ha procedido en muchos países, entre ellos España, en los que los gobiernos han puesto en marcha Planes de Electrificación Rural financiados con cargo al presupuesto nacional a fondo perdido.

Subsidios Cruzados:

La segunda vía consiste en el establecimiento de subsidios cruzados en el proceso de fijación de las tarifas.

La forma más común de establecer subsidios cruzados es el aplicar un precio igual a todos los consumidores, aun resultando el coste de suministrar a unos más elevado que el de otros por diversas razones tales como la distancia a los centros de generación o el nivel o perfil de consumo. De este modo los que implican un mayor coste están siendo subsidiados.

Otro modo de subsidio cruzado se establece cuando el gobierno decide aplicar reducciones en la tarifa para determinados consumidores o grupos de los mismos con cargo al resto de los consumidores.

Estos subsidios pueden ser establecidos por categorías (por regiones, por niveles de pobreza e incluso para favorecer el desarrollo de determinadas industrias).

Una forma frecuente de establecer reducciones en la tarifa para determinados consumidores es mediante la aplicación de las denominadas Tarifas de Bloques Crecientes (TBC). La justificación de este tipo de subsidio se basa en que los hogares pobres consumen menos, y en el objetivo de ofrecer a todos los hogares acceso a una cantidad de “supervivencia” a bajo costo. Sin embargo los estudios realizados muestran que estos subsidios son regresivos, se deja fuera a los que no tienen acceso al servicio.

Focalización:

Por otro lado, los subsidios pueden ser focalizados o no focalizados.

Los subsidios son no focalizados cuando lo que se realiza es una bajada general de los precios de los servicios, por ejemplo si ciertos costes no se pasan a los consumidores. Por el contrario los subsidios focalizados, benefician únicamente a un subgrupo de consumidores. En la práctica, se suele utilizar una combinación de ambos subsidios, focalizados y no focalizados.

Dentro de los subsidios focalizados, existen los implícitos y explícitos.

La focalización explícita se traduce en la reducción de costes de servicio o de conexión a los consumidores con unas características determinadas, por el contrario los implícitos son el resultado no intencionado de las prácticas habituales utilizadas por las empresas eléctricas a la hora de establecer las tarifas.

Los subsidios focalizados tienen tres ventajas fundamentales: en primer lugar permiten reducir la cuantía de subsidio al estar estos limitados a ciertos consumidores. En segundo lugar, al estar focalizados, permitirán que los consumidores que realmente los necesitan se vean beneficiados por los mismos y que ese beneficio sea mayor, al no estar incurriendo costes en subsidiar a los que no lo necesitan. En tercer lugar, la focalización de los subsidios disminuye el riesgo de distorsión, si bien es verdad que existirá mayor distorsión que si los subsidios no existieran para nada.

Por otro lado no se debe olvidar que el hecho de focalizar los subsidios implica unos costes que deberán ser asumidos: el beneficio de los subsidios debe ser siempre mayor al coste de aplicación de los mismos.

5.2.2. Electrificación de zonas rurales aisladas (Off Grid):

En el caso de electrificación rural mediante el uso de soluciones Off Grid, que es el objeto de esta tesis, se presentan condiciones particulares que justifican un tratamiento específico de los subsidios.

En primer lugar conviene diferenciar entre el suministro de electricidad mediante el uso de energías renovables o mediante la utilización de combustibles fósiles. El análisis que se realiza a continuación se refiere al caso en que los medios de producción de energía eléctrica sean mediante fuentes de energía renovable, y pueden no ser de aplicación en el caso de la utilización de medios de producción con combustibles fósiles.

En los proyectos de electrificación de zonas rurales aisladas mediante el uso de energías renovables, la inversión inicial es muy elevada, y su recuperación por

parte de los inversores a través de la tarifa resulta prácticamente imposible, teniendo en cuenta la capacidad de pago de los usuarios.

Por el contrario, los costes operativos de las instalaciones utilizadas para la electrificación rural resultan bajos porque no se utilizan combustibles fósiles.

Desde el punto de vista de qué es lo que se subsidia, existen dos tipos principales de subsidios, los **subsidios a la operación y mantenimiento** y los **subsidios a la inversión inicial**, dependiendo de si los costes que se pretende reducir son los costes del servicio para los consumidores, o los derivados de la inversión inicial, que es realizada por los promotores.

En la electrificación de zonas rurales aisladas mediante el uso de energías renovables indudablemente el concepto a subsidiar es claramente la inversión inicial que es el elemento fundamental del coste del suministro.

Existen dos formas de determinar el subsidio a establecer:

- La primera sería establecer este subsidio por condiciones de competencia, en este caso la adjudicación de la licitación por el suministro se otorgará al agente que haga una oferta que cumpliendo con las condiciones de calidad exigidas y tomando en consideración la tarifa establecida, dé lugar al subsidio más bajo, es decir, que dentro de los términos de la licitación el agente que acude a la misma debe definir cuál es el subsidio que requiere para hacerse cargo del suministro y a la hora de comparar las diferentes propuestas se elegirá aquella que requiera el menor subsidio.
- La segunda sería mediante un cálculo objetivo de la diferencia entre el coste total del suministro y la tarifa satisfecha por el usuario. En este caso la cantidad de subsidio se determina por la diferencia entre el

valor inicial de la inversión y el valor actualizado neto del importe satisfecho por los usuarios una vez deducidos los costes de operación y mantenimiento del suministro.

La primera de estas opciones es más atractiva ya que incluye condiciones de competencia que sin duda repercutirán en una reducción de los costes. La segunda de estas opciones, al determinar el subsidio con criterios objetivos evita que en un mercado de oferta imperfecto puedan existir abusos de poder dominante. Por ello es conveniente elegir el modelo competitivo estableciendo límites al volumen de subsidio otorgado.

En ambos casos el subsidio está orientado al promotor y se traslada indirectamente al consumidor a través de los precios establecidos.

Los subsidios en el modelo propuesto son explícitos y conocidos, ya que las licitaciones se realizan de manera transparente y están supervisadas por un organismo público.

La focalización de estos subsidios se realiza a través del proceso de fijación de la tarifa. En este proceso que determina la cantidad a satisfacer por el usuario, el Organismo Regulador podrá determinar los grupos que se benefician en una u otra medida del subsidio.

5.2.3. Financiación de los subsidios:

En general, los subsidios pueden ser financiados directamente por el gobierno, por instituciones de cooperación internacional, instituciones financieras multilaterales o por otros grupos de consumidores (subsidios cruzados).

Los subsidios pueden ser transferidos directamente al usuario como un reembolso, o transferidos a la empresa suministradora de acuerdo con las condiciones establecidas.

Otro modo de transferir el subsidio es que la empresa suministradora reciba soporte financiero, que después ella misma traduzca en una reducción en los precios a los usuarios, pasando este beneficio a los mismos. Por último, otra alternativa es que la empresa asuma los gastos de aplicación de reducción de precios a los usuarios, y que más tarde estos gastos le sean reembolsados por el gobierno.

En todos estos casos existe el riesgo de que el gobierno no proporcione los fondos prometidos. En el caso en que el gobierno da soporte financiero a la empresa encargada de proporcionar el servicio, los consumidores corren el riesgo de que los recursos transferidos por el gobierno a dicha empresa sean absorbidos por la misma en forma de ineficiencias, en lugar de reducción de precios.

Dadas las condiciones específicas que concurren en el suministro de electricidad a las zonas rurales aisladas, la forma lógica de proceder consiste en que la financiación procedente de dotaciones del gobierno con cargo al presupuesto de la nación, sumada a las donaciones de instituciones de cooperación internacional o de instituciones de financiación multilateral se destinen a subvencionar las inversiones que no pueden ser recuperadas a través de la tarifa establecida.

6. TARIFAS

Como se ha mencionado en varias ocasiones en el documento, uno de los puntos importantes a tener en consideración a la hora de establecer un programa de electrificación rural es que las personas a las que se pretende dotar de suministro tienen muy bajas capacidades de pago, por lo que al tratar de diseñar tarifas en este ámbito habrá que considerar dicha baja capacidad de pago y asimismo será necesario establecer mecanismos para la medida de dicha capacidad.

Como también se ha mencionado, la aplicación del principio de equidad implica que no existe razón alguna para que las personas que habitan en zonas no cubiertas por las redes eléctricas tengan que pagar costes superiores a los que pagan las personas que viven en comunidades con acceso a la red.

También se ha de contemplar al establecer las tarifas que estas no deben ser superiores en todo caso al WTP si bien, como ya se ha mencionado, esta condición no es de aplicación ya que este parámetro es en general superior al coste del suministro y a las tarifas aplicadas a los consumidores que son suministrados por redes eléctricas de distribución.

En definitiva existen cuatro factores a tomar en consideración a la hora de fijar las tarifas que deben satisfacer los consumidores:

- El *Willingness to Pay*, que representa el importe que los consumidores estarían dispuestos a pagar tomando en consideración los beneficios que esperan obtener del suministro eléctrico, y en particular los costes evitados (candelas, pilas, keroseno, etc.) por disponer de ese suministro.

- El coste del suministro, que refleja los ingresos que sería necesario obtener para, por un lado, recuperar las inversiones realizadas durante la vida útil de las instalaciones, y por otro atender a los costes operativos y de mantenimiento.
- La capacidad de pago de los consumidores que puede medirse como un porcentaje de la renta total de los mismos, o por el importe que actualmente están pagando por los servicios que serán sustituidos por el suministro de electricidad.
- Por último, la tarifa que está siendo aplicada a los consumidores atendidos a través de las redes de distribución que pertenecen a grupos sociales de características similares, y con niveles de demanda comparables.

Lógicamente el parámetro clave a la hora de establecer la tarifa es el menor de los cuatro factores anteriormente mencionados ya que el pago del consumidor no puede superar a ninguno de ellos, es decir, no puede ser superior al coste del servicio, ni al WTP, ni a la capacidad de pago. Por otra parte tampoco sería equitativo que fuese superior al importe que está siendo satisfecho por personas de grupos sociales similares cuya única diferencia es que habitan en zonas que ya han sido electrificadas. Este valor mínimo sólo sería de aplicación en el caso de que la calidad de suministro sea la misma.

En definitiva, en los suministros a las zonas rurales aisladas, los costes satisfechos por los clientes pueden en muchos casos ser inferiores a los costes del servicio, bien porque la capacidad de pago sea inferior a este coste o porque la tarifa establecida por el gobierno para grupos sociales similares conectados a la red sea insuficiente. El hecho de que la tarifa así establecida no

sea suficiente para cubrir los costes del servicio trae consigo la necesidad de utilizar los subsidios.

Las distintas alternativas relativas al uso de subsidios son tratadas en otro capítulo, pero no se puede dejar de mencionar el uso de los mismos, puesto que en el diseño de tarifas que se estudia en este capítulo se parte de la base de la existencia de éstos.

En el cuadro siguiente se analizan los costes (expresados en US \$) asociados a la instalación de los sistemas individuales Off Grid, en este caso alimentados por paneles fotovoltaicos.

Tabla 3: Recuperación de costes para un proyecto de electrificación rural mediante paneles fotovoltaicos.

Potencia	Coste de instalación	Costes de O&M (*)	Coste de las baterías (*)	Coste Total (*)	Recuperación mensual de costes
50 Wp	764	390	216	1370	16,8
70 Wp	1074	390	299	1763	23,1
100 Wp	1347	390	418	2155	26,7

Fuente: [REIC00]

Nota 1: suponiendo una TIR del 14 %, una vida útil de 15 años de la instalación fotovoltaica, cambio de las baterías cada 3 años.

Nota 2: (*) A lo largo de la vida útil.

Como resultado de este análisis se confirma que los subsidios serán necesarios ya que en las zonas rurales aisladas los ingresos medios familiares mensuales no permiten hacer frente a los costes necesarios. Habitualmente se considera que la cuantía máxima a pagar por estas familias en concepto de suministro de energía eléctrica no puede exceder el límite de 12 \$ mensuales.

La siguiente tabla muestra el gasto medio que se realiza en energía, correspondiente a una provincia de Argentina, que puede ser ilustrativo a la hora de hablar en general del gasto en electricidad en las zonas rurales aisladas.

Tabla 4: Ingresos medios y gasto en energía de los hogares rurales.

Ingresos Mensuales	Porcentaje de la población	Monto gastado en energía	Porcentaje sobre los ingresos
Menos de \$150	42%	\$9/mes	> 6%
Entre \$150-200	31%	\$15/mes	6%-10%
Entre \$250- 400	17%	\$18/mes	5%-7%
Más de \$400	10%	\$21/mes	< 5%

Fuente: [REIC00]

Como se puede observar los hogares más desfavorecidos en zonas rurales gastan una significativa cantidad de sus ingresos en electricidad.

Por otro lado, como se indicaba en el párrafo anterior, viendo los ingresos medios en esta zona, se corrobora el hecho de que la tarifa, calculada como en la Tabla 3, para cubrir los costes del proyecto, difícilmente podrá ser satisfecha por las personas que ingresan las cantidades mostradas en la Tabla 4.

En el diseño de una tarifa, se establecerán distintos precios para distintas clases o grupos de consumidores. El diseño de la tarifa cobra una importancia vital, puesto que la tarifa determina los ingresos y la viabilidad financiera del agente que proporciona el servicio, envía señales de precios a los consumidores, y define la cantidad de subsidio necesario para aquellos clientes que tienen que pagar menos que el coste total de la electricidad.

En las soluciones de tipo Off Grid, objeto de esta tesis, la energía consumida puede o no medirse. En el caso de que no se mida la energía consumida, las

tarifas no incluirán un término de energía sino que deberán estar diseñadas de modo a que los cargos mensuales permitan recuperar la inversión inicial durante la vida útil de las instalaciones, más el valor presente de los costes de operación y mantenimiento.

En el caso de que se trate de una solución Off Grid, soportada por una micro red local, es aconsejable establecer mecanismos para medir la energía, evitando así el uso indebido de la misma. En estos casos la tarifa tendrá un término fijo y otro término variable en proporción al consumo.

En estos casos el diseño de la tarifa dependerá también de si la micro red es propiedad o es operada por una comunidad, en cuyo caso el usuario y el que realiza la inversión es el mismo por lo que no existen intereses de subir los precios, y por tanto no es quizás necesario que las tarifas sean fijadas por organismos reguladores.

La siguiente tabla muestra los tipos de tarifas aplicables en proyectos de electrificación rural:

Tabla 5: Diferentes estructuras tarifarias.

Tipo de Tarifa	Ventajas	Desventajas
Tarifa Plana: pago mensual constante independiente del consumo	Administración simple. No necesidad de medida.	No refleja los costes. Permite altos consumos por lo que se necesita limitar los mismos.
Tarifa basada sólo en la energía consumida	Administración simple. Medida relativamente sencilla.	No refleja los costes. No se cubren costes con los pequeños consumidores. Perjudica a los grandes consumidores.
Tarifa de bloques crecientes	Permite el subsidio a los pequeños consumidores.	No refleja costes. Medida muy complicada.
Tarifa binomia: componente fijo y variable	Se aproxima al reflejo de costes fijos y variables. Se puede establecer el componente fijo en función de la potencia contratada.	Implica cobro aunque no se consuma energía.

Fuente: [GAUN03]

Tomando en consideración las ventajas e inconvenientes de los diferentes tipos de tarifa que aparecen en el cuadro anterior parece lógico que la opción más adecuada para el caso de soluciones de tipo “Suministros Individuales Off Grid” sea la aplicación de un pago constante mensual independiente del consumo (Tarifa Plana) ya que disfruta de las ventajas indicadas y no tiene los inconvenientes citados porque el consumo está limitado por las propias características técnicas de la instalación.

En el caso de las soluciones de Micro redes Off Grid es más adecuado utilizar la alternativa de tarifa binomia porque a pesar de la dificultad que representa tener que llevar a cabo la medición periódica del consumo ésta está justificada por motivos de equidad ya que así se evita el uso abusivo de la energía por parte de algunos consumidores conectados a la micro red.

Los costes que implica el suministro eléctrico incluyen:

- Un componente fijo correspondiente a la inversión en la instalación.
- Un componente que varía con la energía consumida.

Los costes fijos representan la inversión en el desarrollo de las instalaciones necesarias para atender el suministro. Para cuantificar estos costes se pueden utilizar valores históricos, o el valor de reemplazo de la instalación. Los costes de administración podrían estar incluidos en los costes fijos.

Los costes variables incluyen a parte de la energía los costes de operación y mantenimiento.

El coste de suministrar a consumidores con pequeños consumos mensuales es muy elevado en términos de coste/kWh. Si se aplicaran estrictamente tarifas calculadas basándose en costes, muchos consumidores no podrían pagar el servicio, debido a los elevados costes fijos de las instalaciones fotovoltaicas,

por ejemplo. Por la misma razón, no existe ventaja competitiva para la iniciativa privada en suministrar a este tipo de clientes. Por lo anterior, el uso de tarifas basadas en el coste, la electrificación rural, y la reducción de la pobreza son objetivos que generalmente entran en conflicto, si no fuera por la existencia de los subsidios.

Una solución al hecho de que los costes en proyectos de electrificación rural sean más elevados, y que además la capacidad de pago de la personas en las zonas rurales es mucho menor, es el establecimiento de tarifas sociales.

El establecimiento de este tipo de tarifas está basado en principios éticos o sociales:

- Las tarifas basadas en el coste del servicio generan un rango amplio de tarifas muy diferentes para grandes y pequeños consumidores en zonas rurales y urbanas. Estas diferencias son difíciles de comprender para la mayoría de los consumidores. Están basadas en el criterio de que cada consumidor debe pagar lo que cuesta. Este tipo de tarifas son muy atractivas para el desarrollo económico pero no para el desarrollo social.
- Una tarifa uniforme para cada categoría de consumidores implica que los consumidores en áreas que cuesta menos suministrar subsidian a aquellos que viven en áreas donde el suministro resulta más caro. La justificación para esto es que los consumidores no deberían ser discriminados por vivir en un lugar u otro, y todos los consumidores deben pagar de una manera justa según su categoría.
- Los subsidios cruzados recolocan recursos de un grupo a otro.

Una tarifa social es una tarifa en la cual un subsidio reduce el coste a los consumidores que no son capaces de pagar el coste total del servicio, incluyendo cierto beneficio para la empresa suministradora.

La legislación eléctrica de la mayoría de los países ya incluye este concepto, normalmente mediante la utilización de subsidios cruzados.

En los países en los que exista esta tarifa social lo más razonable es que ésta sea aplicada no solamente a las zonas atendidas por las redes sino que también se extienda su aplicación a los consumidores que habitan en las zonas rurales aisladas y que son atendidos mediante soluciones Off Grid.

7. CALIDAD

El objetivo en un proyecto de electrificación de zonas rurales aisladas no consiste únicamente en conseguir que las personas que carecen de suministro puedan tener acceso al mismo, sino conseguir además que dicho suministro se obtenga en unas condiciones de calidad y económicas similares a las que se aplican a personas que tienen acceso a las redes de distribución.

En este capítulo se trata de establecer los criterios para que las condiciones de calidad de suministro derivadas de la implantación de estos proyectos sean las adecuadas al ámbito en que los mismos se engloban.

Para conseguir el objetivo mencionado, es necesario el establecimiento por parte de los órganos reguladores, o de los organismos en los que se deleguen las tareas relativas al cumplimiento de la calidad, de unos estándares de calidad que serán específicos según el tipo de electrificación, las características de la población beneficiaria del servicio, la tecnología utilizada, etc.

Dichos estándares de calidad se referirán tanto a la calidad de producto suministrado como a la calidad del servicio suministrado, como se verá más adelante.

En general se le ha prestado muy poca atención hasta el momento a la calidad de servicio debido probablemente a que es más sencillo especificar y monitorizar los niveles tarifarios que los estándares de calidad de servicio. Mientras que las tarifas son unidimensionales, la calidad de servicio es multidimensional, y difícil de supervisar o monitorizar.

Para conseguir que la población reciba el servicio en las condiciones de calidad adecuada, será necesario que además de establecerse estándares de calidad, se lleven a cabo las tareas de monitorización de la misma, y de aplicación de mecanismos de corrección en caso de no cumplimiento de las condiciones deseadas, tal como pueden ser las sanciones.

Al establecer los estándares de calidad se deberá tener en cuenta que es contraproducente exigir una calidad de suministro que no pueda llegarse a conseguir, que no sea deseada por los consumidores debido a extra-coste que supone si es que son ellos los que los asumen, o en general que suponga unos costes que hagan que la viabilidad del proyecto se ponga en riesgo.

Por lo anterior:

- Deben ser regulados aquellos aspectos de la calidad de servicio que sean importantes para los clientes, controlables por el regulador, y fácilmente monitorizables.
- La calidad de servicio no tiene por qué ser uniforme en todos los tipos de clientes, en todas las áreas geográficas o para todas las tecnologías empleadas, por lo que resulta adecuado el establecer niveles según las necesidades de los beneficiarios, sus capacidades de pago, etc.
- En caso de que no existieran subsidios, no se deben imponer estándares si los consumidores no pueden o no están dispuestos a pagar el extra-coste que puede suponer alcanzar esos estándares.

- En la calidad de servicio hay que tener en cuenta tanto la calidad técnica como la comercial. De entre estos estándares habrá unos aplicables a cada tipo de consumidor, y otros aplicables de forma general, por ejemplo estableciendo que el estándar se cumpla en promedio en un periodo establecido de tiempo.
- Las penalizaciones deben ser establecidas proporcionalmente al grado de no cumplimiento de los estándares y al coste que se habría incurrido en el cumplimiento de los estándares.
- En los casos en los que sea factible y eficiente, los ingresos obtenidos por las penalizaciones deben ser transferidos a los consumidores y no utilizados para aumentar el presupuesto del regulador u otra entidad. En general las penalizaciones no deben superar el 2%-4% de los ingresos del operador.
- Cualquier cambio en los estándares de calidad debe ser sincronizado con procedimientos regulatorios para actualizar las tarifas.
- La entidad reguladora tendrá capacidad para delegar las tareas relativas a la monitorización de la calidad de servicio o la imposición de penalizaciones.
- El organismo regulador debe establecer un método viable, objetivo y fiable para supervisar el cumplimiento de los estándares de calidad de manera que se pueda comparar la calidad del servicio suministrado por los distintos operadores.

Existen tres categorías para los estándares de calidad:

- Calidad de producto: Estabilidad de la tensión y la frecuencia con respecto a unos niveles objetivo.
- Calidad de suministro: Objetivo de horas de suministro, número y duración de interrupciones, seguridad del sistema.
- Calidad comercial: Tiempo de conexión de nuevos clientes, precisión de la medida de consumo y de la facturación, tiempo de respuesta a las reclamaciones o incidencias.

La factibilidad de implementar estándares de calidad de servicio depende de una manera crítica de quién es el responsable ante un fallo en el sistema. Si el consumidor es el responsable, el operador no debe pagar penalización alguna. Sin embargo, en los sistemas "Off-Grid" no es fácil determinar quién es el causante del fallo.

A diferencia de otras tecnologías, en este tipo de sistemas los componentes están situados dentro de la propiedad del consumidor lo que dificulta más el control de la calidad.

En el caso de los suministros individuales Off-Grid, por ejemplo, los problemas más comunes son la descarga de las baterías, falta de agua en las baterías, o fusibles fundidos. Estos tres fallos son en la mayoría de los casos causados por el consumidor.

Además de los estándares de calidad de producto, de servicio y comercial, es aconsejable establecer también estándares de calidad aplicados al equipamiento utilizado, ya que en principio, si se parte del cumplimiento de ciertos requisitos mínimos de diseño probablemente será más fácil que después

sea posible cumplir los estándares de calidad una vez la instalación se encuentre en servicio.

Para llevar a cabo esta normalización se debe tener en cuenta las características específicas de cada área de implantación de proyectos de electrificación rural (suelo, clima, recurso, etc.) y se debe establecer:

- Un equipamiento base
- Diferentes opciones de potencia
- Procedimientos de instalación y puesta en funcionamiento.

Otro problema que surge en el tema de las normas es el referente a sistemas aislados. Exigir que tales sistemas satisfagan los criterios aplicados a la red de distribución urbana obstaculiza la adopción de soluciones técnicas que permiten suministrar un servicio eléctrico diferente pero que corresponde a las condiciones y medios de un número suficientemente grande de usuarios. Se sabe que aun si se adoptaran normas especiales de calidad para sistemas aislados, la regulación y verificación del cumplimiento de las mismas es difícil para el regulador; sin embargo, tomar algunas medidas al respecto es eficiente y de beneficio para el usuario final.

Entre las medidas que el Estado podría considerar en lo referente a la aplicación de normas adecuadas para la electrificación rural se incluyen:

- Incentivar la adopción y la aplicación de normas y estándares de diseño especiales dirigidas al servicio de comunidades rurales y que por lo tanto cuesten menos que las instalaciones urbanas. Obviamente las instalaciones construidas bajo estas normas deben cumplir con criterios mínimos de seguridad y fiabilidad.
- Definir límites fuera de las normas de calidad de servicio, pero aceptables para los sistemas aislados.

- Si se considerara útil, elaborar y adoptar normas de calidad de equipo. Eso podría complementarse con la homologación de los equipos que cumplan con tales normas, a través de las pruebas adecuadas hechas en un laboratorio debidamente equipado.

8. ENERGÍAS RENOVBLES Y ELECTRIFICACIÓN RURAL

Como se ha mencionado anteriormente, este trabajo de tesis se centra en las soluciones de tipo “Off-Grid” para la electrificación rural de las zonas aisladas.

Este tipo de solución es la más adecuada para la electrificación de las zonas aisladas en las que la extensión de redes no resulta económica o técnicamente viable. Una de las razones principales por la cual un proyecto de extensión de redes no resulta rentable para las zonas rurales aisladas, es la dispersión de la población y el bajo consumo de energía de los consumidores de estas zonas.

En la siguiente tabla se muestran las distintas tecnologías renovables disponibles así como sus ventajas e inconvenientes, y en los puntos siguientes de este capítulo se pasa a realizar una breve descripción de las mismas.

Tabla 6: Ventajas e inconvenientes de las distintas tecnologías.

Recurso	Ventajas	Desventajas
Hidráulico	No consume agua, solo la utiliza. Alto potencial disponible en sitios aislados. Bajos costes de operación y mantenimiento. Tecnología muy simple y de muy alta eficiencia.	Alto coste inicial comparado con la capacidad de pago. Requieren estudios técnicos para conocer potenciales. Altos costes de inversión en obra civil y equipos electromecánicos.
Eólico	Bajo coste de operación y mantenimiento. Tecnología relativamente simple. Rápida implantación.	Difícil encontrar fuentes de financiación. Compleja aplicación en cuanto a electrificación rural se refiere.
Fotovoltaico	Permite soluciones modulares y autónomas. Bajo coste de operación y mantenimiento.	Altos costes iniciales comparados con la capacidad de pago. La energía producida es limitada y alcanza solo para las necesidades básicas. Disponibilidad de energía variable y dependiente de condiciones meteorológicas.
Biomasa	Combina varias actividades rurales desde el uso doméstico hasta generación eléctrica y de biocombustibles pasando por actividades como la producción de azúcar y café.	Difícil encontrar fuentes de financiación. Compleja aplicación en cuanto a electrificación rural se refiere.

Fuente: [FORT07]

8.1. VENTAJAS DEL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS PROYECTOS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL

El uso de energías renovables en los proyectos de electrificación rural presenta claras ventajas, dadas las condiciones en que se enmarcan los mismos.

La principal ventaja es el hecho de que la generación se produzca en el mismo lugar de consumo, dándose el hecho de que este lugar de consumo se encuentra alejado de las zonas donde puede existir generación convencional, y resultando muy difícil el acceso al mismo.

En segundo lugar, las tecnologías renovables permiten soluciones individuales y de pequeña escala, que no serían tampoco posibles con otros combustibles tradicionales.

Por otro lado, aunque los costes iniciales de inversión de este tipo de proyectos resultan muy elevados, en el largo plazo resultan económicamente ventajosos debido a que el combustible empleado es gratuito, y a que presentan bajos costes de operación y mantenimiento .

El uso de energías renovables reduce además la dependencia energética del exterior en los países donde se implanten estas soluciones.

Por último cabe destacar que la generación con fuentes de energía renovable contribuye a la disminución de la contaminación, presentando ventajas medio ambientales muy importantes.

8.2. BARRERAS QUE PRESENTA LA IMPLANTACIÓN DE ESTE TIPO DE PROYECTOS

A pesar de que el uso de energías renovables en la electrificación rural presenta claras ventajas tal como se menciona en el párrafo anterior, existen actualmente algunas barreras a la hora de implantar este tipo de soluciones.

Cabe recalcar que es necesario que exista un marco regulatorio que favorezca la implantación de este tipo de proyectos, dada la importante inversión inicial que es necesario realizar al inicio del proyecto, ya que son necesarios métodos de remuneración que permitan la recuperación de los costes.

Las principales dificultades que presenta la implantación de este tipo de proyectos son:

8.2.1. Barreras de Información:

En general no existe por el momento el conocimiento suficiente sobre este tipo de proyectos y las ventajas que pueden presentar. Esto hace que los promotores tengan una visión conservadora y vean en este tipo de proyectos un alto riesgo. Para evitar esta situación, es necesario que los organismos estatales tomen partido divulgando los beneficios de estos proyectos y promoviendo su implantación.

8.2.2. Barreras Financieras

Es necesario que los gobiernos establezcan mecanismos concretos para la financiación de este tipo de proyectos, ya que se trata de proyectos que presentan altos costes iniciales, en comparación con el coste inicial de un proyecto basado en combustibles fósiles, aunque a largo plazo los proyectos renovables presenten costes menores.

8.2.3. Barreras Tecnológicas

El diseño, instalación, y más concretamente la operación y mantenimiento de estos proyectos suponen factores tecnológicos que no siempre se cubren.

Por el momento no existen, sobre todo en las zonas rurales, personas capacitadas para las tareas de operación y mantenimiento de estos proyectos por lo que es necesario un plan de formación en estos aspectos.

8.2.4. Barreras de Mercado de Suministros

Los impuestos de importación de los equipos utilizados para la implantación de sistemas basados en energías renovables (paneles fotovoltaicos, turbinas eólicas e hidráulicas, etc.) son muy elevados, lo que encarece estas tecnologías desfavoreciendo la competitividad de las fuentes renovables en la implementación de sistemas de electrificación rural y en muchos casos hasta ponen en riesgo la realización de estos proyectos.

8.3. TIPOS DE TECNOLOGÍAS

RENOVABLES:

8.3.1. La energía solar fotovoltaica

La tecnología fotovoltaica, en particular los Sistemas Solares Individuales presentan unas características que los convierten en una solución muy adecuada a la hora de realizar programas de electrificación rural en sistemas aislados Off-Grid, objeto de esta tesis.

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

Se trata de instalaciones de pequeño tamaño, con una potencia de entre 50 y 100 Wp, normalmente suficiente para dar abastecimiento a una sola familia, que además tenga unos consumos no elevados, como es el caso de las familias que habitan en las zonas rurales aisladas y que utilizan la electricidad básicamente para la iluminación de los hogares, sistemas de radio y televisión a lo sumo.

Estas instalaciones generan electricidad generalmente en corriente continua 12/24 V, aunque también existe la posibilidad de que produzcan energía alterna mediante la utilización de convertidores CC/CA, aunque esto empieza a ser rentable para instalaciones superiores a los 200 Wp.

Los Sistemas Solares Individuales constan de los siguientes componentes:

- **Módulo Fotovoltaico:** Se trata de un módulo normalmente de Silicio Cristalino, de una potencia de 50 a 100 Wp, que permite el aumento de potencia simplemente mediante la conexión de módulos en paralelo.
- **Batería:** Se trata de un sistema de acumulación consistente en una batería normalmente de plomo-ácido aunque existen diversos tipos.
- **Regulador de carga:** este elemento evita la operación de la batería fuera de un rango de tensiones inadecuado. La función principal de este elemento es la de proteger a la batería de posibles sobrecargas y sobredescargas.
- Cableado y dispositivos de protección.
- Lámparas u otros equipos de consumo.

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

Aunque el mantenimiento de estas instalaciones es mucho menor que el que requieren otro tipo de tecnologías, es necesario realizar un mantenimiento periódico, consistente en la limpieza de los módulos fotovoltaicos, relleno del agua de las baterías y reemplazo de fusibles, baterías, lámparas y reguladores de carga. En muchos casos, algunas de estas tareas, si no todas, pueden quedar delegadas en el consumidor final, por lo que es muy importante en estos casos llevar a cabo tareas de educación a este respecto, tanto de mantenimiento de los sistemas, como de la correcta utilización de los mismos.

Será importante que queden bien definidas las tareas de cada uno, para poder aplicar las sanciones correspondientes, de las que se hablará más adelante, sólo en los casos en que el culpable de la falta de calidad sea la empresa suministradora, y no el propio cliente.

Enlazando con este tema es interesante hacer un pequeño análisis de las implicaciones sociales que la instalación de este tipo de sistemas tiene en la vida de las familias usuarias finales. Cuando se realiza un programa de electrificación rural, y se proporciona acceso a la electricidad a personas que antes carecían del mismo, se imponen cambios muy importantes en la forma de vida de estas personas. Empezando por que los equipos se instalan en el entorno de su propia vivienda, pasando por que el acceso a la electricidad hará que cambien sus costumbres y horarios, así como sus gastos familiares.

Por todo ello, la labor de educación que se comentaba en el párrafo anterior, no debe enfocarse estrictamente al sentido técnico de la instalación, sino que se debe educar también a las comunidades para que acepten los cambios introducidos y puedan así aprovechar al máximo los beneficios que de ellos pueden obtener.

Por último cabe mencionar, aunque ya se menciona a modo de ejemplo en el capítulo de tarifas, que el coste de un sistema de este tipo es del orden de 15.000 \$ por KWp instalado, aunque en la bibliografía existe un amplio rango de cifras en torno al coste del KWp instalado. Lo que sí se puede concluir es que es la tecnología más cara de entre las analizadas, y por tanto, como también se concluye en otro capítulo de este documento, resulta necesaria la utilización de subsidios que permitan a las empresas que desarrollan este tipo de proyectos cubrir sus costes.

8.3.2. La Energía Eólica

El uso de energía eólica en los proyectos de electrificación rural es otra de las opciones a tener en cuenta. Al igual que las otras tecnologías analizadas, permite la instalación de la generación muy cerca del lugar de consumo, lo que representa una ventaja importante en el caso de zonas rurales aisladas.

También en este caso el combustible es gratuito y no contaminante, si bien la energía eólica tiene el inconveniente en este sentido de que el viento presenta una aleatoriedad que es muy difícil de controlar o predecir, por lo que resulta necesaria la utilización de baterías de acumulación para suplir las horas en las que no existe viento. Otra posibilidad es utilizar los sistemas eólicos en combinación con sistemas fotovoltaicos.

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

En las aplicaciones de electrificación rural, estas instalaciones tienen unas potencias de unos 10 kW cada una, pudiendo llegar a ser de hasta 100 kW en aplicaciones para más de una familia (este tipo de instalaciones de potencias bajas se suele denominar micro-eólica) y están formadas por:

- Un aerogenerador, normalmente con turbina mono-eje, y palas que suelen ser de metal plaqueado: poliéster reforzado con fibra de vidrio, o en menor proporción, con fibras de carbono, y raramente madera.
- Un regulador que controla la generación de corriente eléctrica y previene la sobrecarga de las baterías.

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

En cuanto a los costes que puede presentar la instalación de este tipo de soluciones, éstos se encuentran en torno a los 2.000 a 6.000 \$ por kW instalado. Estos costes resultan mucho menores a los correspondientes a una instalación fotovoltaica, pero son también muy elevados, por lo que la implantación de este tipo de proyectos, unido a la capacidad de pago de las personas que habitan en las zonas rurales, requerirá también el uso de mecanismos de subsidio para cubrir costes, así como del establecimiento de un marco regulatorio específico que favorezca su desarrollo.

8.3.3. Micro-Centrales Hidráulicas

La energía hidráulica es una fuente de energía segura, puesto que el recurso es inagotable y disponible en el territorio a nivel de superficie. Además el agua tiene una elevada energía específica. El agua, por ejemplo, es 800 veces más densa que el aire: el empuje que ejerce es mucho mayor que la que ejerce el viento sobre las palas del aerogenerador.

Las centrales hidráulicas convierten la energía cinética o potencial del agua en electricidad. Estas centrales usan la fuerza de un desnivel de agua, o su energía cinética si son del tipo fluyente, para accionar una turbina y un generador eléctrico síncrono, que en el caso específico de aplicación a sistemas Off-Grid, funcionará en isla.

La energía hidroeléctrica producida por las micro-centrales se puede utilizar en las siguientes aplicaciones de electrificación rural:

- Sistemas Off-Grid: Normalmente se trata de pico-centrales al servicio de usuarios que consumen pocos kilowatios.
- Sistemas conectados a la red: Normalmente son micro-sistemas creados para el autoconsumo que pueden ceder la energía sobrante producida a la red, y que no son el objeto de esta tesis.

Las instalaciones de tamaño pequeño y mediano, como son las mencionadas en el párrafo anterior, permiten producir la energía cerca del consumidor, lo que es una clara ventaja en la aplicación para las zonas rurales aisladas.

Además las aplicaciones micro-hidráulicas ocupan muy poco espacio y tienen un escaso impacto ambiental

Para poder instalar una central micro-hidráulica únicamente es necesario que exista un curso de agua, aunque sea pequeño, con un salto incluso de pocos metros.

En esos casos, la introducción de sistemas de utilización de las aguas tiene un impacto reducido ya que no se modifica el uso mayoritario del curso de agua, que puede ser vital para el suministro de zonas aisladas.

Este tipo de instalaciones requiere una obra civil mucho mayor que la que es requerida por las instalaciones eólicas o fotovoltaicas.

Al contrario de lo que sucede con la energía eólica o la fotovoltaica, la energía hidráulica puede producir electricidad de manera continuada, sin la necesidad de utilización de baterías, y dado que el recurso hídrico no presenta la aleatoriedad que presentan el recurso eólico o solar, incluso una pequeña instalación hidráulica permite generar grandes cantidades de energía.

Los costes de instalación de un kW hidráulico están en torno a los 1.000 a 4.000 \$ por kW instalado, por lo que puede que resulte la tecnología más económica de entre las tres analizadas.

El mantenimiento de este tipo de instalaciones puede representar alrededor de un 3% de los costes anuales. Este mantenimiento consiste principalmente en revisar que todos los conductos se encuentren libres y no se entorpezca el paso del agua, además del mantenimiento del elemento generador.

Contrariamente a las instalaciones fotovoltaicas, los sistemas de generación hidráulica no son modulares, por lo que la potencia de diseño será la que esté operativa a lo largo de su vida útil, que puede ser de unos 50 años, y aumentar la misma supondría unos costes muy elevados.

9. ENFOQUE DE GÉNERO

La pobreza en general, y la pobreza de las zonas rurales en particular, afecta de distinta manera a mujeres y a hombres.

En el contexto de la energía, las mujeres (junto con sus niños), son responsables de importantes tareas tales como recoger el combustible necesario en caso de no tener acceso a suministro de energía. Son ellas quienes dedican horas cada día preparando la comida con formas ineficientes de energía, y perjudiciales para ellas. La ausencia de acceso a formas modernas de energía tiene un impacto directo en la vida de las mujeres desde impacto negativo en su salud hasta contaminación en el interior de sus hogares, pasando por la pérdida de oportunidades de mejora o de bienestar familiar debido a la cantidad de tiempo empleado que no sería necesario si tuvieran acceso a las fuentes modernas de energía.

En el proceso de electrificación de zonas rurales aisladas es importante otorgar un papel activo a la mujer tanto en la expresión de las necesidades como en los aspectos relativos al pago de las tarifas y a la garantía del correcto uso de las instalaciones haciéndole miembro de los consejos de energía que las comunidades necesariamente han de crear para garantizar la sostenibilidad de los proyectos.

10. PROPUESTA BÁSICA DE REGULACIÓN

En este apartado se recoge una propuesta básica de regulación eléctrica para zonas rurales aisladas que podría ser de utilización en los países en los que todavía existe una amplia zona geográfica no cubierta por las redes eléctricas de distribución.

10.1. CONSIDERACIONES DE CARÁCTER GENERAL

En aquellos países en los que las redes de distribución eléctrica no cubren la totalidad del territorio es necesario establecer un reglamento específico para regular el suministro a las comunidades rurales aisladas.

Este reglamento que regule el suministro de electricidad en las zonas rurales aisladas deberá complementar los aspectos no contemplados en la Ley General de Electricidad que exista en el país.

Normalmente las leyes vigentes regulan la electrificación rural mediante la extensión de redes y disponen la existencia de una agencia especializada para la electrificación rural orientada exclusivamente a la extensión de redes.

Se considera conveniente la creación de una agencia específica para la electrificación de las zonas rurales aisladas que actúe con independencia funcional y presupuesto independiente aunque ambas agencias puedan estar integradas en un ente que las agrupe.

La gestión del presupuesto puede encomendarse a un fideicomiso que vele por la correcta aplicación del presupuesto establecido para el fin concreto de electrificación en zonas rurales aisladas.

Teniendo en cuenta las condiciones particulares que presenta el suministro de energía eléctrica en las zonas rurales aisladas, se hace necesario diseñar un proceso ordenado de solicitud, calificación y desarrollo de los proyectos de electrificación de las ZRA. Asimismo se debe definir un régimen económico aplicable a estos suministros que difiere del régimen económico general establecido para los suministros a través de la red.

Asimismo se considera conveniente la definición de los procedimientos de supervisión y control que permitan garantizar la adecuada calidad y sostenibilidad del suministro adaptado a las condiciones particulares de las ZRA.

Hoy día el suministro de electricidad se basa en el convencimiento de que debe ser realizado de acuerdo con las reglas del mercado y por ello es habitual funcionar de acuerdo con los siguientes principios:

- Separación de actividades.
- Introducción de la competencia en las actividades de generación.
- Libre acceso de terceros a la red.

Estos principios que resultan muy adecuados para el suministro de energía eléctrica a través de las redes no son aplicables a la electrificación de las ZRA.

En [REIC06] se proponen los siguientes principios, aplicables para la electrificación rural:

- **Regulación clara y simplificada:** *Un sistema regulatorio que funcione adecuadamente es aquel que minimiza los costes de regulación.*

La base de este principio es que no tiene sentido regular más de lo necesario ya que la regulación supone unos costes en las instituciones reguladas. Toda regulación tiene un coste y en el caso de la regulación para la electrificación de zonas rurales aisladas este ha de ser mínimo puesto que si no lo fuera, existe el riesgo de que dejen de ser viables los proyectos dadas las condiciones financieras de los mismos.

- **Delegación de tareas:** *El regulador debe poder delegar ciertas tareas temporal o permanentemente o subcontratar las mismas a otras entidades gubernamentales o no gubernamentales.*

Esta delegación de tareas es especialmente deseable cuando existe en la zona donde se desarrollará el proyecto de electrificación rural una Agencia de Electrificación Rural, como es este caso.

Como ya se comentó en otro capítulo la ventaja de la delegación de tareas es que en general el organismo al que se delega tiene un mayor conocimiento que el regulador de los aspectos técnicos operativos del proveedor del servicio, además de una mejor apreciación de los costos implicados y que además se evita el riesgo de sobre regulación, o duplicidad.

- **Adecuación de la regulación a la entidad regulada:** *El regulador debe poder variar la naturaleza de su regulación dependiendo de la entidad que esté siendo regulada.*

Esto deberá quedar reflejado en la legislación para evitar posibles conflictos.

- **Establecimiento de estándares de calidad realistas y asequibles:** *Los estándares de calidad deben ser realistas, asequibles, ejecutables y fáciles de monitorizar.*

Resultaría contraproducente imponer estándares de calidad que no fueran alcanzables.

10.2. LA AGENCIA DE ELECTRIFICACIÓN PARA LAS ZRA

Como se ha mencionado anteriormente se considera conveniente la creación de una Agencia cuya finalidad específica sea la electrificación de las ZRA porque se ha observado que las agencias de electrificación rural establecen siempre como prioridad la electrificación que se puede realizar a través de redes quedando en consecuencia condenadas a no tener suministro aquellas zonas que por razones de dispersión geográfica no resulta razonable que sean alimentadas a través de las redes.

Las competencias de esta agencia serían las siguientes:

- Elaboración del Plan Nacional de Electrificación Rural Aislada siguiendo las directrices del gobierno.
- Gestión de fondos para Electrificación Rural Aislada.
- Establecimiento de los criterios para las solicitudes a presentar por las comunidades.
- Validación de las solicitudes de electrificación de comunidades rurales aisladas.
- Gestión de los procesos de licitación.

Esta agencia dependerá del Ministerio responsable del suministro de electricidad y dispondrá de un Consejo Consultivo integrado por personas de este ministerio, representantes de las Municipalidades con comunidades rurales no electrificadas de las regiones que se consideren, o por otros agentes sociales con las calidades adecuadas para este fin. Asimismo dispondrá de un equipo técnico integrado por especialistas en

electrificación rural, expertos en energías renovables y en el conocimiento de las comunidades rurales.

10.3. PLAN NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN DE LAS ZRA

Como ya se ha mencionado anteriormente el Plan Nacional de Electrificación Rural Aislada habrá de ser realizado por la Agencia Nacional de Electrificación Rural Aislada.

El Plan Nacional de Electrificación Rural Aislada deberá ser realizado en coordinación con el Plan de Electrificación Rural (PER), con el propósito de evitar la duplicidad de esfuerzos y de responder solidaria y subsidiariamente igual a todos los habitantes del área rural.

El plan nacional de electrificación rural será realizado con un horizonte quinquenal y revisado anualmente y contemplará la priorización de comunidades o regiones. Para ello la Agencia Nacional de Electrificación Rural Aislada establecerá parámetros para priorizar las comunidades o regiones con base a criterios de eficiencia, eficacia y pertinencia técnica y financiera.

10.4. RÉGIMEN ECONÓMICO

10.4.1. Financiación de la electrificación rural de las ZRA

Se considera conveniente el establecimiento de un presupuesto específico para la financiación de la electrificación de las ZRA. Este presupuesto gestionado a través de un fideicomiso será dotado mediante fondos procedentes de:

- Dotaciones públicas con cargo al presupuesto nacional.
- Aportaciones procedentes de las Agencias de Cooperación Internacional.
- Financiación de las instituciones multilaterales.
- Subsidios cruzados o tasas específicas establecidas en las tarifas de general aplicación con esta finalidad específica.

10.4.2. Tarifas a aplicar a los consumidores en las ZRA

El gobierno, mediante normas complementarias, deberá establecer los criterios del sistema de regulación de precios a ser aplicado en los suministros eléctricos de las ZRA por el organismo regulador responsable de su implementación de acuerdo con estos criterios.

La tarifa máxima a aplicar no deberá ser mayor a la correspondiente a los clientes suministrados a través de las redes eléctricas, y tomará en consideración la capacidad de pago de los usuarios. La diferencia entre el valor de la tarifa que se establezca y el coste del suministro deberá ser cubierta por mecanismos de subsidio.

Se establecerán tarifas diferenciadas para los usos domésticos, usos públicos y usos productivos. Estas tarifas serán monómicas o binómicas dependiendo de la solución técnica adoptada.

10.4.3. Subsidios

Los subsidios otorgados para la electrificación de zonas rurales aisladas tendrán como objetivo cubrir la diferencia entre los costes del suministro y las tarifas aplicables y atenderán a dos categorías.

- Subvenciones a la inversión.
- Subvenciones a los costes de operación y mantenimiento.

Las subvenciones a la inversión serán determinadas en el proceso de licitación en función de las ofertas recibidas.

Las subvenciones a la operación y mantenimiento, en aquellos casos en que resulten necesarias, serán establecidas anualmente mediante parámetros que tengan en consideración la evolución de magnitudes macroeconómicas particularmente aquellas relacionadas con la evolución de los precios y la inflación.

10.5. PROCEDIMIENTO DE LICITACIÓN

Se llevará a cabo un proceso de licitación pública para otorgar las concesiones. Este proceso será gestionado por la Agencia de Electrificación Rural, quien establecerá los criterios para las solicitudes a presentar por las comunidades, validará dichas solicitudes, establecerá un periodo de información pública referente a las mismas, y definirá los factores y sus pesos a evaluar en las ofertas presentadas.

Los factores de decisión en el proceso de adjudicación deberán ser transparentes, objetivos y no discriminatorios. Estos podrán consistir en el

subsidio mínimo necesario para la realización del proyecto, o el impacto ambiental de la solución técnica propuesta, por ejemplo.

10.5.1. Solicitud de Electrificación

Toda comunidad que esté incluida en el censo de comunidades rurales aisladas contemplado en el Plan nacional de Electrificación de las ZRA podrá presentar una solicitud de electrificación a la Agencia Nacional de Electrificación de las ZRA. Para que esta solicitud sea considerada como válida deberá contar con el visto bueno de las autoridades locales, cumpliendo los requisitos específicos que estas autoridades tengan establecidos.

Las solicitudes presentadas serán estudiadas por la Agencia que hará sus observaciones en el plazo de un mes. Una vez transcurrido este plazo la solicitud será considerada como válida.

10.5.2. Proceso de validación de las solicitudes

La Agencia Nacional de Electrificación Rural establecerá las condiciones que deben cumplir las solicitudes de electrificación para ser consideradas válidas.

La validación de las solicitudes presentadas se realizará por un procedimiento objetivo de revisión del cumplimiento estricto de estas condiciones.

10.5.3. Establecimiento de prioridades

Como consecuencia de las limitaciones presupuestarias de cada ejercicio puede ser necesario limitar el número de comunidades que van a ser electrificadas cada año y consecuentemente establecer criterios de prioridad que permitan seleccionar las comunidades a electrificar con bases objetivas.

Para conseguir este fin, si el gobierno en función de sus atribuciones, no estableciera criterios de prioridad concretos prevalecerá el criterio de proporcionalidad, entendiéndose por tal el reparto de los fondos disponibles en cada ejercicio entre las diferentes municipalidades en proporción al número de personas cuyas comunidades han presentado una formulación válida.

10.5.4. Proceso de selección de la solución óptima

Los servicios técnicos de la ANEZRA, en función de las características particulares de cada comunidad determinarán cuál es el modelo más adecuado para el suministro de energía eléctrica a las comunidades solicitantes. Se contemplarán las siguientes modalidades:

- Soluciones Individuales Off Grid. En esta alternativa cada vecino dispondrá de su propio equipo de suministro en base a paneles fotovoltaicos.
- Micro redes comunitarias Off Grid: En esta alternativa se contemplará la instalación de un centro generador centralizado para cada comunidad, desde el que se alimentarán los distintos domicilios y centros comunitarios
- Micro redes para el suministro de varias comunidades. Esta alternativa contempla la instalación de un centro de producción de energía eléctrica capaz de suministrar la energía a varias comunidades. El caso más frecuente es el del aprovechamiento de una central minihidráulica de capacidad suficiente.

10.5.5. Proceso de adjudicación

Una vez determinadas las de comunidades a electrificar en ejercicio se procederá a un proceso de licitación pública con el objetivo de adjudicar la construcción y operación de las instalaciones.

El procedimiento de licitación será diferente en función de la alternativa óptima elegida. En particular en el caso de utilización de micro redes que hagan uso de la energía renovable serán consideradas de forma separada las dos componentes esenciales: a) generación y b) distribución y se tendrán en consideración los siguientes aspectos:

- A los medios de producción que utilicen energía renovable les serán de aplicación los incentivos establecidos en el marco general de la ley eléctrica vigente en las mismas condiciones que disfrutaban los medios de producción conectados al sistema eléctrico nacional.
- En lo referido a las micro redes de distribución serán de aplicación los principios aplicados para la extensión de las redes existentes si los usuarios de la micro red reciben un servicio continuo.

Una vez aceptado el Plan Nacional de Electrificación Rural, la Agencia Nacional de Electrificación Rural sacará a licitación pública las zonas concesionales que se desee electrificar. En dicho proceso se tendrá que especificar qué zonas son el objeto de la misma, en qué régimen económico se desarrollará la actividad, qué estándares de calidad serán exigibles, qué tarifas van a pagar los usuarios, qué criterios serán evaluados en las ofertas, y qué requisitos habrán de cumplir los concesionarios. Tras evaluar las ofertas en los términos indicados, la Agencia Nacional de Electrificación Rural, teniendo en cuenta la opinión de su Consejo Consultivo, otorgará las concesiones.

A continuación se resumen las siguientes fases del proceso de licitación:

Primera fase:

- Determinación por parte de la Agencia de las comunidades rurales aisladas que serán electrificadas con soluciones Off-Grid.
- Elaboración del Plan Nacional de Electrificación de las comunidades rurales aisladas.
- Captación de los recursos a utilizar para la financiación de las comunidades rurales aisladas.
- Determinación por parte del gobierno de los fondos a utilizar en la electrificación en el próximo ejercicio.
- Reparto de estos fondos entre las diferentes regiones o municipios de acuerdo con criterios objetivos establecidos por el gobierno

Segunda fase:

- Presentación de solicitudes de electrificación por parte de las comunidades de acuerdo con la normativa establecida.
- Validación de las solicitudes por parte de la Agencia.
- Establecimiento de las prioridades dentro de cada municipalidad o región.
- Determinación de las comunidades a electrificar por parte de la agencia de electrificación de las comunidades rurales aisladas.

Tercera fase:

- Convocatoria de los procesos de licitación por parte de la agencia nacional de electrificación rural de acuerdo con las condiciones establecidas por el Organismo Regulador de la energía eléctrica.
- Presentación de las propuestas elaboradas por los agentes participantes.

- Adjudicación de los concursos de acuerdo con los criterios establecidos en la normativa elaborada por el Organismo Regulador.

Cuarta fase:

- Instalación de los equipamientos.
- Establecimiento de los contratos de suministro con los usuarios.
- Supervisión del cumplimiento de las condiciones establecidas en los términos de la licitación.
- Conexión y puesta en marcha.

Quinta Fase:

- Control y supervisión periódica del correcto funcionamiento y del cumplimiento de los estándares de calidad establecidos.
- Aplicación, en su caso, de las sanciones que procedan.

10.6. AGENTES IMPLICADOS EN EL PROCESO DE ELECTRIFICACIÓN

10.6.1. Ministerio responsable del suministro de energía eléctrica

Es competencia de este Ministerio promover la electrificación de las zonas rurales aisladas y desarrollará esta función a través de la Agencia Nacional de electrificación de las comunidades rurales aisladas.

La promoción comprende las etapas de planeamiento, diseño, inversión, construcción, operación y mantenimiento, así como los proyectos cofinanciados por convenios internacionales.

El Ministerio promoverá la elaboración de planes regionales de electrificación rural descentralizada, los cuales formarán parte del Plan Nacional de Electrificación Rural.

El Ministerio establecerá programas descentralizados de capacitación en energías renovables para sistemas aislados de electrificación rural dirigidos a técnicos y funcionarios de los gobiernos regionales y locales.

10.6.2. La agencia para la electrificación de las zonas rurales aisladas

La Agencia determinará las zonas que deben ser consideradas como zonas rurales aisladas en el sentido definido en este reglamento y será responsable de:

- Establecer los criterios que deben cumplir las solicitudes para ser consideradas válidas.
- Recibir las solicitudes de electrificación de las comunidades rurales aisladas para su análisis técnico económico, calificación, determinación de la solución más adecuada y elegibilidad a la hora de obtener los fondos del fideicomiso.
- Validar las solicitudes recibidas.
- Elaborar el plan de electrificación de las zonas rurales aisladas.
- Determinar, en el contexto del Plan de electrificación de las zonas rurales aisladas, cuales son las comunidades objeto de electrificación.

- Poner en marcha los procesos de licitación para llevar a cabo la electrificación de las comunidades de acuerdo con las disponibilidades económicas de cada ejercicio anual.
- Distribuir los fondos anuales disponibles entre los diferentes municipios en proporción al número de personas de las comunidades rurales aisladas que han presentado una solicitud de suministro válida.
- Elaborar la normativa que deben cumplir las instalaciones de electrificación de las zonas rurales aisladas.

10.6.3. El Organismo Regulador de la Energía Eléctrica

El Organismo Regulador de la Energía Eléctrica será responsable de la determinación de las normas de calidad exigibles a los suministros en las zonas rurales aisladas y la supervisión de su cumplimiento.

Asimismo es responsabilidad de este organismo el establecimiento de las tarifas a satisfacer por los consumidores y la determinación de las sanciones cuando proceda.

El Organismo Regulador podrá delegar sus funciones de control en los organismos regionales o municipales que considere oportuno.

El Organismo Regulador deberá determinar las condiciones económicas de los procesos de licitación y en particular las condiciones relativas a las tarifas aplicables a los clientes y a la calidad del servicio.

10.6.4. Los Municipios y las Comunidades

Los Municipios y las Comunidades rurales aisladas tendrán la responsabilidad de:

- Presentar la solicitud de electrificación de acuerdo con la normativa vigente.
- Determinar las necesidades de equipamiento.
- Organizar el consejo local de la energía eléctrica.
- Aportar los terrenos necesarios para la instalación del equipamiento.
- Recaudar los importes a satisfacer por los usuarios.

Las Comunidades rurales aisladas (bajo la forma de cooperativas o microempresas de desarrollo rural), podrán presentarse a los proyectos de licitación de suministro de energía a comunidades rurales aisladas en la forma que se determine.

Los Municipios, son responsables de:

- Participar en el proceso de planificación de la electrificación de las zonas rurales aisladas.
- Establecer la normativa correspondiente al procedimiento de elaboración de las solicitudes de electrificación.
- Comprobar que las solicitudes presentadas cumplen con esta normativa

- Determinar las comunidades que en cada ejercicio han de ser electrificadas, de acuerdo con los criterios de priorización establecidos por la propia Municipalidad.
- Promover la creación de microempresas de ámbito local para la instalación, operación y gestión administrativa de las instalaciones de suministro de electricidad a las comunidades rurales aisladas.

10.6.5. Los agentes participantes

Podrán participar como ofertantes en el proceso de licitación los siguientes agentes:

- Las Comunidades locales mediante la formación de Cooperativas.
- Las empresas distribuidoras de energía municipales.
- Las Microempresas de ámbito local.
- Las empresas distribuidoras.
- Cualquier tipo de empresa privada nacional o internacional.

Los derechos y obligaciones de los agentes que resulten adjudicatarios en el proceso de licitación son los siguientes:

- Derecho exclusivo de suministro en las comunidades que les han sido adjudicadas.
- Derecho a la percepción de las subvenciones establecidas en los pliegos de la licitación.
- Derecho al cobro de la tarifa establecida por el Órgano Regulador.
- Obligación de construir, operar, y mantener las instalaciones destinadas al suministro de electricidad en las condiciones que se establezcan en las normas técnicas correspondientes.
- Obligación de mantener los estándares de calidad establecidos por el Órgano Regulador.

- Obligación de mantener la seguridad de las instalaciones según los estándares que estén establecidos.

10.6.6. El Fideicomiso

El fideicomiso tiene las siguientes responsabilidades:

- Percibir y preservar los fondos destinados a la electrificación de las zonas rurales aisladas.
- Pagar a los agentes que han sido adjudicatarios de los procesos de licitación de acuerdo con los criterios establecidos en el proceso de licitación.
- Informar periódicamente sobre los movimientos registrados en sus cuentas y el estado de situación de las mismas.

10.6.7. Los usuarios

Los habitantes de las comunidades cuya electrificación ha sido adjudicada en el proceso de licitación, tienen los siguientes derechos y obligaciones:

- Derecho al suministro de electricidad en las condiciones de calidad establecidas.
- Derecho a la atención por parte del suministrador en relación con las reclamaciones por averías, indisponibilidades y falta de calidad de servicio que se presenten.
- Obligación del pago de la tarifa establecida.
- Obligación de utilizar correctamente las instalaciones.

10.7. RÉGIMEN DE SANCIONES

Las empresas adjudicatarias del suministro electricidad a las comunidades de las ZRA, serán sancionadas con multa en los siguientes casos:

- Incumplimiento de los plazos indicados en este Reglamento para la instalación del suministro de electricidad.
- Incumplimiento con los requerimientos de calidad de servicio.
- Incumplimiento con las medidas de seguridad.
- Cobro de tarifas mayores a las máximas fijadas.
- Mantener en servicio instrumentos de medición defectuosos que alteren los registros.

10.8. NORMAS TÉCNICAS

El gobierno establecerá mediante normas específicas complementarias, las normas técnicas necesarias para el diseño, la construcción, la operación, el mantenimiento, y la calidad de servicio de los sistemas eléctricos rurales aislados.

Estas normas deberán buscar un balance adecuado entre la calidad de servicio y las facilidades para la ampliación de la cobertura del servicio, considerando las diferentes realidades rurales, sin encarecer los costos de inversión y operación correspondientes.

10.9. CAPACITACIÓN

El Ministerio, establecerá programas descentralizados de capacitación en energías renovables para sistemas aislados de electrificación rural dirigidos a técnicos y funcionarios de los gobiernos regionales y locales.

Este programa podrá incluir el establecimiento de sistemas piloto demostrativos de electrificación rural descentralizada con fuentes de energías renovables.

11. CONCLUSIONES

Actualmente existen 1.600 millones de personas que no tienen acceso al suministro de electricidad, que es un elemento básico para el bienestar de las personas y el desarrollo de los pueblos.

Tradicionalmente el suministro de electricidad se ha ido cubriendo mediante la extensión del sistema interconectado de redes de distribución con lo cual las personas que habitan en comunidades alejadas de las redes y por tanto que no son susceptibles de ser alimentadas por la extensión de las mismas, están condenadas a carecer de este suministro.

Hoy día existen tecnologías que permiten el suministro a estas comunidades sin que estén conectadas a la red mediante el uso de generación distribuida y el establecimiento de micro redes.

La reglamentación sobre energía eléctrica de muchos países no contempla este tipo de soluciones lo cual entorpece el desarrollo de las mismas.

La reglamentación del suministro de energía en las zonas rurales aisladas tiene condiciones particulares que justifican el establecimiento de una regulación específica.

Esta reglamentación debe basarse en los principios de universalidad del servicio, asequibilidad económica, descentralización, participación ciudadana en el proceso de toma de decisiones y protección del medio ambiente.

En el desarrollo de esta tesis se han analizado los aspectos técnicos, económicos, sociales y medio ambientales que subyacen en la electrificación de las zonas rurales aisladas.

Como resultado de este análisis se ha elaborado una propuesta básica de regulación del suministro en las zonas rurales aisladas que puede ser de utilización general.

La aplicación de esta propuesta en un país concreto requeriría una adaptación específica a las condiciones particulares del mismo.

12. BIBLIOGRAFÍA

- [REIC06] Reiche, K., Tenenbaum, B., Torres de Mástle, C., 'Electrification and Regulation: Principles and a Model Law', Sector Board Discussion Paper n. 18, Julio 2006.
- [RAMA03] Ramani, K.V., Heijndermans, E., 'Energy, poverty and Gender', The International Bank for Reconstruction and Development, Abril 2003.
- [KOMI05] Komives, K., Foster, V., Halpern, J., Wodon, Q., 'Water, Electricity and the Poor, who benefits from utility subsidies', The World Bank, 2005.
- [MART00] Martinot, E., Reiche, K., 'Regulatory approaches to Rural Electrification and Renewable Energies', Working paper, World Bank, Junio 2000.
- [REIC00] Reiche, K., Covarrubias, A., Martinot, E., 'Expanding Electricity Access to remote areas: Off-Grid Rural Electrification in Developing Countries', World Power 2000, 2000.
- [GAUN03] Gaunt, C.T., 'Electrification technology and processes to meet economic and social objectives in Southern Africa', Tesis Doctoral, University of Cape Town, Mayo 2003.
- [WBIG08] World Bank Independent Group, 'The welfare impact of rural electrification: A reassessment of the costs and benefits', World Bank, 2008.
- [FESF07] Fundación Energía Sin Fronteras, 'Energía y Pobreza, el desafío de llevar energía a 2.000 millones de personas', I Seminario de Energía y Pobreza, Madrid, Abril 2007.

- [FORT07] Fortich, S., Barrios, E., Morataya, J.C., 'Modelos de electrificación rural de América Central y tecnologías para su desarrollo', XIX Curso Superior del Negocio Energético, Club Español de la Energía, Madrid, Enero 2007.
- [KARE04] Karekezi, S., Sihag, A.R., 'Energy Access', Working Group, Global Network on Energy for Sustainable Development, Marzo 2004.
- [THER9] Thermie B SUP 995-96, EC-DGXVII, 'Universal Technical Standard for Solar Home Systems', 1998.
- [DIAZ03] Díaz Villar, P., 'Confiabilidad de los sistemas fotovoltaicos autónomos: Aplicación a la Electrificación Rural', Tesis Doctoral, Abril 2003.
- [ALLD00] Allerdice, A., Rogers, J., 'Renewable Energy for Microenterprise', National Renewable Energy Laboratory, USA, Noviembre 2000.
- [LORE99] Lorenzo, E., 'La Electrificación Rural Fotovoltaica en el ámbito de la cooperación internacional, apuntes para un curso a ONG's', Instituto de Energía Solar, Septiembre 1999.